

# 宇宙産業プログラムに関する 施策・事業評価報告書

平成24年3月

産業構造審議会産業技術分科会  
評 価 小 委 員 会

## 技術に関する施策・事業評価報告書概要

### 技術に関する施策

技術に関する 施策名	宇宙産業プログラム
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室
<p><u>技術に関する施策の目的・概要</u></p> <p>宇宙は国家の安全、経済、科学を担う戦略的分野であり、各国とも安全保障、国威発揚、技術開発のために国が主導して自国産業を育てている。また、宇宙の利用サービスは大幅に拡大しており、宇宙産業の裾野はますます広がっているほか、新興国を中心に衛星の需要も拡大しており、宇宙産業は今後も市場規模の拡大が見込まれる成長分野である。</p> <p>経済産業省における宇宙産業プログラムの目的は、「国家の宇宙開発を支える基盤である宇宙産業について、我が国の持つ先端民生技術の強みを最大限活用し、重要基盤技術の研究開発を実施することで国際競争力の強化を図る」ものである。</p> <p><u>技術に関する事業一覧</u></p> <p>A. 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発（プロジェクト）</p> <p>B. 空中発射システムの研究開発（プロジェクト）</p> <p>C. 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業（プロジェクト）</p> <p>D. 石油資源遠隔探知技術の研究開発（プロジェクト）</p> <p>E. 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発／ 次世代合成開口レーダ等の研究開発（プロジェクト）</p> <p>F. ハイパースペクトルセンサ等の研究開発（プロジェクト）</p> <p>G. 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発（プロジェクト）</p> <p>H. 太陽光発電無線送受電技術研究開発（プロジェクト）</p> <p>I. 次世代衛星基盤技術開発プログラム（準天頂衛星システム基盤プロジェクト） （プロジェクト）</p> <p>J. 次世代構造部材創製・加工技術開発事業（次世代衛星基盤技術開発）（プロジェクト）</p> <p><u>技術に関する施策評価の概要</u></p> <p><b>1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性</b></p> <p>宇宙は開発するものから利用するものへと認識が変わってきており、宇宙の利用が産業として成り立つことが重要である。この観点から、宇宙産業プログラムを構成するプロジェクトは、先端民生技術を最大限活用して人工衛星の基盤技術を確立させ、国際競争力の強化を図るものであり、国の施策として妥当である。また、個別の目標も明確に位置付けられており、継続すべき事</p>	

業は継続していることも評価できる。開発した地球観測衛星の価値を高めるためには、経済産業省が管轄するエネルギー・資源分野のみではなく、その他多くの分野への利用を促進することが必要であるが、その点は本施策に反映されており評価できる。

なお、宇宙システムは軌道上システムと宇宙輸送システム及び地上システムから成るが、本プログラムは人工衛星に重点を置いており、宇宙輸送システム及び地上システムの施策がやや少ない。それらは常に表裏一体のものであることを認識すべきである。

事業化については、初期の段階でビジネスの専門家等を交えて設定し、必ず最初に特許・標準（デファクト、デジュール）等の目標も設定し、知財・標準化戦略を合わせて行うことが望まれる。目標が遠大であるテーマほど、プログラムの全体像を俯瞰的に見ることができず、個別具体的なプロジェクトの並列化が起きている。

宇宙産業は総合産業であり、必然的にほぼ全ての府省庁が絡む産業と言えるが、その連携が見えていないことは問題である。産業支援として取りまとめ役は経済産業省が妥当であるが、ユーザとしての要求／提案、円滑な実施のための支援、得られる成果の教育への波及などは他府省庁との協力なしには効果的な施策とはならないと考える。

地球観測衛星によって得られたデータを実利用に結びつけるには、データの価格（データポリシー）及び使いやすさ、ユーザ業界における衛星観測データ利用促進のための環境整備など利用分野ごとに異なる様々な問題を解決する必要があるため、実利用の推進を施策として拡充してもらいたい。経済産業省のみならず環境省、農林水産省も取り組むべき課題（エネルギー・資源、地球環境、食糧などの社会的ニーズに基づく課題）を持っており、他省と協力しつつ、エンドユーザーの立場から衛星データの実用化を進めていく必要がある。また、宇宙分野では、政府調達には必須であり、今後、さらに行政向けのリモートセンシングの活用などを振興してほしい。

## 2. 施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性

本施策は、技術の開発段階によって、各事業の成果の質と量は異なるが各事業の重要性は明確になっており、現時点で得られた成果は概ね良好である。また、フライトセグメントから打ち上げに至るまで広くカバーした活動になっていること、日本企業の強みと弱みのプロジェクトがあることから、バランスがとれていると言える。総じて妥当な予算が配分されており、成果が得られている。

小型化等による先進的宇宙システムの研究開発は民生技術・部品を活用して、いかに事業化できるかにかかっており、それは SERVIS 衛星に代表される宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業の成果に基づくものであり、両者はまさに補完的な意義を有する。また、地球観測センサに関しては、ASTER、PALSAR から後継機としてのハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサへつながり、準天頂衛星を例とした次世代衛星基盤技術では熱制御、次世代イオンエンジン、測位用擬似時計技術を柱とするシステム基盤プロジェクトと構造部材創成・加工技術開発事業に分けられ、両者を合わせて次世代衛星基盤技術を構成するようになっていて妥当である。

なお、宇宙産業は多様な技術が高度に統合された産業であるため、個々の事業を支援するのみではなく、異なる事業者が実施している事業を有機的につなげる必要がある。また、事業を進めるにあたっては、開発する技術、時間的観点からの優位性を事業の競合相手と比較することが必

須である。さらに、事業化は、自国だけでなく、競合となる他国の状況にも大きく影響を受けるため、資金を前倒し投入して事業化を早めたり、世界のトレンドに合わせて事業を変更していく等、柔軟性が必要である。

本施策には、データベース整備などのソフト面のプロジェクトも含まれているが、技術開発はハードウェアを中心とした技術・製品の開発が多く、ソフトウェア技術にあまり焦点が当たっていない。世界的には、今後はソフトウェア技術とシステム技術がイノベーションの中心となると捉えられているため、当該技術により力を入れていくべきである。

本施策の目的は「技術の研究開発」である。衛星による地球観測の場合、長期にわたる施策は「衛星の打ち上げ・運用」の段階に入っており、「必要な技術の開発」と性格が異なるため、別の枠組みとして事業を実施するもしくは、評価の仕方を変えることも検討に値する。

### 3. 総合評価

宇宙産業プログラムを構成するプロジェクトは、先端民生技術を最大限活用して人工衛星の基盤技術を確立させ、国際競争力の強化を図るものであり、国の施策として妥当である。宇宙開発の事業化を進める上で重要な活動となっている。

宇宙基本法、宇宙基本計画、地理空間情報活用推進基本計画及び第4期科学技術基本計画等の上位政策との関連が明らかであり、政策的位置づけがはっきりしており、ロジックモデルにしたがって実施機関の役割も設定されている。どの事業も公共性を有し、一企業で実施するには金額が大きすぎるので、国として取り組む施策である。政府調達が重要である宇宙開発において、海外への売り上げを増やすためにカタログ化・パッケージ化して行く方向性は良い。その中で日本の技術が際立っていけるような、官民一体となったビジネスデザインを進める上で、現在の官民連携体制をさらに強化してほしい。

各事業は概ね適切な目標を設定できており、それを実現するためのスケジュール及びコストも適切に管理されており、事業の結果も良好に得られている。

今後の主な課題として、1)宇宙機器産業の拡大、2)事業の積極的な海外展開、3)事業間の連携、4)国民への説明責任の強化、の4項目がある。

1)本宇宙産業プログラムで取り上げられている研究開発の事業化のような官民協働による衛星需要の掘り起こしによる宇宙機器産業の拡大が必要である。日本の宇宙産業市場の大部分は、宇宙利用サービスを利用した事業によるユーザ産業群であるためである。また、その場合、モノを作ること、技術を開発することだけでなく、それらに付随する方法論、開発環境及び知財・標準化による国際戦略も考慮して実施することが望ましい。

2)今後、海外への売り込みにあたって、コストで勝負する技術と、性能・品質で勝負する技術との差別化を進め、それぞれに整合する開発計画を立てて行く必要がある。

3)現段階では、事業間の連携が実現されていない、各事業の競合他者との比較が弱い、省庁間の連携がないといった問題がある。今後は、それらの点を視野に入れた政策立案を進めてほしい。

4)国民に対する説明は「宇宙産業プログラムに関する施策・事業」のすべてにおいて必須である。特に、資源探査における衛星データ利用は、本施策・事業の中でも重要な部分であるため、その費用対効果の定量的説明は困難であるといえども、何らかの方法で国民にその意義を理解し

てもらう説明の工夫が必要であろう。

#### 今後の研究開発の方向等に関する提言

宇宙の利用を産業として成立させるためには、民生技術・部品を使用することで、宇宙機器産業への企業の参入を促し、一方で利用事例の紹介などによってユーザー産業群の裾野を広げ、宇宙産業全体を拡大させることが重要であり、さらに規制適正化や補助制度などの政策面からの市場規模拡大の努力が望ましい。

その中で、新興国をターゲットとして地球観測分野で、衛星開発からデータ利用手法のサポート等まですべてをパッケージとして、売り込める技術開発は妥当であり、今後も鋭意進めていきたい。特に、地上受信システムやデータ利用手法のサポート等は今後も継続的な市場を確保できるという点で重要である。

各プロジェクトの主目的は技術開発であり、事業化推進のための問題の整理とその解決は主目的ではないため事業化計画が具体性に欠ける。そこで、実利用推進（事業化推進）の道筋の明確化を主目的とした別枠のプロジェクトを立ち上げることは検討に値する。

経済産業省の担うべき範囲と責任の明確化が不十分だと思われる中、経済産業省がリモートセンシングに集中している点は、政策判断として高く評価できる。今後もリモートセンシングに関する技術力強化を柱にプログラムを進めるべきである。なお、国の限られた予算・人員の中で最大の成果を上げるためには、他にもっと良い施策・事業があるのではないかとの視点を厳しくもつことが重要である。

プロジェクトH（太陽光発電無線送受電技術の研究開発）に相当する将来のエネルギー確保の技術は極めて重要であるため、先進国の技術開発動向を注視しつつ、日本の優位性を発揮できる部分に対して継続的な技術開発の投資をしていただきたい。

技術開発においては、得られた知見の再利用や他産業への波及効果も考慮して、先端の開発方法論をきちんと適用する施策が必要である。なお、計画されたすべてのプロジェクトの目標達成率は非常に高いため、今後はもっとチャレンジングなテーマ設定が望まれる。

## 技術に関する事業

技術に関する事業名	A 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発
上位施策名	経済成長（技術革新の促進・環境整備、ものづくり産業振興）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

高性能な小型衛星を短期間に低コストで実現するための新たな衛星システム開発アーキテクチャ（設計思想）を確立するとともに、これら設計思想や中小企業等の優れた民生技術を導入し、大型衛星に劣らない機能を維持しつつ、低コスト、短納期を実現する高性能小型衛星の開発技術を獲得することを目的としており、これが達成されれば、我が国宇宙産業の国際競争力が強化され、国際衛星市場への参入（国際産業協力、ODA案件形成）、政府衛星の計画的かつ効率的な開発・調達（科学衛星等への活用、先端民生部品・技術の実証機会の提供）、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等）等の実現が期待される。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成20年度	平成24年度	平成23年度	平成26年度	USEF、NEC
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
604,629	1,300,000	1,395,371	3,300,000	3,516,165

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

国際競争力の強化のため、我が国の強みである民生部品及び民生技術等を適用した高機能、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確立することを目的として、設定された各項目について所定の成果を上げた。

個別要素技	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
総合システム		総合システムとしての達成目標設定および宇宙機、地上系への要求の明確化を実施する。	宇宙機側と地上システムである「可搬統合型小型地上システムの研究開発」担当（パスコ）とで、合同調整会議および細部技術検討を行う分科会により「総合シ	達成

			システム開発仕様書」を平成23年3月に制定した。	
新しい仕組み		コンソーシアム活動により、今後の小型衛星への適用を考慮した新しい仕組みを構築する。	宇宙機関との連携、宇宙関連企業の技術を集結しただけでなく、中小企業や新規参入企業もコンソーシアムとして加えることにより、先進的宇宙システム設計、製造、試験の「仕組みづくり」の検討を行った。	達成
高性能光学センサ		地上分解能(GSD)0.5m未満(軌道高度500km、パンクロマチック)を目標とする可視光地球観測センを開発する。	設計の段階から最終目標である地上分解能(GSD)0.5m未満(軌道高度500km、パンクロマチック)のセンサとそれに光を就航することのできる光学反射望遠鏡を開発し、個別試験で性能評価が出来る段階まで完成した。	達成
小型衛バス		バス質量300kg程度以下の小型地球観測衛星を開発する。	JAXAとの共同研究により、推進系に燃料を充填した状況で300kg以下の重量となる小型衛星バスを製造し、熱機械的特性の設計検証、電気的性能の確認等を実施した。	達成
短納期の仕組み		2年間で製造試験を実現する仕組みを構築する。	新しい宇宙システム対応の標準ネットワーク方式を採用することで、変更に対してはソフトウェアの変更で対応が可能になったためバス機器のリピート生産が	達成

			可能になり、設計変更により必要であった費用やリードタイムが圧縮でき、それにより2年以内の開発が可能であるという目処立った。	
自動自律運用		自動機能、自律機能を効率的に活用し、観測計画と、バス運用のコマンドをアップロード可能な仕組みを構築する。	自動機能、自律機能を活用し、観測計画とバス運用のコマンドをアップロード可能な衛星側の仕組みを構築した。	達成
宇宙実証		運用準備・打上準備を開始する。	打ち上げ機に関して、候補会社に対して提案要請を出し、最終的に2012年12月の打ち上げに対応可能な打上サービス提供会社を選定した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し

< 共通指標 >

論文数
16

総合評価概要

欧米より高機能・低価格で国際競争力を持った小型衛星観測システムを目指す本プロジェクトの推進は妥当である。顧客のニーズ対応への取り組みがなされており、今後の国際市場での販売拡大に期待したい。国が本事業のような開発を進めることは大変重要である。

小型衛星における撮影分解能としては世界的にみて高い性能を有しており、技術としての価値が極めて高い。また、地上システムも含めた衛星運用の自動自律化、ネットワークによるどこでも運用の取り組みは先端的・意欲的な取り組みであり評価できる。他方、衛星の小型化による機器の信頼性への懸念を払拭するためには、民生技術・部品の活用がキーであり、そのためには、SERVIS プロジェクトによる民生部品の宇宙実証の結果を最大限生かすべきである。また、編隊飛行(コンステレーション)によって各衛星システムが補完的に働く機能を持たせることも必要である。

なお、現時点では競合他者との時間的な競争状況を捉えるとより良いと考えるが、どの企業においても技術は

日々進化しているため、その時々において他者に対して優位を示していくことが重要であり、衛星の売り方を考えたパッケージ提供、衛星開発を考えるべきである。知財・国際標準化戦略も強化してゆくべきである。

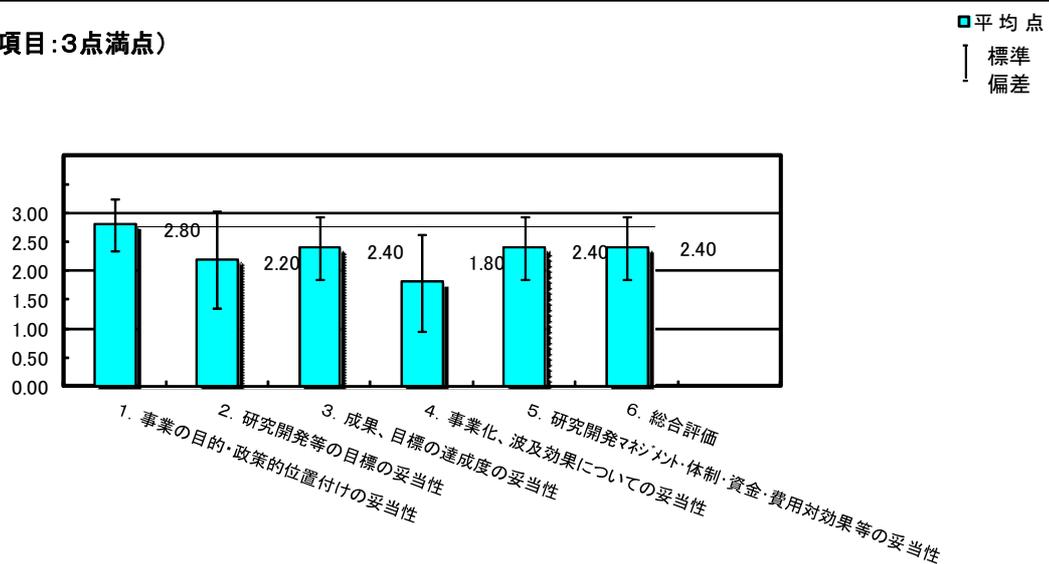
## 評点結果

評点法による評点結果

### A 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	0.45
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	0.84
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.80	0.84
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.40	0.55
6. 総合評価	2.40	0.55

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	B. 空中発射システムの研究開発
上位施策名	経済成長（技術革新の促進・環境整備、ものづくり産業振興）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

現在、日本の基幹ロケットとしては H-IIA が存在しているが、H-IIA は大型衛星等を打上げるための大型ロケットであり、現在の日本には中型、小型ロケットが存在していないのが実情である。そして、H-IIA は打上げの信頼性こそ比較的高いと言えるものの、コストとしては85～100億円程度かかっており、中型小型衛星を単独で打ち上げる場合は、外国のロケット等に依存せざるを得ないのが現状である。ピギーバック等によりH-IIA で打上げられることも考えられるが、打上げは主衛星の打上時期や軌道によって左右されることとなり、数年単位で打上げが遅れることも想定される。また、近年、民生部品等の宇宙転用に伴い、衛星のサイズも小型化が進んでおり、今後小型衛星の打上げは飛躍的に伸びていくことが想定される。一方で、宇宙新興国においては、災害対策の一環として、地球観測衛星等の打上げ需要が拡大しており、今後ますます小型地球観測衛星等の打上げビジネスが活発化していくことが予想される。

上記のような背景を踏まえ、空中発射システムの研究開発では、従来より低コスト、高効率かつ機動的に小型衛星を打上げることができる先進的打上げシステムを確立することにより、海外衛星打上げ市場における優位性を獲得し、小型衛星の打上げビジネスに係る国際市場の獲得を目指す。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成21年度	平成26年度	平成23年度	平成27年度	USEF
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
-	67,445	150,000	217,445	217,329

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

将来の小型衛星需要動向を調査し、空中発射システムの構想検討を行った。また、ロケット搭載/分離技術の開発においては、適用する航空機の機種等の影響が少なく汎用性を確保することが可能な搭載方式、分離方式を採用した。さらに、空中発射方式による打ち上げメリットを有効に引き出すとともに、地上インフラを最小限にし、低コスト化を実現できる運用管制方式の構想検討を行った。空中発射システムの運用を航空法での対応で実施する場合の課題を明らかにすることができた。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
1. 空中発射システム運用構想	空中発射による衛星打ち上げ及び運用の構想検討を行い、技術的成立性があり、将来の打ち上げ事業展開に資する低コストな空中発射システム運用構想を策定する。	小型衛星需要動向を基に、打上能力の設定を行い、ベースとなる空中発射システム運用構想案を策定する。	打上能力 150kg(高度 500km 極軌道)の空中発射システムとして、輸送機を使用した投下方式、自律飛行、衛星経由の飛行管制方式など、将来の衛星打ち上げ市場参入を目指した、整合性のある空中発射システム運用構想を策定し、開発課題を明らかにすることができた。	達成
2. ロケット搭載/分離技術	空中発射システムに不可欠な、航空機にロケットを搭載する技術、高々度飛行中の航空機からロケットを安全に分離する技術、分離されたロケットの正常な飛行が可能なロケット点火のための姿勢安定化技術について、成立性を確認する。	空中発射方式を決定する。ロケット搭載/分離技術を確認するためにダミーロケットを使用した高空落下試験の候補となる航空機及び試験場の洗い出しを行う。	将来の民間による商業打ち上げ市場参入を図るために、輸送機を使用した PDS 方式を選定した。本方式に基づいた、打上能力解析において、150kg 以上の打上能力が達成できることを確認した。また、技術の実証を行う、ダミーロケットを使用した高空落下試験の試験場所及び航空機に関して複数の候補の洗い出しができた。	達成
3. 運用管制技術	空中発射システムのメリットを最大限に引き出すとともに、将来の打ち上げ事業展開に不可欠な低コスト運用技術として、ロケットの自律飛行技術と商用	地球局に依存しないロケットの追跡管制方式の構想検討を行い、システム構成案を策定するとともに、技術課題の洗い出しを行う。	自律飛行のための GPS/INS を適用に関して、技術課題を明らかにすることができた。また、衛星経由の通信システムとして、インマルサット社が開発中の	達成

	衛星を利用した飛行管制技術の成立性を確認する。		低軌道周回衛星用の端末をベースにロケット用通信端末を検討することでインマルサット社と協力関係が構築でき、技術課題を明らかにすることができた。	
4. 法規制調査	空中発射システムの実現に係わる、現行の国内法規制等の制約を整理する。また、諸外国における民間打ち上げ事業展開に係わる法規制の洗い出しを行う。	空中発射システム実現の中核となる、航空機の利用に係わる課題を抽出する。米国における民間打ち上げ事業に係わる法規制等の整理を行う。	空中発射システムの運用を航空法での対応で実施する場合の課題を明らかにすることができた。また、民間打ち上げライセンスに係わる米国の状況等を明らかにすることができた。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し。

<共通指標>

論文数
3

総合評価概要

今後の必要な衛星打ち上げ、その国際状況を把握した上で日本が衛星打ち上げにおいて先進的な技術を確保することを目指している点で妥当である。また、世界の調査、技術開発から法制度の適用検討まで多くの活動を行っており、費用に対するアウトプットとして評価される。技術開発は、予算の集中投入によって加速できるが、法規制等の適正化には時間が掛かるので、今後も持続的に進めてほしい。早期の実験実施によって、事業化の有用性を判断すべきである。

なお、小型衛星打ち上げ手段として、空中発射が最善の方法であるかは自明ではない。小型衛星国際市場を獲得するためには、本開発が実用化を目論む 2020 年頃の予測価格と比較し、より低コスト化につながる包括的な活動に取り組むべきである。

選定した方式(空中投下、PDS(Platform Delivery System)方式)は、既に米国で例があるものの、投下後の姿勢、点火のタイミング等、実用化にいたるまでに多くの検討課題がある。現時点では具体的な実証は行われておらず、さらに検討した上で、十分な実証試験等が必要である。

今後の研究開発の方向等に関する提言

空中発射システムは、日本が得意とする改良技術開発であり、今後、技術開発と共に、実機規模に近い試験実施も含めて制度整備が滞り無く進むことに期待する。

空中発射システムの研究開発では、実現に向けた戦略的なロードマップなどの検討も考慮する必要がある。

## 評点結果

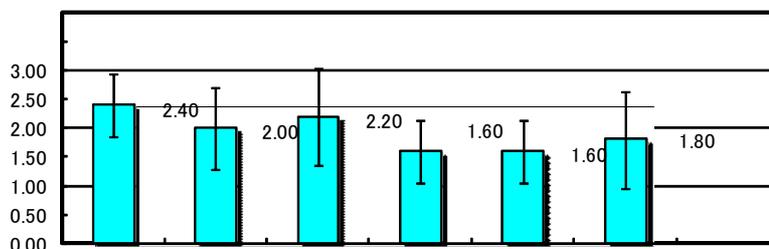
評点法による評点結果

### B 空中発射システムの研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	0.71
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	0.84
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.60	0.55
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	1.60	0.55
6. 総合評価	1.80	0.84

(各項目:3点満点)

■ 平均点  
| 標準偏差



1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性  
2. 研究開発等の目標の妥当性  
3. 成果、目標の達成度の妥当性  
4. 事業化、波及効果についての妥当性  
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性  
6. 総合評価

## 技術に関する事業

技術に関する 事業名	C. 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業
上位施策名	経済成長（技術革新の促進・環境整備、ものづくり産業振興）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

我が国企業は、衛星等のコンポーネントについては技術力を有するものの、宇宙実証の機会が少ないため、国際競争力のある分野はごく限定的である。さらに、我が国衛星市場の頭打ちに伴い、近年、国内の宇宙機器部品メーカーの市場からの撤退が進んでおり、部品調達に支障をきたしている。他方、我が国の衛星に従来用いられてきた MIL 規格（アメリカ国防総省が制定した米軍物資調達規格「Military Standard」の略。）部品は、信頼性が高い反面、高価、低機能、納期が長いことに加え、国内の生産量が少ない。また、MIL 部品の輸入時には、輸出規制（ITAR）手続きの影響により、納入遅延や仕様変更等が発生し、衛星開発に悪影響を与えることが少なくない。このような状況の中、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機能な民生部品・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、高機能化等を図ることが必要となる。

このため、我が国が得意とする安価で高機能な民生部品・民生技術を選定して地上模擬試験及び宇宙実証試験を実施する。その結果、これらを宇宙等の極限環境に適用するための民生部品・民生技術のデータベース、選定評価及び適用設計ガイドライン等の知的基盤を構築する。

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、高機能化、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。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 11 年度	平成 27 年度	平成 16 年度	平成 23 年度	USEF、NEC
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
490,000	900,000	400,000	28,462,420	28,134,349

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

平成 15 年 10 月 30 日に打ち上げた実証衛星 1 号機は軌道上運用を継続し、平成 17 年 10 月 31 日に軌道上運用を終了し 11 月 1 日に停波して宇宙実証試験を終了した。また、実証衛星 2 号機は平成 22 年 6 月 2 日に打ち上げられ、平成 23 年 6 月に軌道上運用を終了し宇宙実証試験を完了する見込みである。

これまでの地上模擬試験の結果、及び上記2回の宇宙実証試験の結果を反映し、第二次の民生部品・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を策定する見込みであり、今回の目標を達成できる見通しを得た。

個別要素技術	目標・指標 (中間評価時点)	成果 (中間評価時点)	達成度
①民生部品・民生技術の極限環境適用技術	衛星製造等に転用可能性を有する民生部品・民生技術に対し宇宙等極限環境を模擬した地上模擬試験を実施し、その試験結果から民生部品・民生技術データベースを構築する見通しを得る。ここにデータベースへの累積登録品数種数は200品種以上とする。	地上模擬試験を実施し、その試験結果から民生部品・民生技術データベースを構築できる見込みである。ここにデータベースへの累積登録品数種数は219品種となった。	達成
	民生部品・民生技術データベース及びそれに基づき選定した民生部品・民生技術の実証衛星1号機及び2号機の宇宙実証試験のデータ等に基づき、第二次の民生部品・民生技術選定評価ガイドラインと民生部品・民生技術適用設計ガイドラインを構築する見通しを得る。ここに実証衛星2号機への民生部品・民生技術適用数は30品種以上とする。	第二次の民生部品・民生技術選定評価ガイドラインと民生部品・民生技術適用設計ガイドラインを構築できる見込みである。ここに実証衛星2号機への民生部品・民生技術適用数は74品種となった。	達成
②極限環境で使用する機器等の開発支援技術	実証衛星開発への適用結果に基づき、極限環境で使用する機器等の設計の省力化、情報管理の迅速化、製造・試験期間の短縮化に関する効果を定量的に評価する見通しを得る。	設計の省力化、情報管理の迅速化、製造・試験期間の短縮化に関する効果を定量的に評価し、有意な効果を確認の見込みである。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し。

<共通指標>

論文数	特許等件数 (出願を含む)
86	15

## 総合評価概要

実証衛星 SERVIS 1号及び2号による実証によって着実に成果を上げていることは評価できる。民生部品・民生技術のデータベース及びガイドラインを合わせて作成したことは利用者の利便性向上の意味で高く評価でき、衛星の低コスト化、高機能化、小型軽量化、短納期化が進み、国際競争力の強化につながるものである。本事業の継続発展において、開発に貢献した日本企業に有利な標準化が進むことを期待する。SERVIS 3号機によって、さらに多くの民生技術・部品のデータベース化ができることは喜ばしい。

なお、本事業において作成したデータベース及びガイドラインの活用状況に関する調査により力をいれるべきと考える。ユーザー側からの要望も少なからずあるはずであり、それを上手く取り入れる体制があれば、より良いデータベース構築ができると考える。また、目標を個数(件数)とすることは、データベースの初期段階では有用であるが、今後はデータベースの利用率に係わる指標を目標設定すべきである。民生品の入れ替わりサイクルはとて早いため、より高頻度での実証機会も必要となる。

## 今後の研究開発の方向等に関する提言

民生技術・部品の宇宙実証(SERVIS 衛星)によるデータベースを活用して国際標準化する方法を探せないか。日本は国際的な戦略に劣るので、日本の優れた材料や部品で国際的な戦略を立てるのが望ましい。

民生技術・部品は、入れ替わりサイクルが早いため、宇宙実証を継続的に実施する必要がある。

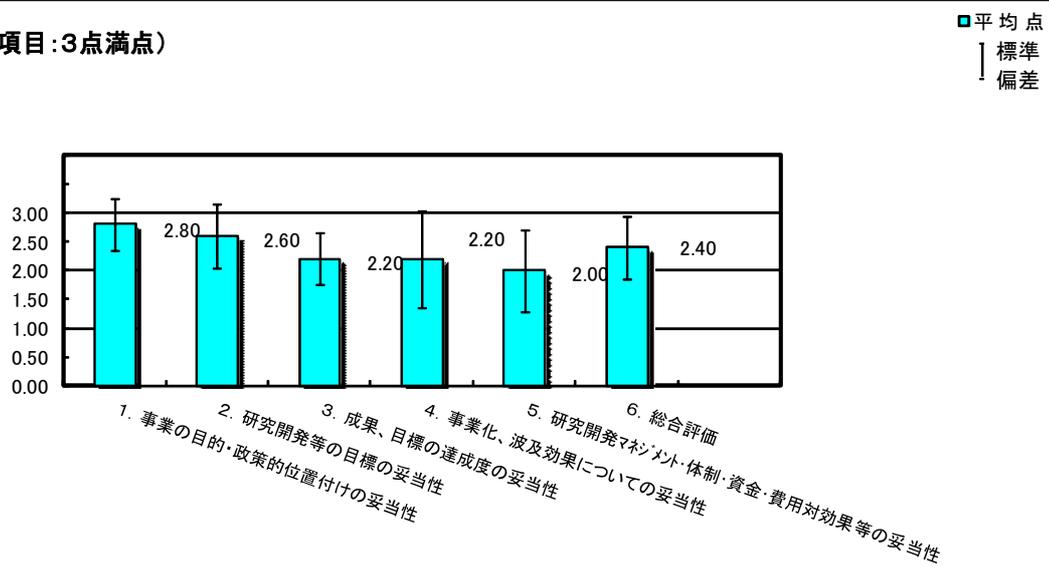
## 評点結果

評点法による評点結果

### C 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	0.45
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	0.55
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	0.84
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.00	0.71
6. 総合評価	2.40	0.55

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	D. 石油資源遠隔探知技術の研究開発
上位施策名	資源エネルギー・環境政策（石油・天然ガス・石炭の安定供給確保）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

石油等の資源に恵まれない我が国において、その安定供給の確保を図ることは、国民の安全・安心な生活の実現及び産業インフラの確保の観点から、国家基盤として必須の重要課題である。

衛星を活用したリモートセンシング（遠隔探知）技術には、①産油国との調整を経ずに、開発の有望性に関する評価が可能、②一度に広範囲の地域の分析が可能、③立入りが困難な地域の分析が可能、等の利点がある。

本事業においては、「E. 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発/次世代合成開口レーダ等の研究開発」において開発された ASTER（光学センサ）及び PALSAR（レーダセンサ）より取得されたデータを用いて、以下の業務を実施する。

#### （１）利用技術開発

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

#### （２）衛星データ品質管理・地上システム運用

ASTER 及び PALSAR データの品質管理と地上システムの運用を行う。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
昭和56年度	平成26年度	平成23年度	平成27年度	AIST、ERSDAC
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
1,600,000	1,476,690	1,188,499	68,123,756	64,432,684

### 目標・指標及び成果・達成度

#### （１）全体目標に対する成果・達成度

概ね計画通り順調に進んでいる。前回評価で指摘のあった PALSAR の打ち上げ遅れに起因する未達成の部分については、その後の運用において、当初の目標を大幅に上回る観測数、処理数、配付数を達成した。なお、PALSAR については、本評価の対象期間以後ではあるものの、平成23年5月にその運用を停止したため、今後、PALSAR に係る業務に関しては、目標の再設定等を行う必要がある。

個別要素技術	目標・指標（中間時点）	成果	達成度
①石油ガス探査 利用手法確立	石油ガス鉱床タイプや地表状況等に応じた資源探査利用手法の確立、及び資源ニーズの変化に対応した利用手法を確立すること。各項目の利用手法確立に必要な事例件数の実施を指標とする。	背斜/植生、背斜/露岩、断層/植生、断層/露岩の利用手法がほぼ確立された。また、非在来型資源及び大規模油田生産量監視については衛星データ利用可能性が確認された。	達成
②広域地質・資源情報マップ整備	衛星から得られる情報を利用しやすい形式に加工し、3つのマップを整備する。 (ア)ASTER GDEM の高精度化(ver.2)の整備  (イ)オイルスリックデータベース構築のスクリーニング完了  (ウ)地質情報データベースとして、時系列衛星データセット整備、堆積岩区分システム開発、東アジア数値地質図整備、及びその統合利用システムの開発を行う。	以下の各項目が開発・実現された。  (ア)ASTER GDEM の空間分解能の向上、欠損域の低減を行い、ver.2 を完成させた。  (イ)22海域について、オイルスリックの概査が完了した。  (ウ)地質情報データベースとして、以下が完了した。 ・東アジア・アフリカ地域時系列衛星データセット整備 ・堆積岩区分プロトタイプシステム開発 ・500 万分の1アジア数値地質図作成及び国際標準形式の配信準備 ・地質情報統合利用システムの基本部位開発	達成
③解析アルゴリズム開発	衛星データ利用を促進するために、実用化をめざした解析アルゴリズムを開発する。 (ア)土壌水分推定アルゴリズム開発  (イ)PALSAR 再生処理技術開発  (ウ)干渉 SAR 技術実用化  (エ)居住地マッピング整備  (オ)PALSAR DEM 処理高度化  (カ)森林バイオマス抽出技術開発	以下の各項目が開発・実現された。  (ア)土壌水分推定アルゴリズム開発に必要な現地データ取得が完了。  (イ)SAR 再生処理の高速化、種々の機能追加が完了。  (ウ)干渉 SAR 技術実用化では GPS を併用した高精度化を確認。  (エ)居住地マッピングでは、PALSAR 併用により都市域と非都市域の分類精度を向上。  (オ)PALSAR DEM 作成処理では、スタック処理により高精度化が図られた。  (カ)森林バイオマス抽出技術が完成	達成

		され、特許申請を行った。	
④衛星データ品質管理	ASTER及びPALSARの校正検証により品質管理を行い、所定の精度を確保すること。	期間中の衛星データ品質が定められた精度内に収まっていることを確認した。	達成
⑤ASTER及びPALSAR地上システム運用	定常運用を行い、目標とした観測データの全量入手・保存、標準・高次プロダクトの生産、配付数を達成する。	期間中の観測データの全量入手・保存、標準・高次データのユーザへのタイムリーな提供、配付数等の数値目標はASTER、PALSARとも達成された。	達成
⑥次世代アーカイブシステム研究	ASTERおよびPALSARデータのアーカイブシステムとして、1.0PB以上のストレージを保有し、ASTER全量データおよびPALSARの一部データのアーカイブを実現する。 アーカイブデータは新たに2種類以上の最新の高度化アルゴリズムを追加し、1日2万シーン以上の標準および高次処理を行う。 データ提供システムとして、2種類以上のOGC標準に対応したシステムの構築を行う。	ASTER全量およびPALSARの一部データのアーカイブを完了。 ASTERの高度化アルゴリズムは4種類以上更新され、1日2万シーンを超える処理が可能となっている。 OGC標準への対応として、ブラウザ画像にはWMSサービスを、カタログデータにはCSWを採用している。 ストレージ容量、高度化アルゴリズムの数、1日の処理シーン数および国際標準への対応の全てにおいて目標を達成している。	達成

## (2) 目標及び計画の変更の有無

前回評価時から、実施する業務内容の変更等があったため、一部の目標の変更を行った。

### <共通指標>

論文数	特許等件数 (出願を含む)
70	1

### 総合評価概要

経済産業省が開発を行ったASTERセンサ及びPALSARセンサによる地球観測データの有効活用が図られている。特に本事業の目的でもある衛星センサによって取得される画像データを用いて石油資源の遠隔探知を行う技術は、資源・エネルギー供給の円滑化を図るものとして意義が大きく、多くの成果を挙げている。なお、ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model: ASTER 全球三次元地形データ) ver. 2 は、精度の高い標高データを世界に対して提供した特筆に値する優れた成果であり、地質情報データベース等とともに、幅広いユーザーが利用できるようになっていることは大きな価値がある。

また、本研究開発では、衛星データを継続的に利用していくために、地上システムの運用及びセンサの劣化に関する品質管理が着実に行われていることも評価できる。

今後は、次世代アーカイブシステム研究について、ASTER、PALSAR データだけに限定せず、国の基盤衛星データ、基盤地理空間データ(DEM、土地被覆データ)の管理システムとして、発展させていくことなども必要である。

なお、本事業に関しては、上述のとおりその意義は理解できるが、明確な成果を国民に対して定量的に説明できる必要がある。利用分野であるので、事業化についてはもう少し注力する必要があるとともに、評価指標については、何を以て手法の確立とするかなど、明確な指標設定が望まれる。加えて、長期的な観点で進める事業であることはそのとおりであるが、長期にわたる事業であるならばフェーズに分けて重点化するなどの取組も必要ではないかと考えられる。

また、取得できたデータの分析を国独自でも進める仕組みの構築やデータを閲覧できるユーザーの条件検討など、今後、取り組むべき課題も考えられるところである。

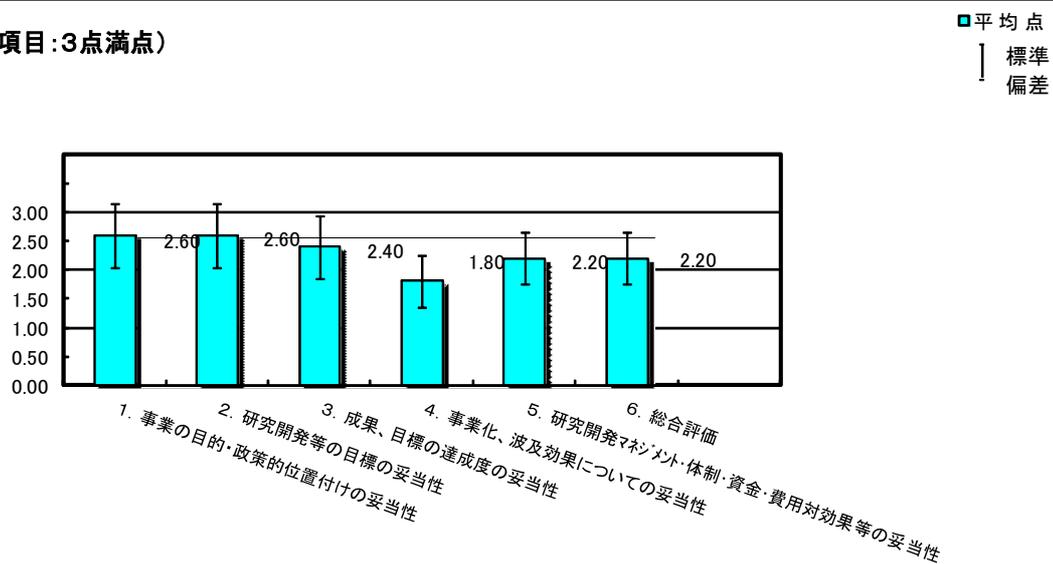
## 評点結果

評点法による評点結果

### D 石油資源遠隔探知技術の研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	0.55
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.80	0.45
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	0.45
6. 総合評価	2.20	0.45

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	E. 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発 ／次世代合成開口レーダ等の研究開発
上位施策名	資源エネルギー・環境政策（石油・天然ガス・石炭の安定供給確保）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

石油等の資源に恵まれない我が国において、その安定供給の確保を図ることは、国民の安全・安心な生活の実現及び産業インフラの確保の観点から、国家基盤として必須の重要課題である。

衛星を活用したリモートセンシング（遠隔探知）技術には、①産油国との調整を経ずに、開発の有望性に関する評価が可能、②一度に広範囲の地域の分析が可能、③立入りが困難な地域の分析が可能、等の利点がある。

本事業においては、1992年～1998年に運用された我が国初の資源探査用衛星である地球資源衛星1号（JERS-1）の後継機として、ASTER（光学センサ）及びPALSAR（レーダセンサ）を開発し、打上げ後は、その校正・精度評価を実施することによってデータの健全性を維持するとともに、センサの安定した運用を図る。なお、取得された画像データの利用については、「D. 石油資源遠隔探知技術の研究開発」について実施している。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
昭和62年度	平成29年度	平成23年度	平成30年度	JAROS
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
117,000	100,000	100,000	30,667,757	29,147,410

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

##### ・ ASTER

短波長赤外放射計（SWIR）の一部分の運用目標を除いて達成しており、利用者への画像供給も継続でき、目標を達成できた。（SWIRは平成20年5月以降、検出器の温度上昇により観測画像が取得できなくなった。）

##### ・ PALSAR

定常運用及びそれに続く後期運用の中で機器の正常な運用を維持し、発生した異常事象についても、適切な対処等により、利用者への画像供給も継続でき、目標を達成できた。なお、評価対象期間外ではあるが、平成23年5月にALOS衛星本体が電力異常により運用を終了したことに伴い、PALSARの運用も終了した。

ASTERの評価指標と評価結果

項番	運用・評価項目	評価方法 (注1)	評価指標	運用の評価結果
1. システム/CSP/MPS				
1. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
1. 2	温度テレメトリ	①	正常値の確認	目標達成
1. 3	電圧値	①	正常値の確認	目標達成
1. 4	電流値	①	正常値の確認	目標達成
1. 5	寿命管理、特性値管理	④	設定範囲内の確認	目標達成
2. VNIR				
2. 1	MTF(空間周波数特性)	②	仕様満足の確認	目標達成
2. 2	過応答	②	仕様満足の確認	目標達成(注2)
2. 3	ダイナミックレンジ	②	仕様満足の確認	目標達成
2. 4	バンド間レジストレーション	②	仕様満足の確認	目標達成
2. 5	ポインティング角度精度	①	正常値の確認	目標達成
2. 6	温度制御特性	①	正常値の確認	目標達成
2. 7	光学校正	③	仕様範囲内に校正	目標達成
2. 8	暗時校正	③	仕様範囲内に校正	目標達成
2. 9	電氣的校正	③	仕様範囲内に校正	目標達成
2. 10	走査幅	②	仕様満足の確認	目標達成
2. 11	立体視角	②	仕様満足の確認	目標達成
3. SWIR				
3. 1	MTF(空間周波数特性)	②	仕様満足の確認	(注3)
3. 2	ダイナミックレンジ	②	仕様満足の確認	(注3)
3. 3	画素間感度偏差	②	仕様満足の確認	(注3)
3. 4	ポインティング角度精度	①	正常値の確認	目標達成
3. 5	過渡応答	②	正値の確認	(注3)
3. 6	冷却性能	①	正常値の確認	(注3)
3. 7	温度制御	①	正常値の確	(注3)
3. 8	オフセット	③	仕様範囲内に校正	(注3)
3. 9	校正機能	③	仕様範囲内に校正	目標達成
4. TIR				
4. 1	感度偏差	②	仕様満足の確認	目標達成(注2)
4. 2	光学校正	③	仕様範囲内に校正	目標達成
4. 3	暗時校正	③	仕様範囲内に校正	目標達成
4. 4	電氣校正	③	仕様範囲内に校正	目標達成
4. 5	経年変化評価	①	正常値の確認	目標達成
4. 6	検出器温度	①	正常値の確認	目標達成

4. 7	チョップパ温度	①	正常値の確認	目標達
4. 8	黒体温度	①	正常値の確認	目標達成
4. 9	画像信号出力	②	仕様満足の確認	目標達成
4. 10	ポインティング角度精度	①	正常値の確認	目標達成

(注1) 評価方法

①テレメトリデータの評価、②画像データの評価、③校正データの評価、④データトレンドの評価

(注2) VNIRとTIRは、打上げ後の軌道上運用10年間でセンサの検出感度が低下している傾向にあるが、機上校正を行い、画像処理に必要な感度補正を行っている。

(注3) SWIR は平成 20(2008)年 5 月以降、検出器の温度上昇により観測画像の取得ができなくなったため、当該項目の目標は未達となった。本不具合はトラブルシューティングにおいて回復不能との処置により、平成 21 年度以降は適用外とする。

### PALSARの評価指標と評価結果

項番	運用・評価項目	評価方法 (注1)	評価指標	平成20～23年度 の評価結果
<b>1. 電子機器部</b>				
1. 1	校正モード時の動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
1. 2	REV モード時の動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
1. 3	観測モード時の動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
1. 4	データトレンドの確認	④	変動値の確認	目標達成
<b>2. 送受信モジュール</b>				
2. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
2. 2	温度モニタ	①	正常値の確認	目標達成
2. 3	送信出力	③	正常値の確認	目標達成 <sup>(注2)</sup>
2. 4	水平偏波移相量	③	正常値の確認	目標達成
2. 5	垂直偏波移相量	③	正常値の確認	目標達成
<b>3. 信号発生部</b>				
3. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
3. 2	温度モニタ	①	正常値の確認	目標達成
3. 3	チャープ変調	③	正常値の確認	目標達成
<b>4. 送信部</b>				
4. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
4. 2	温度モニタ	①	正常値の確認	目標達成
4. 3	送信出力	③	正常値の確認	目標達成
4. 4	パルス幅	③	正常値の確認	目標達成
4. 5	校正信号出力	③	正常値の確認	目標達成
<b>5. 受信部</b>				
5. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成

5. 2	温度モニタ	①	正常値の確認	目標達成
5. 3	受信系利得	②	正常値の確認	目標達成
5. 4	ノイズレベル	③	正常値の確認	目標達成
5. 5	アッテネータ設定パラメータ	①	正常値の確認	目標達成
6. データ処理部				
6. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成 <sup>(注3)</sup>
6. 2	ダイナミックレンジ	②	正常動作の確認	目標達成
7. システム制御部				
7. 1	動作確認	①	正常動作の確認	目標達成
7. 2	各機器の設定パラメータ	③	設定値の確認	目標達成
8. 送受信モジュール 電源				
8. 1	動作確認	②	正常動作の確認	目標達成
8. 2	温度モニタ	③	正常値の確認	目標達成
9. 制御分配器				
9. 1	動作確認	②	正常動作の確認	目標達成
9. 2	温度モニタ	①	正常値の確認	目標達成
10. RF分配器				
10. 1	動作確認	②	正常動作の確認	目標達成
11. 電力分配器				
11. 1	動作確認	②	正常動作の確認	目標達成
12. REVアンテナ				
12. 1	動作確認	③	正常動作の確認	目標達成

(注1) 評価方法

①テレメトリデータの評価、②画像データの評価、③校正データの評価、④データトレンドの評価

(注2)送受信モジュール 80 台中の 1 台に送信出力低下が発生した。PALSARの観測上、支障がないと判断される不具合台数であり、達成度は「目標達成」とした。

(注3)データ処理部に同期コード異常が発生し、観測データを画像化できないものが発生したが、大半は同期コードの復元により画像化できた。どうしてもできないものは発生数が運用上許容できる範囲内とJAXA側で判断され欠損として処理された。したがって達成度は「目標達成」とした。

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し。

< 共通指標 >

論文数	特許等件数 (出願を含む)
141	1

※論文数には、講演数やその他の発表も含む。

## 総合評価概要

光学センサである ASTER と合成開口レーダセンサである PALSAR は、それぞれの長所を活かし、高機能・高性能な地球観測センサとして十分に効力を発揮している。特に、PALSAR が搭載された ALOS の活躍は一般社会においても災害監視等で認知度は高く、宇宙利活用の重要性を一般社会に広めるという大きな役割を果たしている。

また、両センサとも予定通りの運用を達成し、多くの成果を上げているが、本研究開発では運用評価も実施することで、その技術が次世代の観測センサ開発に引き継がれていることも高く評価できる。

なお、目標設定としては、運用面のみではなく、意義のあるデータが取得できたかどうかに着目した設定もなされるべきではなかったかと考える。また、20 年以上にわたる長期間の研究開発であり、世界的に見た時間的な制約／競争という視点が弱くなっていないか懸念が感じられる。

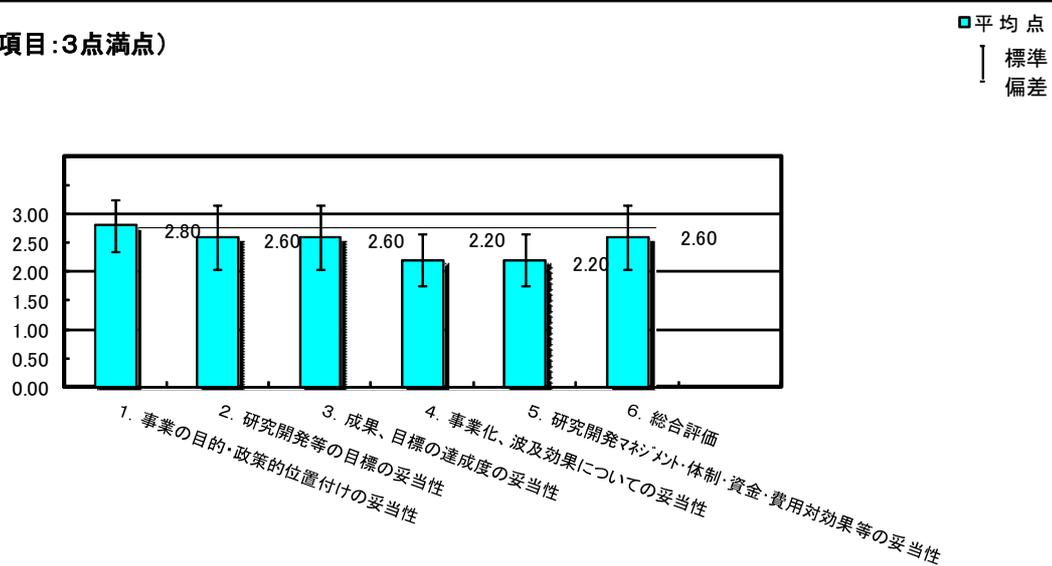
## 評点結果

評点法による評点結果

### E 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発 ／次世代合成開口レーダ等の研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	0.45
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	0.55
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	0.45
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	0.45
6. 総合評価	2.60	0.55

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	F. ハイパースペクトルセンサ等の研究開発
上位施策名	資源エネルギー・環境政策（石油・天然ガス・石炭の安定供給確保）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

我が国の石油及び天然ガスを合わせた自主開発比率は約 20%に過ぎない。エネルギー基本計画（平成 22 年 6 月）では、これを 2030 年までに 40%以上まで引き上げることを目標としており、国内外において石油資源開発を効率的に進める必要がある。

上記背景を踏まえ、本事業では宇宙から地球表面を観測する高性能センサである HISUI (Hyperspectral Imager Suite: 高性能のハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサの両センサを合わせたセンサの名称。)を開発している。HISUI の内のセンサの一つであるハイパースペクトルセンサは、世界各国で開発が実施されているところであるが、本事業では世界初の衛星搭載用実用ハイパースペクトルセンサの開発を目指している。全世界に先駆けて衛星搭載用実用ハイパースペクトルセンサを実現することにより、石油埋蔵の有望地域を早期に発見し、自主開発比率を高め、我が国への石油資源の安定供給に資することを本事業の目的とする。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 19 年度	平成 25 年度	平成 23 年度	平成 26 年度	JAROS、NEC
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
1,000,000	2,500,000	2,000,000	5,850,000	5,758,465

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

ハイパースペクトルセンサおよびマルチスペクトルセンサについて、平成 19 年度から平成 20 年度にかけて、分光・検出系、高速信号処理系、校正系などについて、要素試作試験を行った結果、最終目標性能項目について定量的な予測を行い、実現の見通しを得ることができた。

また、平成 19 年度から平成 23 年度にかけて、両センサの分光系、検出部、信号処理部、校正部、伝送系を含めた評価モデルを開発し、軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性、電磁適合性等について試験により確認を行った。

さらにポインティング機能およびデータ圧縮機能についても、評価モデルにより最終目標性能の達成の見通しを得た。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
システム設計・仕様設計	<p><u>ハイパースペクトルセンサ</u> 空間分解能 30m 以下 観測幅 30km バンド数 185 以上 S/N 比 VNIR 450 以上 SWIR 300 以上</p> <p><u>マルチスペクトルセンサ</u> 空間分解能 5m 以下 観測幅 90km バンド数 4 S/N 比 200 以上</p>	評価モデルによる試験などにより、最終目標性能について、達成の見通しを得る。	基本設計・詳細設計を行うことにより、最終目標性能について実現の見通しを得た。	達成
要素試作試験	<p>以下の項目の要素技術開発を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高 S/N 比を実現する分光検出系の開発により、S/N 比、MTF などの性能達成の見通しを得る。</li> <li>・高精度校正方式の開発により、ハイパースペクトルセンサの波長精度達成の見通しを得る。</li> <li>・高速データ処理系、データ伝送系の開発により、大容量データ伝送の技術的達成見通しを得る。</li> </ul>	左記に同じ	左記の要素技術開発を行うことにより、各性能の達成の見通しを得た。	達成
評価モデル	<p>評価モデルにより下記事項を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性について試験により確認する。</li> <li>・分光検出系、信号処理部、校正系、伝送系の電氣的な性能確認を行う。</li> </ul>	左記に同じ	<p>評価モデルの設計・製作・試験を行い下記事項を確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐熱・機械環境性、電磁適合性を確認した。</li> <li>・分光検出系、信号処理部、校正系、伝送系の電氣的な性能について評価モデル性能試</li> </ul>	達成

	・ポインティング機能およびデータ圧縮機能について、達成の見通しを得る。		験により最終目標性能の確認を行った。 ・ポインティング機能、データ圧縮機能の確認を行い、最終目標性能の達成の見通しを得た。	
フライトモデル	ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサのフライトモデルを設計・製作し、地上検証試験によりセンサ性能目標値の実現性を確認する。 衛星軌道上での運用に必要な各種耐環境性、電磁適合性についても併せて検証する。	長納期の部品について調達を行う。	長納期の部品として下記の部品について、調達を行った。 ・ハイパースペクトルセンサ SWIR 用検出器 ・マルチスペクトルセンサ用検出器 ・ハイパースペクトルセンサ用集光光学部ミラ ー	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし

< 共通指標 >

論文数	特許等件数 (出願を含む)
15	2

総合評価概要

リモートセンシングの重要性及び活用頻度は増え続けており、そのための先端的かつ有用性の高いセンサ開発への投資は重要である。早期開発によって、次世代のリモセンにおいて日本のセンサ及び衛星の地位を高めていくことは重要である。また、ハイパースペクトルセンサは可視光から短波長赤外線をカバーする400-2500 nmの波長に185以上のバンドを持ち、より高精度なデータを得る事が可能である。したがって、地表の石油資源探査に有効な手段となり得るので、研究開発の意義は大きい。さらに、ユーザーニーズのあった高S/N比に対応したことや、利用ユーザーである各種機関と「G. 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発」を通じて連携し、技術開発のためのセンサとならないようにしていることは評価される。「ユーザーによるコンソーシアム等を作り、データ利用ビジネス業界との連携を図り」事業化の構想を練る方向性は正しい。

なお、実際の成果の例示が望ましい。例えば、前回評価指摘事項に対し、12種の樹種を70%以上の精度で分類可能という回答があったが、それ以上の成果はあるのか、また、石油資源探査等には効果はないのか、等。

また、将来的な事業化に向けて、海外のハイパースペクトルセンサの技術開発及び事業化情報の収集を期待

する。事業化という点で考えたときに、商用としてどのようなデータがどのようなユーザーに売れるのかを明確にした上で、その実現に向けて、海外の同様のセンサとベンチマーキングを実施し、今回開発するセンサの特徴を出すことが望ましい。したがって、早期に商用利用ユーザーとの密接なコネクションを作り、センサ仕様への反映を目指すべきである。

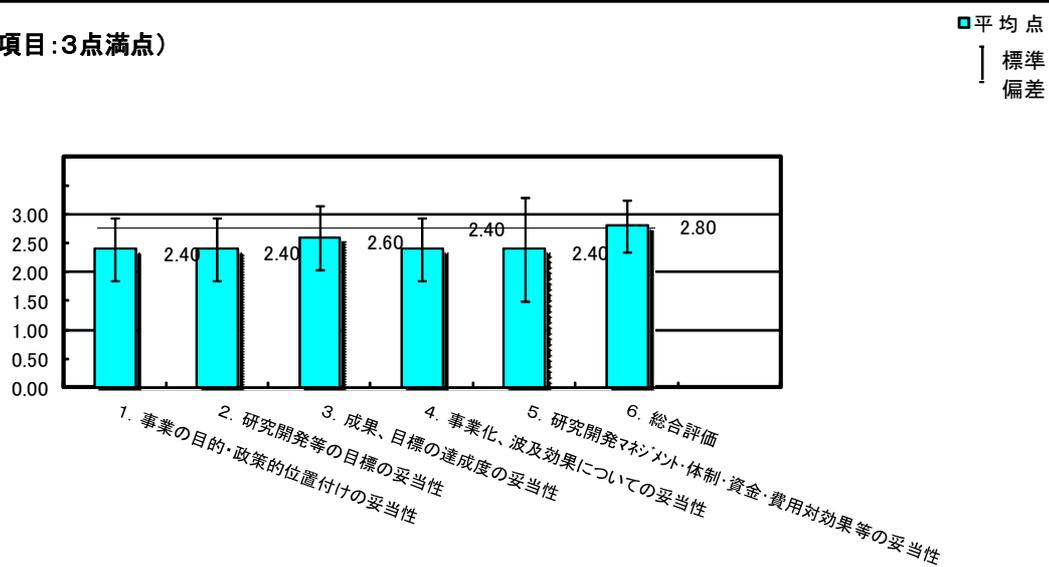
## 評点結果

評点法による評点結果

### F ハイパースペクトルセンサ等の研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	0.55
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.40	0.55
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.40	0.89
6. 総合評価	2.80	0.45

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	G. 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発
上位施策名	経済成長（技術革新の促進・環境整備、ものづくり産業振興）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

我が国の石油及び天然ガスを合わせた自主開発比率は約 20%に過ぎない。エネルギー基本計画（平成 22 年 6 月）では、これを 2030 年までに 40%以上まで引き上げることを目標としており、国内外において石油資源開発を効率的に進める必要がある。

金属資源に関しては偏在性、有限性等から供給者数が限られ、非鉄メジャーによる寡占化・独占化が進みやすい特性を有しており、経済安全保障の観点及び供給構造の安定性の確保を図るため、探鉱能力を左右する探査技術の高度化・効率化を進める必要がある。

上記背景を踏まえ、本事業では宇宙から地球表面を観測する高性能センサである HISUI（Hyperspectral Imager Suite：高性能のハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサの両センサを合わせたセンサの名称。）のセンサデータ利用技術・処理技術を開発している。当該センサデータ利用技術・処理技術により、我が国の石油資源探査や金属資源探査を効率的に進めることを本事業の目的とする。

また、HISUIによって得られるデータは、波長分解能が非常に高精度なものであるため資源探査分野に限らず他の利用分野でもその利用価値は高くなっている。例えば、農業分野では、食料の安定供給という観点から農作物の最適収穫時期を推定したり、森林分野では、植生を把握するという観点から樹種の分類をしたり、環境分野では、環境保全という観点から、天然資源物の保全状況を監視するという利用手法が考えられている。

したがって、本事業では、HISUIのセンサデータの利用技術・処理技術を確立することにより、農業分野、森林分野、環境分野においても、センサデータを有効に活用し、食糧供給の円滑化、国土保全・管理、地球規模の環境問題の解決等に資することも目的とする。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 18 年度	平成 26 年度	平成 23 年度	平成 27 年度	ERSDAC、AIST、JOGMEC
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
342,774	495,774	400,000	1,532,292	1,520,626

### 目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

ハイパーセンサデータを利用した研究として、ハイパースペクトルデータ利用が有効である手法を開発するとともに、エネルギー・資源分野、農業分野、環境分野等の様々な分野における実利用化について確認・検討を行った。また、更に、ハイパースペクトルデータ利用者が高品質なデータを活用できるようにするため、データの校正・データ処理・運用計画策定等からなる HISUI 地上データ処理システムの構築等の問題点の洗い出しを行った。金属資源探査技術の研究開発では、各種鉱床タイプを対象としてスペクトルデータに関する検討を行い、ハイパースペクトルデータの高度利用のための解析評価用システム開発を行った。

個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
1. 実利用化のための解析技術 1) エネルギー・資源分野	1. 実利用化のための解析技術 1) エネルギー・資源分野 これまでマルチスペクトルセンサでは抽出が困難であった鉱物の識別などを含め、抽出総数が2倍以上可能な解析手法を確立すること。	1. 実利用化のための解析技術の確立 1) エネルギー・資源分野 熱水性鉱床の探鉱に有用と考えられる鉱物を10種以上抽出可能な手法を開発すること。	1) エネルギー・資源分野 熱水性鉱床探鉱に有用な14種の鉱物抽出アルゴリズムを開発した。	達成
2) 農業分野	2) 農業分野 農作物の収量や品質推定等がマルチスペクトルデータによるものより精度の良いまたは効率的となる解析手法を確立すること。	2) 農業分野 水稻の生育段階を5分類以上分類可能な技術を開発すること。	2) 農業分野 茶葉、水稻、小麦の精度の良い生育段階分類技術を開発した。特にインドネシアの水稻では7段階分類が可能な技術を開発した。	達成
3) 環境分野	3) 環境分野 陸域または水域環境項目の推定等がマルチスペクトルデータによるものより精度の良いまたは効率的となる解析手法を確立すること。	3) 環境分野 マルチスペクトルデータでは困難なサンゴの白化回復状況を把握するために、生サンゴと底質が分類可能な技術を開発すること。	3) 環境分野 サンゴの白化からの回復状況把握のための底質分類手法を構築した。	達成
4) 森林分野	4) 森林分野	4) 森林分野	4) 森林分野	達成

	樹種分類など森林管理に必要な情報等がマルチスペクトルデータによるものより精度の良いまたは効率的となる解析手法を確立すること。	マルチスペクトルでは困難な広葉樹の種レベルの分類を含む10以上の樹種分類可能な技術を開発すること。	新たな手法を開発し、12種の樹木について70%以上の精度で分類することができた。	
2. センサ校正・データ処理技術 1) 校正技術	2. センサ校正・データ処理技術 1) 校正技術 ハイパースペクトルセンサ(特に HISUI)の仕様に適した校正技術を開発する。打上前校正としての放射量、波長、幾何補正にかかる校正技術を開発、打上時までに、これらの成果を HISUI センサに適用する。また、打上後校正としてのオンボード校正機器による校正、地表ターゲットを用いた代替校正、他衛星との相互校正、さらには月をターゲットとした月校正等の技術を開発、HISUI 打上後、速やかに、これらの成果を適切に組み合わせて適用できるようにする	2. センサ校正・データ処理技術 1) 校正技術 ハイパースペクトルセンサとしての新たな技術課題を調査し、品質保証に影響が予測される項目の校正技術の開発に着手すること。	1) 校正技術 センサの仕様から生じる新たな技術課題を調査し、次の課題について検討に着手した。分光画像の波長方向への歪の特性/代替校正手法の検討/月校正手法の検討	達成
2) データ処理技術	2) データ処理技術 レベル1・レベル2について処理アルゴリズムを確定する。 レベル1はバンド間レ	2) データ処理技術 幾何補正のために必要な分光画像の歪を補正処理する手法を開発すること。	2) データ処理技術 分光画像の空間方向の歪の処理技術は完了した。必要な補助データ、ユーザ要求精度	達成

	<p>ジストレーション 0.1 ピクセル以下、地上位置精度 1ピクセル以下を目指した処理技術を実現するアルゴリズムを開発するとともに、同記述書を完成させる。</p> <p>レベル2については、処理アルゴリズムの定常運用への可否の確定を行い、実装可能な場合は同記述書を完成させる。</p>		<p>評価の調査を実施し、問題点の洗い出しをした。</p>	
3)地上処理システム	<p>3)地上処理システム 国際標準に対応したカタログサービスおよびデータ配信サービス機能を備え、商用クラウド上で動作する HISUI データ地上処理系を開発する。</p>	<p>3)地上処理システム 国際標準化のシステム検討のため、マルチセンサの模擬データを1万件以上作成すること。</p>	<p>3)地上処理システム カタログサービスの国際標準化を検討した。実験用に ASTER メタデータを 160 万件以上変換し、HISUI のマルチデータは標準化可能であることが確認できた。</p>	達成
4)運用計画システム	<p>4)運用計画システム</p> <p>1) HISUI の長期運用計画を様々な種類のユーザーニーズや技術的な制約について最適化した形で示すことが出来るシステムを開発する。</p> <p>2) HISUI の短期運用計画を、長期運用計画や最新の観測実績、様々な技術的な制約について最適化した形で示すことが出来るシステムを開発する。</p>	<p>4)運用計画システム 長期運用計画の最適化に必要な計画策定ソフトウェアの試作すること。</p>	<p>4)運用計画システム 運用計画を最適化するためのシステムの要求分析、運用ソフトの試作し、観測達成率が得られるようになった。</p>	達成

<p>3. 金属資源探査技術の研究開発</p> <p>1)次世代衛星データ解析技術開発(変質帯・鉱物分類の高精度化)</p>	<p>3. 金属資源探査技術の研究開発</p> <p>1)次世代衛星データ解析技術開発</p> <p>鉱床に伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータを集積し、鉱物分類を高精度化するための解析技術を開発すること。</p>	<p>3. 金属資源探査技術の研究開発</p> <p>1)次世代衛星データ解析技術開発</p> <p>各種鉱床タイプに伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータを測定し、鉱物分類を高精度化するための解析技術開発を行うこと。</p>	<p>1)次世代衛星データ解析技術開発</p> <p>鉱床に伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータ測定を実施した。ハイパースペクトルデータ・スペクトルメータデータ等を用いて詳細な鉱物識別を行うとともに鉱物の化学組成、風化プロセス等についても検討した。</p>	<p>達成</p>
<p>2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発</p>	<p>2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発</p> <p>鉱床タイプに応じた衛星データ等による解析技術を開発すること。また、ハイパースペクトルデータ解析評価用システムを開発すること。</p>	<p>2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発</p> <p>複数の鉱床タイプを対象として衛星データ等による解析技術開発を行うこと。また、ハイパースペクトルデータ解析評価用システムプロト機を開発すること。</p>	<p>2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発</p> <p>5つの鉱床タイプ(レアアース鉱床、斑岩銅鉱床、ニッケル白金鉱床、酸化鉄型銅金鉱床、高硫化型銅金鉱床)に関する解析探査技術開発を行い、解析手法等を示した。また、携帯型スペクトルメータのプロト機を完成した。</p>	<p>達成</p>

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし

<共通指標>

論文数
10

総合評価概要

ASTERの後継機であるHISUIはハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサから構成されるが、高精度・高品質なデータを継続的に得るために必要なセンサの校正、データ処理、運用計画から成る地上データ処

理システム構築ができれば、その意義は大きい。センサとしての潜在的利用価値が高い点や実用化のための解析技術において、4分野の開発目標がそれぞれ具体的であり、それらが達成されていることは評価できる。また、ハイパースペクトルセンサデータは、いろいろな用途に利用できる可能性を持っており、潜在的なユーザーを多く持っている。このようなセンサ技術において、日本が優位に立つことは大変重要であり、積極的に進めるべき研究開発である。

なお、各種の解析技術の目標は達成されているので、実際にそれが実用化にどうつながるか、すなわち、ユーザーにどう活用できるかが課題となる。データ処理システムは国際標準に則っただけで売れるわけではなく、利用者にとってのメリット(処理時間が世界最短など)があって初めて売れるものである。他のシステムとのベンチマーキングをし、システムの特徴を明確にすることが望まれる。小型衛星の海外展開に際しても、市場が本センサをどの程度必要としているかを調査した上での試算があるべきと考える。

解析事例を増やすことで、ユーザーにとって魅力的で、とりつきやすいシステムとなるよう今後の進展に期待する。また、センサデータの商用利用を積極的に進める必要があり、データ販売及び利用に関して、より定量的な試算が必要。なお、衛星データを農業・環境・森林分野で実利用推進するためには別のプロジェクトが必要である。

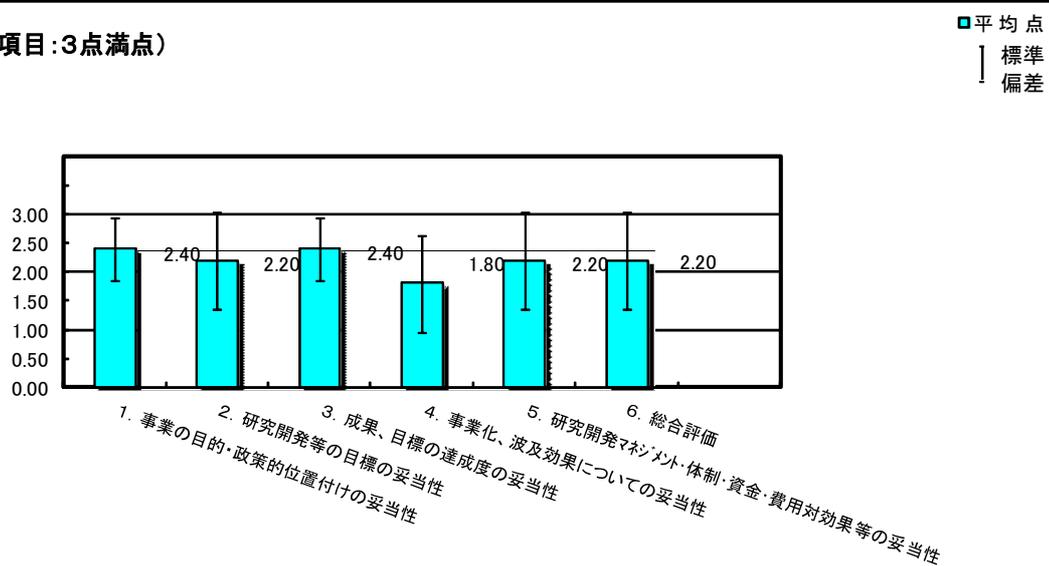
## 評点結果

評点法による評点結果

### G 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	0.55
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	0.84
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.80	0.84
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.20	0.84
6. 総合評価	2.20	0.84

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	H 太陽光発電無線送受電技術研究開発
上位施策名	資源エネルギー・環境政策（エネルギー源の多様化・エネルギーの高度利用）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

宇宙太陽光発電システムは、発電時の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・天候に左右されることなく発電が可能であることから、将来の新エネルギーシステムとしてその実現が期待されているところであるが、実用化に至るまでに長期的な開発努力と技術の段階的実証を要することから、本事業では、将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システムの中核技術であるマイクロ波による無線送受電技術について、安全性や効率性の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発を実施し当該技術を確立することにより、宇宙太陽光発電システムの実現並びにエネルギー源の多様化に資することを目的とする。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成21年度	平成26年度	平成23年度	平成27年度	USEF、三菱重工、三菱総研
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
-	149,542	208,064	357,606	357,069

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

将来の新エネルギーとしての宇宙太陽光発電システム(SSPS:Space Solar Power System)の実現に向け、その中核的技術であるマイクロ波による無線送受電技術を確立することを目的として、設定された各項目について所定の成果を上げた。

個別要技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
高効率薄型送電部の開発		(1)送電効率 研究レベルの高効率F級増幅器の効率を低下させることなくメタルパッケージ化し、回路定数等を調整することにより、増幅器単体効率60%以上、送電部	メタルパッケージ化後の増幅器単体効率は、パッケージ化前とほぼ同等の70%程度を実現した。試験モデルの送電装置には数百個の増幅器が必要となるが、製造量産精度を考	達成

		効率 30%以上の達成 についての見通しを得る。	慮しても左記目標値を 達成できる見通しを得た。	
高効率薄型送電部の開発		(2)薄型軽量化 通常の基板構造概念にとられない方式を検討し、実現に必要な構成部品の実現性に目途を付けて送電モジュール厚み 40mm 以下の達成についての見通しを得る。	アンテナ面と回路基板を平行に配置し、給電回路等の工夫により、送電モジュール厚み 40mm 達成についての見通しを得た。	達成
高効率受電用整流ダイオードの開発		GaN半導体等を利用した高効率整流ダイオードの設計手法を検討し、予備的な試作を行うことでRF-DC変換効率 80%の達成についての見通しを得る。	GaN半導体等を利用した複数の構造パターンを持つ整流ダイオードを試作し、製造技術と高効率化に必要なパラメータの抽出並びに目標値の設定を行った。今後さらに検討を進めることにより、RF-DC変換効率 80%を達成できる見通しを得た。	達成
位置・角度補正法(PAC法)及び並列化法による送電制御技術		解析により有効性の確認を行う。また、各方式について研究し、解析及び要素試作試験による確認を進め、実現性の見通しを得る。	将来 SSPS での有効性確認を行い、伝送効率の低下量:0.4%(目標値 1%以下)、不要波の発生レベル: 0.1W/m <sup>2</sup> (目標値 0.3W/m <sup>2</sup> 以下)の結果を得た。 また実現性についても解析及び要素試作試験を行い、定量的な見通しを得た。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無  
無し。

< 共通指標 >

論文数	特許等件数 (出願を含む)
9	1

## 総合評価概要

宇宙太陽光発電システム(SSPS)は、エネルギー問題、環境問題を解消する将来システムとして有望であり、技術的課題が多く長期的な視野が必要であることから国の研究開発として取り組むべきものである。

本事業では無線送受電技術の開発を行っているが、30%以上の送電効率と送受電モジュール厚さ 40 mm以下の達成見込みを得ていることは評価できる。

なお、SSPS の構築に向けては無線送受電技術だけでなく、打上げコストや軌道遷移コスト等、その他にも解決すべき課題が多い。全体システムの完成までを考えるとすれば、それぞれの課題を着実に解決すべきである。

またすぐには実現できない長期的な研究であるからこそ、常にどのような前提に基づき、どのようなシステムを想定し、どのようなメリットがあるのかを示すとともに、多くの人に理解してもらおう活動をあわせて行うべきである。

評点結果

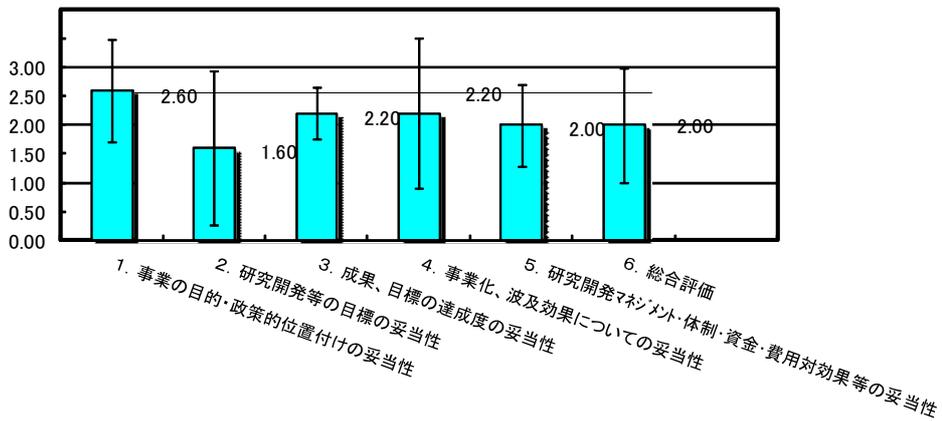
評点法による評点結果

H 太陽光発電無線送受電技術研究開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	0.89
2. 研究開発等の目標の妥当性	1.60	1.34
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	1.30
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.00	0.71
6. 総合評価	2.00	1.00

(各項目:3点満点)

■ 平均点  
| 標準偏差



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	I. 次世代衛星基盤技術開発プログラム（準天頂衛星システム基盤プロジェクト）
上位施策名	経済成長（技術革新の促進・環境整備）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

次世代衛星に要求されるミッションの大型化・高度化に伴う搭載機器の高密度実装、及び発熱量の増大に伴う発熱密度の増加、推進薬の増大等に対応するために必要不可欠な以下の技術開発を行う。

#### （１）衛星構体の高排熱型熱制御技術

3次元結合ヒートパイプ網技術の開発及びそれを使った3次元排熱制御技術の開発を行う。

#### （２）次世代イオンエンジン技術

小推力による緻密な姿勢・軌道保持制御が可能になるとともに、大型衛星の姿勢・軌道修正に適合しつつ衛星重量の低減と目標衛星寿命の確保が期待できる推力 200mN クラスの次世代イオンエンジンの開発を行う。

#### （３）測位用擬似時計

衛星の水晶発振器を地上局の原子時計に同期させて時刻管理を行う技術の開発を行う。

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成15年度	平成23年度	平成20年度	平成23年度	USEF、JAXA
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額 <small>(H22FYは繰越のため未確定)</small>
660,000	600,000	400,599	5,557,278	5,085,556

### 目標・指標及び成果・達成度

#### （1）全体目標に対する成果・達成度

開発要素となった3項目とも、当初の目標を達成した。なお、「衛星構体の高排熱型熱制御技術」「測位用擬似時計技術」において得られた成果は、準天頂衛星初号機「みちびき」に搭載され、平成22年9月11日に種子島宇宙センターから打ち上げられた。

(1)衛星構体の高排熱型熱制御技術 事後評価時点

目標項目	成果	達成度
<p>《主目的》 3次元ヒートパイプネットワーク構成技術を開発し、準天頂衛星の排熱能力目標 5kW 以上の実現性を地上試験で実証する。</p>	<p>(1)第1期の成果に基づき、全排熱面有効利用技術システム構成要素仕様ならびに全排熱面有効利用技術の設計仕様を作成し、その妥当性を確認した。</p> <p>(2)第1期の成果に基づき、3次元ヒートパイプネットワーク認定および検証モデルの試験結果を反映した次世代高排熱型衛星構体各部の熱解析モデルを構築した。</p> <p>(3)上記で構築した熱解析モデルを用いて、軌道上熱解析を実施し、3次元ヒートパイプネットワークシステムの熱制御性能の妥当性を確認・評価した。</p> <p>(4)3次元ヒートパイプネットワークおよび構成技術の認定および検証モデルの設計・製作を行ない、衛星に搭載できる機能・性能を有していることを地上検証試験で評価・確認した。なお、検証モデルは評価の目的により、下記の2種類のモデルを製作した。</p> <p>(a)フライト品質確認用検証モデル</p> <p>(b)熱制御性能確認用検証モデル</p> <p>(5)高熱輸送ヒートパイプおよび高熱伝達ジョイント認定モデルによる試験の結果に基づき、検証モデルの設計・製作及び試験を実施した。その結果に基づき、検証モデルを製作し両者の組合せによる適合性を確認した。</p>	<p>達成</p>
<p>《制約条件》 太陽光が照射されるパネル温度は50～60℃、太陽光の入射が無いパネルは、35～45℃の範囲に保持されること。及びヒートパイプについては単位質量当りの熱輸送能力が0.38Wm<sup>2</sup>/g以上であること。</p>	<p>(6)認定および検証モデルによる地上試験結果に基づき、地上検証試験技術の要求仕様の制定と検証計画とその詳細手順を制定した。</p> <p>(7)3次元ヒートパイプネットワークの熱解析モデル化および設計手法の体系化を実施した。</p> <p>(8)製作した3次元ヒートパイプネットワーク検証モデルにより、本研究開発目標である排熱能力5kW以上を地上試験にて実証した。</p>	

(2)次世代イオンエンジン技術 事後評価時点

目標値	成果	達成度
電源入力 5kW 以下にて、スラスト性能目標値として、推力 250mN 以上、比推力 1,500 秒以上の実現性 及び 寿命 3,000 時間以上の実現性を地上検証試験で実証する。	<p>1. 寿命試験終了時の推力測定で下記性能を確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スラスト消費電力:4.65kW(PPU 入力 5kW 相当)</li> <li>・推力:253.5mN</li> <li>・比推力:1,697 秒</li> </ul> <p>2. 寿命試験において、推力 250mN 相当の動作点で3,006 時間のスラスト噴射を実施し、3,000 時間以上の寿命を確認した。</p>	達成

(3)測位用擬似時計技術 事後評価時点

目標値	成果	達成度
擬似時計システム構成機器を使った地上評価試験及び静止衛星を用いたアルゴリズム実証試験により、擬似時計時刻に関して準天頂衛星システム時刻への同期精度 10ns 以上実現性を見込みを得ていることを確認する。	<p>(1)実際の準天頂衛星で送信される L1, L2, L5 帯の測位信号を使った擬似時計アルゴリズムを開発し、2 ns 以下で同期できる見通しが計算機シミュレーションと地上評価試験で得られた。</p> <p>(2) 静止衛星(JCSAT-1B)を用いた実験で、10 ns 以内 の同期実験結果が得られている。ただし、用いている装置は擬似時計実証用に準備した装置である。仰角の低い Intelsat-4 を用いた実験でも 2 ns 以内の同期誤差で同期実験結果が得られた。</p>	達成
100,000 秒以上における長期安定性 $1 \times 10^{-13}$ 以上の確保及び擬似時計システム構成の実現性を見込みを得ていることを確認する。	(1) 地上評価試験で、停波の有無にかかわらず、10 万秒で $1.4 \times 10E-14$ 程度の安定度が得られた。	達成
準天頂測位衛星を用いた実証実験を実施する	準天頂衛星に擬似時計制御ソフトウェアを搭載し、平成 22 年 12 月から、軌道上技術実証実験を実施した。同期精度 0.3 ns、10 万秒で $4.43 \times 10E-15$ の安定度が得られた。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

なし。

<共通指標>

論文数	特許等件数 (出願を含む)
48	1

※論文数には、講演数やその他の発表も含む。

総合評価概要

既に社会インフラと化した測位システムを自国でまかなうことは、必須の課題であり、GPSの補完的役割を果たす準天頂衛星の開発は重要である。また、準天頂衛星への活用のみならず、国際競争において優位性を保つための次世代衛星技術の開発としての本プロジェクトの意義は大きい。要素技術それぞれにおいても目標が達成されており、その成果の準天頂衛星へ搭載、あるいは、今後開発予定の衛星への搭載の動きが進んでいることは評価できる。

なお、次世代衛星基盤技術として、なぜ、この3つ(衛星構体の高排熱型熱制御技術、次世代イオンエンジン技術、測位用擬似時計技術)の技術開発が選ばれたのかを明示しておく必要があったと感じられる。イオンエンジンについては、本プロジェクトの目標は達成しているが、実際には、運用期間終了後も故障するまで使用されることを考えると、もう少し長い設定が必要であったのではないかと考えられる。また、今後の衛星販売ビジネスにおける体系的な戦略なども描けるとよいと思われる。

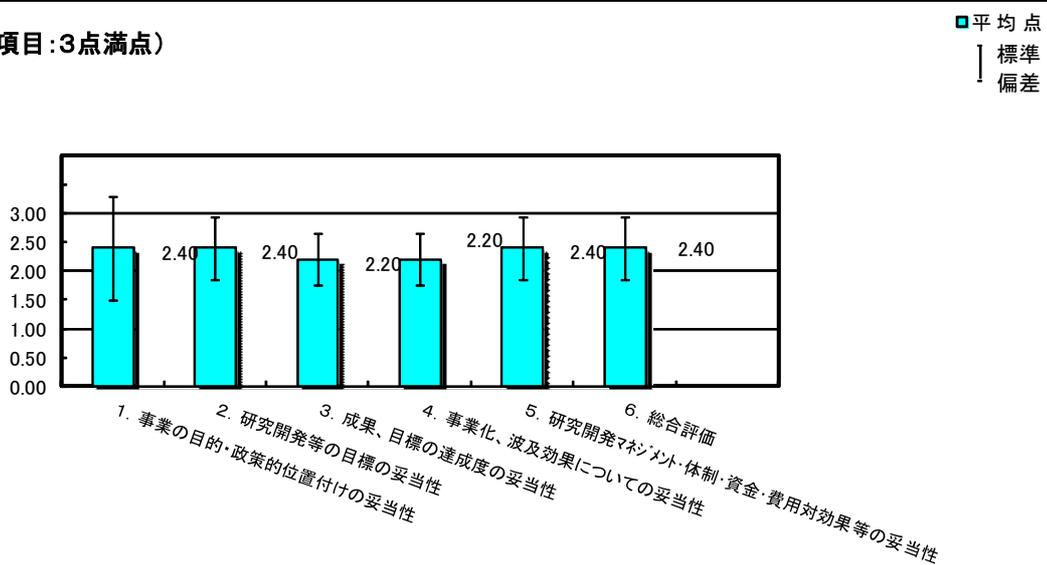
評点結果

評点法による評点結果

I 次世代衛星基盤技術開発プログラム  
(準天頂衛星システム基盤プロジェクト)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	0.89
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	0.55
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	0.45
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	0.45
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.40	0.55
6. 総合評価	2.40	0.55

(各項目:3点満点)



## 技術に関する事業

技術に関する事業名	J. 次世代構造部材創製・加工技術開発事業（次世代衛星基盤技術開発）
上位施策名	資源エネルギー・環境政策（省エネルギーの推進）
担当課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課 宇宙産業室

### 事業の目的・概要

準天頂衛星システムの構築に不可欠な基盤技術として産業競争力強化にも直結する衛星の高度化、長寿命化等に関する技術及び我が国の次世代を担う衛星に不可欠な基盤技術として「異種材料を含む大型構造体用複合材料製造設計技術」の開発を行う。以下は、開発要素である。

- ①熱特性及び製造プロセスを含めた複合材料製造設計技術
- ②複合材料を用いた精密大型構造体の一体成形技術の開発
- ③異種材料間の接合面を有する複雑構造体の成型技術の開発
- ④宇宙空間における技術実証試験の実施

### 予算額等（委託）

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成15年度	平成22年度	平成20年度	平成23年度	USEF、JAXA
H19FY 予算額	H20FY 予算額	H21FY 予算額	総予算額	総執行額
617,000	600,000	255,000	3,873,991	3,795,600

### 目標・指標及び成果・達成度

#### (1) 全体目標に対する成果・達成度

開発要素となった3項目とも、当初の目標を達成した。なお、得られた成果は、準天頂衛星初号機「みちびき」に搭載され、平成22年9月11日に種子島宇宙センターから打ち上げられた。

#### 事後評価時点の目標に対する達成度

目標値	成果	達成度
(1)熱特性及び製造プロセスを含めた複合材料製造設計技術		
CFRP 構造体の使条件および製造条件（材料の種類、温度条件等）による熱特性、成形歪の解析シミュレーションツールを開発すること。	解析ツールを開発し、解析を実施した。従来方式の設計ツールでは評価することのできなかった金型影響、硬化収縮影響、製造法影響を評価することが可能となった。	達成
(2)複合材料を用いた精密大型構造体の一体成形技術の開発		
精密大型構造体の主構造となる一体成形CFRPシリンダ（約3m長×1m径）	精密な複雑形状を有する CFRP シリンダ（直径1.3m×高さ3.8m）の設計・製造技術を開発した。ま	

<p>技術を開発する。</p>	<p>た、開発モデル・認定モデル・検証モデルの製作・検査・試験(打上げ環境を考慮した静荷重試験と音響試験)および準天頂衛星での軌道上実証を実施して、開発した技術が妥当であることを確認した。検証モデルの写真を図 3-2-J -1 に示す。</p>	<p>達成</p>		
<p>(3)異種材料間の接合面を有する複雑構造体の成形技術の開発</p>				
<p>異なる材料による接合部分を有するパネル構造体(約2m 立方)において、使用温度範囲-30℃～+70℃において熱歪みによる破壊を生じないこと及びパネルの少なくとも一方向の線熱膨張率が 5ppm/℃以下であること。</p>	<p>衛星への実機搭載を想定した仕様設定を行ったパネル構造体(2.3m × 2.4m)において線熱膨張率 4.95ppm/℃を達成した。 -40℃～+80℃の熱サイクル試験においても熱歪みによる破壊は生じていないことを確認した。検証モデルの写真を図 3-2-J-2 に示す。</p>	<p>達成</p>		
<p>(4)衛星構体の軽量化</p>				
<p>衛星構体について打上げ環境・軌道上環境に適合し且つ衛星構体重量削減目標 10%以上の実現性を地上検証により実証する。</p>	<p>上記(2)項に示すように、開発したシリンダが打上げ環境・軌道上環境に適合することを地上検証および準天頂衛星での軌道上実証により確認した。また、上記(1)～(3)項の成果を全て活用することにより、次世代衛星において 10.5%の重量削減が可能であることを確認した。</p>	<p>達成</p>		
<p>(2) 目標及び計画の変更の有無</p>				
<p>なし。</p>				
<p>&lt;共通指標&gt;</p>				
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="188 1339 336 1406">論文数</td> </tr> <tr> <td data-bbox="336 1339 1417 1451">6</td> </tr> </table>			論文数	6
論文数				
6				
<p>※論文数には、講演数やその他の発表も含む。</p>				
<p><u>総合評価概要</u></p>				
<p>I. の研究開発と表裏一体をなすものであり、ともに準天頂衛星を例に、次世代衛星基盤技術開発の確立を目指すものとして意義が大きい。本技術開発は、衛星全体の軽量化に対するインパクトの高い研究であり、数値目標も達成している上、開発中の商用衛星への適用など、研究開発から事業化までがリンクしている点が評価できる。</p>				
<p>なお、CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics:炭素繊維強化プラスチック)に関する研究は、大学や研究機関においても多く実施されており、これら組織との協力体制を図るとともに、世界を視野に入れた競合他者との比較等、本技術の立ち位置を明確にすることも望まれる。日本の得意分野である複合材料技術を生かして、積極的に国際標準化を推進する等の戦略的視点をもつのが望ましい。</p>				

## 評点結果

評点法による評点結果

### J 次世代構造部材創製・加工技術開発事業 (次世代衛星基盤技術開発)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	0.89
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	0.45
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	0.71
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.60	0.55
6. 総合評価	2.40	0.55

(各項目:3点満点)

