

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
<u>技術に関する施策の目的・概要</u> 安心・安全で豊かな社会の実現や安全保障の強化の観点で、宇宙空間の利用が果たす役割がますます大きくなる中、我が国にとって、自前で宇宙活動できる能力を保持することが重要である。また、宇宙産業の世界の市場規模は今後も拡大すると予想され、また広い裾野産業を有するなど波及効果も大きく、将来の重要な成長分野として期待されるところである。しかしながら、国内民間企業が調達する実用衛星の多くが米国製であるなど、我が国の宇宙産業の国際競争力は依然厳しい状況にあり、その産業基盤を強化していくことが求められている。 こうしたことを踏まえ、政府としては、宇宙基本法に基づいて策定した宇宙基本計画に基づき、関係府省が分担・協力して宇宙産業基盤の強化に向けた取組を進めることとしている。 経済産業省の宇宙関連技術開発施策（宇宙産業プログラム）は、こうした政府全体の取組の一環として、特に以下の2つを目的に技術開発プロジェクトを推進するものである。 ①国際競争力のある人工衛星やロケットの実現に資する技術の開発 ②エネルギー政策の推進に資する宇宙関連技術の開発 <u>技術に関する事業一覧</u> A. 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発 B. 超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発 C. 小型衛星群等によるリアルタイム地球観測網システムの研究開発 D. 可搬統合型小型地上システムの研究開発 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、次世代合成開口レーダ等の研究開発 F. 石油資源遠隔探知技術の研究開発 G. ハイパースペクトルセンサ等の研究開発 H. 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発 I. 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＞ J. 太陽光発電無線送受電技術の研究開発 K. 太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発 L. 空中発射システムの研究開発	

技術に関する施策評価の概要

1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性

世界の宇宙産業が全体的に拡大傾向にある中、この流れをつかんで我が国の宇宙産業が成長し関連市場を創出していくには、国の関与による産業基盤強化や市場の創出が必要である。

このような観点から、国際競争力のある高性能かつ低コストな人工衛星等の開発や、将来のエネルギーの確保に資する高機能な衛星センサ及びその利用技術の開発、宇宙太陽光発電技術の開発等を、宇宙基本法及び宇宙基本計画に基づき関係府省と役割分担・連携を図りつつ経済産業省が推進することは極めて重要であり、本施策の目的及び政策的位置づけは妥当である。

宇宙産業の国際競争激化の傾向に対応するため、機器とサービスのパッケージ提供で日本の優位性を目指すという方針や、民生技術も利用して高機能・高付加価値かつ低価格を目指すという方針は、これからの市場ターゲットである新興国のニーズを見据えた適切なものであり、妥当である。

経済産業省のプロジェクトと他省庁のプロジェクトの関係の考え方が必ずしも明確ではないように見受けられる。よりわかりやすく明確に役割分担の考え方を示すことが望ましい。また、本施策によって実現を目指す将来の宇宙産業の規模の目標や時期についての記載がある方が望ましい。

2. 施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性

本施策において、国際競争力を向上させるための衛星・センサの低コスト化、小型化、高機能化を目指したハードの開発と、運用・利用のためのソフト（利用技術）の開発がバランスよく実施されており、プロジェクト等は適切に配置されている。

国際競争力のある小型衛星の開発（ASNA ROプロジェクト）、資源探査等に資する観測センサの開発（ASTER/PALSAR及びHISUIプロジェクト）、宇宙実証（SERVISプロジェクト）、宇宙太陽光発電、空中発射システムの各プロジェクトとも、濃淡はあるが現時点において得られた成果は概ね妥当である。

現状、どちらかといえば宇宙機器等の開発に重点が置かれており、今後は、より広い分野を対象としたニーズの掘り起こしや新たな利用方法の開発など、人工衛星から得られたデータの利用を振興する取組を強化することが望ましい。

いくつかの事業において、計画、体制、費用対効果、技術や社会の変化に対する対応などについて、明確化が十分でない点があるように思える。また、技術目標の設定根拠が明確でない箇所もあった。

施策全体の目標達成に向け、どのような事業を実施するかについては、開発するシステムが市場開拓の条件に合う性能と使い易さを持っているかなど世界の趨勢等を考慮しつつ、調整しながら推進することが重要。例えば、SERVISプロジェクトの3号機は、当初の目的設定は理解できるが、現時点では再検討を要する。

3. 総合評価

国全体の大きな宇宙政策に則り、日本の宇宙産業の発展に必要な施策が適切に実施されていると判断できる。

特に、小型衛星（ASNAROプロジェクト）、観測センサ（ASTER/PALSAR及びHISUIプロジェクト）で所期の成果を上げたことは、将来につながる技術であり評価できる。これらの施策は継続的に実施する必要がある、今後も同様の予算措置をすべきである。

本施策の推進に当たっては、世界の宇宙産業の動向を見据え、海外の技術との比較などを通じて真に国際競争力のある技術であるかを評価し、日本の得意とする技術力を重点的に伸ばしていけるよう、事業の過不足について常に検討を加えることが必要である。具体的には、近年の情勢変化を踏まえ、SERVIS-3号機及び、空中発射システムの意義については、再検討を要すると思われる。

なお、衛星リモートセンシング分野における海外市場獲得には資源探査だけでなく農業、防災などさまざまな分野におけるサービスをパッケージで提供していくことが有効であり、今後は、幅広い分野におけるリモートセンシングデータ利用の拡大につながる取組が重要と考えられる。

加えて、衛星リモートセンシングから取得したデータの適切な取扱いについて、我が国としてのルールを確立することが必要である。

今後の研究開発の方向等に関する提言

世界の宇宙産業の拡大傾向に対し、日本の宇宙産業は必ずしも同期しているとはいえない。この理由は、技術力をベースとした宇宙産業の成長が必ずしも十分ではなく、またニーズの開拓も不十分であることによると考えられる。これらの点を克服するため、国が適切な技術開発施策を推進することは極めて重要である。

しかし、諸外国、特に米国などの先行する宇宙産業と直接競争することは短期的に少なからず困難を伴うことが考えられる。そのため、日本でこれまで培われ国際的にも高い評価を受けた宇宙産業関連の技術を継承しつつ、それらをより発展させる施策が適切と考えられる。特に、既存技術を改良・発展させて、コスト削減、高機能化、利用の多目化を図ることや、高信頼性、高安定性の実現していくことなどは、日本が得意とするところであり、海外の技術との比較をしながら、この方向での技術開発を発展的かつ積極的に推進することが望ましい。

また、新興国（ASEAN、中央アジア、中南米、アフリカなど）におけるニーズの開拓と展開は、国際協力という観点からも極めて重要と考える。

このような観点から、国際競争力のある高性能かつ低コストな人工衛星等の開発や、将来のエネルギーの確保に資する高機能な衛星センサ及びその利用技術の開発、宇宙太陽光発電技術の開発等を、宇宙基本法及び宇宙基本計画に基づき経済産業省が実施することは極めて重要であり、本施策を引き続き着実に推進すべきである。

施策の推進に当たっては、世界の宇宙産業の動向を見据え、海外の技術との比較などを通じて真に国際競争力のある技術であるかを評価し、日本の得意とする技術力を重点的に伸ばしていけるよう、事業の過不足について常に検討を加えることが必要である。

具体的には、近年の情勢変化を踏まえ、SERVIS-3号機及び、空中発射システムの意義

については、再検討を要すると考えられる。

なお、衛星リモートセンシング分野における海外市場獲得には資源探査だけでなく農業、防災などさまざまな分野におけるサービスをパッケージで提供していくことが有効であり、今後は、幅広い分野におけるリモートセンシングデータ利用の拡大につながる取組を進めることが重要と考えられる。

将来的な技術開発の方向性としては、地上に配置したセンサ等から人工衛星を活用して情報を収集するシステムの実現に資する技術の研究開発などが考えられる。さらに長期的には、宇宙空間を物質生産・加工の場として活用するための技術開発も一案である。

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				
我が国宇宙産業の国際競争力強化のため、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ための研究開発を行う。				
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20年度	平成26年度	平成23年度	平成27年度	JSS、NEC
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
-	669,526	-	10,008,483	9,684,255
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。				
個別要素技術	目標・指標		成果	達成度
	最終時点	中間時点		
総合システム	地上・宇宙総合システムとしての開発を行う。	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「総合システム開発仕様書」を平成23年3月に制定した。以降、同会議・分科会にて情報共有・検	達成

			討を行いつつ、本仕様書を基として衛星-地上適合性試験を実施した。	
新しい仕組み	先進的宇宙システムのアーキテクチャを構築する。	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、パナクロマチック)を目標とする可視光地球観測センサを開発する。	地上分解能(GSD) 0.5m 未満(軌道高度 500km、パナクロマチック)を目標とする可視光地球観測センを開発する。	最終目標である地上分解能(GSD)0.5m 未満(軌道高度 500km、パナクロマチック)のセンサとそれに光を集光することのできる光学反射望遠鏡を、設計の段階から開発し、個別試験で性能を確認した。また衛星バスとの組み合わせ試験、システム試験を実施した。	達成
小型衛星バス	バス質量 300kg 程度以下の小型地球観測衛星を開発する。	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、軌道維持／修正のための推進系に燃料を充填した状態で 300kg 以下の重量(燃料なしで、設計値 250kg)となる小型衛星バスを製造し、性能確認試験、ミッション系搭載機器との組み合わせ試験、システム試験を実施した。	達成

短納期の仕組み	再製造の場合に、2 年間で製造・試験実施を可能とする。	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であるスペースワイヤを採用することで、ミッション機器の変更に対してはソフトウェアの変更で対処が可能になり、従来はミッション要求に応じて設計変更を行っていたバス機器のリピータ生産が可能になり、設計変更により必要となる費用やリードタイムが圧縮でき、2 年以内の開発が可能であるという目処が立った。また、スペースワイヤ試験センターを整備した。	達成
自動自律運用	人間の判断無しで1 週間以上のバスの自動自律運用を実現する。	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、自律機能を活用して、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、1 週間以上の自動自律運用の目処が立った。	達成
宇宙実証	軌道上実証を実現する。	運用準備・打上準備を開始する。	・国内外の打ち上げロケットを検討し、ロシアISC コスモトラス社のドニエプルを選定した。 ・衛星－ロケット インタフェース調整、衛星の射場への輸送、射場での打上げ準備作業を経て、平成 26 年 11 月 6 日(日本時間)に衛星を打上げ、軌道上運	達成

			用を開始した。 ・「総合システム開発仕様書」を基にして、機能・性能について軌道上実証を行った。	
--	--	--	--	--

(2) 目標及び計画の変更の有無

打上の延期等により、計画の変更を行った。

<共通指標>

論文数
27

総合評価概要

新興国における導入が期待されるコストパフォーマンスの良い衛星システムを構築することは我が国の宇宙産業の国際競争力強化に非常に有用であり、小型、軽量、低コスト、短納期かつ高性能な人工衛星を開発するという事業目的は極めて妥当。こうした開発は民間での達成は難しく、国の事業としての必要性は高い。衛星システムの具体的な開発目標も、打上機会、開発期間、ペイロード質量などを踏まえ500kg級を選択したことなど、適切に設定されている。

事業の成果としては、小型衛星バスを構築するとともに、地上分解能0.5m未満の高性能光学センサを開発し、地球観測衛星「ASNARO-1」を完成させ、軌道上で所期の目標を達成しており、高く評価できる。さらに、運用システムの自律運用の導入により運用コストを低減するという野心的な取組も達成している。

開発に際しては、民生機器・部品の採用に現実的な設計方針で望んでおり、性能目標についても柔軟に難度の高い方へ変更し、それを達成しているなど、適切に事業が遂行されている。

今後は、軌道上実証の状況を分かり易く定期的に公表するなどにより成果を示すことで、ビジネス展開につなげていくことが重要。また、得られた成果が十分な国際競争力のあるものになっているか自己評価を行うことや、ユーザー等の声も踏まえた実証運用とフィードバックを行い改良すべき点を検討することにより、今後10年、20年を目指した性能設定のあり方など、将来への課題を示すことが望ましい。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/セ

ンサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、

☐ 資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、

☐ 小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、

☐ 資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

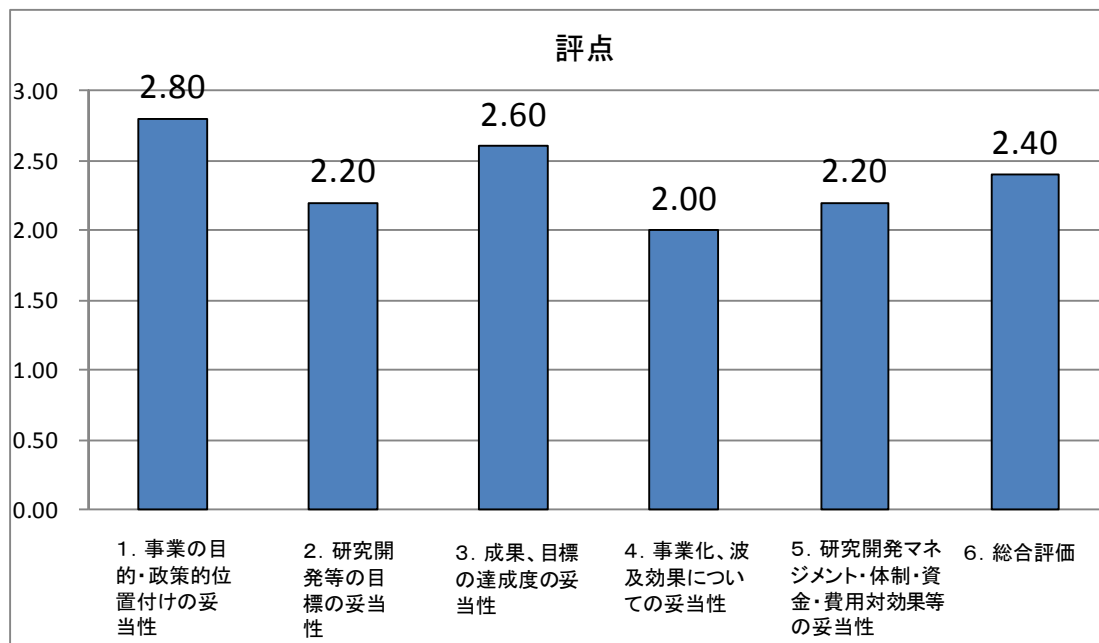
などが想定される。

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）

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	2	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	2	2	2	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	2	2	3	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	1	2	3	2	2
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	2	2	2	2	3
6. 総合評価	2.40	2	2	2	3	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	B. 超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発			
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				
我が国宇宙産業の国際競争力強化のため、「A. 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発」の成果を活用し、高分解能なXバンド合成開口レーダ衛星を開発することを目的として、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宇宙実証等の研究開発を行う。				
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22年度	平成28年度	平成27年度	平成29年度	NEC
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額 （H25FY 分は繰越のため未確定）
5,850,000	3,820,000	－	13,110,170	12,593,752
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				
我が国の宇宙産業の国際競争力を強化するため、高分解能なXバンド合成開口レーダを搭載する、小型で低コストな高性能地球観測衛星（レーダ衛星）の開発を目的とし、平成28年度からの宇宙実証に向け、低コスト、短納期、高性能を実現する小型レーダ衛星の設計を完了した。				
個別要素技術	目標・指標	成果		達成度
超高分解能センサ	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の設計を完了する。	分解能1m未満の合成開口レーダの設計を完了した		達成
小型衛星バス	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。	推進系に燃料を充填した状態で350kg以下の質量となる大電力仕様の小型衛星バスの設計を完了した。バス機器については現在製造中のフェーズにある。		達成
パルス	SARセンサに搭載する高出力増	小型衛星搭載用の高出力増幅器の設		達成

TWTA	幅器の設計を完了する。	計が完了した。	
短納期の 仕組み	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。	【未達成:理由】 他国からの部品調達の手続きが長期化したため、製造着手が予定より遅延し現時点で製造中機器がある。 ※機器製造および試験完了予定(2016年2月) 但し、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、という仕組みは確立した。	未達成
国内ロケットへの適合	イプシロンロケットへの適合性確認を完了する。	打上げ機に関して、2017年打上げ対応可能なロケットとしてイプシロンロケットの適合性確認が完了した。これにより打上げ機としてイプシロンロケットを選定した。	達成
宇宙実証	運用準備を開始する。	運用準備を開始した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

衛星システムの部品調達遅延に伴い、計画（事業期間）の変更を行った。

< 共通指標 >

論文数
3

総合評価概要

小型、低コスト、かつ高性能な合成開口レーダ衛星の開発は我が国宇宙産業の国際競争力強化に極めて重要であり、事業の目的・政策的位置付けは妥当である。

開発目標として、光学衛星「ASNARO-1」の成果を活かすよう、ASNARO-1のバスに適合した設計としてバスの共通化を図り、低価格化と500kg級衛星のシリーズ化を目指している点など、適切に設定されている。

研究開発の進捗は、合成開口レーダの心部とも言えるパルスTWTAを設計し、小型、省電力で

分解能 1 m未満という高性能の小型Xバンド合成開口レーダを設計・開発が完了しているなど、部品調達の遅れによる継続中のものを除けば個別事項は概ね達成されており、順調な進捗状況であると言える。

今後、実施される予定の宇宙実証においては、衛星開発者目線とならないよう、ユーザーとデータ利用方法を想定して行うようにすべきである。さらに、これまで研究開発を実施したLバンドSAR（PAL SAR）との観測特徴の比較や、ASNA RO-1衛星との協調観測についても検討すべきである。

また、研究開発終了後に海外展開を実現していくには、システム全体でのコスト等も重要であり、事業C「小型衛星群等によるリアルタイム地球観測網システムの研究開発」と合わせた検討や、運用技術者育成の検討も必要と考えられる。

開発・製造の短縮化については、バス機器製造から試験完了までの期間について1年という数値が達成できるのか検証し、未達の場合には今後の課題を抽出することが求められる。

今回開発するTWT Aは単体の輸出も可能な競争力のあるものと考えられ、従来のものと比較しどの程度小型・省力化が達成できたかを数値で示すことが望ましい。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

- ☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
- ☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
- ☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
- ☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

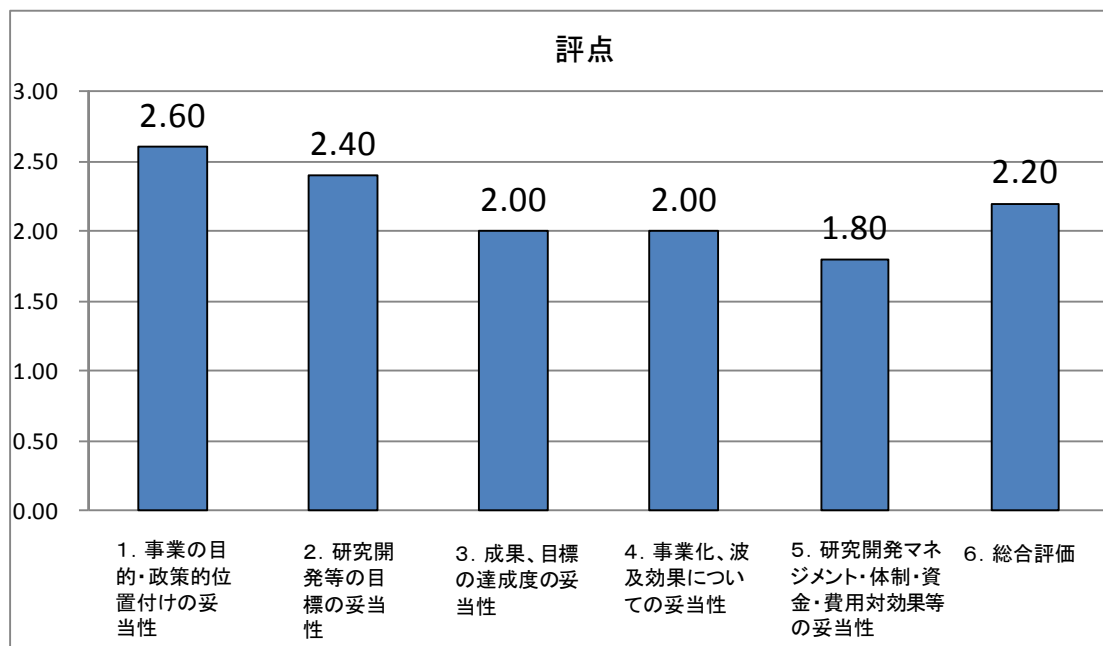
などが想定される。

評点結果

評点法による評点結果

(B. 超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	2	2	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	2	2	3	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.00	2	2	1	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	2	2	2
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	1.80	1	2	2	2	2
6. 総合評価	2.20	2	2	2	2	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	C. 小型衛星群等によるリアルタイム地球観測網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				
我が国が保有する衛星システムにおけるコンステレーション衛星運用をコアとして、将来、日本製衛星システムを保有する各国のシステムとも連携を可能とする統合運用システムの研究開発を行うとともに、地球観測衛星から得られる大量の衛星画像に対して、利用者が必要とする地物の自動判読を高速に実施し、利用者に判読結果を最適な形で提供するためのシステムの研究開発を行う。				
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24年度	平成26年度	－	平成27年度	JAXA、パスコ
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
3,000,000	－	－	3,000,000	2,932,086
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				
①複数衛星運用のための統合運用システム				
複数の衛星が必要に応じて有機的に連携し、参加した全てのリソースを最大限活用し運用可能な衛星コンステレーションシステムに求められる機能・性能要求を分析し、システム仕様を確定した。その上で、当該システム仕様に基づき、統合運用システムを開発し、システム全体としての機能・性能確認及び運用性確認を実施した。				
個別要素技術	目標・指標	成果		達成度
1.自律自動複数衛星管制システムの開発	(1)複数衛星管制マネージメント（管制、軌道）機能の開発	・ASNARO-1 衛星管制システムを利用することにより衛星管制機能の統合運用システムへの組み込みを検証した。 ・複数衛星の軌道管理を実施するための軌道管理サブシステムを開発した。		達成
	(2)複数衛星リソースマネージメント（撮像計画、予約）機能の開発	・衛星のリソースを管理し、適切な撮像計画を立案するためのコレクション計画立案サブシステムを開発した。 ・各衛星の運用を立案するためのミッ		達成

		ション運用計画立案サブシステムを開発した。	
	(3)地上局マネージメント(複数局管理)機能の開発	複数の地上局のリソースを管理し、利用計画を作成する地上局運用管理サブシステムを開発した。	達成
	(4)高度なセキュリティ機能の開発	・統合運用システム内部セキュリティを確保するためにインタフェースする相手方に応じたインタフェース用ゲートウェイサブシステムを開発した。 ・システム内のネットワークを公開系と非公開系に区分し、系間にファイヤーウォールを設置し、内部セキュリティを確保した。	達成
	(5)高信頼性システムの開発	主要な機器や部品については、単一故障点を排除した高可用性とし、障害時の継続稼働を行うためのフォールトトレランス構成等を採用することで計画停止、自然災害等による停止を除き、99.9%の稼働率を達成するシステムを開発した。	達成
2. ニアリアルタイム・オンデマンドシステムの開発	(1)複数同時画像処理機能の開発	様々な観測データを画像処理するための画像処理サブシステムを開発した。	達成
	(2)複数衛星データアーカイブ(分散、集中、同期)機能の開発	・各衛星の観測データを保存・管理するためのデータ保存・検索システムを開発した。 ・撮像した観測データ、処理された画像データを注文受付、配布管理するための受付・配布管理サブシステムを開発した。	達成
	(3)ターミナル方式、クラウド方式によるオペレーション機能の開発	プライベートクラウド方式のシステム基盤を採用し、計算機リソースを効率的に使用するため、各プロセスを全体的に管理する全体運用管理サブシステムを開発した。	達成

②画像自動判読システム

高分解能光学衛星画像及び高分解能合成開口レーダー衛星画像から、対応衛星画像で目視認識可能な地物や土地被覆を判読するシステムを開発した。判読精度は、地物のサイズによってバラつきが

あるが、判読精度の向上が可能なシステムとなっている。また、最も利用が見込まれる建造物の判読については、面積ベースで 80%以上と十分実用に足る判読精度が得られている。加えて、目視判読が難しいとされる合成開口レーダー画像についても、光学画像との比較で単体では判読精度は劣るものの、光学画像と組み合わせることにより、精度の向上が期待できることも確認された。

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
(1)システムロジック部の開発 ①学習／判読ロジックの確立	画像から、コンピュータが地物の判読のための知識を自ら獲得（学習）し、未知の画像から地物の種類や位置を特定（判読）するためのロジックを確立する。 対象とする画像は、光学画像、合成開口レーダー画像及びその複合とし、画像中で視認できる様々な地物の判読に対応する汎用性の高いロジックを目指す。	機械学習の一つであるディープラーニング手法をベースとして、画像中で視認できる地物や被覆に対する汎用的な判読ロジックを確立した。また、精度評価を行い、十分に実用に足る精度を有することを確認した（建造物で 80%以上）。	達成
②判読処理の高速化	光学画像、合成開口レーダー画像、光学／合成開口レーダー統合のそれぞれの判読処理が、3分以内に完了できるように判読処理の高速化を行う。	複数の処理ノード、マルチコア CPU、GPGPU を活用した並列分散処理を判読処理に適用することにより、3 分以内の判読処理完了を実現した。	達成
(2)システムフレーム部の開発 ①ユーザインターフェイスシステムの開発	ウェブを介して、ワンストップで利用者へ判読サービス（画像の入手から判読レポートの提供）を提供するための機能を開発する。 開発にあたっては、利便性やシステムへのアクセスのし易さ等を考慮する。 【性能目標】 画面応答速度：1 秒以内	ウェブを介して判読サービスを利用者に提供するためのユーザインターフェイスシステムを設計、製造し、試験を行った。ワンストップでサービスを提供するため、衛星プラットフォームや ASNARO 地上システム等の外部システムとの連携機能を具備した。加えて、利便性やシステムへのアクセスのし易さの向上のため、ウェブ GIS 上で判読結果表示の対応およびタブレット端末への対応を実施した。 【性能】 画面遷移：0.6 秒	達成
②アーカイブ管理システムの開発	判読処理によって判読された大量の地物の情報を、分散データベースにて、高速に取り扱う機能を開発する。 【性能目標】	判読結果が格納されるデータベースの制御及び管理を担う、アーカイブ管理システムを設計、製造し、試験を行った。 高速なデータアクセスを実現するた	達成

	100 万件のデータから 10 件のデータの検索及び抽出:1 秒以内	め、データベースの分散化を行った。 設計にあたっては、分散データベースに求められる要件(速度、可用性等)を整理し、プロトタイピングを行うことで、データベース管理システムの選定を行った。 【性能】 100 万件のデータから 10 件のデータの検索及び抽出:0.0137 秒	
③画像判読システムの開発	判読処理を行うための複数の計算機(処理ノード)に効率よく要求(ジョブ)を割り当て、短時間で判読処理を完了させるジョブスケジューリング機能を開発する。 【性能目標】 処理ノードへのジョブ割当:2 秒以内 判読処理完了:3 分以内	処理ノードの管理および判読学習処理の実行と制御及び管理を担う、画像判読システムを設計、製造し、試験を行った。 複数の判読処理ノードの監視、判読要求の分散発行、進捗モニタリング等を行うための、ジョブスケジューラー機能と、システムロジック部の研究結果による仕様変更のインパクトを最小限にするための汎用処理フレームワークを具備した。 【性能】 処理ノードへのジョブ割当:1.0 秒 判読処理完了:113 秒/40 秒/140 秒(光学/SAR/統合)	達成
④ナレッジ管理システムの開発	コンピュータが画像判読を実行する際のナレッジ(識別器)や、そのナレッジを生成するための学習用/評価用データを管理する機能を開発する。本機能は、システムの運用者が利用する機能であるため、運用性や、サービスの継続性を考慮して開発を行う。	コンピュータが画像判読を実行する際のナレッジ(識別器)の管理を担う、ナレッジ管理システムを設計、製造し、試験を行った。継続的かつ効率的な識別器の精度の向上を実現するため、判読結果からのフィードバック機能を具備した。	達成
⑤計算機環境の構築	画像自動判読システムを動作させるための計算機環境の設計・構築を行う。 設計にあたっては、本システムを構成する各システムの処理特性や処理性能、運用性を十分考慮	システムロジック部およびシステムフレーム部の研究成果や設計を踏まえ、機械装置のサーバー、ネットワーク等の要件整理、計算機環境の設計および機器選定・調達を行い、構築を行った。処理特性に応じて、システムによって	達成

	する。	ネットワーク規格やストレージを使い分けることにより、効率的かつ合理的な設計を行った。また、計算機の集約・仮想化や自動デプロイ機能の具備を行い、運用性の向上と、ランニングコストの低減を図った。	
(3)ナレッジデータベースの構築	衛星画像から、システムロジック部の開発等に利用する学習用／評価用データの整備を行う。	大量の学習用／評価用データを整備する必要があるため、効率性を考慮した整備ツールを作成した。当該ツールを活用し、衛星画像や航空写真から、学習用／評価用データを約 45 万セット整備した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

ASNA RO-1 の打上延期により、計画（事業期間）の変更を行った。

<共通指標>

特に無し。

総合評価概要

（複数衛星統合運用のための統合運用システム）

1 台のシステムで複数の異なる人工衛星の運用が出来ることは、大幅なコストダウンを可能にすることに加え、既存の衛星も取り込んだ低コストでのコンステレーション化も可能にするものであり、ASEAN 各国への寄与や災害監視などの地球観測に資するものである。

統合運用システムを開発するための要素技術に関する全ての項目について目標を達成していることは評価できる。また、統合衛星運用により開発費・運用経費を削減できる見通しを得ており優れている。

一方で、優位性を示す数値データがほとんど示されておらず、国際競争力を判断することが困難であり、事業化・波及効果がやや不透明である。

本開発の成果の普及には、そのニーズは様々な分野に及ぶ可能性があり、ユーザーに有効な使い方をアピールするなどの取組が必要と考えられる。

（画像自動判読システム）

大量の衛星データから必要な情報をコンピュータに抽出（自動判読）させる手法は、人工衛星の高度化・機数増が進む中で今後ますます必要となると考えられ、有用な研究開発である。

本事業で画像自動判読システムの枠組みとその要素システムを構築し、操作感の向上も含め実用に耐えうる処理能力を有したシステムを構築したことは評価できる。

本事業の成果の優位性をアピールする観点からも、自動判読の処理時間についてはこれまでのも

のとの比較をすることが望ましい。

今後、本事業の成果の普及にあたっては、分野ごとのニーズに応じた改良や、衛星毎のセンサの仕様の差異に応じた対応等が必要になると考えられる。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

- ☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
- ☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
- ☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
- ☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

などが想定される。

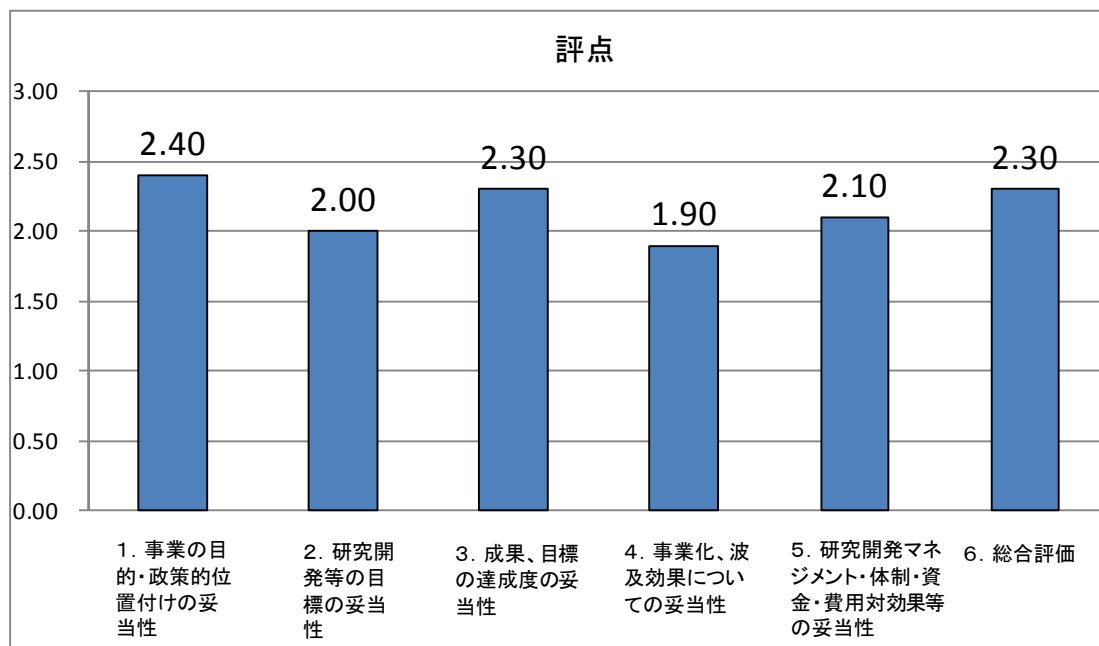
社会から求められる目的特化型のサービスは、多種多様であることからオーダーメイドにならざるを得ないが、開発期間を例えば1年間とできれば大きなメリットとなる。今後、こうしたことも見据えることが重要である。

評点結果

評点法による評点結果

(C. 小型衛星群等によるリアルタイム地球観測網システムの研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	3	2	3	2	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	2	1	3	2	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.30	3	2	3	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.90	2	1	3	1	3
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	2.10	3	2	2	2	3
6. 総合評価	2.30	3	2	3	2	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	D. 可搬統合型小型地上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				
我が国宇宙産業の国際市場への参入及び宇宙利用の拡大を図るため、「A. 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発」によるASNARO-1衛星の開発に合わせ、衛星の追跡管制やデータ受信処理システムの小型化、低コスト化、高性能化、運用の省力化を実現する、効率的かつ利便性の高い可搬統合型地上システムについての研究開発を実施するとともに、高性能小型衛星を活用した技術実証を行う。				
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21年度	平成26年度	平成27年度	平成27年度	パスコ
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
-	297,474	-	4,476,867	4,089,071
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				
衛星の追跡管制やデータ受信処理といった地上システムについて、効率的、かつ、利便性の高い利用者重視の地上システムの実現を目指し、地上システムの小型化、低コスト化、高機能化、運用の省力化を実現した				
個別要素技術	目標・指標	成果		達成度
(1)可搬統合局 ①車両総重量の軽量化	車両総重量を20t以下とする。	車検における車両総重量の測定結果が19.4tであることを確認。		達成
②アンテナ搭載型車両	アウトリガの安定度に関する性能要件はアンテナ設置要件を適用し以下の設定とする。 【性能要件】 設置面傾斜： 水平面から±5°	設置面傾斜： 水平面から±5° 初期姿勢： 水平面から±0.1° 運用時安定度： 初期姿勢から±0.04°		達成

	初期姿勢： 水平面から$\pm 0.5^{\circ}$ 運用時安定度： 初期姿勢から$\pm 0.1^{\circ}$	(風速 25m/s 環境下の最大変位)	
③ 可搬局セットアップ(アンテナ組立)の高速化	アンテナ組立の 3 工程(アウトリガの設置、Feed の取り付け、アンテナパネルの取り付け)を 2 名で 2 時間以内に実施する。	2 名で 2 時間以内(1 時間 55 分)に設置を完了した。	達成
(2)画像統合運用 ①統合運用の検討	災害発生時における統合運用手法を確立し、可搬統合局及び統合運用の実施フローから可搬統合局の運用時間や情報提供までの時間を整理しモデルケースにおいて情報提供時間の有効性を検証する。	可搬統合局に具備する変化抽出手法、地物抽出手法、DEM の生成手法、災害シミュレーション手法を開発した。省力化と時間短縮を行い実用に耐え得るシステムを開発した。	達成
②主題図作成の自動化	主題図作成の自動化を実現し、統合運用人員の省力化を実現する。	主題図作成における一連の手順を自動化することで省力化を図った。 また、自動処理に対する設定作業を画像注文時に一括して行う仕組みとすることで、可視時間内の運用負荷を削減している。	達成
③主題図様式のテンプレート化	主題図の表現方法を明確化し、テンプレートとして柔軟に利用するための表示設定やレイアウトを確立する。また主題図の表現に必要な情報を選定する。	分析結果の実データと、それを表現するための表示設定ファイル、レイアウトを管理するテンプレートファイルを個別に管理する仕組みを実装することで、利用者の要望に応じた主題図や、対象とする災害に応じた表示方法での主題図提供を可能とした。	達成
④DSM 差分抽出の精度検証	DSM 差分抽出アルゴリズムの確立と、大規模災害における被害状況の把握に、広域にわたる高さの変化情報が有効かを検証する。	アルゴリズムを確立し、その精度検証において建物倒壊の被害状況把握を想定し、建物面積に着目した検証を行った。200 m ² 以上の面積を持つ建物に関して 83.3%の抽出率を示し、単純差分での変化抽出と比較しても良好な検出が行えることが分かった。	達成

(3)画像高速処理 ①L0 処理の高速化	ストリーム方式での中間ファイルの最適なファイル分割サイズ検討、復号処理アルゴリズムの確立と高速化手法による処理の高速化を実現する。 【性能目標】 L0 処理:42 秒	【性能実績】 L0 処理:26 秒 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
②L1 処理の高速化	画像 I/O について異なる媒体での性能比較・検討を行うことにより処理の高速化を実現する。 【性能目標】 L1 処理:70 秒	【性能実績】 L1 処理:53 秒 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
③高次処理の高速化	高次処理アルゴリズムの開発、最適な装置構成により処理の高速化を実現する。 【性能目標】 パンシャープン生成:60 秒 オルソ生成:90 秒 DSM 生成:180 秒	【性能実績】 パンシャープン生成:28 秒 オルソ生成:20 秒 DMS 生成:155 秒 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
④大容量データ I/F の高速化	最適化ソリューションの確立、局間伝送シミュレーション実施、最適な装置構成により処理の高速化を実現する。 【性能目標】 伝送効率:75%	【性能実績】 伝送効率:97% 迅速なプロダクト提供に寄与できる性能目標を達成した。	達成
(4)先進的地上システム ①撮像予約提供システムの開発	利用者の利便性に考慮した Web 注文システムの構築を目標とする。 【性能目標】 検索速度:4 秒以内 ※アーカイブ検索の前提 登録母数:1,500 万件 適合件数:500 件 同時アクセス数:10	直観的なインターフェイスの検討を実施した。 大量データ表示のレスポンスを考慮した設計とし伝送遅延も考慮した描画方式を実現した。 アーカイブ検索の速度に対する大量データの表示性能目標を達成した。 【性能実績】 アーカイブ検索速度:2.4 秒	達成

②アーカイブ システムの開発	OGC/ISO 準拠のメタデータ設計、高速な空間検索を行うための検索モジュールの最適化を目標とする。 【性能目標】 1500 万件から 500 件のデータ抽出:1 秒以内	最適な OGC/ISO 準拠のメタデータ設計を実施した。 高速な空間検索を行うための検索モジュールの最適化を実施した。 【性能実績】 1500 万件から 500 件のデータ抽出: 0.488 秒	達成
③撮像計画管理 システムの開発	撮像計画立案処理の高速化と、撮像機会の向上を目的としたアルゴリズムの確立を目標とする。 【性能目標】 計画立案時間(衛星運用計画管理と合計):15 分以内	撮像計画時間で性能目標を達成した。 【性能実績】 計画立案時間:9 分 13 秒 注文の締め切り時間を衛星が飛来する直前(AOS-30 分前)まで許容できるようになった。	達成
④衛星運用計画管理 システムの開発	運用計画立案処理の高速化を目標とする。 【性能目標】 計画立案時間(撮像計画管理と合計):15 分以内	運用計画立案処理時間で性能目標を達成した。 【性能実績】 計画立案時間:4 分 2 秒 注文の締め切り時間を衛星が飛来する直前(AOS-30 分前)まで許容できるようになった。	達成
⑤衛星管制システムの開発	運用の省力化・衛星運用自動化の検討を行い運用省力化画面の作成を目標とする。 【性能目標】 ノミナル時 1 可視運用中の運用者操作:0 件	ノミナル時の運用者操作は 0 件となり性能目標を達成できた。よって、運用の省力化を実現できた。	達成
⑥軌道制御 システムの開発	軌道決定運用の自動化、手順の簡略化、軌道決定精度向上、最速軌道決定実施タイミングと処理時間の短縮を目標とする。 【性能目標】 GPS 軌道決定精度: 3m(3 σ) 最速軌道決定処理: 20 分	高い軌道決定精度であり、かつ高速に軌道決定処理を実施することができたため、衛星運用を安定的に行うための重要な要素が整ったことを確認した。 【性能実績】 GPS 軌道決定精度: 3m(3 σ) 最速軌道決定算出時間: 11 分	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

ASNA RO-1 の打上延期により、計画（事業期間）の変更を行った。

<共通指標>

論文数
5

総合評価概要

小型の可搬統合型地上システム・画像統合運用システムを構築できたことは、固定の地上システムが不要となることになり、通信インフラのない新興国への輸出において有効であるなど、国際競争力強化の観点から非常に重要であり、所期の目標を達成できたことは評価できる。

なお、本事業の成果を活用した今後の国際展開は新興国が中心になると考えられるが、人工衛星と会わせたパッケージとしてどのように新興国に働きかけていくかを具体化するとともに、使い勝手の向上、メンテナンスコストの低下、各国の状況に対応した改良などが必要になると考えられる。

また、日本のように通信インフラの確立した地域では災害時等の利用が想定されるが、普段のメンテナンスコストが必要になるなど、課題もある。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

- ☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
- ☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
- ☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
- ☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

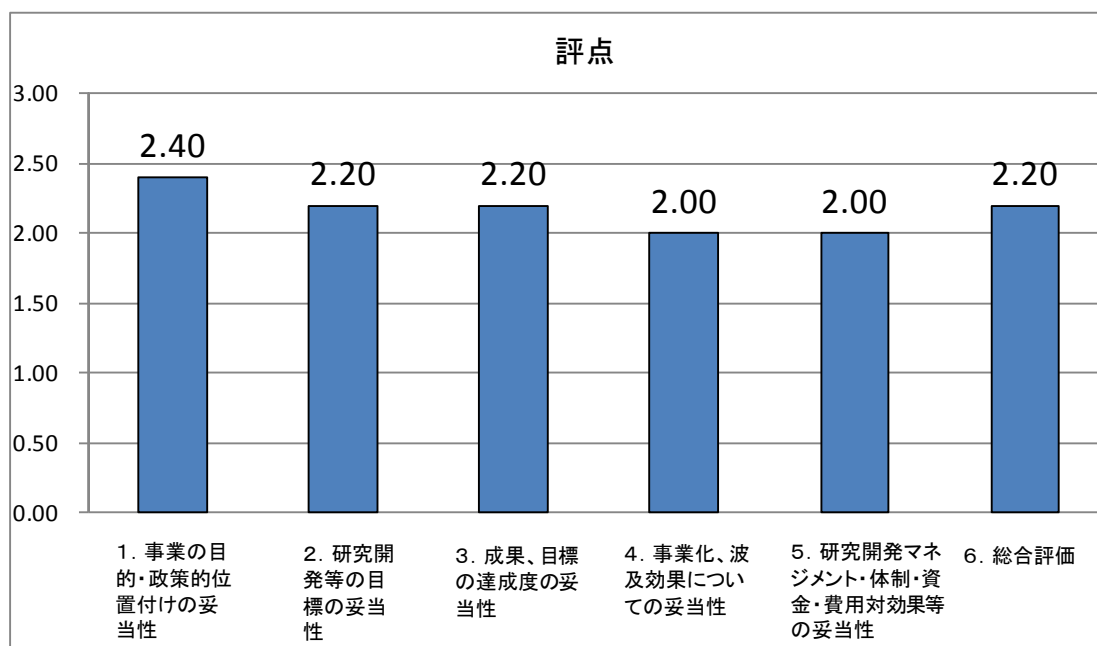
などが想定される。

評点結果

評点法による評点結果

(D. 可搬統合型小型地上システムの研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	2	3	3	1	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	2	2	3	1	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	2	2	3	1	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	2	3	0	3
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	2	2	2	1	3
6. 総合評価	2.20	2	2	3	1	3



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 石油資源の安定供給に向けた資源探査のため、地球資源衛星１号（J E R S－１）の成果を活かし、光学センサである極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システム（A S T E R）及びレーダセンサである次世代合成開口レーダ（P A L S A R）を開発し、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、センサの安定運用を図るための研究開発を行う。 なお、A S T E Rセンサは平成１２年度のミッション運用開始以降、現在も運用を続けており、P A L S A Rは平成２３年度に運用を終了している。				
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２７年度	平成２７年度	平成２８年度	JSS
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
80,000	68,000	69,943	30,985,700	29,444,358
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 A S T E Rの軌道上運用について、平成２３年度～平成２６年度は、定常運用及びそれに続く後期運用の中で短波長赤外放射計（S W I R）を除く機器の正常な運用を維持し、利用者への画像供給も継続でき、目標を達成できた。				

個別要素技術	目標・指標(中間時点)	成果	達成度
ASTER軌道上運用 ・定常運用(5年間) ・後期運用(5年以上)	①テレメトリデータによる機器の正常動作確認 (オンラインTLMモニタリング:毎日)	各機器の温度、電流、電圧等のテレメトリデータが正常な動作範囲内に維持されており、長期にわたる機器の安定動作が確保されていることを確認した。	ASTER定常運用のミッションサクセスを達成 後期運用はVIRとTIRについてエクストラサクセスを達成
	②画像データによる性能評価 (画像評価データの取得:年2回)	機器評価のための観測画像データを取得し、ポインティング機能の正常動作確認及びジオメトリック性能としての地表分解能が開発仕様を満足していることを確認した。	
	③定期校正データによる機上校正・検証 (機上校正データの取得:49日毎) (16日回帰軌道の3回帰毎に実施)	各放射計の定期校正データを取得し、機上校正機能の正常確認及びラジオメトリック性能としての分光特性の経年変化を評価した。 経年変化による感度低下については、感度補正の校正係数を算出し、観測データに反映することにより高品質の画像生成を維持することができた。	
	④データトレンドによる機器の長期的健全性確認 (アーカイブTLMデータトレンド:毎月)	機器のポインティング動作の累積回数管理及び温度、電流、電圧の特性値管理によるトレンド評価を継続して行い、長期運用による機器の劣化や変動傾向がなく健全性が維持されていることを確認した。	

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し。

<共通指標>

論文数
145

※論文数には、講演数やその他の発表も含む。

総合評価概要

ASTERについて15年間運用を継続しているというのは驚異的な成果であり、長期にわたって正常な運用を続けてきたことは高く評価できる。この間、ASTERデータの継続的・安定的な利用と蓄積を可能にすることにより、石油資源の探査等において多くの成果をあげてきたと言え

る。

今後は、衛星リモートセンシングデータに対するニーズの拡大や海外の競合するリモートセンシング衛星の状況を踏まえて、アーカイブデータも含め、他分野での活用などより広いユーザーに活用してもらう方策を検討すべきである。

さらに、本システムで蓄積したデータの評価等を踏まえ、次世代のセンサ開発に是非つなげていただきたい。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

- ☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
- ☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
- ☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
- ☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

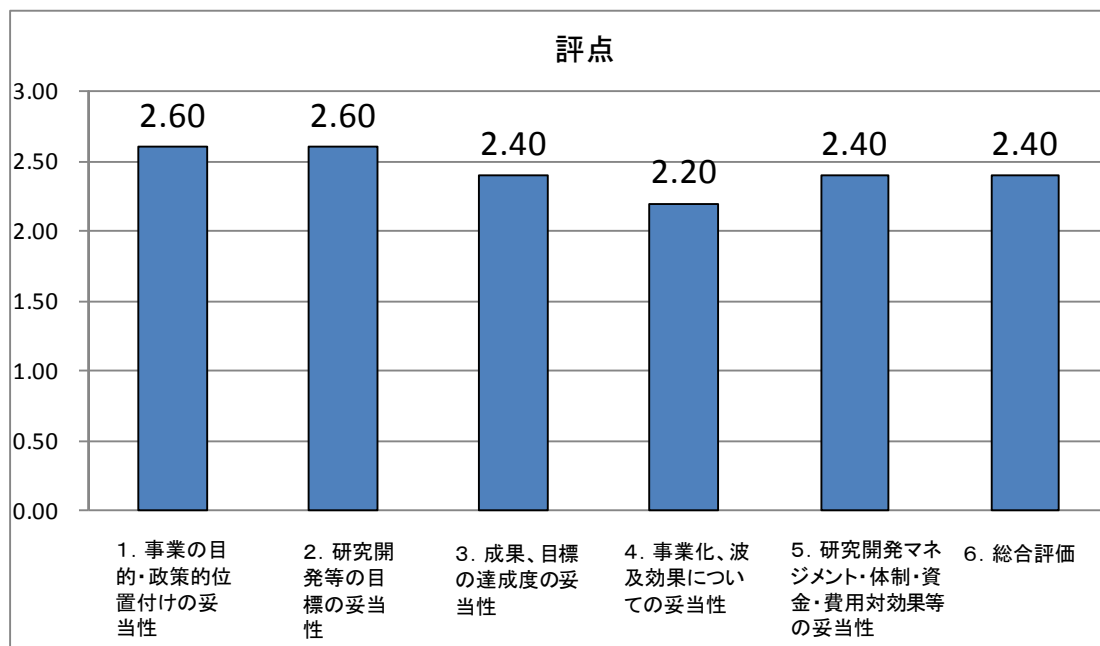
などが想定される。

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、次世代合成開口レーダ等の研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	2	2	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	2	2	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	2	2	2	3
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	2	2	2	3	3
6. 総合評価	2.40	2	2	2	3	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	F. 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				
石油資源の安定供給に向けた資源探査のため、「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A S T E R（光学センサ）及びP A L S A R（レーダセンサ）より取得されたデータの品質管理及び地上システムの運用を行うとともに、これらのデータを活用し、石油資源探査を効率的かつ精度よく実施するための利用技術開発を行う。				
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５６年度	平成２８年度	平成２７年度	平成２９年度	JSS、産総研
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
870,000	739,500	638,289	71,521,545	67,815,898
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およびPALSARデータによる、石油ガス鉱床の地表・貯留構造の状況に応じた利用技術、非在来型資源・生産管理監視等への利用技術等について、合計57件の利用技術および事例を開発し、資源ユーザの要望するほぼ全てのケースを網羅した。また資源・地球環境・防災等の課題に必要な情報を抽出する解析アルゴリズムを合計66件開発し、利用に必要な解析手法をほぼ網羅した。				
ASTER 及び PALSAR とも、地上システムの運用によって、ユーザの要求に対応した観測計画の作成、観測データの全量入手・保存、標準・高次プロダクトの生産・配付数の目標を満足した。また運用期間中に実施した校正検証結果から、定められた精度を維持したことが確認された。				
個別要素技術	目標・指標(中間時点)	成果		達成度
①石油ガス資源探査等への利用手法の確立	目標： ASTER 及び PALSAR データによる、石油ガス鉱床のトラップ別と地表状況に応じた衛星データ利用技術、及び近年注目をあびている非在来型資源への利用や生産管理監視技術等を確立す	ASTER および PALSAR データによる、石油ガス鉱床の地表・貯留構造の状況に応じた利用技術、非在来型資源・生産管理監視等への利用技術等について、合計 57 件の事例を開発し、資源ユーザの要望するほぼ全てのケースを網羅した。また資源・地球環境・防災等		達成

	る。 指標： 各項目の利用手法を確立した事例件数とする。	の課題に必要な情報を抽出する解析アルゴリズムを合計 66 件開発した。	
②地上データシステム運用・品質管理	目標・指標：以下の項目の実現する。 (ア)観測計画の作成 (イ)観測データの全量入手・保存 (ウ)標準・高次処理プロダクトの生産 (エ)ASTER 及び PALSAR それぞれ5万シーン以上の配付 (オ)衛星データの目標精度の維持	(ア)ユーザ要望を取りまとめた観測計画を滞りなく作成した。 (イ)ASTER・PALSAR の観測データを全量入手し保存した。 (ウ)ASTER・PALSAR の全量を標準処理し、オンデマンドで高次処理プロダクトをユーザに提供した。 (エ)標準・高次処理プロダクトを累計で26万シーン配付した。ASTER GDEM (Ver2)を配付した。 (オ)幾何精度 50m以内、放射量精度可視近赤外±2%、熱赤外±1度の精度を維持した。	達成
③次世代アーカイブシステムおよび広域マップの整備	目標：ユーザに対してより利用し易い衛星データを継続的に提供するため、大量データを扱うことが可能な次世代アーカイブシステムを構築するとともに、次世代プロダクトとなる広域マップを整備する。 指標：ASTER 及び PALSAR のアーカイブ実績、高速再処理アルゴリズム開発、標準化対応等の実現度合い、整備した広域マップの種類とその完成度とする。	ペタバイト級のデータアーカイブシステムを導入し、ASTER・PALSAR データの高速処理が可能なアーカイブシステムを実現した。提供システムに関しては、OGC 標準 2 種について最新版に対応した。 ASTER GDEM ver.3・オイルスリックDB・時系列 DEM/オルソデータ、全球モザイクオルソ画像、全球放射率データを整備した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し

<共通指標>

論文数
41

総合評価概要

石油ガス田の開発や鉱区取得につながった例など、ASTER/PALSARデータを石油ガス資源の探査等に利用して成果をあげている点は高く評価できる。

また、ASTER GDEMの整備、オイルスリックデータベースなど、ASTER/PALSARの長期観測データから様々なプロダクトを作成し利用者に配布しており、関連分野の産業活動及び科学研究に大きく貢献している。

なお、ASTERは引き続き多くの分野での活用が期待され、今後も運用を継続すべきであるが、その運営についてはより省力化、効率的運営を検討すべきである。

米国のLANDSATでは2008年よりデータの無償配布が開始されるなど、海外衛星においてはデータの配布ポリシーが近年変更になっている。ASTER等で取得したデータについても、より広い分野での活用が期待され、今後はその配布を無償化するなど、ユーザーの拡大に向けた見直しを行う必要がある。

また、現在開発中のハイパースペクトルセンサの観測データの処理についての研究開発は、本事業の成果や反省を十分に踏まえて推進するべきである。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

- ☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
- ☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
- ☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
- ☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

などが想定される。

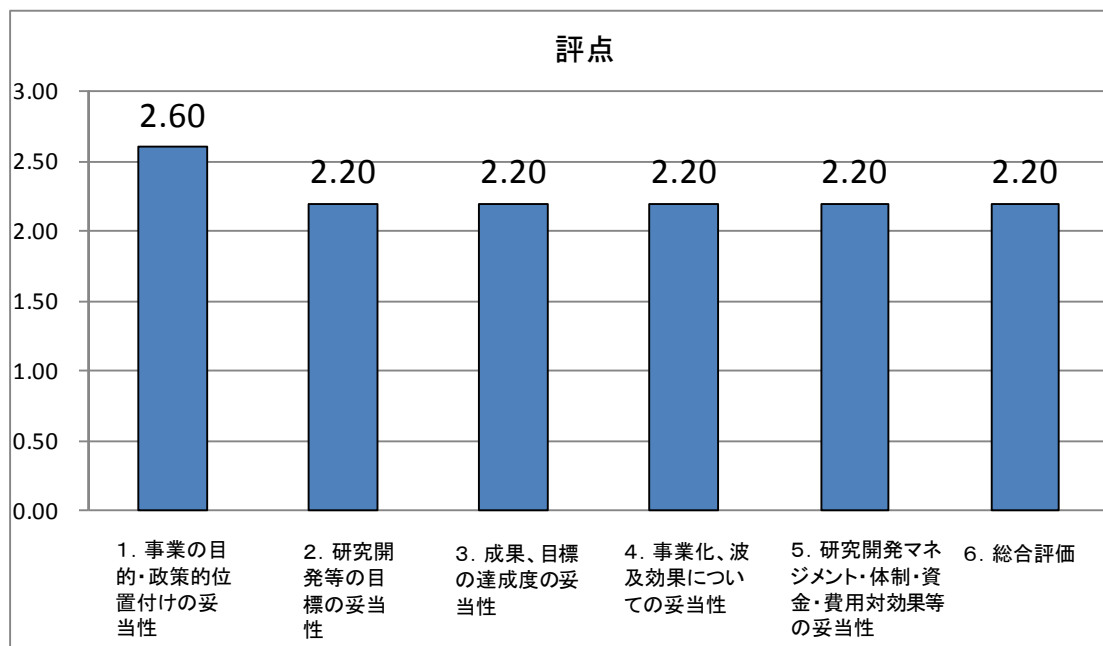
欧米による衛星観測データの無料公開の動向も踏まえ、ASTERデータが広く利用されて社会に還元されるよう、利用研究の分野を拡大するとともに、ASTERデータを無料公開する方針に転換することを提案する。

評点結果

評点法による評点結果

(F. 石油資源遠隔探知技術の研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	2	2	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	2	2	2	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	2	2	2	3
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	2	2	2	2	3
6. 総合評価	2.20	2	2	2	2	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	G. 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				
石油資源の安定供給に向けた資源探査のため、資源探査用センサであるA S T E Rの後継機として、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たH I S U I（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、より高精度なデータを得ることを可能とするとともに、石油埋蔵の有望地域を早期に発見するための研究開発を行う。				
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１９年度	平成３３年度	平成２７年度	平成３４年度	JSS、NEC
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
1, 800, 000	1, 530, 000	668, 571	12, 018, 571	11, 876, 902
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、構成するコンポーネント及びセンサシステムの詳細設計を行い、詳細設計審査会（C D R）において、最終目標性能を達成可能であることを確認した。				
また、両センサを構成するコンポーネントのフライトモデルを製作し、軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性、電磁適合性等を含む試験により、宇宙用としての品質を確認したことに加え、当該コンポーネントを用い、両センサのフライトモデルの組立を開始した。				
個別要素技術	目標・指標(中間時点)	成果		達成度
システム設計	詳細設計結果として、最終目標性能仕様を達成する。	詳細設計結果について、コンポーネント詳細設計審査(CDR-1)及びセンサシステム詳細設計審査(CDR-2)を行い、最終目標性能が達成が可能であることを確認した。最終目標性能の各項目に対する達成度は表3－2－G－2および表3－2－G－3に示す。		達成
フライトモデル	フライトモデル用コンポーネント	ハイパースペクトルセンサ、マルチスペ		達成

	の製作及び試験を行う。 フライトモデルの組立てを開始する。	クトルセンサを構成するコンポーネントについて、熱機械環境を含む性能を試験し、宇宙用としての品質を確認した。 上記のコンポーネントを用い、ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサのプロトフライトモデルの組立てを開始した。	
宇宙実証 支援システム	ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサ用機器実証部及び地上データシステムの設計・製造を行う。	ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの宇宙実証に必要な機器実証部及び地上データシステムの設計・製造を実施した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

H I S U I の搭載を想定していた A L O S - 3 の開発計画が中止となったことにより、計画（宇宙実証機会の模索・検討）の変更を行った。

< 共通指標 >

論文数	特許等件数 (出願を含む)
49	2

※論文数には、その他外部発表を含む。

総合評価概要

資源探査や環境観測をはじめとする様々な分野で高スペクトル解像度観測への期待は高く、本事業の目的・政策的位置づけは妥当。

これまでの研究開発により、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を設計が完了し、プロトフライトモデルの組立が開始されており、宇宙実証への実現に向け、着実に進展している。

現在予定されている国際宇宙ステーションへの搭載を着実に推進し、早期に宇宙実証を行うことが望まれる。その際、観測データの大容量化が想定されるため、データ処理、分析手法について検討する必要があると考えられる。

なお、本開発センサの性能について、要求スペックの記述はされているが、性能向上による具体例がもっと分かりやすい形で提示されることが望まれる。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、

☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、

☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、

☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

などが想定される。

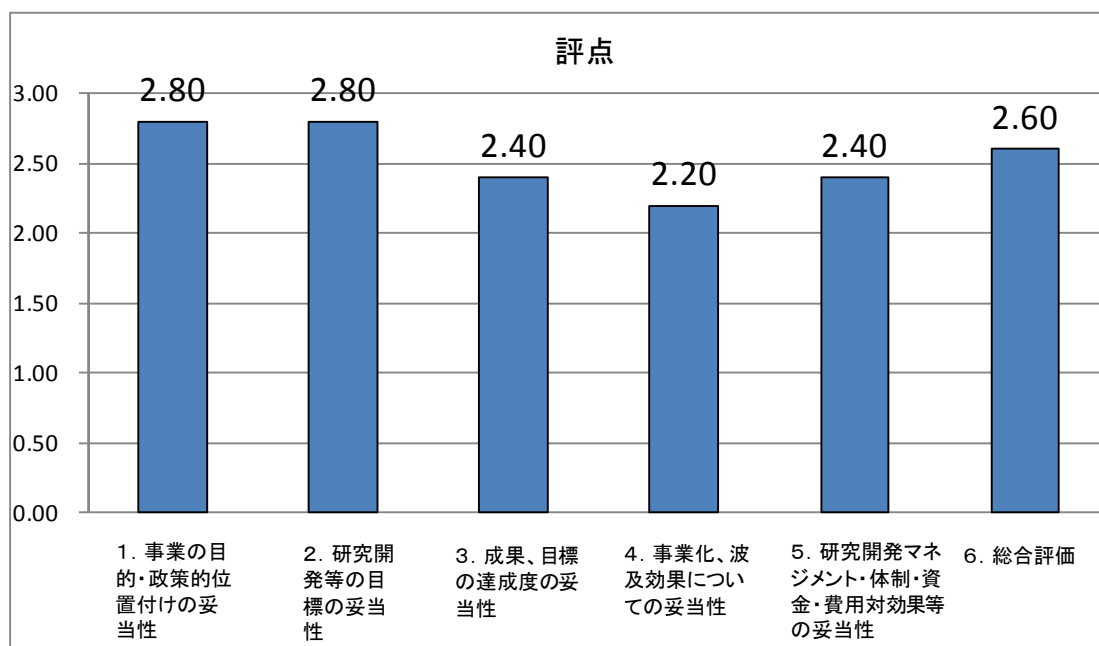
資源開発以外の多様な分野でのハイパースペクトルデータの解析技術を確立させるためには、サンプルデータ提供による多数公募型の共同研究方式により、日本の技術を広く結集させることが効果的である。

評点結果

評点法による評点結果

(G. ハイパースペクトルセンサ等の研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	2	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.80	2	3	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	1	3	2	3
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	2	2	3	2	3
6. 総合評価	2.60	2	2	3	3	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	H 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				
A S T E Rの後継機であるH I S U Iのセンサデータを有効に活用し、農業分野、森林分野、環境分野においても、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活用するため、高精度なハイパースペクトルデータにより石油有望地域の抽出や金属資源鉱物等のより詳細な特定を可能とする等、様々な分野での解析技術を確立するとともに、高品質なデータの継続提供を可能とするためのセンサの校正・データ処理・運用計画の最適化等からなる地上データ処理システムを構築するための研究開発を行う。				
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 1 8 年度	平成 3 3 年度	平成 2 7 年度	平成 3 4 年度	JSS、産総研、JOGMEC
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
530, 000	449, 280	407, 537	3, 484, 359	3, 393, 305
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				
エネルギー・資源、農業、環境、防災の各分野における実利用化のための解析技術の手法開発と、HISUI シミュレーションデータを使った実証により手法の有効性の確認・検討を行うとともに、スペクトルライブラリの整備を開始した。また、ハイパースペクトルデータ利用者に高品質・高精度で実用可能なプロダクトを継続して提供できるようにするため、センサ校正・データ処理・運用計画策定等からなる地上システムに必要な技術の開発を行った。いずれも研究開発スケジュールに沿った進捗であり、各中間目標を達成した。				
個別要素技術	目標・指標(中間時点)	成果		達成度
1. 実利用化のための解析技術 (1)実利用化のための解析技術に共通する	HISUI シミュレータを開発すること、およびスペクトルデータベースに格納する細かな波長分解能の鉱物スペクトルライブラリを作成する。	航空機ハイパースペクトルデータからHISUI シミュレーションデータを作成するための HISUI シミュレータを開発し、各分野の研究開発で事前実証に使用した。また、ハイパースペクトルデータのライブラリとして整備すべき 125 鉱		達成

基盤技術		物、168 標本のスペクトルを整備した。	
(2)個別分野における利用技術	エネルギー・資源分野では、海域でのオイルスリック判定や植生地域でも利用可能な探鉱手法の開発のほか、農業、環境、防災等の分野も含め手法を 5 事例以上開発する。	エネルギー・資源分野では、オイルスリックの解析手法、熱水性鉱床の鉱物同定手法、植生地域でも有効な酸化鉄型銅金鉱床の抽出、農業、環境、防災分野で、ユーザが利活用できる具体的な解析手法の研究開発／打上前の事前実証を行い、事例数として 9 事例を実施した。	達成
2. センサ校正・データ処理技術 (1)校正・データ処理技術	HISUI の仕様に対し既存校正技術の適用評価、必要に応じた改良技術を開発し、校正検証計画および校正システムの開発に着手する。 また、幾何補正・波長補正・放射量補正、さらに、大気補正に必要な画像補正処理手法を開発し、アルゴリズム基準書の作成に着手する。	打上前校正・代替校正・相互校正および月校正のそれぞれの既存技術評価を行い、改良技術の開発を行った。また、校正アーカイブシステムの開発および校正パラメータテーブル管理手順の策定に着手した。 幾何・放射量補正を行うためのアルゴリズム開発およびその基準書、ソフトウェア開発および試験を行った。大気補正については、太陽高度・大気状態の変動に強い反射率推定法開発、雲検知アルゴリズムの開発等を行った。	達成
3. 地上システム（運用計画システムを含む）	地上システム（全体システム）の概念設計を行う。 長期運用計画シミュレーションツールを開発する。 短期観測計画の作成アルゴリズムを開発する。	地上システム（全体システム）の概念設計を行った。 長期運用計画を最適化に必要な計画策定システムを構築し、様々な条件のもとで長期観測シミュレーションを実施した。 短期観測計画作成アルゴリズムを開発した。	達成
4. 金属資源探査技術の研究開発 (1)次世代衛星データ解析技術開発	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。	鉱床に伴う岩石・鉱物の反射スペクトルデータを測定し、解析に利用可能なデータベースとして取りまとめた（512 試料 1,038 スペクトル）。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、風化プロセスなどに対する解析技術を開発した。	達成

(2)金属鉱床タイプに応じた総合解析探査技術の開発	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。	鉱床探査対象となる主要な15鉱床タイプに関する解析技術を開発し、その成果を解析手順書等として取りまとめた。また、解析評価用システムとして携帯型スペクトルメータ及び SQUID 磁場偏差計の実機を開発した。	達成
---------------------------	--	--	----

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し

<共通指標>

論文数
83

※論文数には、その他外部発表を含む。

総合評価概要

高頻度観測、高スペクトル観測が必要とされる資源、環境、災害などの分野において、ハイパースペクトルセンサ H I S U I への期待は高いと考えられ、その利用に必要となるライブラリデータの整備、校正・データ処理技術や利用手法の開発を行う本事業の目的・政策的意義は妥当。

研究開発の体制は妥当であり、ハイパースペクトルデータの利用が期待されるさまざまな分野の手法開発も順調に進んでいる。特に金属資源探査において岩石鉱物のスペクトルデータを整備し、解析技術を開発したことは評価できる。

我が国は、ハイパースペクトルセンサのハード開発及び利用技術のノウハウの面で国際的に優位に立てるポテンシャルを持っていることから、早期に宇宙実証を行うことが重要である。なお、宇宙実証の実施にあたっては、A S T E R、P A L S A Rなどの経験や反省を適切に活用すべきである。

また、プロダクトの配布方法等の検討を含め、将来の利用拡大に向けた取組を引き続き推進していくべきである。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/セ

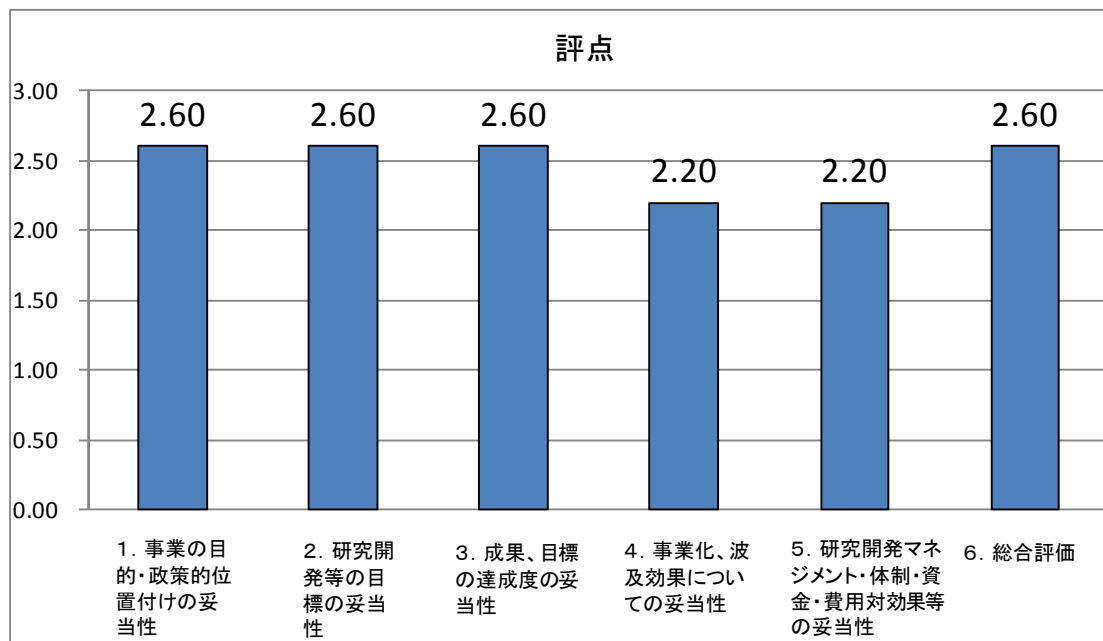
ンサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
☐ 資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
☐ 小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
☐ 資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発
 などが想定される。

評点結果

評点法による評点結果

（H. 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発）

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	2	2	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	2	2	3	3	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	2	2	3	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	2	1	3	2	3
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	2	2	3	2	2
6. 総合評価	2.60	2	2	3	3	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	I. 宇宙産業技術情報基盤整備研究開発＜SERVIS 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、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				
我が国宇宙産業の成長や国際衛星市場への参入を進めるため、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を目的として、民生部品（CPU、メモリ等）・民生技術を活用するための地上模擬試験・宇宙実証実験を行い、その結果を受けて知的基盤を整備すること等によって、衛星・コンポーネントの低コスト化、高機能化、短納期化を実現するための研究開発を行う。				
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 11 年度	平成 29 年度	平成 27 年度	平成 30 年度	JSS、NEC
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
150,000	126,937	153,715	29,093,405	28,734,822
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				
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 3 日に宇宙実証試験を終了した。これまでの地上模擬試験の結果、及び 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構築した。				
また、実証衛星 3 号機等による宇宙実証試験に向けて、新たに最新の民生部品・民生技術の地上模擬試験を実施し、これらを適用した実験装置等を開発している。更に衛星システムの統合化も検討した。				
個別要素技術	目標・指標	成果		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。ここにデータベースへの累積登録品種数は	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した。ここにデータベースへの累積登録品種数は 236 品種となった。またデータベース活用状況を調査し利用促進を検討した。		達成

	200 品種以上とする。またデータベース活用状況をフォローする。		
	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適用設計ガイドラインを構築する。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。またガイドライン類活用状況をフォローする。	第二次の民生部品・民生技術選定評価ガイドラインと適用設計ガイドラインを構築した。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。またガイドライン類の活用状況を調査し利用促進を検討した。	達成
	最新の民生部品・民生技術を適用した実験装置等の開発を行い、実証衛星 3 号機のシステム統合化検討を行う。	実験装置等の開発を行い、実証衛星 3 号機のシステム統合化方針を明確化した。	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。	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	特許等件数 (出願を含む)
30	17

※論文数には、その他外部発表も含む。

総合評価概要

民生技術を活用し、人工衛星等で使用できる安価かつ高機能の部品やコンポーネントを増やしていくことは、我が国宇宙産業の国際競争力強化に極めて重要であり、本事業の意義は大きい。

本事業において進めてきた、民生部品のデータベース化及び選定評価ガイドライン、適用設計ガイドラインの作成は、衛星機器の設計・製作に寄与し、評価できる。

部品については、地上模擬試験の有効性が明らかになってきていること、民生部品についてはライフサイクルが短くなっていることなどを踏まえ、宇宙実証の必要性は低下していると考えられる。また、100～200kg級衛星による宇宙実証は、JAXAの革新的小型衛星技術実証プログラムで実現されつつあり、3号機の開発は必要性がなくなったと考えられる。

今後は、民生技術を活用したコンポーネントの開発及び部品の地上模擬試験に注力するとともに、JAXAが行う革新的小型衛星技術実証プログラムとの連携を図り、効率的に事業を実施していくべきである。

今後の研究開発の方向等に関する提言

これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、解析の技術を継承しながら発展させるという点から、人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要と考えられる。また、輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要と考えられる。

具体的には、例えば、

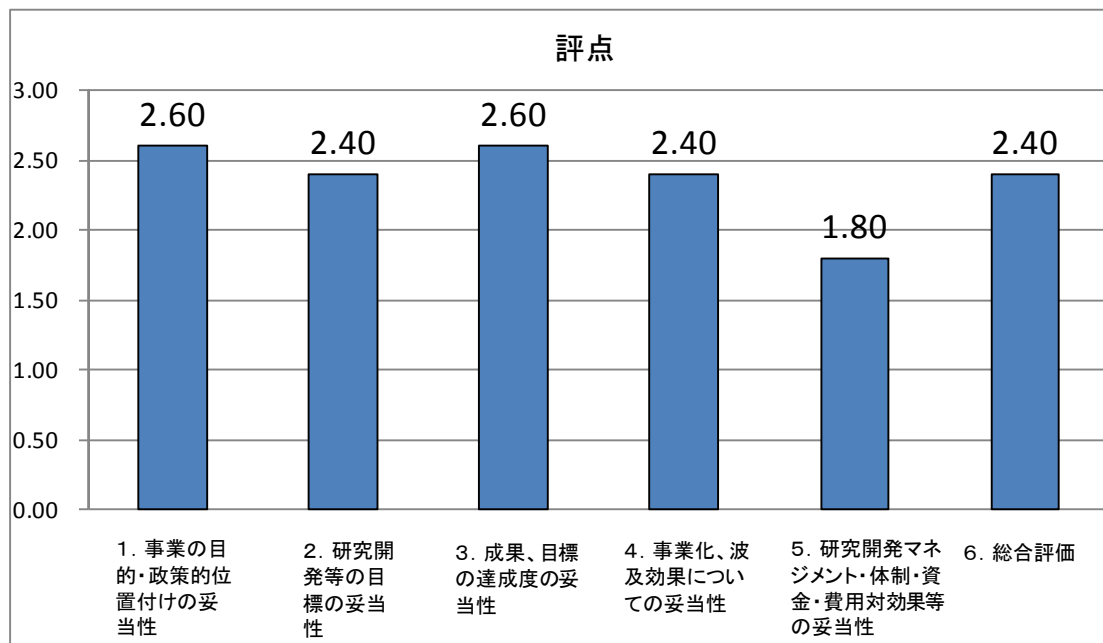
- ☐複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/センサ技術の開発（本格的な「小型高機能衛星」の実現）、
- ☐資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発、
- ☐小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
- ☐資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発

などが想定される。

評点法による評点結果

(I. 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＞)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.60	3	3	3	1	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	3	3	3	1	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	3	3	3	1	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.40	3	3	3	1	2
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	1.80	2	2	2	1	2
6. 総合評価	2.40	3	3	3	1	2



技術に関する事業

技術に関する 事業名	J. 太陽光発電無線送受電技術の研究開発			
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				
エネルギー源の多様化に資するため、将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な宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）の実現に向けて、その中核技術であるマイクロ波による無線送受電技術の確立を目指し、安全性や効率性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発を行う。				
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21年度	平成26年度	平成23年度	平成27年度	JSS、三菱重工、三菱総研
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
1,149,616	-	-	1,657,661	1,638,114
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				
将来の宇宙太陽光発電システムの中核的技術であるマイクロ波無線送受電技術の確立に向け、送電系・ビーム方向制御系・受電系をトータルに考えたマイクロ波送受電技術の研究開発を行い、最終年度には試験モデルによるシステム実証を兼ねた伝送試験を行った。				
個別要素技術	目標・指標	成果		達成度
総合システム	無線送受電技術の確立に向け、送電系・ビーム方向制御系・受電系をトータルに考えた精密ビーム制御マイクロ波送受電技術の研究開発を行う。最終年度には試験モデルによるシステム実証を兼ねた伝送試験を行う。	マイクロ波電力伝送試験モデルを試作した。本試験モデルを用いて、マイクロ波電力伝送試験を実施した。5.8GHz帯でフェーズドアレーアンテナを用いてキロワット級マイクロ波ビームの制御システムの屋外無線送電としては、世界的に類を見ない実験の成功となった。		達成

送電部	将来の軌道上実証への応用を考慮し、小型・薄型・高効率化を志向した半導体を使用し、複数の送電モジュールによるフェーズドアレイアンテナを開発する。マイクロ波の位相同期を図りつつ、キロワット級のエネルギーを送電可能なものとする。	薄型・高効率のフェーズドアレイアンテナからなる送電モジュールを開発した。 送電部は4枚の送電モジュール(アンテナ数1216素子)を組み合わせ、約1.8kWの電力を送電可能である。	達成
受電部	伝送されてくるマイクロ波を複数の受電モジュールで受け、効率よく電力として取り出す整流アンテナ(レクテナ)を開発する。あわせて変換効率の高い整流素子(ダイオード)を開発する。	市販のショットキーバリアダイオードを使用し、36個の受電モジュール(アンテナ数2304素子)で構成する、大規模で高効率動作する受電部を開発した。これと並行して、窒化ガリウム(GaN)を使用した高効率整流素子(ダイオード)を試作評価した。	達成
送電制御技術	精密なビーム制御技術の研究開発として、位置・角度補正法(PAC法)及び並列化法による送電制御技術に取組み、実現性や有効性を明らかにする。	両手法の伝送効率の低下量や不要波の発生レベルについて解析・試験を行い、将来のSSPSへ適用可能である見通しを得た。	達成
試験候補地調査	国内における屋内・外の試験候補地調査を行い選定する。また、マイクロ波電力伝送試験実施に必要な課題を抽出してその対応法を見出す。	国内における屋内・外のマイクロ波電力伝送試験候補地調査を行い、要件に適合する試験地を選定した。また、試験実施に係わる課題を抽出し、対処法を考えた。	達成
関連技術動向調査	本研究開発と密接に関連する国内外の研究動向について明らかにする。	国内外のSSPS研究開発動向を調査し、本研究開発との関連などについてまとめた。また、「マイクロ波の植物への影響」に関する研究動向について整理した。	達成
無線送受電スピ ンオフ技術	成熟度の高い技術を活用して、産業応用を目指した低コスト実証システム(送電出力10kW程度、送電距離500m程度)を試作評価する。また、電力事業者の観点から適用可能性を検討する。	2.45GHz帯で電送距離約500mにおいて約10kWの送電出力実験を行い、制御された条件下での動作を確認した。国内では最長、最大級電力の屋外無線送電実験に成功した。また、電力事業者の観点から、航空障害灯等の電力インフラへの適用可能性を検討した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

試験環境整備の遅延により、計画（一部の事業期間）の変更を行った。

<共通指標>

論文数	特許等件数 (出願を含む)
41	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

レトロディレクティブ方式を用いたビーム制御は、宇宙太陽光発電の実現に向けて有効な技術であることは従来から指摘されていたが、これを間接的ではあるが実証した点は評価できる。送電部を半導体で構成する技術や高効率受電部の開発など、所期の目標を達成している点も評価できる。

産業応用を目指した2.45GHz帯での電力伝送実験により各種検証データを取得できたことは、今後の大電力無線伝送への可能性を示したものであると言える。

本事業内で進められた要素技術開発のうちGaN素子の開発について、5.8GHz帯で70%を超える電力付加効率を達成できことは評価できる。今後、送信部については、SSPSの実用化に要求される性能の実現に向け、さらなる薄型化・軽量化・大電力化が必要。

また、本実証実験における最終効率は20%弱であり、実用化に向けたロードマップを描き、システム全体としての効率を高めていくことが今後の課題である。その際、宇宙太陽光発電システムの実現にはさらなる年月が必要となるため、研究開発を継続するためにも各種技術をスピノフしていくことが重要である。

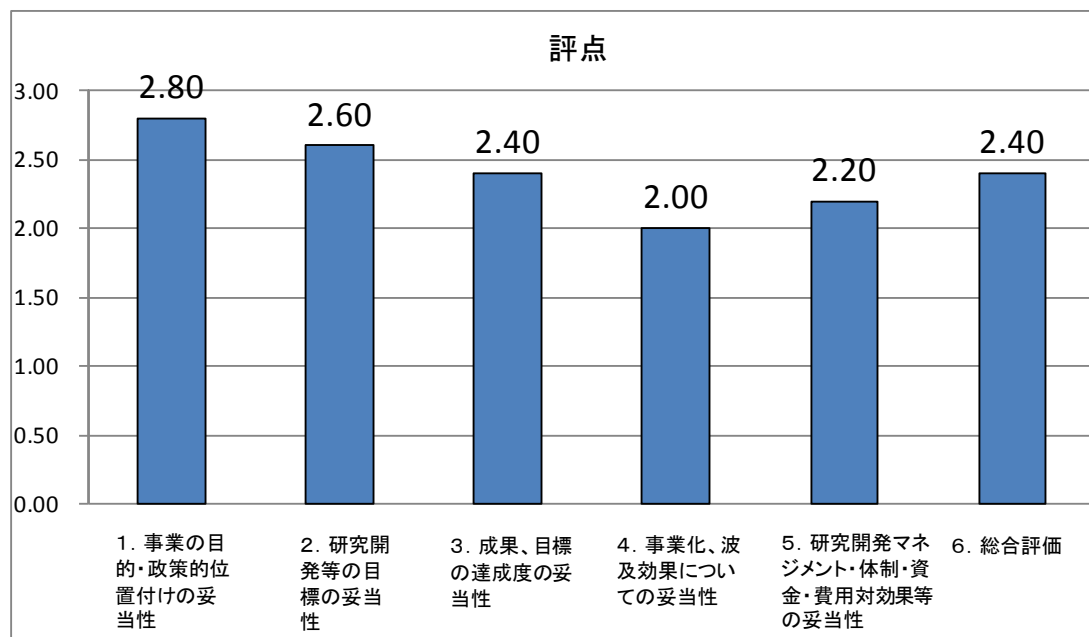
将来的には、安全性を担保するデータの取得も含め、広く理解を得るための積極的な広報をしていくことも考えてほしい。

評点結果

評点法による評点結果

(J. 太陽光発電無線送受電技術の研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	3	3	3	2	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.60	2	3	3	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	2	2	3	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	1	2	3	1	3
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	2	2	2	2	3
6. 総合評価	2.40	2	2	3	2	3



技術に関する事業

技術に関する事業名	K. 太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発			
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				
エネルギー源の多様化に資するため、将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な宇宙太陽光発電システム（SSPS：Space Solar Power System）の実現に向けて、「J. 太陽光無線送受電技術の研究開発」の成果を踏まえ、マイクロ波無線送受電システムの更なる高効率化及び最先端の半導体技術による大幅な薄型・軽量化を図るための研究開発を行う。				
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26年度	平成30年度	平成27年度	平成31年度	JSS
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
-	-	250,000	250,000	247,405
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				
本研究開発で扱う技術仕様の設定と作業計画の設定を行った。また、これらに基づき、具体的な設計検討作業、解析作業、調査作業を開始し、個別要素技術についても検討を開始した。				
個別要素技術	目標・指標(中間評価時点)	成果		達成度
送電系高効率化	高効率化に係わる課題を抽出し、対処方針を明確にする。	高効率化に係わる課題を抽出し、短ゲート化 HPA の試作を実施し、電力付加効率向上への効果を確認し、対処方針を明確にした。		達成
受電系高効率化	受電部高効率化に寄与する項目を抽出する。	受電部高効率化に寄与する項目を抽出し、研究開発目標を設定した。		達成
薄型・軽量化	送電部の大幅な薄型化を実現するために必要となる HySIC 技術の実現の見通しを得る。	整流デバイスの特性評価治具の作製と評価を行い、整合回路の誘電体基板による電力合成器の試作を行い、有効性を確認した。 上記により HySIC 実現の見通しを得た。		達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し

<共通指標>

論文数
10

※論文数には、その他外部発表も含む。

総合評価概要

高出力増幅器（HPA）を試作、世界最高水準を達成したほか、整流デバイスや電力合成器など周辺機器の基本設計を完了したことで、今後の技術開発に期待が持てる。また、無線送受電技術は地上産業への波及効果も期待できる。

一方で、これまでの研究開発で実現できた水準と将来の商用SSPSに要求される効率及び送電部の厚さ、重量にはまだ大きな開きがある。現時点での達成した限界値を踏まえ、中途段階、例えば5～6年に実現を目指す数値目標も示して研究開発を進めるべきと考えられる。

なお、他分野での応用も将来の宇宙太陽光システムの開発に資する知見の拡大に寄与すると考えられることから、本事業で開発中の無線送受電技術については、産業応用に向けた理解の増進等の取組を進めるべきである。

今後の研究開発の方向等に関する提言

宇宙太陽光発電システム（SSPS）の技術開発については、地上の電力伝送だけに終わることがないように、その実現に向けて、打ち上げコストも含めた検討を深めていくべきである。

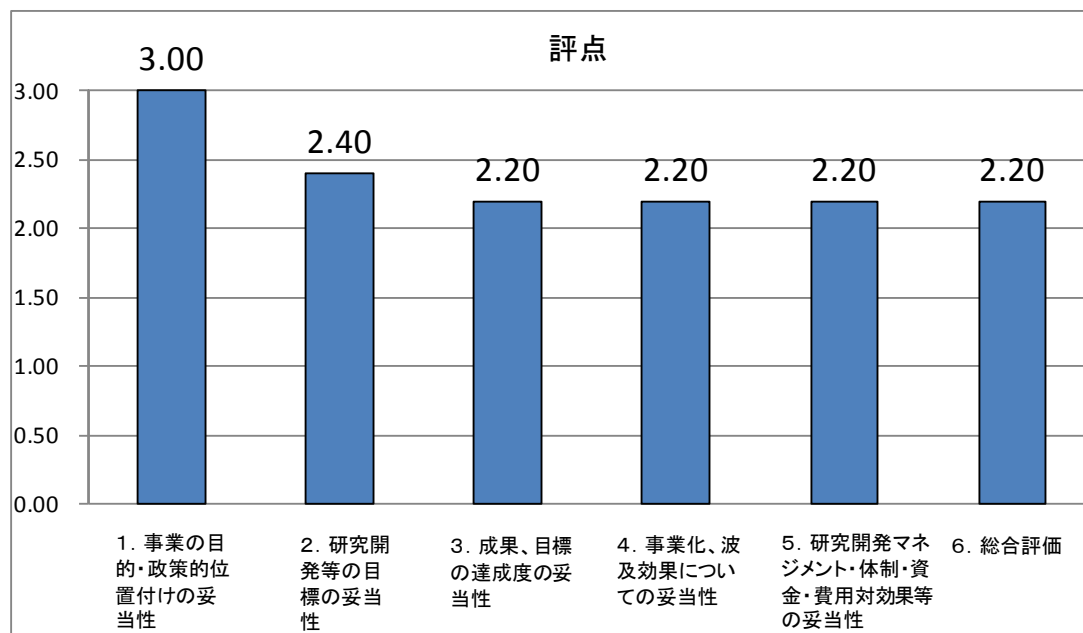
SSPSの実現に向けて、送受電関連だけでなく、それを支える高電圧や絶縁などの基盤技術、電波伝送経路にあたる空間における環境との相互作用、生体への影響なども含めて研究開発を進め、社会として進めていける土壌を育てていく必要がある。

評点結果

評点法による評点結果

(K. 太陽光発電無線送受電高効率化の研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	3.00	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.40	1	3	3	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.20	1	2	3	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.20	1	2	3	2	3
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	2	2	2	2	3
6. 総合評価	2.20	1	2	3	2	3



技術に関する事業

技術に関する 事業名	L. 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

小型衛星の打上げビジネスに係る国際市場を獲得するため、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空中発射システムの実現に向けて、運用に不可欠な航空機からのロケット分離に係わる技術、将来の事業化を見据えた低コスト化に係る基盤技術の研究開発を行うとともに、民間打ち上げ事業展開に必要な法規制等に係る調査研究等の研究開発を行う。

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 21 年度	平成 26 年度	平成 23 年度	平成 27 年度	JSS
H24FY 予算額	H25FY 予算額	H26FY 予算額	総予算額	総執行額
149,152	324,901	-	841,367	838,492

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うとともに、空中発射方式による打ち上げメリットを有効に引き出し、地上インフラを最小限にした上で、低コスト化を実現できる運用管制方式の構想を策定した。

空中発射システムは、プラットフォーム投下方式とし、投下システムの設計、投下シーケンスの検討等を行い、米国の専門企業による安全審査及び国内の詳細設計審査により、設計の妥当性を確認した。

打上げ運用管制は、インマルサットを利用した静止衛星経由の管制を行うこととして、インマルサットが開発中の小型衛星搭載用の通信端末 SB-SAT（SwiftBroadband for Satellite）をロケット用に改修することとして技術課題の抽出を行い、課題解決の対応策を明らかにするとともに、運用手順を策定した。

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	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	打上能力 150kg(高度 500km 極軌道)の空中発射システムとして、	達成

	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。	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。	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。	
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に係わる技術を確認する。 また、投下技術の実証に必要な投下システムの設計、投下シーケンス及び投下試験計画について安全審査を含む詳細設計審査を終了させる。	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。	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衛星を利用した飛行管制技術課題を抽出し、対処方法を明らかにす	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衛星を利用した飛行管制技術の成立性を確認する。	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	達成

	る。		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
5. 小型搭載電子機器技術	ロケット搭載電子機器の小型、軽量、低コストに必要な技術を明らかにする。	—	アビオニクス的小型軽量化として、搭載電子機器の統廃合、機体ハーネス質量の軽量化のため機器間にシリアル通信の適用、電力制御装置の小型軽量化方策を示した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無し

<共通指標>

論文数
11

※論文数には、その他外部発表も含む。

総合評価概要

空中発射システムは、衛星打ち上げの低コスト化、高効率化、打ち上げの自由度向上に資するものであり、システムを実現するための要素技術や法規制、海外動向調査などに関して調査・検討を行い課題の抽出をできたことは評価できる。

ただし、本事業では打ち上げの実証には至っておらず、本事業の核であるパラシュートの投下・展開・姿勢の確立までを実証に含めるべきであったと考える。試作試験など解決すべき事項はまだ多く残っている。また、機体の保守コストや駐機料など全体的なコストを比較し、ビジネスとして成立するかも検討すべきであった。

評点結果

評点法による評点結果

(L. 空中発射システムの研究開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.40	3	3	3	0	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	1.80	2	3	2	1	1
3. 成果、目標の達成度の妥当性	1.80	2	2	2	0	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.40	2	2	2	0	1
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	1.80	2	2	2	1	2
6. 総合評価	1.40	2	2	2	0	1

