

# 特集

## 太陽系外惑星系に名前をつけよう [4]

### 生命生存可能領域にある系外惑星

石坂千春（大阪市立科学館／中之島科学研究所）

#### 1. はじめに

国際天文学連合IAUが実施している「太陽系外惑星命名キャンペーン (Name ExoWorlds)」[1]では、260星系／305系外惑星の名前を募集している。

さて、この305系外惑星の中に、生命生存可能領域（ハビタブルゾーン：以下、HZ）を公転するものはあるだろうか？

“第2の地球”と呼べるようなものも含まれているのだろうか…？

命名対象惑星リストの中でHZに存在する系外惑星を判別してみたので報告する。

#### 2. 判定法

公式サイト[1]で公開されている系外惑星に関するデータは、惑星の質量、公転周期、軌道長半径、母星のみかけの明るさ、あと発見年と星座である。

これらの情報から、どうしたらその惑星がHZにあるかどうかを判定できるだろうか？

もちろん、片っ端からネットで検索するという手もあるだろうが、そんな手間はかけたくない…。

軌道長半径のデータがあるのだから、とりあえず地球と同じ1天文単位付近にあるものをピックアップすればいい、というわけにはいかない。

母星（その惑星系にとっての“太陽”）の本来の明るさが違うからだ。

HZ（生命生存可能領域）は、簡単に言えば、惑星上に液体の水が安定して存在できる領域であり、その領域の場所や広さは母星の光度（温度）に依存する[2]。

母星の光度を  $L$  とすると、HZは次のように書ける[3][4]。

$$\sqrt{\frac{L}{1.1}} < HZ < \sqrt{\frac{L}{0.53}} \quad \dots \textcircled{1}$$

なお今後、太陽系を単位とする。すなわち、太陽光度 = 1、地球の公転周期 = 1、地球の軌道長半径 = 1、…である。

太陽系の場合、HZは、 $0.95 < HZ < 1.37$  となり、もちろん地球は、“ストライクゾーン”に入っている。

というわけで、HZかどうかを判定するためには、母星の光度データが必須であるが、どうしたら母星の光度を知ることができるだろう。

公開データには、母星の“みかけの明るさ”が記載されているが、距離に関するデータがないので、光度に変換できない。

だが、公転周期と軌道長半径のデータがあるので、なんとかなるかもしれない！

ケプラーの第3法則およびニュートンの万有引力の法則から、母星の質量  $M \gg$  惑星の質量 の時、 $M$  は次のように書ける。

$$M = \frac{(\text{軌道長半径})^3}{(\text{公転周期})^2} \quad \dots \textcircled{2}$$

太陽系の場合、地球の値：軌道長半径 = 1、公転周期 = 1 を導入すると、当然、 $M = 1$  である。

これで母星の質量が導出できた。

ところで、主系列星は、光度と質量の間に、次のような経験則がある[5][6]。

$L = 0.23 M^{2.3}$  ( $M \leq 0.43$ ) ...③

$L = M^4$  ( $0.43 < M \leq 2$ ) ...④

$L = 1.5 M^{3.5}$  ( $2 < M$ ) ...⑤

**3. これがHZにある系外惑星だ！**

系外惑星系のデータを式②、③、④、⑤に流し込み、式①によりHZかどうかを判別したものが、表1である。

要するに、重い星は明るいのである。  
これで、HZかどうかを判別する準備が全て整った！

表1 生命生存可能領域（HZ）にあると思われる惑星

星系	惑星符号	質量 (対木星)	質量 (対地球)	周期 (日)	軌道 長半径	星座	視認性	V等級
HD 100777	HD 100777 b	1.16	368.7	383.7	1.03	しし	双眼鏡	8.4
HD 141937	HD 141937 b	9.7	3083	653.22	1.52	てんびん	双眼鏡	7.3
HD 142415	HD 142415 b	1.62	514.9	386.3	1.05	じょうぎ	双眼鏡	7.3
HD 147513	HD 147513 b	1.21	384.6	528.4	1.32	さそり	肉眼	5.4
HD 153950	HD 153950 b	2.73	867.7	499.4	1.28	さそり	双眼鏡	7.4
HD 171028	HD 171028 b	1.98	629.3	550	1.32	へびつかい	双眼鏡	8.3
HD 188015	HD 188015 b	1.26	400.5	456.46	1.19	こぎつね	双眼鏡	8.2
HD 20782	HD 20782 b	1.9	603.9	591.9	1.381	ろ	双眼鏡	7.4
HD 210277	HD 210277 b	1.23	390.9	442.1	1.1	みずがめ	双眼鏡	6.6
HD 213240	HD 213240 b	4.5	1430.2	951	2.03	つる	双眼鏡	6.8
HD 222582	HD 222582 b	7.75	2463.2	572.38	1.35	みずがめ	双眼鏡	7.7
HD 23079	HD 23079 b	2.5	794.6	626	1.5	レチクル	双眼鏡	7.1
HD 28185	HD 28185 b	5.7	1811.6	383	1.03	エリダヌス	双眼鏡	7.8
HD 4113	HD 4113 b	1.56	495.8	526.62	1.28	ちょうこくしつ	双眼鏡	7.9
HD 4203	HD 4203 b	1.82	578.5	437.05	1.164	うお	双眼鏡	8.7
HD 45350	HD 45350 b	1.79	568.9	890.76	1.92	ぎょしゃ	双眼鏡	7.9
HD 93083	HD 93083 b	0.37	117.6	143.58	0.477	ポンプ	双眼鏡	8.3
HD 99109	HD 99109 b	0.5	159.6	439.3	1.105	しし	双眼鏡	9.1
HD 108874	HD 108874 b	1.36	432.2	395.4	1.051	かみのけ	双眼鏡	8.8
HD 155358	HD 155358 c	0.82	260.6	391.9	1.02	ヘルクレス	双眼鏡	7.3
HD 183263	HD 183263 b	3.67	1166.4	626.5	1.51	わし	双眼鏡	7.9
HD 45364	HD 45364 b	0.19	59.5	226.93	0.6813	おおいぬ	双眼鏡	8.1
HD 45364	HD 45364 c	0.66	209.1	342.85	0.8972	おおいぬ	双眼鏡	8.1
Gliese 876	Gliese 876 c	0.64	202.5	30.23	0.12959	みずがめ		10.2
mu Arae	mu Arae b	1.68	532.7	643.25	1.5	さいだん	肉眼	5.2

命名対象 305 惑星のうち、HZ にあると思われるものは 25 個あった。判定条件 (式①) をもう少し緩めれば、候補星は 30 個を超えそうだ！

なんと、命名対象系外惑星のおよそ 1 割が HZ にあったのである！もっとも、太陽系でも 8 惑星のうち、生命生存可能なのは地球だけなので、1 割が生命生存可能、という結果は、そう驚くべきことではないのかもしれない。

とはいえ、HZ にあるからといって、その惑星が生命生存可能、とは限らない。

表 1 を見ればわかるとおり、今回、HZ にあると判定した全ての惑星は、地球よりもはるかに重く（一番軽いものでも地球の約 60 倍の質量がある！）、ほとんどが木星タイプか、スーパージュピターであった。

こうした重い惑星は、おそらく木星と同じようなガス惑星であろうから、その惑星自体は残念ながら“第 2 の地球”とは呼べない。

しかしながら、木星や土星などの太陽系のガス惑星から容易に類推できるように、おそらく巨大ガス惑星は、多数の衛星を従えているはずだ。そして、その中には、地球サイズの衛星もあるかもしれない。

生命生存可能領域の惑星の巨大衛星は、まさに“第 2 の地球”と言えるような環境にある可能性がある。

まだ、系外惑星系の衛星群は発見されていないが、きっとどこかに生命が生存している星がある！そう想像するだけでワクワクする。

いつの日か、本当に“第 2 の地球”が発見され、その生態系が明らかになることを期待したい。

そしていつの日か、宇宙生物とのファーストコンタクトがあった時、その星を自分たちではどう名付けているのか、聞いてみたいものである・・・。

## 文 献

- [1] <http://nameexoworlds.org/>
- [2] [http://www.planetarybiology.com/calculating\\_habitable\\_zone.html](http://www.planetarybiology.com/calculating_habitable_zone.html)
- [3] Kasting, Whitmire and Reynolds (1993), Habitable zones around main sequence stars. *Icarus* 101: pp.108-128
- [4] Whitmire, Reynolds (1996), *Circumstellar habitable zones*, pp.117-142. Travis House Publications, Menlo Park.
- [5] Salaris, Cassisi (2005), *Evolution of stars and stellar populations*. pp.138-140.
- [6] Duric (2004), *Advanced astrophysics*, Cambridge University Press. p. 19

※追記：WGサイトのHZ内の惑星リスト (<http://exoplanet.jp/inf-hz.html>) と本稿の表1とは異なっているが、おそらく軌道離心率の扱いの違いである。離心率が大きければ、軌道の一部がHZに入ってきたり、逆に軌道の大半がHZを外れたりすることがある。本稿では[1]のデータだけを使用したため、離心率は考慮していない。