

# 地球外知的生命体探査について

初等教育教員養成課程 理科選修  
金光研究室 250411 澁田 春菜

## 1. 序論

地球外知的生命体 (Extraterrestrial life) とは、地球大気圏外に存在する生命の総称である。知的生命は太陽系内での望みは薄いと判断され、現在では太陽系外での探査が続けられている。

近年、多く見つかри始めた系外惑星の環境を推測すれば、その惑星に地球外知的生命体が生存可能であるか確かめることもできる。今回は、現在発見されている系外惑星のうち、生物の生存可能である惑星はどれほどあるのか、それらの惑星から信号が送られてきた場合、その信号はどれほどの時間をかけて地球まで届くのかという、2点について検証する。

## 2. 系外惑星の主な探査方法

主な探査方法のうち、最も多く系外惑星を発見しているのはドップラー法／視線速度探査法である。

恒星のまわりに惑星が存在すると、惑星の公転運動に伴って主星も周期的に揺れ動くため、主星からの光はドップラー効果を受けて周期的に変動する。この現象を利用したドップラー法では、主星から届いた光を分光してスペクトル中の吸収線を観測し、その周期的な変化の様子から間接的に惑星を検出している。そのため、惑星が主星近くを周回しているほど見つけやすいという特徴がある。

また、ドップラー法以外の探査方法には、トランジット法／天体測光探査、直接撮像法、アストロメトリ法／天文位置探査法、重力レンズ探査法、パルサー・タイミング法などがある

## 3. 系外惑星の分類

系外惑星には様々な特徴があり、それによって分類ができる。質量が木星や土星程度あり、軌道半径が0.1AU以下である系外惑星は、ホットジュピター／灼熱木星と呼ばれる。主星に近く質量が大きいため、ホットジュピターは比較的発見されやすいという特徴がある。また、ホットジュピターと同程度の質量をもち、軌道が木星に近いものを、木星型巨大ガス惑星と呼ぶ。最近では地球と同程度の惑星も見つかり始めており、このような惑星はスーパーアース／超地球と呼ばれている。

ここでは、現在定められている定義に基づき、上記の3つの分類基準を表1のように定める。

この条件に沿って惑星を分類するために、横軸には軌道半径の対数値、縦軸には惑星質量の対数値を取ると、図1のような結果が得られた。図1は大きく3つの領域に分かれているが、それぞれの定義に沿って考えると、左上の領域がホットジュピター、右上の領域が木星型巨大ガス惑星、下の領域がスーパーアースであることがわかる。

ホットジュピター	質量: 土星の質量約 $5.7 \times 10^{26} \text{kg}$ 以上 軌道半径: 0.1AU 以下
木星型巨大ガス惑星	質量: 土星の質量約 $5.7 \times 10^{26} \text{kg}$ 以上 軌道半径: 0.1AU より大きい
スーパーアース	質量: 土星の質量約 $5.7 \times 10^{26} \text{kg}$ 未満

表1 系外惑星の分類基準

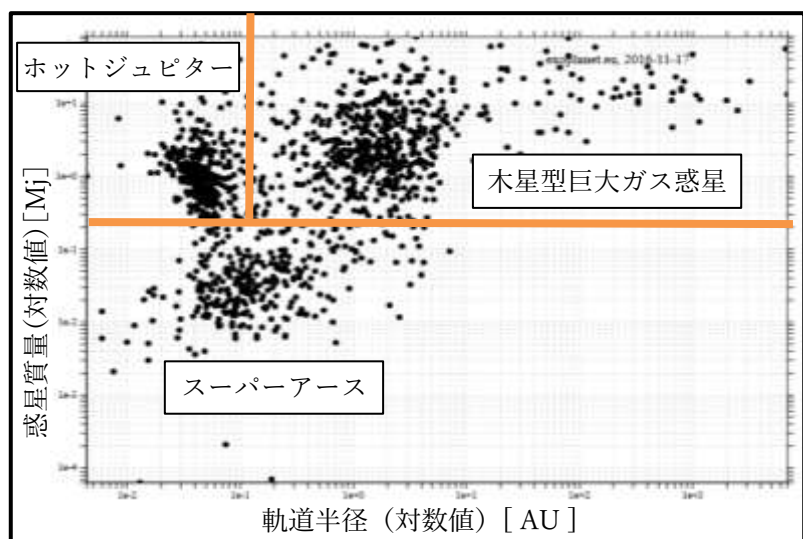


図1 惑星質量と軌道半径との関係

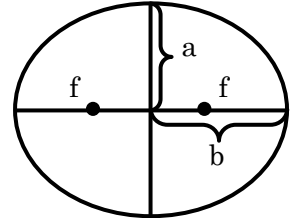
#### 4. ハビタブルゾーン

ハビタブルゾーン (HZ : habitable zone) とは、生命の誕生に適した環境と考えられる天文学上の領域のことを指し、その領域に存在する惑星のことをハビタブル惑星という。ハビタブル惑星の判定は難しいが、一つの判断基準として、液体の水が存在できる範囲 (273K から 373K) に、惑星の表面温度が収まる惑星がハビタブル惑星であると考えられている。ここでは、この概念を用い、惑星の表面温度を 273K と 373K に設定して、中心星の光度からハビタブルゾーンの最小値と最大値を算出し、その範囲に惑星の軌道半径が入るものをハビタブル惑星とする。

#### 5. 軌道離心率

軌道離心率は、天体の軌道の絶対的な形を決める値である。この軌道離心率の値によって、惑星のおよその軌道の形状が定義できる。軌道離心率が 0 になる場合の軌道は円、0 より大きく 1 より小さい場合は楕円となる。また、中心星は惑星軌道の焦点に来ることが分かっている。

右図のような楕円の半短径を a, 半長径を b, 焦点を f とおく。この時、軌道離心率 e は以下のような式で表わすことができる。



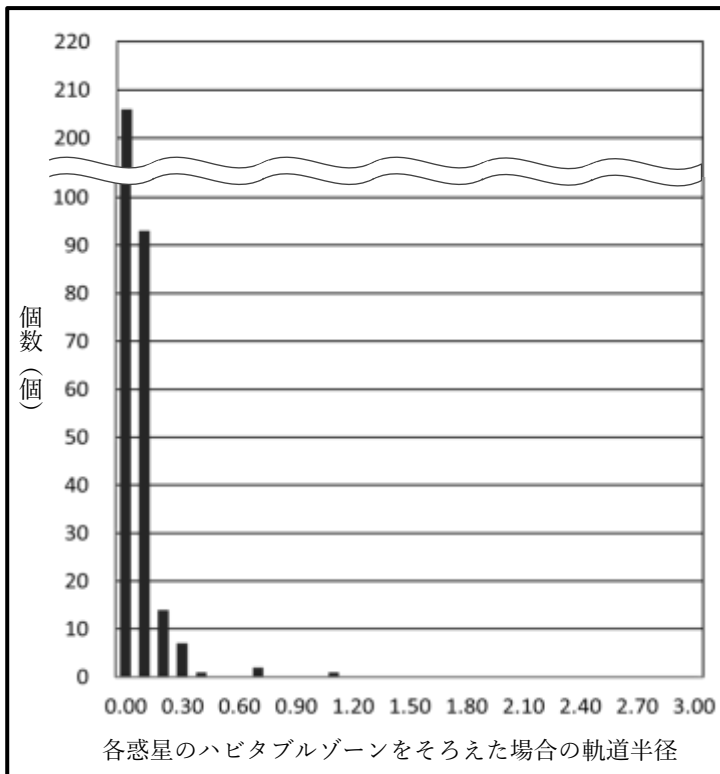
$$e = \sqrt{1 - \frac{a^2}{b^2}}$$

なお、軌道離心率の各値の軌道の形状はおよそ以下の通りとなる。

離心率 e	0 (円)	0.1	0.2	0.5	0.7
公転軌道					

#### 6. ハビタブル惑星の数と軌道

前述した条件においてハビタブル惑星を検討すると、以下のような結果が得られた。



グラフは各軌道半径の値にあてはまる惑星の個数を示しており、ハビタブルゾーン内にある惑星の個数を白、ハビタブルゾーン外にある惑星の個数を黒で表わしている。また、図は、軌道離心率から予測される中心星と惑星軌道、ハビタブルゾーンの位置関係を示している。ただし、ここでは中心星の大きさは考えないものとする。

この結果からは、図 2 のホットジュピター 324 個にはハビタブル惑星が確認できなかった。また、図 3 の木星型巨大ガス惑星 413 個のうち 62 個、図 5 のスーパーアース 227 個のうち 15 個がハビタブル惑星であると分かった。

理論上では、地球に似た惑星であるスーパーアースのなかに最もハビタブル惑星が多いはずであると言える。しかし、現段階においてはスーパーアースよりも木星型巨大ガス惑星の発見数の方が非常に多いため、ハビタブル惑

図 2 ホットジュピターのハビタブル惑星の数

星の数も多いのだと考えられる。また、ホットジュピターに関しては、太陽系惑星の中で最も内側を公転している水星よりも、さらに内側を周回する程度の軌道半径をもつ惑星ばかりであるため、ハビタブル惑星が見つかっていないのだと考えられる。

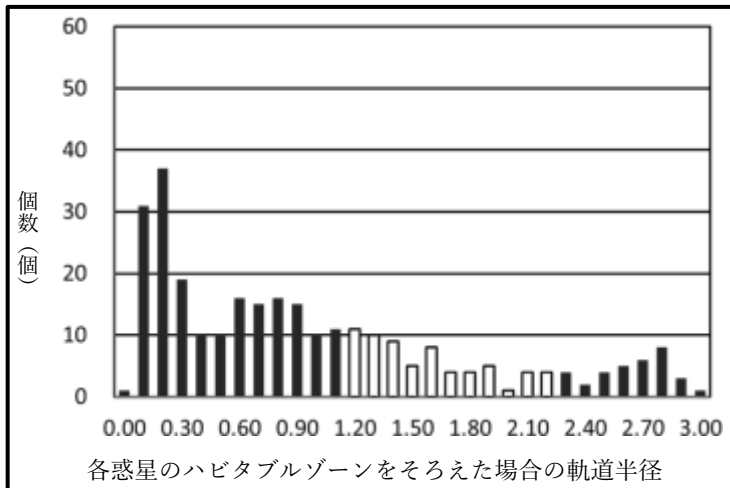


図3 木星型巨大ガス惑星のハビタブル惑星の数

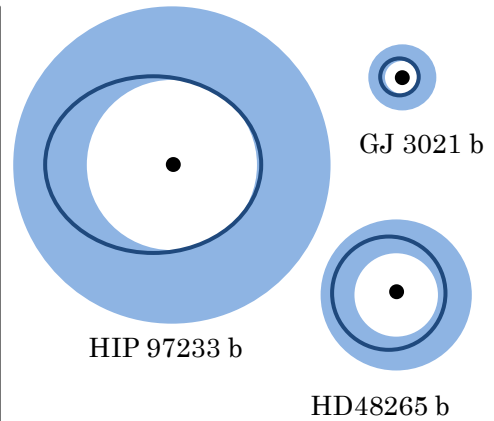


図4 木星型巨大ガス惑星のうちハビタブルゾーンにある惑星の軌道例

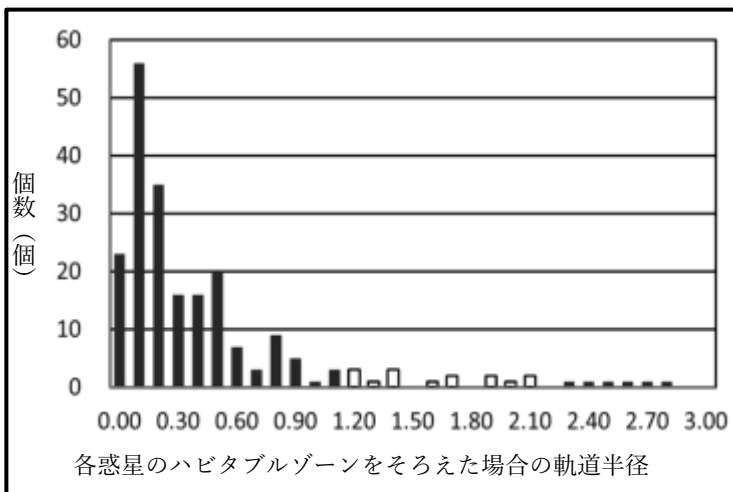


図5 スーパーアースのハビタブル惑星の数

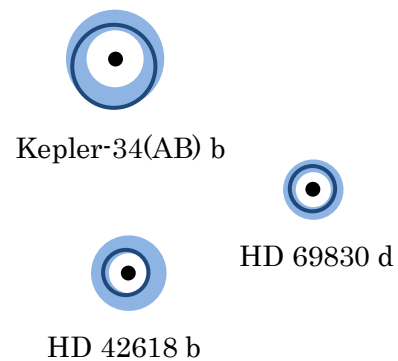


図6 スーパーアースのうちハビタブルゾーンにある惑星の軌道例

### 7. 地球外知的生命体探査/SETI

地球外知的生命体探査 (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) とは、地球外知的生命体による宇宙文明を、地球上から発見しようというプロジェクトの総称で、頭文字をとって SETI と呼ばれる。地球側から宇宙へ信号を送るアクティブ SETI と対照し、パッシブ SETI と呼ばれることもある。様々な視点から観測や研究が行われているが、まだ明確な地球外文明等の発見には至っていない。

### 8. Wow!シグナル

Wow!シグナルは、1977年にオハイオ州立大学の Jerry Ehman によって発見された、いて座の方向からの強い無線信号ある。しかしこれ以降、同様の電波を確認することはできていない。

Wow!シグナルは約 1420MHz という地球で使われていない周波数であるため、地球外から届いたことは明らかだ。また、この値は、星間通信での使用が予想されている水素線の周波数に非常に近いため、この電波は地球外生命体からの有意信号ではないかという意見もある。

## 9. Wow!シグナルの到達にかかる時間

ここでは、計算上導き出したハビタブル惑星から Wow!シグナルが発せられたと仮定し、その信号がどれくらいの時間をかけて地球に到達するかを検証する。Wow!シグナルの周波数は約1420MHzであり、この信号が水素線と同じ電波であると仮定すると、波長は約21cmとなる。また、真空中を進む電波の速さは光の速度と等しくなるため、Wow!シグナルの速度は約298,200km/sであると言える。今回算出したハビタブル惑星のうち、惑星系までの距離が明らかになっているものは65個あり、それらについて検証すると図7のような結果が得られた。

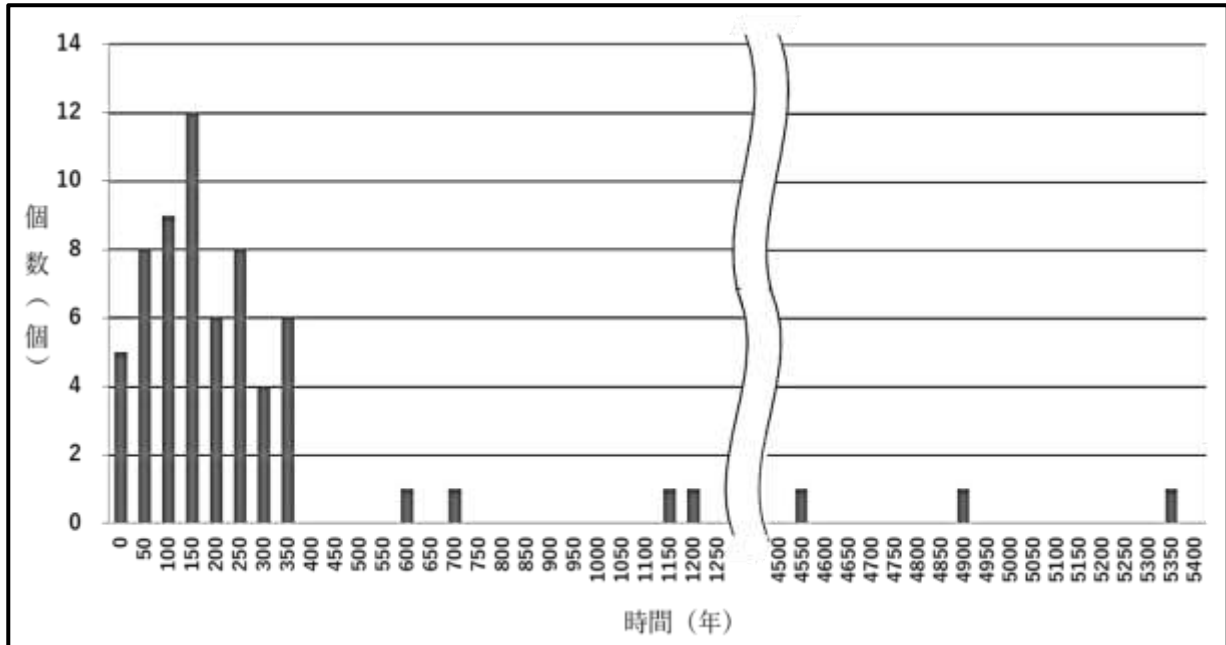


図7 ハビタブル惑星から Wow!シグナルが届くまでにかかる時間と、各時間にあてはまるハビタブル惑星の数

この結果から、Wow!シグナルがハビタブル惑星から届くためには、最短で21年、最長で5,398年かかることが分かった。つまり、もし最も遠いハビタブル惑星から Wow!シグナルが発せられたとするなら、地球で信号が記録された1977年から、最大約5,000年前にこの無線信号が発信されたと言える。約5,000年前の地球は、縄文時代中期頃と言われている。この頃に、無線信号を送るだけの技術があったならば、現在その星の文明は、地球より非常に高度なものではないかと考えられる。あるいは、地球でも存在する深刻な環境問題等を考慮すると、少なくとも地球より約5,000年も長い歴史があるその星は、生物が存在できる環境ではないかもしれない。

## 10. まとめ

2009年に打ち上げられた Kepler 宇宙望遠鏡の活躍もあり、系外惑星が非常に多く見つかり始めたのは、2014年からである。そのため、現段階ではまだデータが不足しており、各系外惑星環境の推測の精度が低い。今後、観測技術の発展が進めば、高精度の惑星環境の検討が可能になるだろう。

2017年1月12日の時点で、発見されている系外惑星は3440個である。今回、ハビタブルゾーンの計算のためのデータが揃っていた惑星は964個、そのうちハビタブル惑星は77個であった。やっとデータが集まり始めた現段階でさえ、これほど多くのハビタブル惑星が発見されていること自体が、SETIの有力な情報となると考えられる。また、今後の観測技術の発展により、地球に似た環境の惑星がいくつあるのか、どれほど近くにあるのかが明確になると、地球外知的生命体探査のアプローチの仕方も変わってくる。今後、さらに系外惑星調査の精度が上げられれば、それに伴い、宇宙文明調査の進展も期待できるだろう。