

惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成

① ビジョンの概要

「宇宙や銀河はどのように生まれたか？」－ この根源的な問いに直結する可視光・赤外線・銀河系外背景光を、多様な分野の研究者が協働し解明する学術構想を提案する。本構想の軸は、これまで近地球軌道にとどまっていた宇宙望遠鏡を革新的な宇宙機により惑星間空間へ輸送し、地球近傍のダストに邪魔されない究極の精度で初期宇宙を観測する「惑星間宇宙望遠鏡」の実現により、新時代の天文学を創成することである。

② ビジョンの内容

銀河形成以前の宇宙史を解明するには、宇宙で最初に生まれた星やブラックホールなどの原初天体を捉える必要がある。しかし宇宙初期の原初天体は極めて暗く、それらを個別に観測することは難しい。本構想では、多数の原初天体の光を視線積分した銀河系外からの宇宙背景放射として精密に観測し、銀河形成以前の宇宙を大局的に明らかにする。これまで日本のグループが中心となり赤外線の宇宙背景放射を精力的に観測した結果、既知の天体では説明のつかない放射成分が検出された。その起源は未解明であるが、これらは原初天体による紫外線が赤方偏移したもの、さらにはビッグバン元素合成の最初に生成された宇宙背景ニュートリノの崩壊光子の寄与の可能性があり、それらの検証は宇宙論に最大級のインパクトを与える重要な課題である。しかし、地球近傍から観測する限り、手前にある惑星間ダストの太陽光散乱(黄道光)や熱放射が強く、それによる光子ノイズや系統誤差により宇宙背景放射の観測精度が著しく制限される。本構想では、惑星間ダストの前景放射による感度限界を突破するため、ダストが希薄な深宇宙惑星間空間から宇宙背景放射の観測を行う「惑星間宇宙望遠鏡」(IPST - Interplanetary Space Telescope)を実現する。そして、現行のスペース天文学を、IPST を手段とする新世代の「ダストフリー天文学」へパラダイムシフトさせる。

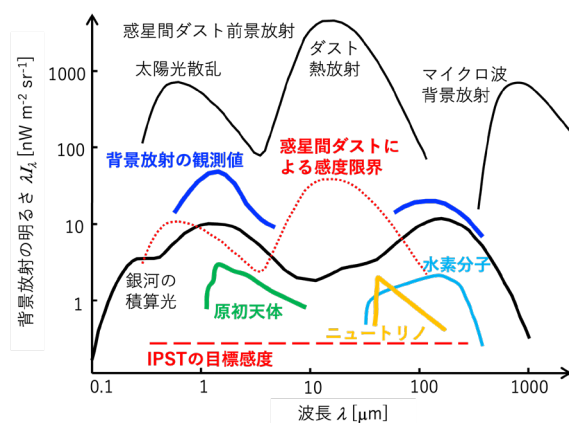


図1 宇宙背景放射に寄与する宇宙初期天体のスペクトル、およびIPSTの目標検出感度

③ 学術研究構想の名称

惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成

④ 学術研究構想の概要

本研究の目的は、可視光・赤外線の宇宙背景放射をかつてない高精度で観測し、未開拓である宇宙の晴れ上がり前後の残光を捉えることで、宇宙史を解明することである。IPSTを黄道面外あるいは小惑星帯より遠方の深宇宙に投入すれば、原初天体や背景ニュートリノ崩壊光子の存在証拠を明確に検出できるようになる。そして、スペース天文学を「ダストフリー天文学」へとパラダイムシフトさせる。

⑤ 学術的な意義

構造形成理論から予想される宇宙で最初に生まれた星やブラックホールなどの原初天体を捉えることは、一様なビッグバン宇宙から複雑な銀河宇宙への相転移を解明するための架け橋であり極めて重要な課題である。また、赤外線の宇宙背景放射の観測による宇宙背景ニュートリノの検出に成功すれば、素粒子物理と宇宙論に最大級のインパクトのある成果となる。世界中の研究者が宇宙マイクロ波背景放射の観測を重点的に行う中、赤外線の宇宙背景放射の観測意義に気づきその研究を開拓しようとする研究者は数少ない。我が国が独自に創成した科学を追求し、将来の我が国の基礎科学研究の軸として大きく展開するべきであると考え、本提案に至った。我が国の惑星探査および宇宙工学の研究分野においては、「はやぶさ」等の探査技術が大きく進展し、この技術は国内でIPSTを実現するうえでも不可欠なものであり、その技術発展は将来の我が国の惑星探査の基幹技術になると考えられる。

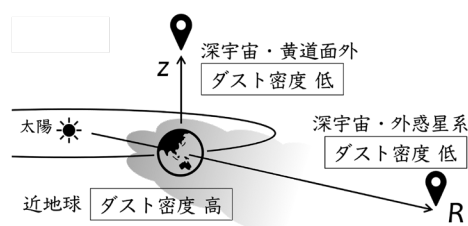


図2 深宇宙の惑星間空間に軌道投入するIPST

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、宇宙背景放射観測の重要性が認識され、将来は NASA が惑星探査機を用いた天文観測の計画を進める可能性がある。日本が主導して切り拓いた宇宙背景放射の研究は、日本発のアイデアである IPST で発展させる。我が国では、世界に誇る探査技術の工学的な優位性と惑星科学や宇宙背景放射の観測的研究とを融合し、他国では成し得ない独創的な研究を推進できると期待する。

⑦ 社会的価値

「はやぶさ」や「はやぶさ 2」により惑星探査の価値に対する国民的な理解が得られた。従来の宇宙望遠鏡は、惑星探査機のような動きがなく、一部の熱心な人以外にはその科学的価値までも面白くないものと見做されることもあった。これに対して本計画は、惑星間を航行する活動的な宇宙望遠鏡であることから、興味と理解が得られる期待がある。実際に本計画を講演会や SNS 等で紹介すると、天文ファンだけでなく惑星探査ファンを含む幅広い方から反響がある。本計画が目指す銀河形成以前の宇宙史の解明や宇宙背景ニュートリノ初検出はノーベル賞級の成果であることは誰もが疑わないであろう。IPST の実現に必要な外惑星領域の探査技術は、地球月圏での産業応用も期待される。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

IPST 計画の実施構想は、今後 5 年程度内に観測ロケット実験のアップグレード実験や、JAXA 宇宙科学研究所を中心とした OPENS プログラム構想の第一弾として土星圏を目指す「外惑星探査小型実験機（OPENS-0）」の航法カメラを活用して IPST のキー技術の外惑星領域での原理実証を行い、それらをベースとして 2040 年以内に小口径の IPST pathfinder を JAXA プロジェクトとして実現することを想定している。その後は大型の IPST を国際協力のもと実現し、我が国の外惑星探査が活気にあふれる宇宙大航海時代の実現と併せて、宇宙望遠鏡が惑星間空間を往来するダストフリー天文学の新時代を迎えることを目指す。

（機関名・役割）

関西学院大学・観測ロケットによる可視近赤外背景放射観測、可視赤外域の望遠鏡と検出器の開発

九州工業大学・超小型衛星による可視光背景放射観測

東京都市大学・IPST の環境調査として惑星探査機による黄道光観測、小型衛星機器の開発

筑波大学・観測ロケットによる背景ニュートリノ崩壊の遠赤外光子探索、超伝導検出器の開発

JAXA 宇宙科学研究所・太陽系外惑星領域での独自探査技術の研究開発、外惑星探査小型実験機（OPENS-0）計画による宇宙実証、惑星間ダストのその場観測や光学特性の理論的研究

東京科学大学、横浜国立大学・ソーラーセイルの研究開発

ほか国内大学・宇宙背景放射、銀河形成、惑星間ダストなどの理論的研究

＜総経費＞ 今後 10 年で 200 億円程度（ただし分野横断ミッションの総計）

＜所要経費＞

今後約 5 年間は、IPST の技術実証や観測ロケットを用いた準備実験、JAXA プロジェクト提案へ向けた宇宙機および搭載機器の具体的な設計検討や開発の期間とし、実施期間や実施内容の不定性が大きい、少なくともプロジェクト化へむけた検討やコミュニティ維持に予算が必要である。次に、JAXA/ISAS の公募型小型計画「Eco & Fast カテゴリー」第一弾として採択された外惑星探査小型実験機（OPENS-0）の航法カメラを活用して、2020 年代末に IPST コンセプトを小惑星帯以遠で実証する。宇宙天文学コミュニティとして十分な技術実証と科学成果を出すために、ミッション全期間で 5 億円規模の経費が必要になる。以上の総額は 10 億円程度である。10 年程度の計画としては、OPENS-0 の科学成果と OPENS 探査機プラットフォームを発展させて小口径の IPST pathfinder を新規提案するためには、ミッション総額で 125-180 億円を要する。ただし惑星科学との分野横断ミッションとして進めるため、実際には天文学の範疇である IPST の単独予算ではない。

⑨ 連絡先

松浦 周二（関西学院大学）