

太陽系の外に惑星を探すー第2の地球は見つかるか？

国立天文台太陽系外惑星探査プロジェクト室 田村 元秀

惑星は、地球や木星のように、太陽のような恒星の周りを周回している軽い天体です（図1）¹。人類をはじめとするさまざまな生命を宿す惑星である地球は、太陽系では特別の存在と考えられています。では、広い宇宙においても地球は特別なのでしょうか？生命が存在する天体は他に無いのでしょうか？

恒星は灼熱の天体なので生命の存在は期待出来ませんが、宇宙に生命を探すとしたならば、まずは地球に似た惑星を探すことが重要でしょう。銀河系だけでも約2000億個の恒星があります（図2）。そのうちのいくつかの恒星のまわりには惑星があるかもしれないというのは誰もが思うことでしょう。太陽系の外にある惑星なので、系外惑星と呼びます。しかし、私たちから遠くに在り過ぎるため、系外惑星は恒星の光に埋もれて見えません。あたかも灯台の近くの蛍を探すようなものなのです。



図1 太陽系の惑星。

図2 銀河系の多数の星ぼし。

¹ 木星の重さは、太陽の約1/1000。地球の重さは、木星の約1/300。恒星は水素ガスを燃やして自ら輝く天体ですが、惑星は軽いため水素を燃やすことができず、もっぱら近くの恒星からの光を反射して輝いています。

しかしながら、「太陽系の外のありふれた恒星の周りにも惑星が存在する」という大発見が、スイスのメイヤーとケローズによって1995年になされました(図3)。1930年代頃から、アメリカのバンデカンブなど多くの人が何度も挑戦しては失敗続きだった系外惑星がついに発見されたのです。これを契機に、現在までに、木星のような比較的重い惑星が約190個も発見されるに至っています。これらは第2の地球探しへの重要なステップです。

では、これらの惑星はどのように発見されたのでしょうか？ 実は、系外惑星を探す方法はいくつも有ります。大別すると、(1) 間接的方法と(2) 直接的方法に分かれます。前者は、惑星そのものを見るのではなく、惑星が及ぼす様々な影響を観測でとらえる試みです。後者の直接的方法としては、惑星そのものを捉え、その姿を写したり、スペクトルを調べたりする試みです。間接的方法としては、現在のところ、惑星による恒星の速度ふらつきを測定する方法(ドップラー変移法)、惑星が恒星の前面あるいは背面を通過する際の明るさの変化を測定する方法(トランジット法、図4)、および、重力の効果を利用した背景の星の明るさの変化を測定する方法(重力レンズ法)が、実際に恒星の周りの惑星を発見することに成功しています。



図3 メイヤーとケローズ。

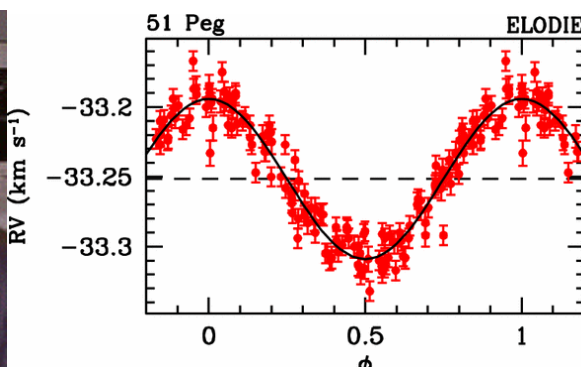


図4 ドップラー変移法のデータ。

実は、発見された系外惑星の性質は、私たちの太陽系内の惑星とは似ても似つかないものでした。太陽系の巨大惑星の代表である木星は、太陽を一周するのに12年を要する巨大惑星です。地球・太陽の距離の約5倍の位置を回るため、零下130度の極低温の世界です。しかし、発見された系外惑星のあるものは、恒星にごく近くをたった数日で一周する、温度が1000度の灼熱の巨大惑星だったのです。また、太陽系の惑星の多くは、ほぼ真円の軌道で太陽の周りを回っていますが、系外惑星の中にはとても細長い楕円軌道を持つものがあります。太陽系のような惑星系がどのようにして生まれたかということは、長らく太陽系をお手本にして考えられていましたが、これらの発見はその考え方だけでは説明できないように思われます。

このように、間接方法による惑星検出は今や大成功を収めています。当初は、木星のような巨大惑星しか検出できませんでした。しかし最近では、地球

のわずか6倍程度の重さの「軽い惑星」まで見つかってきています。ごく最近、天王星の重さの惑星を3つも伴うような系外惑星系も発見されました。しかしながら、地球型惑星と呼べるほどの軽い惑星は（普通の恒星の周りには）まだ発見されていません。2009年打ち上げ予定のアメリカのケプラー衛星はトランジット法を利用して、数百個の地球型惑星の検出を狙っています。

そもそも、恒星を周回する系外惑星の姿を確実に「直接に」とらえた例はまだ無いと言ってよいでしょう。系外惑星観測の次の一里塚は、惑星そのものを「直接的に画像に捉えること」であると考えられます。観測的には、系外惑星の直接撮像は非常に高度な技術が求められます。とりわけ、シャープな画像を得るための高い解像度、暗い惑星からの光をとらえる高感度、明るい天体のすぐ近くの暗い天体を見るための高コントラストを全て備えることが不可欠なのです。

すばる望遠鏡（図5）では、大気の揺らぎをリアルタイムで補正する補償光学や恒星の明るい光の影響を抑えるコロナグラフ技術（図6）を活用して、惑星より少し重い類似天体の直接撮像（図7）や、惑星の誕生現場である円盤（図8）の多様な形を明らかにすることなどには成功しています。また、その性能を約一桁向上させる次期コロナグラフ（HiCIAO）の開発も現在急ピッチで進んでいます。しかし、地球のような、さらに軽い惑星の直接観測には、より高い性能が要求されると考えられています。

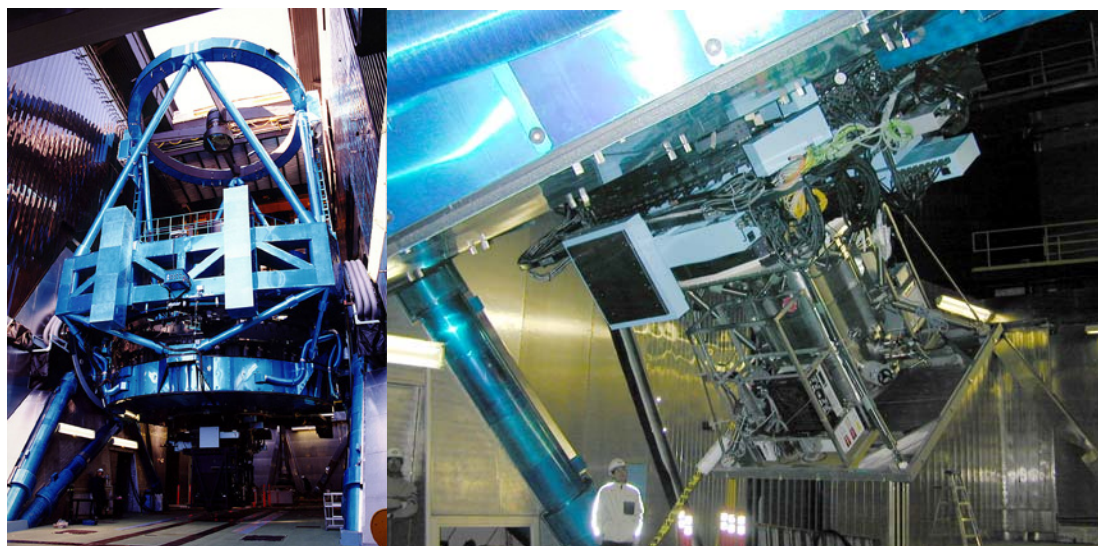


図5 すばる望遠鏡。

図6 コロナグラフカメラCIAO。

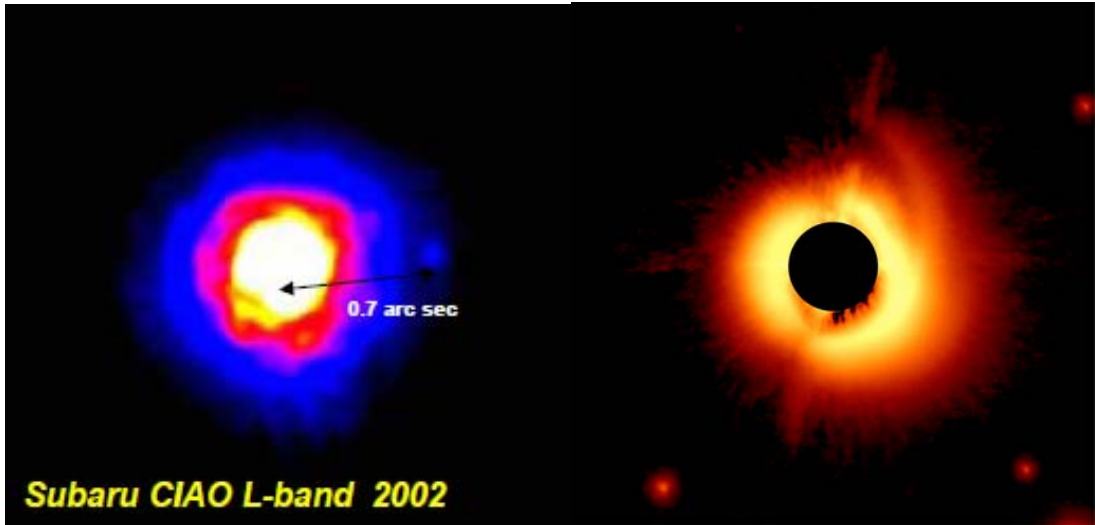


図7 おおかみ座GQ星。

図8 HD142527星の円盤。

それでは、生命を宿すような「第2の地球」を比較的近くの恒星のまわりに探査し撮像するには、どのようにすれば良いのでしょうか？その最も有力な手段としては、地球大気に邪魔されない宇宙から、明るい恒星の影響を抑えるあらゆる技術を活用する観測が考えられます。

地球に生命の繁栄をもたらした理由は、水と酸素が豊富に含まれる大気にあると思われています。発見された系外惑星が第2の地球と呼べるかどうかは、その大気を調べ、水と酸素が多量に在ることを解明すればよいでしょう（図9）。また、雲による気象変化や大陸・海の存在は明るさの時間変化を追うことなどからも推定できます。このような第2の地球を探す試み（図10）が、2020年ごろの実現を目処に検討が進んでいます。

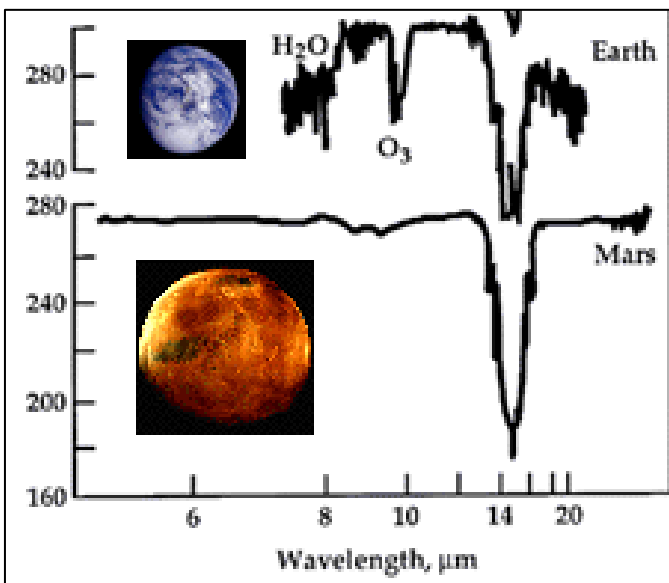


図9 地球と火星のスペクトル。

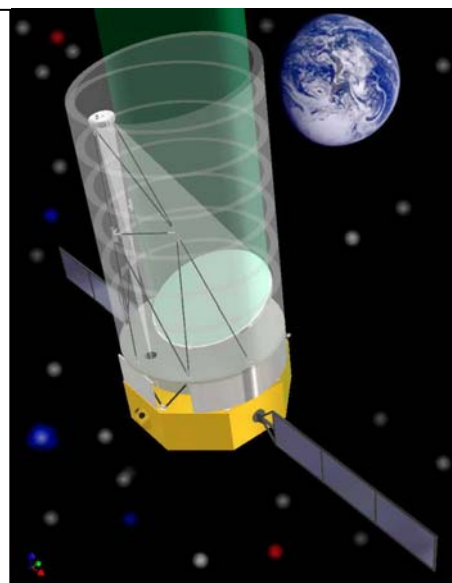


図10 第2の地球探査衛星想像図。