

近赤外広視野サーベイ宇宙望遠鏡 WFIRST への日本の参加

① 計画の概要

本計画は、NASA の次期旗艦ミッションである WFIRST 近赤外広視野サーベイ望遠鏡計画 (図1、2) に、「日本の WFIRST 貢献計画」をもって参画し、その主要な科学目的である、(1) バリオン音響振動測定、弱重力レンズ効果測定、Ia 型超新星の観測による暗黒エネルギー(ダークエネルギー)理論および修正重力理論の検証、(2) 重力マイクロレンズ系外惑星探査による系外惑星の質量・軌道要素の分布および形成過程の解明、(3) 系外惑星のキャラクターゼーション用コロナグラフ装置の技術実証、(4) スペースからの高感度・高解像度を活かしたこれまでにない近赤外線広視野サーベイによる様々な分野での天文学研究の推進、を遂行することを目指す。この米国旗艦計画に日本が参加する事で、その科学成果の創出に貢献するとともに、日本が将来より高度な国際大型旗艦ミッションに参加するためのステップと位置づけるものとして提案する。日本からは、(A) 国立天文台・すばる望遠鏡による WFIRST とのシナジー観測(これに特化したすばる望遠鏡の観測時間の確保を含む)、(B) 日本独自の地上重力マイクロレンズデータ(MOA 計画)の提供、および、日本の重力マイクロレンズ専用近赤外線望遠鏡(PRIME 計画)による開発・観測支援・および協調観測 (C) 地上局によるデータ送受信の支援、(D) コロナグラフ装置のとくに偏光機能の付与とマスク基板の提供、による貢献を行い、WFIRST のキーサイエンス全般の成功に寄与すると共に、その特徴を利用した独自のサイエンスを追求する。

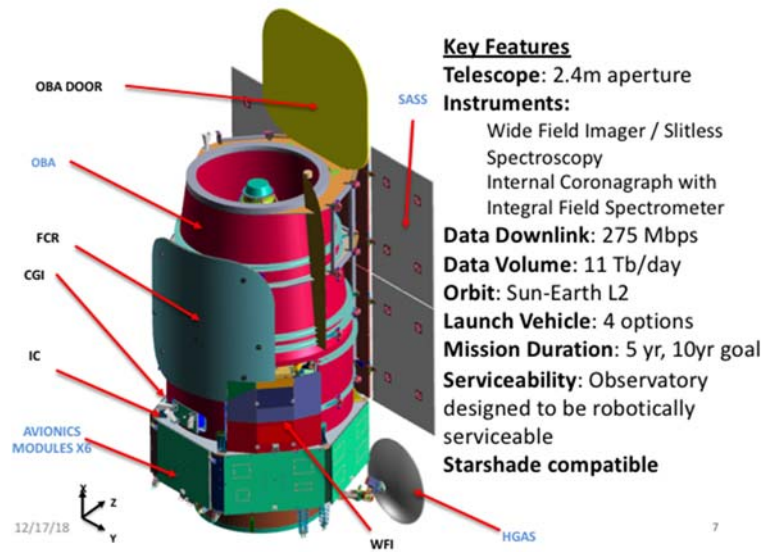


図1 WFIRST の外観デザインと基本スペック

ステップと位置づけるものとして提案する。日本からは、(A) 国立天文台・すばる望遠鏡による WFIRST とのシナジー観測(これに特化したすばる望遠鏡の観測時間の確保を含む)、(B) 日本独自の地上重力マイクロレンズデータ(MOA 計画)の提供、および、日本の重力マイクロレンズ専用近赤外線望遠鏡(PRIME 計画)による開発・観測支援・および協調観測 (C) 地上局によるデータ送受信の支援、(D) コロナグラフ装置のとくに偏光機能の付与とマスク基板の提供、による貢献を行い、WFIRST のキーサイエンス全般の成功に寄与すると共に、その特徴を利用した独自のサイエンスを追求する。

② 学術的な意義

1998 年の Ia 型超新星観測による宇宙の加速膨張の発見は、全く新しい物理を示唆しており、暗黒エネルギーの存在や、重力理論の修正が提案されている。また、これらを検証するため、バリオン音響振動・宇宙論的弱重力レンズ効果など様々な観測的手法が提案され、多くの大規模サーベイが行われるなど、非常に活発な分野になっている。1995 年の太陽以外の恒星を周回する惑星(系外惑星)の発見は、系外惑星研究を天文学・惑星科学における最重要分野の一つに位置付けただけでなく、太陽系を唯一の手本として発展してきた惑星科学に無限の研究対象を開き、近い将来、宇宙に生命を天文学的手法で探査するという全く新しい領域も開拓してゆく可能性を秘めている。わずか 20 年の研究においても、既に 4000 個を超える系外惑星が発見され、我々の太陽系とは大きく異なる多様な惑星系の存在が明らかになり、人類の世界観に大きな変革を迫っている。

WFIRST 計画はこれらの分野にブレイクスルーを起こす究極のミッションで、そのトップレベルの科学目標は、次の通りである。【宇宙論】 1. 宇宙の加速膨張は、未知のエネルギー成分によって引き起こされているのか、あるいは、宇宙論的スケールで一般相対性理論に修正が必要なのかを調べる。2. もし、未知のエネルギー成分が存在するのであれば、その宇宙の時空におけるエネルギー密度は一定なのか、宇宙の歴史の中で変化したのかを調べる。【太陽系外惑星】 3. 惑星(惑星系)の起源とその進化、とくに惑星系の冷たい外側での構造を理解すること。4. (コロナグラフ装置は、技術実証機であるが、実証できた場合は、) 太陽系近傍の太陽系外惑星について直接観測によりその組成と大気成分を理解すること。【広視野サーベイ】 5. 赤外線広視野観測とコロナグラフ観測により(様々な分野の)天文学研究を推進する。

③ 内外の動向と当該研究計画の位置づけ

現在、精密宇宙論と系外惑星は、宇宙物理の最重要分野の一つとされ、多くの観測計画が進んでいる。これらの分野での日本の貢献は当初限定的だったが、最近では、すばる望遠鏡による大規模銀河サーベイ、第二の木星の直接撮像成功、原始惑星系円盤の直接観測、MOA 望遠鏡によるマイクロレンズ系外惑星探査の牽引など、世界をリードする分野もある。WFIRST は、宇宙の加速膨張と系外惑星の精密観測の決定版で、この歴史的な計画に日本が参加する事はこれらの研究の発展に非常に重要である。日本の光赤外線分野における衛星計画は、欧米に比べて大きく遅れており、規模も小さく機会も少ない。赤外線衛星「あかり」のあと、SPICA 打ち上げの 2020 年代末まで、日本がアクセスできる衛星はない。世界レベルの研究とそれを担う人材育成を継続的に推進するには、海外衛星計画への参加が必須である。日本は、これまで欧米の HST、JWST、Herschel など大型計画への参加機会を逃してきた。今回、初めて NASA の旗艦ミッションである WFIRST へ参加し、最先端の研究、人材育成を推進するとともに、今後の日本主導の衛星開発のための技術的ステップとする。

④ 実施機関と実施体制

NASA GSFC は、衛星本体と広視野カメラの制作、及び計画全体を主導する。NASA JPL はコロナグラフ装置開発を行う。ドイ

ツ(DLR)はコロナグラフ装置の機械部、フランス(CNES)はコロナグラフ装置の光学系制作及びデータ解析、欧州(ESA)はスタートラッカ、コロナグラフ用 EMCCD 提供、地上局での貢献を検討している。日本においては、国立天文台 ハワイ観測所からは、すばる望遠鏡 100 晩を WFIRST 協調観測に使う Letter of Intent を JAXA に送付済み。大阪大学は研究グループレベルで、MOA データの提供、PRIME による協調観測の LOC を JAXA に送付済み。体制は、住貴宏 (大阪大) 他 15 名、エフォート合計 8.4FTE (院生を除くと 2.8FTE) (開発には、メリーランド大学、NASA、南アフリカ天文台スタッフも参加するが、その FTE は含まず) アストロバイオロジーセンター (機関レベル) 及び北海道大学 (研究グループレベル) が主体となりコロナグラフ装置の偏光素子及びマスク基板を制作する。体制は、田村元秀(アストロバイオロジーセンター、東京大学)他 14 名、合計 6.75FTE (院生を除くと 4.25 FTE) (開発は JPL のチーム・企業とも協力するが、その FTE は含まず) JAXA/ISAS は機関レベルで、地上局の整備と運用をし、さらに日本側実施機関窓口となるため所内検討チームを組織した。同チームには、その他に、東京大学、東京大学カブリ IPMU、名古屋大学、愛媛大学、東北大学、京都大学、室蘭工業大学、大阪産業大学が研究グループレベルで参加し、コアメンバー23名、メンバー13名、アドバイザー1名の体制である。地上局整備に関わる人員は、山田亨(JAXA)他2名、さらに JAXA 地上局に携わるスタッフ、企業が協力する。宇宙研でプロジェクト化されれば、さらに増強する予定。

⑤ 所要経費

NASA の WFIRST 衛星全体の総経費は、\$3.2B (32 億米ドル) である。日本の貢献分の経費を以下に示す。

すばる望遠鏡によるシナジー観測:	100 夜相当 (すばる望遠鏡運用経費相当)
PRIME 1.8m 赤外線望遠鏡、カメラ製作:	建設 5 億円 + 10 年間の運営費 0.5 億円 (科研費特別推進研究他を獲得済み)
国内の JAXA 地上局アンテナ改造費:	13 億円 (5 年間の運用費含む)
コロナグラフ装置製作費:	2.7 億円 + 人件費 1.6 億円 (2FTE x 10 年)
総額:	約 32.8 億円相当 (すばる時間および地上局運営費を含む)

⑥ 年次計画

PRIME 望遠鏡:

- 2016-2019、1.8m 望遠鏡建設
- 2020-2024、マイクロレンズ事前観測
- 2025-2030、WFIRST との同時観測
- 地上局:
- 2019-2021、支援案調整、
- 2021-2021、整備計画、運用計画作成、
- 2022-2023、地上設備整備、
- 2024-2024、国際共用試験、
- 2025-2030、運用

コロナグラフ偏光機能:

- 2019-2019、試作機製作、試験、JPL へ納入、
- 2020-2020、実機制作、JPL へ納入
- 2021-2021、JPL において実機試験、
- 2022-2024、JPL においてコロナグラフ装置への実装、試験、2025-2030、WFIRST による観測
- マスク基板:
- 2018-2019、シリコン、石英基板試作、評価、JPL へ試作納入、
- 2020-2020、基板実機制作、JPL へ納入、
- 2020-2021、JPL において試作機試験、
- 2021-2024、JPL においてマスク実機製作、試験、2025-2030、WFIRST による観測

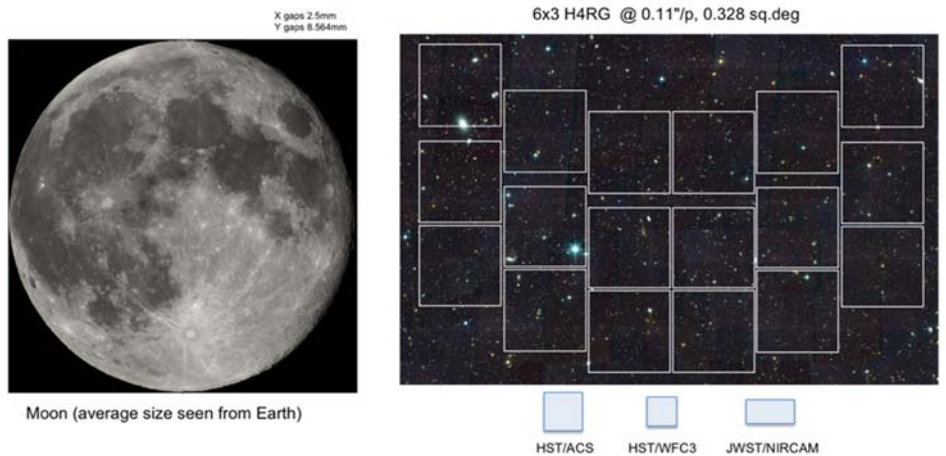


図2 WFIRST 広視野撮像カメラの視野と月および、HST、JWST の視野との比較

⑦ 社会的価値

20 世紀後半の宇宙物理学での最大の発見は、宇宙の加速膨張と系外惑星の発見と言われる。宇宙の加速膨張の発見は、2011 年のノーベル賞受賞で、国民の記憶にも新しい。受賞者の一人 S. Perlmutter 氏は、WFIRST の主要メンバーである。加速膨張の発見は、全く新しい物理を示唆しており、暗黒エネルギーの存在や、有名なアインシュタインの重力理論の修正が提案されている。WFIRST による宇宙の加速膨張の解明は、宇宙の根源や未来を予想するもので、国民の関心は高く、その知的好奇心に答える価値は高い。系外惑星の発見は、これまで SF でしかなかった地球外生命を近い将来天文学的手法で探査するという可能性を、現実のものとして考える機会を国民に与えた。すでに、我々の太陽系とは大きく異なる多様な惑星系の存在が明らかになり、人類の世界観に大きな変革を迫っている。これらはテレビや新聞などでも多く報道され関心を集めている。WFIRST は、系外惑星の新たな姿を我々に見せてくれるもので、知的価値は高い。コロナグラフ装置の開発は 2030 年代に計画されている宇宙生命探査ミッションにつながる重要な技術で、発展性は非常に高い。

⑧ 本計画に関する連絡先

住 貴宏 (大阪大学理学研究科宇宙地球化学専攻)