

ハビタブル惑星の大気特性に関する比較研究

北野高校物理班：

小松 厚友、飯盛 彩香、岡野 桂介（高2）【大阪府立北野高等学校】

要 旨

今回調査した70個のハビタブル惑星は赤色矮星を公転しているため、スピンー軌道共鳴をしていると考えられる。また、離心率 e が大きな惑星は非同期自転をしており、地球型の穏やかな大気循環をしていると考えられる。

1. はじめに

近年多くのハビタブル惑星が発見されているが、大気特性はまだ十分に理解されていない。本研究では、太陽系惑星との比較を通じて大気特性を評価し、スピンー軌道共鳴などの影響を考慮した大気循環の仕組みを推測することで、系外惑星の居住可能性に関する理解を深めることを目的とする。

2. 研究方法

ハビタブル惑星70個を調査した[1][2]。惑星の圧力スケールハイト H およびエスケープパラメータ λ を算出した。また、主星のHR図を作成し、さらに惑星の共鳴の有無を推測した[3]。公転軌道の離心率 e から共鳴の種類を推定した[4]。平衡温度が不明な場合はポンドアルベド $A=0.3$ と仮定して計算し、惑星質量が不明な場合は惑星半径から推定した[5]。解析にあたり、数値の推定が難解なものは各図から除外した。

3. 研究結果

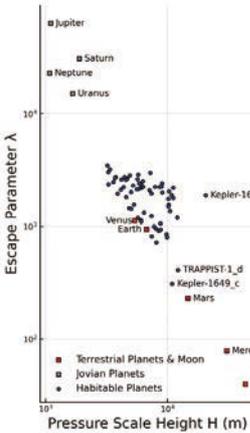


図1. 大気保持能力

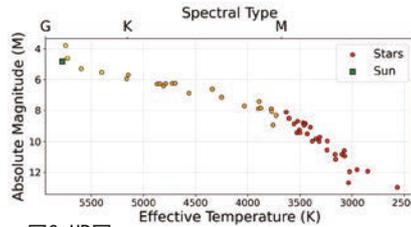


図2. HR図

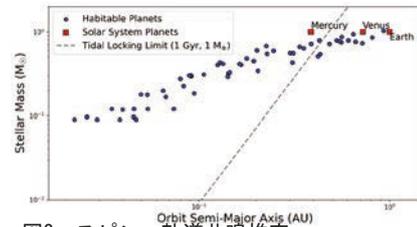


図3. スピンー軌道共鳴推定

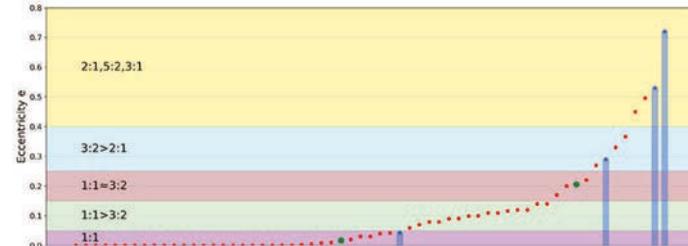


図4. スピンー軌道共鳴パターン推定

図1は横軸、縦軸に H , λ , 図2は有効温度と絶対等級, 図3は軌道長半径と主星質量, 点線は地球が10億年かけて共鳴するときの関係, 図4は縦軸に e をとったもの。 e の取りうる範囲は半透明にしており、 e の各領域は各共鳴が起こることを表す。

4. 考察

図1より、多くの惑星の H と λ から、地球と似た大気保持能力を有していることが分かる。これらの惑星には液体の H_2O が表面に存在できると考えられる。図2より、多くの惑星の主星は赤色矮星であることが分かる。ハビタブルゾーンは主星に近い距離になるため、図3のように多くの惑星は潮汐力によって共鳴していると考えられる。図4より、半分ほどの惑星は e が大きく、非同期自転をしている可能性が高いと考えられる。つまり、強い潮汐力を受けていながらも、主星からのエネルギーを表面に万遍なく受けることができていると考えられる。

5. まとめ

調査した惑星は液体の H_2O が存在できると考えられ、共鳴している可能性が高い。また、 e が大きい場合、複数の共鳴パターンが存在する可能性が高く、1:1軌道共鳴の場合、惑星は恒常的に同じ面を主星に向けるため、スーパーローテーションが発生していると推定される[6]。一方、1:1軌道共鳴以外の場合は、昼夜サイクルが存在するため、地球型の大気循環が発生していると考えられる[7]。以上のことから、地球に近い大気特性を示すのは、比較的 e の大きい惑星であるといえる。今後は、 e が大きいことによる季節から居住可能性を推測したい。

参考文献

- [1] <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>
- [2] <https://phl.upr.edu/hwc>
- [3] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-8949/2008/T130/014032>
- [4] <https://arxiv.org/abs/1110.2658>
- [5] <https://arxiv.org/abs/1312.0936>
- [6] <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab8882>
- [7] <https://arxiv.org/abs/1306.2418>