

「宇宙産業プログラムに関する施策・事業評価報告書」(平成31年1月、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ)(抜粋)

(令和3年度宇宙産業プログラムに関する事業評価検討会で評価対象となる宇宙産業プログラム及び個別事業について、前回(平成31年1月)の評価における「総合評価」及び「今後の研究開発の方向等に関する提言」を抜粋したもの。)

1. 宇宙産業プログラムに関する評価結果

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。

しかし、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われない、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。

今後の研究開発の方向等に関する提言

近年、宇宙旅行や月・火星開発、宇宙ゴミの除去などの、新しい宇宙の利用形態や宇宙関連産業の潮流や、民間投資などの新しい宇宙開発の構造の変化など、宇宙開発は大きな変革期にある。こうした中で、これまで宇宙と直接関係のなかった広範な地上技術の宇宙開発への適切な誘導、地上技術の活用と早期の軌道上実証、新たな宇宙産業を賦活するための仕組み作りなど、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。また、こうした変革の時代に、産・官・学が効果的に連携していくことは、可能性を多様にし、効果的であると期待される。その意味で、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。さらに、こうした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。今後新たに始める事業は、変化の早い宇宙産業を取り巻く状況を考えて、ロケットや衛星データ利用と同様に、人工衛星分野でも、現状を踏まえた新しい活動が必要である。近年は、コンステレーション化が急速に進んでいるため、競争力を持ったコンス

テレシジョンに関する研究開発を行うことが必要である。また、利用者視点での最新テクノロジー（ビッグデータ、AI）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。研究の進め方については、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。アウトカム・アウトプットは、必ずベンチマークを定期的に行い、その結果によっては、柔軟に研究開発の方向性を変える必要がある。そのためにも、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、変化が早い時代にあった研究開発を実施することが可能となる。

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。宇宙産業の役割は多様化しつつあるため、事業アウトカムの体系図を早急に整理することが望ましい。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。

宇宙産業振興の中で、民間企業による発展途上国に向けた宇宙機器・宇宙利用を含めたパッケージ型の販売を目指した技術開発を経済産業省が支援しているが、ここから一歩進んでスピードを上げるためには、予想される一般的なニーズに応えるための技術開発でなく、契約に基づいた具体的なニーズに応えるための技術開発に対して経済産業省が支援するのが望ましい。

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。

2. 個別事業に関する評価結果

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

総合評価概要

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。

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する。

②次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発

総合評価概要

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、少し性能が落ちてでもい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。

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。

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

総合評価概要

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。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。

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れば、ユーザー機関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。

④超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発

総合評価概要

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。

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。

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）

総合評価概要

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。

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。

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

総合評価概要

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。

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。

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。

また、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。