

## 特集「アストロバイオロジー」

# SETI, アストロバイオロジー, 系外惑星探査

井田 茂<sup>1</sup>

## 1. SETIの復活

SETIとは, "Search for Extra-Terrestrial Intelligence" の略で, 民放TVなどを賑わすUFO話とは一線を画する, 科学にもとづいた地球外知性(ETI)探査のことである(未知なるものへの畏敬の象徴としてのUFOの意義は否定するものではないが). SETIのテーマの魅力は本号の野尻氏の記事[1]で存分に語られているので, ここではSETIの概略と, SETIと系外惑星探査との結びつきについて述べることにする.

SETIは1960年以来, 脈々と続いているが, 最近再び科学者たちの熱い目が向けられてきていると思われる. これは, 近年, アストロバイオロジーが特に脚光を浴びてきている理由と同じく, 系外惑星探査の隆盛が大きな一因となっている.

1959年に, Cocconi と Morrosion [2]によって, 宇宙でもっとも富む元素の水素が出す1.4GHzの電波を使ったETI(地球外知性)との交信の可能性が議論された. 翌1960年, Frank Drake は, はじめてのSETIである, Ozuma 計画をスタートさせた. 電波望遠鏡をエリダヌス座イプシロン星とくじら座タウ星に向けて, 水素が出す1.4GHzの電波にETIの信号が入っていないかを探ったものだ. その後, Carl Sagan なども推進役として活躍し, 脈々とSETIが行なわれることになる.

この時代は冷戦下のもと米ソの激しい宇宙開発競争が行なわれ, 人類は次々と地球圏外に飛びだし, 1969年にはアポロ11号によって人類は何と月にまで到達してしまった. この時代はまた, 系外惑星探査がうたかたの夢を見ていたときだった. 系外惑星探

査の歴史の詳細は他書[3][4]に譲るが, ざっと振り返ってみよう.

恒星に惑星が存在していると, 惑星ばかりではなく, それらの重心のまわりを恒星もまわることになる. たとえば, 太陽は木星や土星がまわっていることにより, 太陽系の重心のまわりを0.01AUほどの振幅で回転運動をしている. 他の恒星でもこのような周期的なふれが観測できれば, その恒星が惑星を持っている証拠になる. このような原理のもと, 1940年代に, 惑星探査を目的とした, 太陽近傍の恒星の高精度の位置観測(アストロメトリ)が始まった.

いろいろ系外惑星の候補が見つかったが, 中でも, アメリカのスプロール天文台のPeter van de Kamp がデータをとったバーナード星(6光年の距離)の惑星は有望視された. ふれの周期は太陽系の木星によるものなら12年. このバーナード星にも似たような惑星があるならば, ふれの周期性を確認するには長い年月のデータの蓄積が必要となる. 1960年代には, データの蓄積によりバーナード星の惑星の存在を確実視するむきも強くなり, 天文学の教科書にもバーナード星に惑星ありと記載された. バーナード星は太陽の1/7の質量の恒星だが, その後, van de Kamp はほぼ太陽と同じ質量のエリダヌス座イプシロン星にも惑星があると発表した. ここには, きっと太陽系そっくりの惑星系があるに違いないと人々は想像した. そういう太陽系そっくりの惑星系は他にもきっとたくさんあって, ETIもいるのではないかと人々は想像した.

SETIが始まった1960年代はこんな時代だった.

<sup>1</sup> 東京工業大学・地球惑星科学科

しかし, van de Kampの観測結果に対して, 1970年代になって, スプロール天文台の望遠鏡の固有の誤差ではないかとの問題点が指摘され, 1970年代中盤には彼の結果はほぼ完璧に否定されてしまった。それから, 系外惑星探査は長い沈黙の冬を迎えることになる。地球大気を通した地上望遠鏡からのアストロメトリでは精度が出ないため, 1980年代には恒星のふれの位置を測るのではなく, ふれの速度をドップラー・シフトで測る方法が考案され, 観測精度は太陽系の木星程度のものが見つかるころにまで, いっきに上がった。しかし, 期待された系外惑星はいっこうに見つからなかった(後になってみると, 発見を妨げたのは, 不運と太陽系に因われた先入観だったとわかる[4])。もしかしたら太陽系は奇跡的なシステムで, 惑星の存在は稀有なものなのかもしれない。1990年代にはそんな論調が支配的になっていった。ましてや, ETIなんて考えることに意味があるのか。1970~90年代はSETIに向けられる多くの科学者の目は決して暖かいものではなかった。

しかし, 1995年ペガサス座51番星での惑星の発見を皮きりに, 事態は急転し, 次々と系外惑星が発見され, これまでに100個を超える系外惑星が見つかった。エリダヌス座イプシロン星でも改めて惑星が発見された。このあたりにも数々のドラマがまっているが[4], ここでは省略する。

現在では, 推定の方法にもよるが, 太陽質量程度の孤立した恒星のうち10%かそれ以上が惑星を有するのではないかとされている。確かに太陽系とはずいぶん違った惑星系も多いが, 太陽系は決して特別な惑星系ではないと考えられる[4]。これまでのところ, 観測の限界で, 系外惑星は木星のような巨大ガス惑星しか検出できていないが, 標準的な惑星形成理論を拡張した議論は巨大ガス惑星が存在すれば地球型惑星も多く存在することを強く示唆する[4][5]。

2004年打ち上げ予定のフランスのCorot, 2008年頃打ち上げの予定のNASAのKeplerはトランジット

と呼ばれる, 惑星の恒星面通過現象を観測しようとする宇宙望遠鏡だ。惑星が恒星とわれわれの間を通り過ぎる際, 惑星が影になる分, その恒星からの光が弱くなる。その減光を観測することによって惑星の存在がわかる。これらの宇宙望遠鏡は, あくまで「影」ということだが, 木星型惑星はもちろんのこと, 地球型惑星も理論上検出可能な測光精度を持つとされている。2020年頃打ち上げの予定のNASAのTPFでは, 「影」ではなく, 地球型惑星を直接捕らえて, その惑星の海や生命活動の検出を目指している。

1995年以降, これまで決して暖かい目を向けられていたわけではなかったSETI関係の研究者が, 急に天文学の研究会にひっぱり出されるようになった。また, ETIとまで一足とびに行かなくても, 多くの惑星系で微生物程度の系外生命ならほぼ確実に存在するはずだと, 多くの科学者は考えるようになった。NASAは1997年にオリジン計画をスタートさせ, 地球系外生命に射程をおいたアストロバイオロジーが, その中心に置かれた。一方, 一般の人々の間でもSETI@homeが大流行を始めた[1]。いまや, 多くの科学者の熱い目がアストロバイオロジーに向いている。そして, SETIへも。

## 2. 一般参加型の分散型系外惑星探査

SETI@homeは一般参加型の分散型コンピューティングである[1]。プロの科学者の場合, 観測・解析には確実な成果を求められることが多い。そうでないと税金の無駄使いと叩かれる。さらに, 現在の日本の科学政策は経済効果のある分野(バイオ, ナノテク, IT, 環境)に重点投資しようとするもので, 経済効果とは無縁の純粋科学に携わる科学者は危機感を募らせている。こういった状況の中, 系外惑星探査, アストロバイオロジー, SETIといった分野に税金を投入することの一般の理解を得るのはたやすすくないであろう。それを考えると, 野尻氏が述べるように[1], SETI@homeは極めて巧妙な手だ。税金を使わずに

解析が進むというご利益もあるが、一般の人々に宇宙・生命に対して興味を持ってもらうというご利益がある。たとえ、ネガティブな結果しか得られなくても、そのなかなかポジティブな結果が得られないというところに夢があり、宇宙・生命に対する興味が維持される。

SETI@homeの成功を見るにつけ、一般参加型の分散型系外惑星探査というものができないものかと思う。日本のアマチュア天文家の観測レベルは非常に高く、また継続的観測も得意で、新しい彗星や小惑星、超新星を次々と発見している。さらに、多くの公共天文台が極めて高レベルの望遠鏡、観測装置を有している。惑星の恒星面通過現象を観測するトランジットは、日本のアマチュア天文家で十分観測可能ではないかと思う。というより、継続的に観測可能なアマチュア天文家や公共天文台でないと観測が難しいのではないか。

惑星の恒星面通過現象は、われわれからの視線方向と惑星軌道面がほぼ平行になっていないと観測できない。つまり、惑星がまわっていたとしても、軌道面が平行になっている確率自体が低く、恒星面通過が観測できる確率は非常に低い。また、惑星の恒星面通過現象は公転周期にくらべて一瞬のことである。特に惑星と中心星の距離が大きく公転周期が長いと、次のチャンスが巡ってくるまでに時間がかかる。プロの科学者の場合、観測・解析において、確実な成果を求められることが多く、なおかつ大望遠鏡は共同利用のため、各観測チームの割り当てられる使用時間は、僅かなものでしかない。つまり、CorotとかKeplerのような専用宇宙望遠鏡でない限り(これらでもカバーできる空の範囲は限られる)、トランジット観測による新しい系外惑星発見はプロの科学者にはたやすくはない。

これまでに発見され、確認された系外惑星はほとんどがドップラー・シフトによるものである。この方法だと惑星軌道面の向きがわからず、惑星質量が正確にわからない。恒星面通過が観測されれば、惑星

軌道面の向きが決定され、惑星質量が定まる。さらに惑星の断面積が決まるので、惑星の密度がわかる。つまり、新発見だけでなく、すでにドップラー・シフトで見ついている系外惑星のトランジット観測も極めて重要だ。これまでに、確実に恒星面通過の観測に成功した系外惑星はHD209458との惑星のひとつしかなく、既にドップラー・シフトで検出されている他の系外惑星についても、さらなる観測が望まれる。しかし、上に述べたようにプロの科学者にとって、望遠鏡時間を獲得するのは難しいので、全世界の科学者で情報を共有し協力して探そうというプロジェクトも立ち上がって、HP [6] にデータが公開されている。このプロジェクトにはアマチュアの参加も期待されている。

HD217107という恒星でもすでにドップラー・シフトで惑星が検出されているが、実は昨年の夏にカリフォルニア大学の観測チームから、HD217107で恒星面通過をおこしている気配があるが、次の予測恒星面通過は太平洋・アジア地方でないと見れないということで、著者のところに共同観測の要請がはいった。著者は理論研究者で、光赤外関連の観測にネットワークをもっていないため、人づてで観測をお願いした。しかし、当日の観測条件が良くなく、恒星面通過の確認も否定もできなかった。その後、カリフォルニア大学の観測チームもアメリカで好条件のときにチャレンジしたが、やはりグレーな結果だった。それ以上、望遠鏡の時間を獲得できないので、もしかしたら恒星面通過しているかもという状態のままで、結局、プロによる観測は打ちきりとなっている。

トランジット観測はさほど特別な観測装置はいらない。あまり暗い星を選ばなければ、数十センチの望遠鏡とCCD測光装置があればいい。比較的明るい星を狙う場合は、逆に大口径望遠鏡だと明るすぎて観測できないので、数十センチくらいの小望遠鏡のほうが有利になる。木星と太陽の断面積の比は1:100なので、1%程度の恒星の光度変化が測ればいい。観測に詳しくない筆者はこれが日本の空の下で

どれくらい難しいことなのかよくわかっていないが、不可能な数字ではないのではないかと思う。試しに、すでに3.5日毎に恒星面通過することがわかっているHD209458の惑星による恒星面通過が検出できるかどうか、やってみれば可能かどうか分かる。データはHP [6]に公開されている。

あきらかに、SETI@homeがETIを発見するよりは、日本のアマチュア天文家や公共天文台が新しい系外惑星を発見する可能性の方が桁違いに高い。すでにドップラー・シフトで検出されている惑星の恒星面通過を確認できるだけでもすごい。もし、新しい系外惑星を発見することができたなら、サラリーマンの田中さんがノーベル賞をとったのに匹敵する快挙だと思うのだが。

## 参考文献

- [1] 野尻抱介, 2003: 遊星人本号
- [2] Cocconi, G. and Morrison, P. 1959: Nature 184, 844-846
- [3] Boss, A. 1998: Looking for Earths (John Wiley & Sons)
- [4] 井田 茂 2003: 異形の惑星～最新系外惑星理論から(仮題), NHKブックス, 印刷中
- [5] Kokubo, E. and Ida, S. 2002: Astrophys. J. 581, 666-680
- [6] <http://www.transitsearch.org/index.htm>