

## NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加

## ① ビジョンの概要

生命の起源の理解は、人類最大の課題と言える。系外惑星の発見は、20 世紀後半の宇宙物理学で最大の発見の一つで、我々の価値観を一変させた。今後 20-30 年で我々の価値観を変えうる最大の挑戦は、地球型岩石惑星の大気成分を観測し、生命居住環境及び生命活動の痕跡を探すことである。

## ② ビジョンの内容

遂に人類史上初めて、太陽系外における生命探査が可能になる。現在、数千個の系外惑星が発見され、巨大ガス惑星の大気成分が観測されるようになった。惑星発見の時代から、個々の惑星の特徴づけの時代になりつつある。次のステップは、地球の様な岩石惑星の大気成分を観測し、生命居住環境及び生命活動の痕跡を探すことである(図 1)。

一方で、木星の氷衛星エウロパや土星の衛星エンケラドスで、内部海から噴き出るプルーム(水柱)が、HST や探査機により紫外線で観測されており、氷殻の下に内部海が存在することが明らかになった。

この様な内部海に熱水噴出孔などがあれば、生命が誕生しうる環境の可能性がある。このプルーム活動の起源を特定し、内部海の生命居住可能性を探査できれば、系外生命探査の新たなフロンティアとなる。

宇宙の主要な構成要素である銀河団や銀河は、小さな構造から形成されてより大きな構造へ進化するボトムアップシナリオが考えられているが、その形成過程はまだよく理解されていない。この解明には、高感度、高空間分解能で、より遠方(宇宙初期)のより小さな構造まで分解し、宇宙初期からの構造進化の過程を追うことが必要である(図 2)。また、近傍銀河では、星団レベルで物質の動きを捉えることで、物質の循環からその形成過程を解明できる。より短い波長(紫外線—可視光)で大型の宇宙望遠鏡が実現すれば、生命探査、宇宙の構造進化への挑戦が可能になるのみならず、天文学分野で大きな革命となりうる。

## ③ 学術研究構想の名称

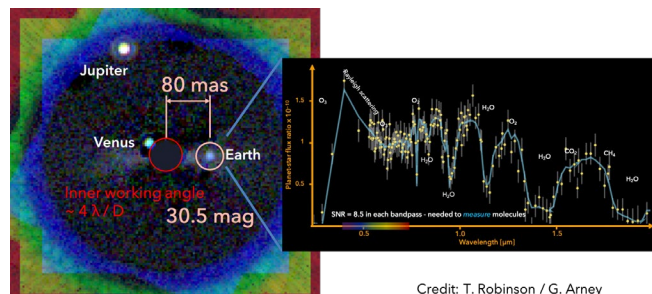
NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加

## ④ 学術研究構想の概要

本計画は、NASA の将来の旗艦計画である超大型宇宙望遠鏡(Habitable Worlds Observatory: HWO)に、日本が装置開発、科学検討の貢献を持って参加し、その主要科学目標、1) 太陽型星周りの系外惑星の大気において、生命居住環境及び生命の痕跡の探査、2) 広範囲な一般宇宙物理学研究、を遂行する。本計画は、口径 6m の紫外線可視光近赤外線における超大型宇宙望遠鏡である。これまでにない高空間分解能・高感度を生かして約 25 個の地球型惑星の大気を直接分光し成分を調べる。これにより、系外惑星で、初めて生命居住環境及び生命の痕跡を発見し、その頻度を見積もる。また、宇宙最初期の暗く小さな構造体まで検出可能で、さらに、紫外線分光能力により銀河内の物質循環を探査可能であり、宇宙創生以来の銀河の構造形成史を解き明かす。また、高空間分解能により太陽系天体を探査機で観測した様な画像が得られ、氷衛星での生命居住可能性の理解を深められる。本計画は、この究極のメガミッション HWO に日本独自の装置及び科学検討で貢献することで参加し、そのサイエンスの最大化を図るとともに、世界レベルの研究、技術開発を担う人材育成を行う。

## ⑤ 学術的な意義

HWO は、太陽型星周りのハビタブルゾーンにある地球型惑星を直接撮像で発見し、さらに、その表面からの反射光を直接分光し、その組成を調べることで、生命居住環境が一般的なのか希少なのか、また生命の痕跡があるかを探査する。初の地球外生命発見と言う世界で唯一の歴史的計画に貢献することの重要性は言うまでもない。日本の研究者にこの世界最高水準の装置へのアクセスを可能にするのは、全天文学宇宙物理研究者のみならず、地球惑星分野を含む広い分野の研究者にも大きな資産となる。



Credit: T. Robinson / G. Arney

図 1 距離 10pc の地球を HWO が直接撮像、分光した場合の概念図。太陽型星周りの地球型惑星を空間分解して、反射光を分光し、大気組成を調べ、生命活動の痕跡を探る。

## ⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

系外惑星や銀河の構造形成は、宇宙物理の最重要分野の一つで、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、すばる望遠鏡による大規模銀河サーベイ、第二の木星や原始惑星系円盤の直接撮像、MOA 望遠鏡によるマイクロレンズ系外惑星探査などで、世界をリードしている。さらに、Roman 宇宙望遠鏡や TMT への参加でさらなる発展が期待される。今後、惑星は発見から特徴づけの時代になり、特にハビタブル惑星における生命探査が最も注目を集めている。本計画は、太陽型星周りの地球型惑星で初めて生命探査をする世界で唯一の超大型計画に日本が参加する。日本の光赤外線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」以後、日本の衛星はない。世界レベルの研究、技術開発とそれら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。我々は、初めて NASA の旗艦ミッション Roman への参加に成功したが、本計画で 2040 年代の歴史的計画に参加することは重要である。

## ⑦ 社会的価値

20 世紀後半の宇宙物理学で、系外惑星の発見は、宇宙の加速膨張の発見と並び最大の発見の一つと言われる。系外惑星の発見は、2019 年のノーベル賞受賞で、国民の記憶にも新しく、その研究に対する国民の関心は高く、その知的好奇心に答える価値は高い。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。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。今後、系外惑星研究は発見の時代から特徴付けの時代になりつつあり、HWO は、初めて系外惑星で生命の痕跡を探査するもので、知的価値は非常に高い。HST は、美しい天体画像と共に全世界に衝撃的な科学成果を生み出し感動を与えてきた。HWO は、その真の後継機として宇宙物理学全般で更なる成果を上げると期待されており、それらの知的価値は非常に高い。

## ⑧ 実施計画等について

2023-2029 年、技術実証フェーズ(GOMTMP)を行い、2030 年代に製作、2040 年代前半に打ち上げを目指す。運用期間は 5 年間(+5 年の延長)で、サービスミッションにより最大 25 年を目指す。NASA は、衛星本体、観測装置など計画全体を主導し、欧州、カナダ、日本が参加を検討している。2029 年 3 月までに各技術を TRL 5 に上げ、同 10 月に Mission Concept Review (MCR)に進み、その後、各国の分担が決定される。

大阪大学は、回折限界コロナグラフ、光集積回路(PIC)の技術実証を行う。JAXA/ISAS、ABC、国立天文台、東京大学は、Roman 望遠鏡への貢献と同様光学系、さらに、フォトリソニック結晶位相マスク、新規波面補償モジュール、Photonic Nulling Spectroscopy (PNS)、回折格子を開発する。JAXA/ISAS、立教大学は、紫外線検出器(Funnel MCP)、回折格子(ブレード型トロイダル回折格子)、イメージスライサー、コーティングの技術実証を行う。これは国内メーカー、コロラド大、GSFC との共同開発を検討している。JAXA/ISAS は、Roman 宇宙望遠鏡用に整備を進めている Ka-band 帯を備えた地上局をそのまま運用する。JAXA/ISAS HWO TF(リーダー:塩谷(JAXA/ISAS))が 2025 年 1 月に発足し各貢献案の活動を総括し、一元化して NASA に対する窓口として協議に当たる。その他、東北大学、東京大学カブリ IPMU、早稲田大学、東京都市大学がグループレベルあるいは個人レベルで科学検討に参加し、今後も広く参加者を募る。

総経費は、総額\$11B (FY2020)で、このうち日本貢献分合計は約 255-405 億円。GOMTMP 期間中(2029 年まで)の経費は約 11 億円である。

## ⑨ 連絡先

住 貴宏(大阪大学)

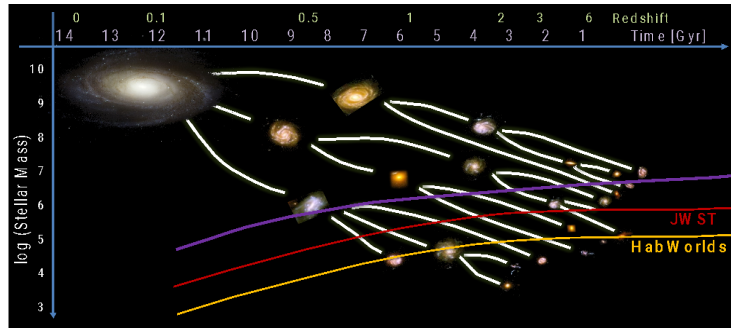


図2 ボトムアップシナリオによる銀河の構造進化の概念図。宇宙初期の最小の構造体を分解し、銀河の形成過程を解明する。遠方の最小銀河(<10<sup>4</sup>M<sub>\*</sub>)を検出する、空間分解能(<200pc)と感度が必要。HWO は ELT, JWST より分解能、感度が高い。