

宇宙科学・宇宙探査等の現状、 課題及び今後の検討の方向（案）

平成24年10月
内閣府宇宙戦略室

目次

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向
2. 国際宇宙ステーション(ISS)の現状、課題及び今後の検討の方向
3. 宇宙太陽光発電システム(SSPS)の現状、課題及び今後の検討の方向

(参考)我が国の主要な宇宙科学・宇宙探査計画の概要

【宇宙科学】

1. 宇宙物理学・天文学

X線天文分野(すざく、ASTRO-H)

赤外線天文分野(あかり、SPICA)

2. 太陽系科学

太陽物理分野(ひので)

太陽地球系物理学分野(あけぼの、GEOTAIL、れいめい、小型科学衛星2号機)

惑星科学分野(あかつき、BepiColombo、小型科学衛星1号機)

3. 小型飛行体による実験研究(観測ロケット、大気球)

【宇宙探査】

1. 月探査

2. 小惑星探査

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向

現状

(1) 宇宙科学・宇宙探査の位置付け

- ① 宇宙科学・宇宙探査ともに人類共通の知的資産の蓄積、学術的成果を目指すものであることから、国家として宇宙開発利用の自律性を確保するために、国際競争力のある産業基盤を維持・向上させるための研究開発とは、自ずと性格を異にする。
- ② 一方で、宇宙科学・宇宙探査は、宇宙開発利用の研究開発を進める上で必要不可欠な宇宙に関連する科学技術の知識体系を創出する上で重要な役割を果たす点も認識する必要がある。
- ③ 特に宇宙探査は、1960年代の米ソによる月面着陸を目指した国家を挙げたフロンティア開拓競争という側面も無視できないことも事実である。仮に一か国のみが宇宙探査を進め、宇宙開発や惑星等に関する経済的、技術的価値のある知見を獲得した場合、その知見が今後の宇宙開発利用を進める上で、極めて有利に働く競争力を得る基礎となるという点も考慮する必要がある。
- ④ その際、有人か無人かという選択肢があり得るが、その費用対効果や国家戦略として実施する意義について十分に評価されるべきものである。

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向

(2) 世界の宇宙科学・宇宙探査等の現状

- ① 米国、欧州、ロシアといった宇宙開発先進国においては、宇宙物理学・天文学分野における研究をリードするとともに、宇宙探査分野においては太陽系惑星探査を中心に進められている。
- ② 特に火星探査においては、米国は2010年にオバマ政権が有人探査を表明。2012年8月には、火星探査車「キュリオシティ」の火星着陸成功するとともに、火星の内部構造や地殻変動を調べる無人探査機を2016年3月に打ち上げると発表するなど、活動が顕著。
- ③ 現在、5極、15ヶ国が国際宇宙ステーション(ISS)に参加しており、国際協力の下で、有人宇宙活動を行う能力の維持・向上を図っている。
- ④ 一方、中国は、独自に有人ロケットの打上げに成功するとともに、2012年6月には、有人宇宙船「神舟9号」と有人宇宙ステーション「天宮1号」のドッキングに成功。
- ⑤ 世界14か国・地域の宇宙機関(注)が、国際協力による宇宙探査に向けた情報交換や共同作業等を実施するため、2007年に国際宇宙探査協働グループ(ISECG: International Space Exploration Coordination Group)が結成され、法的に拘束されない活動を実施中。2011年8月には、JAXAが議長を担当。当面の目標として有人火星探査を位置付けた国際宇宙探査ロードマップ(GER: Global Exploration Roadmap)をとりまとめた。

(注) 参加機関(14宇宙機関): ASI(イタリア宇宙機関)、CNES(フランス国立宇宙研究センター)、CNSA(宇宙国家航天局)、CSA(カナダ宇宙庁)、CSIRO(オーストラリア連邦科学産業研究機構)、DLR(ドイツ航空宇宙センター)、ESA(欧州宇宙機関)、ISRO(インド宇宙研究機関)、JAXA(宇宙航空研究開発機構)、KARI(韓国航空宇宙研究所)、NASA(米国航空宇宙局)、NSAU(ウクライナ国立宇宙機関)、Roscosmos(ロシア連邦宇宙局)、UKSA(英国宇宙庁)

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向

- ⑥また、欧州では、宇宙探査国際会議(International Conference on Exploration)が2009年から開催され、2013年は米国で開催予定。また2011年には本会議に併せて、「宇宙探査ハイレベル・プラットフォーム」が開催された。
- ⑦米国では、2012年5月に初めて国際宇宙探査会議(GLEX2012:Global Space Exploration Conference 2012)を開催。国際宇宙航行連盟(IAF: International Astronautical Federation)及び米国航空宇宙学会(AIAA: American Institute of Aeronautics and Astronautics)が主催。米国は、本会議の開催を継続の方向。

(3) 我が国の宇宙科学・宇宙探査等の現状

- ①我が国の宇宙探査・科学分野の競争力は、世界第3位(フューロン社・2009年度版・宇宙競争力指数)
- ②特に、我が国はX線天文学や太陽物理学の分野では、世界をリードしている。近年では、世界初の小惑星サンプルリターンに成功した「はやぶさ」や月探査の「かぐや」、太陽極域磁場の反転を捉えた「ひので」、赤外線天体カタログを公開した「あかり」、銀河団衝突現場を観測した「すざく」など、多くのプロジェクトが世界的に高い評価を受けている。

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向

- ③ 実施機関は宇宙科学研究所 (ISAS) のほかに、2008年月・惑星探査プログラムグループ (JSPEC) という組織がJAXA内部に設立され、現在はこの2つの組織が担当。
- ④ 我が国宇宙科学は、1964年に設立された東京大学宇宙航空研究所 (ISAS: 昭和56年に宇宙科学研究所に再編、2003年JAXAへ統合) が中心となって、理学・工学、両分野の研究者が一体となって、効率的に進められており、ISASを中心とする我が国の宇宙科学コミュニティは、米国NASA、欧州ESAと並び、世界の三極を形成している。これは、全国の研究者間の激しい競争の中でプロジェクトが評価・選定され、選定後は研究者が協力して進めるという仕組みが確立していることによるものと考えられる。
- 我が国宇宙理学研究は、宇宙物理学、天文学と太陽系探査科学の2つの分野に大別して実施され、工学研究との一体的連携により、観測、探査手段の連携によって世界レベルの成果を挙げてきた。
 - 我が国宇宙工学研究は、自由な発想に基づき人類的課題の解決や将来の宇宙利用に革新をもたらす創造的工学研究、自在な科学観測や宇宙探査活動を実現する工学研究、先端的宇宙飛行体工学の研究において数々の優れた成果を挙げてきた。
- ⑤ JSPECのプロジェクトでは、「人類の活動領域の拡大」と「世界を先導する未踏峰挑戦」を目的とした政策的観点からテーマが選定されている。例えば小惑星探査機「はやぶさ」はISASのプロジェクトとして実施され、JSPEC設立後、全体業務が移管され、小惑星探査機「はやぶさ2」はJSPECのプロジェクトとして実施することとされた。

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向

課題

- (1) 前述のように、ISASの成功の鍵は、全国の研究者間の激しい競争の中でプロジェクトが評価・選定され、選定後は研究者が協力して進めるという仕組みが確立していることによるものと考えられ、ISASの意思決定の独立性が不可欠である。
- (2) また、世界的にも人類の知的資産の蓄積という観点で優れた成果を挙げている我が国の学問・学術として実施されている宇宙科学・宇宙探査については、一定規模の資金の確保が必要と考えられる。その際、科学の発展や衛星開発の実施スケジュールに応じた規模への柔軟な対応が求められる。
- (3) 「学問・学術として実施される宇宙科学・宇宙探査」と「国際協力を前提としてトップダウンで多様な政策目的で実施される宇宙探査」とは、自ずと性格を異にすることから、政府、研究者、産業界等の関係者間で、それらの位置付けに関する共通理解の醸成に努めるとともに、適切な実施体制を構築することが必要である。
- (4) 宇宙探査は、プロジェクトが大型化の傾向にあり、科学・学術のみの目的では実施が困難になりつつある面があり、国際協力や、多様な政策目的との連携など、プロジェクトの企画・立案や選択に当たり、学術コミュニティと政策担当者との十分な協議が必要。

1. 宇宙科学・宇宙探査の現状、課題及び今後の検討の方向

今後の検討の方向

- (1) 学問・学術としての宇宙科学・宇宙探査は、これまで我が国が世界的に優れた成果を創出し、人類の知的資産の創出に寄与していること、宇宙科学研究所を中心として、大学をはじめとする各研究機関と連携した効率的な研究マネジメントの体制を有していること等から、今後も一定規模の資金を確保し、それを科学の発展や衛星開発のスケジュールに柔軟に対応できることとすることにより、理学・工学双方の学術コミュニティの英知を集結し、ボトムアップの活力と取組みを尊重しながら、様々な政策的な意図を排除して推進すべきである。
- (2) その中で、学術として実施される宇宙科学・宇宙探査のうち大型化が必要なプロジェクトについては、宇宙科学研究所を中心とする我が国の宇宙科学・学術コミュニティの活力をそぐこと無く実施できるような配慮が不可欠である。
- (3) 国際協力により、多様な政策目的の達成のために実施される「新たな宇宙探査活動(有人・無人を問わない)」については、外交、安全保障、産業基盤の維持、産業競争力の強化、科学技術等の様々な側面から評価(学術として実施される宇宙科学に属するものを除く)し、国としての取組みの在り方につき、長期的な展望に基づく計画的な推進が必要である。

2. 国際宇宙ステーション(ISS)の現状、課題及び今後の検討の方向

現状

- (1) 米国、ロシア、欧州(11カ国)、カナダ、日本が参加する多国間共同プロジェクト。
- (2) 日本は1988年に「常時有人の民生用宇宙基地の詳細設計、開発、運用及び利用における協力に関するアメリカ合衆国政府、欧州宇宙機関の加盟国政府、日本国政府及びカナダ政府の間の協定」を署名し、正式参加。
- (3) 我が国は国際宇宙ステーション(ISS)にアジアで唯一参加しており、これまで8名の宇宙飛行士が有人宇宙活動の実績を積んでいる。国際的プレゼンスの発揮に寄与し、また日本人宇宙飛行士の活動による教育・啓発効果を生んでいる一方で、年間約400億円の予算を要している。
- (4) 現在、各極で合意されている計画は2015年までであり、米側は2020年までの計画延長を参加国に対して提案している。これを受けてロシア側、欧州、カナダ側は少なくとも2020年までの運用継続を決定。
- (5) これを受け我が国としては、平成22年8月27日の宇宙開発戦略本部決定において「平成28年度以降もISS計画に参加していくことを基本とし、今後、我が国の産業の振興なども考慮しつつ、各国との調整など必要な取り組みを推進する」としており、2016年以降の運用の在り方について、国際的に調整が進められることとなる。
- (6) ISSでは各極が作業や施設の構築の履行により、応分の利用権を行使できる仕組み。

2. 国際宇宙ステーション(ISS)の現状、課題及び今後の検討の方向

(7) 我が国のISSに対する参加のために要している事業は以下の通り。

- ①ISS関係経費は毎年約400億円を支出。2010年度までに約7100億円を支出。これは我が国において情報収集衛星に次ぐ予算規模の事業(次頁参照)。
- ②日本のISSに対する貢献は、日本実験棟の建設及びシステムや利用者用の補給運搬容器の提供。これによって、日本は日本実験棟の利用権51%、及び利用資源(電力及び搭乗員作業時間等)12.8%を確保。
- ③H2Bロケットで打ち上げるHTV(こうのとりのり)による運搬でISSの運営経費を負担しており、2015年度までに計7機を打ち上げることとなっている。

(8) これまでに日本実験棟「きぼう」の建設し、本実験棟において材料・生命科学、微小重力実験、宇宙医学等の各種試験研究が実施されてきているが、これまでのところ、我が国の産業競争力強化につながる成果は明らかになっていないが、生命科学や観測等の分野では成果が得られつつある。

(9) 「きぼう」の利用については今後、有人の特徴を活かすなど、研究内容を充実させて具体的な成果を出す工夫が不可欠である。

(参考)国際宇宙ステーション(ISS)の関係予算について

ISS年間予算	約400億円
H2B/HTV調達	約250億円
実験棟運営費	約90億円
実験棟利用費	約60億円

累積経費(～2010年度)	約7100億円
実験棟開発費	約2500億円
実験装置開発費	約450億円
HTV開発費	約680億円
地上施設・飛行士 訓練費・打上費	約2360億円
運用費	約1100億円

	各国の負担・利用権の割合	各宇宙機関の全予算に占めるISSの割合
NASA(米国)	76.6%	29%
JAXA(日本)	12.8%	23%
ESA(欧州)	8.3%	約10%
CSA(カナダ)	2.3%	約20%

(注)ロシア部分は全てロシアが必要経費をまかない、利用権を有する。

2. 国際宇宙ステーション(ISS)の現状、課題及び今後の検討の方向

課題

- (1) 有人宇宙活動への取組みは、宇宙に対する夢や希望を抱く青少年教育上、意義があるが、莫大な資金を要することから、世界的に厳しい財政事情の中で、経済的・技術的な価値との費用対効果の観点で十分な評価が必要。
- (2) 2016年度以降の国際宇宙ステーション(ISS)の運用の延長と我が国の参加については、厳しい財政事情の中で、費用対効果を十分評価したうえで、参加の在り方を検討すべきである。

2. 国際宇宙ステーション(ISS)の現状、課題及び今後の検討の方向

今後の検討の方向

- (1) 有人宇宙活動については、当面は、ISSへの参加による科学技術的側面での知見の蓄積に努めることとする。しかしながら、年間約400億円の予算を要している現状に鑑み、その費用対効果について常に評価するとともに、不断の経費削減努力に努めるべきである。
- (2) 具体的には、ISSの2016年以降の運用を基本としつつも、当面の国際パートナーとのプロジェクト全体の経費削減や運用の効率化、アジア諸国との相互の利益にかなう「きぼう」の利用の推進等の方策により経費の圧縮を図るべきである。特に、2016年以降については、一層の経費の圧縮を図るべきである。
- (3) ISS等における宇宙環境利用については、これまでの研究成果の経済的・技術的な評価を十分に行うとともに、将来の宇宙環境利用の可能性を産学官が一体となって評価し、ISS等における研究内容の充実を図っていくことが不可欠である。

3. 宇宙太陽光発電システム(SSPS)の現状、課題及び今後の検討の方向

現状

- (1) 宇宙空間は、人類のフロンティアであり、宇宙空間の持つ微小重力、真空、宇宙線や太陽エネルギーを遮る物が無い等の特徴に着目し、人類として宇宙環境を自体を利用することにより、科学的、技術的、経済的な利益を得るための取組みも、その費用対効果を十分評価した上で長期的な視点での取組みが期待される。
- (2) 現在、宇宙環境利用に関する取組みとしては、前述の「国際宇宙ステーション(ISS)」に加え、「宇宙太陽光発電システム(SSPS)」が挙げられる。

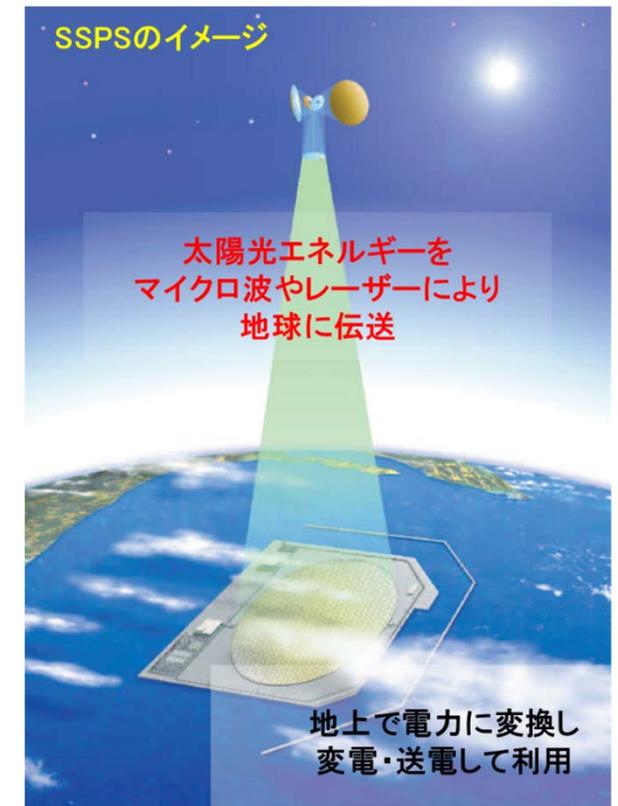
【宇宙太陽光発電とは】

宇宙太陽光発電は、宇宙空間において太陽エネルギーを集め、そのエネルギーを地上へ伝送して、地上において電力等として利用する新しいエネルギーシステムである。

環境に優しい自然エネルギーを利用した低CO₂発電システムのうち、太陽光発電は、住宅の屋根に設置されるなどの普及が進んでおり、今後大規模な発電所も検討されているが、宇宙での太陽光発電は、地上における太陽光発電に比べ昼夜・天候に左右されず安定的に発電が可能で、約10倍効率が良くなることが期待されている。

大きさのイメージ

100万kW規模の発電所をイメージすると、2km四方程度の大きさになると言われている



3. 宇宙太陽光発電システム(SSPS)の現状、課題及び今後の検討の方向

現状

(3) 宇宙太陽光発電システム(SSPS)の現状

- ① 宇宙太陽光発電システム(SSPS)は、宇宙空間に大規模な太陽光発電装置を配置し、マイクロ波又はレーザーにより地上に送電して、電力として利用するシステム。100万Kwの発電のためには、宇宙セグメントとして2km四方の発電設備及び送電設備と地上セグメントとして直径3kmの受電設備が想定されている。
- ② 我が国では、平成16年度からJAXA及び経済産業省が協力してマイクロ波によるSSPSの研究開発を実施。平成21年度から共同で進めている地上電力実証実験計画においてJAXAはマイクロ波のビーム方向制御技術の実証を担当。経済産業省はマイクロ波の送受電技術の実証に取り組んできている。JAXAはそれ以外にレーザー伝送技術、大型構造物組立技術等の研究開発を進めている。
- ③ これまでの成果としては、JAXAでのレーザーによる電力伝送実験を実施や、経済産業省において開発された宇宙での発電を想定した薄型高効率送電用半導体が上げられる。
- ④ JAXAは、SSPS実用化見通し判断に向け、レーザー及びマイクロ波によるエネルギー伝送技術、大型構造物組立技術、集光技術等に関する試作/試験並びに軌道上実証の検討を、経済産業省は、平成26年度までに、JAXAと共同でマイクロ波による地上電力伝送実験を実施することを目標として検討を進めている。
- ⑤ 現在のところ、我が国が世界で技術的にトップ。海外では欧米がSSPSの要素技術の実証に取り組んでいるものの、宇宙での利用を想定した実験はまだ日本のチームしか行っていない。

3. 宇宙太陽光発電システム(SSPS)の現状、課題及び今後の検討の方向

課題

宇宙太陽光発電システム(SSPS)の実現に向け、大きく分けて以下の3つの課題を解決する必要がある。

- ①技術(大型構造物を宇宙空間に輸送し、組み立て、運用・維持する技術、高効率で安全な発電・送電・受電技術等)
- ②安全性(健康、大気・電離層、航空機、電子機器等への影響)
- ③経済性(特に地上から宇宙への輸送費低減が大きな課題。)

(参考)現在の輸送コスト(約8.5億円/トン(H2A))の大幅削減

目標発電コスト9.2円/kWhを実現しようとする場合、輸送費を1/50程度に低減することが必要との試算。ただし、各部品・コンポーネントの高効率化、軽量化、低コスト化が進んだ場合、輸送費への低減要求1/50はもっと緩和される可能性がある。

今後の検討の方向

宇宙太陽光発電システムについては、現在の宇宙基本計画を踏まえ、我が国のエネルギー需給見通しや将来の新エネルギー開発の必要性に鑑み、無線送受電試験を着実に実施する。また、宇宙空間での実証に関しては、その費用対効果を十分に考慮し柔軟な対応が必要である。

(参考)我が国の主要な宇宙科学・宇宙探査計画の概要

【宇宙科学】

1. 宇宙物理学・天文学

1. 1 X線天文学

X線天文衛星「すざく」(ASTRO-EII)

次期X線天文衛星「ASTRO-H」

1. 2 赤外線天文学

赤外線天文衛星「あかり」(ASTRO-F)

次期赤外線天文衛星「SPICA」

2. 太陽系科学

2. 1 太陽物理学

太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)

2. 2 太陽地球系物理学

磁気圏観測衛星「あけぼの」(EXOS-D)

磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」

小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX)

小型科学衛星2号機:ジオスペース探査衛星「ERG」

2. 3 惑星科学

金星探査機「あかつき」(PLANET-C)

日欧共同水星探査計画「BepiColombo」

小型科学衛星1号機(SPRINT-A)

3. 小型飛翔体による実験研究

観測ロケット実験

大気球観測実験

【宇宙探査】

1. 月探査

(月周回衛星「かぐや」、月面着陸・探査ミッション「SELENE-2」)

2. 小惑星探査

(「はやぶさ」、「はやぶさ2」、「イカロス」)