

## 生命生存可能領域にある系外惑星

石坂 千春\*

### 概要

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(NameExoWorlds)」で名前を募集していた 305 系外惑星について、与えられた情報(軌道長半径、公転周期)のみから、生命生存可能領域にあるものを判定した。生命生存可能領域とは、惑星上に液体の水が定常的に存在できる領域のことで、その場所(母星からの距離)は母星の明るさ(光度)に依存する。本研究では、まず、ケプラーの法則から母星の質量を求め、光度に換算した。命名対象候補の 305 系外惑星のうち、約 1 割に当たる 25 個が生命生存可能領域にあることがわかった。

### 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(NameExoWorlds)」[1]では、260 星系/305 系外惑星について、名前をつける候補を募集していた。

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、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]。

$$\sqrt{\frac{L}{1.1}} < HZ < \sqrt{\frac{L}{0.53}}$$

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(が、どちらかといえば、“内角”ギリギリである)。

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か。

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。ここで一つ一つ光度や距離を調べるくらいなら、最初からネットでHZかどうかを検索した方が早い。

だが、公転周期と軌道長半径のデータがあるので、そんな手間を掛けなくても、なんとかなるかもしれない

\*大阪市立科学館/中之島科学研究所  
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~ishizaka/>

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。

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

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]。

$$L = 0.23 M^{2.3} \quad (M \leq 0.43) \quad \dots \textcircled{3}$$

$$L = M^4 \quad (0.43 < M \leq 2) \quad \dots \textcircled{4}$$

$$L = 1.5 M^{3.5} \quad (2 < M) \quad \dots \textcircled{5}$$

要するに、重い星は明るいのである。

質量から光度を推測できるようになったので、これでHZかどうかを判定する準備が全て整った！

### 3. これが生命生存可能な系外惑星だ！

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。

命名対象候補 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惑星のなかで、生命生存可能なのは地球1つなので、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。

なお、日本天文協議会IAU太陽系外惑星命名支援ワーキンググループの「太陽系外惑星に名前をつけよう」キャンペーン・サイト[7]には、Habitable Zone Gallery[8]のデータを基にしたHZ惑星系のリストが掲載されている。[7]のリストと本稿の表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によるものと思われる。本稿では[1]のデータだけを参照したため、離心率は考慮していないが、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。本稿の考察のように、軌道長半径がHZの範囲にあるかどうかだけでは、その惑星が本当に生命生存可能かどうかは確定しない。もっとも、離心率の大きい惑星は母星からの距離が“1年”の中で大きく変わるので、暑くなったり寒くなったり気候も変動し、あまり住みよい環境とは言えないだろう…。

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、もしも宇宙生物とのファーストコンタクトが実現する日がきたら、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…。

### 参考文献

[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

[7] <http://exoplanet.jp/>

[8] <http://www.hzgallery.org>

※「天文教育」2014年11月号に掲載された記事に一部、加筆・修正した。

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 (AU)	星 座	母星の 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

