

## 6

系外惑星の観測と  
アストロバイオロジー

東京大学大学院理学系研究科 田村 元秀

Key words 系外惑星 / ハビタブル惑星 / すばる望遠鏡 / TMT / IRD / TESS

宇宙に生命を求め、その進化や起源に迫る「アストロバイオロジー」が今、大きな展開を見せています。1950年代にはエグゾバイオロジー (exobiology; 例えば Lederberg, J. 1960) と呼ばれ、NASA の (太陽系内における) 月・惑星探査計画を意識した宇宙生命探査が、その後ながらアストロバイオロジーの目玉でした。とりわけ、1970年代以降には火星探査推進の起爆剤としての役割を果たしてきました。このような背景の下で NASA の アストロバイオロジー研究所 (NAI) というバーチャル機関が設立されたのは 1998 年のことでした。

一方、天文学では、観測技術の著しい進展を背景に、1990年代から太陽系外の別の恒星を周回する惑星 (系外惑星) を検出することができるようになりました。地球がそうであるように、恒星を周回する小さな天体である惑星は、生命に必要な環境を提供し、その表面で生命 (やその兆候) の探査が可能な天体として最も有力です。しかし、最も近い恒星 (プロキシマ・ケンタウリ) でも、太陽・地球間の距離に比べ約 26 万倍と途方もなく遠くにあり、探査機を今すぐに送ることは

たむら もとひで  
田村 元秀

Author 著者

東京大学大学院理学系研究科 教授、  
自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター センター長  
NASA ジェット推進研究所研究員、国立天文台助手、国立天文台准教授、  
2013年 東京大学大学院理学系研究科教授、2015年 自然科学研究機構  
アストロバイオロジーセンターセンター長。専門:系外惑星天文学、星・惑星形成、赤外線天文学。現在の関心事:系外惑星の直接観測、地球型系外惑星の検出、アストロバイオロジー。日本天文学会林忠四郎賞、東レ科学技術賞。著作:第二の地球を探せ!「太陽系外惑星天文学」入門 (光文社)、太陽系外惑星 (日本評論社)。研究室 URL: <http://esppro.mtk.nao.ac.jp/~/hide/>、<http://abc-nins.jp/j>

非現実的（しかし、[ブレイクスルー計画](#)も参照）です。天文学における系外惑星探査も数十年の間、不毛な努力に終わっていました。しかし、1995年のペガサス座 51 番星の惑星発見を契機に、[多種多様な観測](#)が成功し、パンドラの箱が開けられました。わずか 20 年の間に確認された系外惑星の数は約 3,500 個にもなりません。

「我々の世界」ともいえる[太陽系の惑星](#)は岩石惑星（水星、金星、地球、火星）、ガス惑星（木星、土星）、氷惑星（天王星、海王星）と分類されます。一方、系外惑星には、太陽系には存在しない新種の惑星が存在することが明らかになりました。ホットジュピター（灼熱木星）やスーパーアース（超地球）などがその代表的なものであり、恒星のごく近傍（水星軌道よりも内側）を周回する高温の惑星です（図 1）。このような多数の系外惑星の確認は、太陽系を超えた「新世界」として、アストロバイオロジーにおける宇宙生命探査に無限の可能性をもたらしたのです。

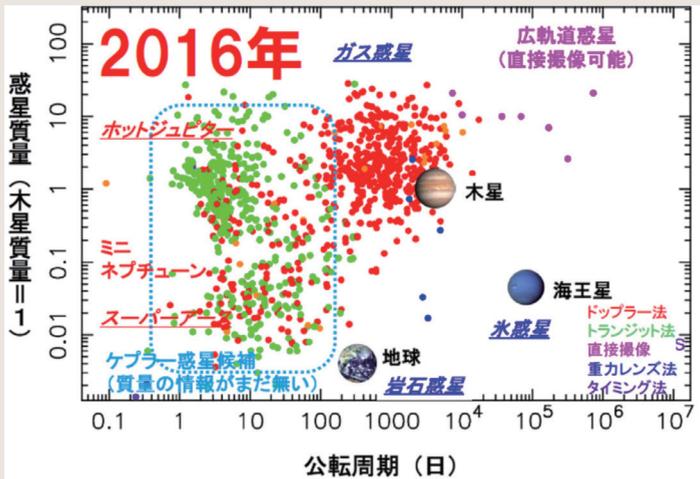


図 1 系外惑星のうち質量が求められているものの公転周期と惑星質量の分布図。太陽系内の代表的 3 惑星（木星、海王星、地球）も示してある。ホットジュピターは周期が短く恒星のごく近くを公転するために高温な巨大惑星、ミニネプチューンは同様の天体で質量が海王星程度のもので、スーパーアースは質量が地球の数倍の軽い惑星である。広軌道惑星は、比較的主星から離れており直接撮像が可能で、実際にこの方法で発見された惑星である。丸印の色分けは観測手法の違いを表す。NASA Exoplanet Archive を利用。



観測技術のさらなる発展により、最初に発見された木星のような巨大惑星のみならず、現在では地球や火星程度の小さな惑星でさえも検出可能になっています。そのような軽量惑星（地球サイズやスーパーアースサイズ）の中でも、恒星から適切な距離にあるために惑星表面上で水が液体で存在しうる「[ハビタブル惑星](#)」は、宇宙生命を議論する上で最も興味深いものです。発見されたハビタブル惑星は既に数十個ありますが、十分に小さいものはまだ約 20 個程度しかありません。それらは、NASA が 2009 年に打ち上げた[ケプラー衛星](#)で発見されたものです。ただし、[ケプラー衛星で発見されたハビタブル地球型惑星](#)は数百光年以上と遠すぎるため、現在の技術では精査することができません。

2016 年 8 月に、前述のプロキシマ星に「ハビタブルゾーンにある地球サイズの惑星が発見された」という[ニュース](#)が地球上を駆け巡りました。過去 16 年にもわたる欧州南天文台での観測データが元になった大発見です。ケプラー惑星とは違って近くにあるため、今後最も追観測が進む天体でしょう。残念ながららきわめて南にある天体なので日本やハワイからは、ほぼ観測はできませんが、似たような惑星はすばる IRD（後述）等で数多く発見されるでしょう。

このような、「第二の地球」を探査する観測は今後 10 年程度で大きく進展します。地球型系外惑星の大気を調べ、水・酸素あるいはクロロフィルなど地球大気に特徴的なスペクトル（バイオマーカー）を観測し、生命存在の証拠をリモートセンシングすることは、次世代望遠鏡の大きな使命です。そのための技術を活かした観測装置は、既に口径 8m 級望遠鏡でも実証されており、すばる望遠鏡における系外惑星・星周円盤観測[プロジェクト SEEDS](#)により 2013 年には「第二の木星」と呼べる惑星（図 2）を直接に撮像することに成功しています。

SEEDS は、太陽系外惑星とその形成現場を直接観測によって研究するために、我々が新規開発した観測装置を用いて、2009 年から開始された[すばる望遠鏡](#)における戦略的観測プロジェクトです。上述のように系外惑星は遠く、かつ、明るいため、直接に見ることは難しいのです。しかし、高コントラストという、これまで追求されていなかった新技術を活かした観測が可能となりました。普通の恒星まわりの太陽系サイズの系外惑星系の直接撮像例はまだ 10 例程度しかありませんが、そのうち 4 例が SEEDS プロジェクトによるものです。さらに、SEEDS プロジェクトでは惑星の誕生現場である原始惑星系円盤の直接観測も進めています。その結果、多数の円盤において空隙や渦巻のような構造を発見しました（図 3）。これらの構造は、惑星と円盤の相互作用によって生じ得るため、惑星存在の兆候と考えることができます。