

系外惑星の大気存在条件の検証

反保 凜太郎、福田 創太郎、小関 郁弥、佐藤 優、平田 大翔、松前 律希、三田村 龍志、
宮本 直明、山本 瑠華 (高2) 【大阪府立北野高等学校】

要旨

系外惑星の大気保持には質量、有効温度、半径の大きく3つの要因があることが考えられる。この3点について、実際の観測データをもとに惑星の分布図を作成し、理論的条件の正当性を検証した。

1. 研究の背景

火星は地球とよく似た惑星だが、地球より大気ははるかに希薄である。このように、同じ太陽系の惑星であっても大気のに差が生じている。そこで、大気保持の条件を確かめるため、私たちは系外惑星に注目し、系外惑星のデータベースを用いて、大気が見つかっている惑星の特徴を調査した。

2. 研究方法

大気が存在するための必要条件は、

(気体分子の持つ熱エネルギー(単原子分子理想気体) < (重力エネルギー)、すなわち

$$\frac{3}{2}kT < G\frac{Mm}{R} \dots [1]$$

(k :ボルツマン定数, T :惑星の有効温度, G :万有引力定数, M :惑星の質量, m :気体分子の質量, R :惑星の半径)である。私たちはこの式から、惑星の質量、有効温度、半径が大気存在に影響を与えているのではないかと考えた。そこで、系外惑星のデータベースThe Extrasolar Planets Encyclopedia(<http://exoplanet.eu/catalog>)を用いて、質量、半径、軌道長半径、恒星の半径、恒星の表面温度の情報から、500個の惑星で質量、有効温度、半径について、縦軸に全母数に占める割合をとったヒストグラムを作成した。また、大気を検出されている約80個の天体についても同様のヒストグラムを作成した。両者を比較し、各条件が大気存在に影響を与えていることの確からしさを考察する。

3. 研究の結果

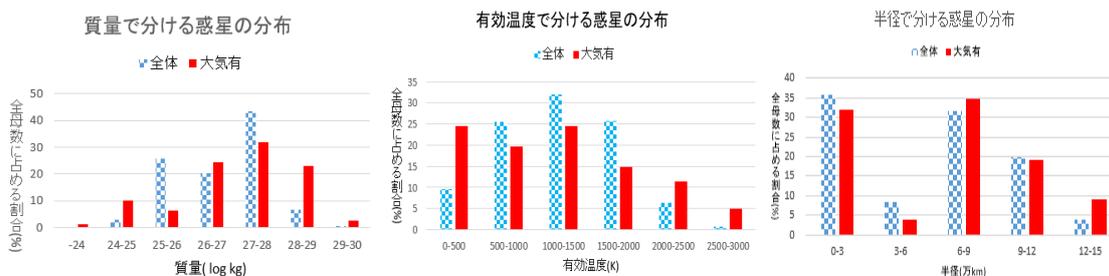


図1 質量で分ける惑星の分布 図2 有効温度で分ける惑星の分布 図3 半径で分ける惑星の分布

図1より、全体の分布と比べ、大気を検出されている天体のみの分布のほうが質量が大きい階級に偏っていることが読み取れる。図2より、全体の分布と比べ、大気を検出されている天体のみの分布のほうが有効温度が低い階級に偏っていることが読み取れる。図3では、全体の分布と、大気を検出されている天体のみの分布に大きな差異は無かった。

4. 考察

[1]では、惑星の質量が大きいほど大気存在するための必要条件は広がる。図1で、大気が出された天体が質量の大きい階級に偏っていることから、確かに質量の大きい天体のほうが大気を有しやすいといえる。また[1]では、有効温度が低いほど大気存在するための必要条件は広がる。図2で、大気が出された天体がある有効温度が低い階級に偏っていることから、確かに有効温度が低い天体のほうが大気を有しやすいといえる。しかし、半径については、[1]では半径が小さいほど大気存在するための必要条件は広がるが、図3からは全体と大気が出されている天体とで大きな違いは見られなかった。以上から、現在の系外惑星の観測結果と、理論的に考えられた大気存在の必要条件が、質量と有効温度の点では一致することが確かめられたが、半径の点では一致は見られなかった。

研究の課題としては、気体が出されている天体の数が少ないことから、実際の分布とは異なる可能性があり、新たに気体がある系外惑星が検出されることで、分布が大きく影響を受ける点がある。また、観測方法によって特定の条件の惑星が見つけられやすいことも問題として挙げられる。今後、より多くの系外惑星で大気が出されれば、母数が大きくなり、より正確な分布を得ることができるだろう。また、観測方法による条件の検出されやすさも吟味したい。