

系外惑星における公転周期と軌道半径の相関性

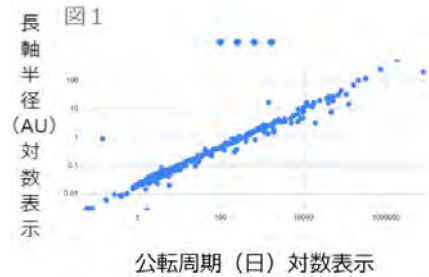
足立 未悠、石川 拓真、谷井 心香、津川 太一、福田 捷稀（高2）【大阪府立北野高等学校】

要 旨

太陽系外惑星においてもケプラーの第三法則は成立すると考えられる。このことを実際の観測値をもとにグラフを描き、その正当性及びに推定値から大きく外れている天体の要因を研究した。

1. 研究の背景

系外惑星のデータベース（参考文献(2)）を元に、軌道長半径と公転周期の関係を両対数グラフ（図1）で示したところ、外れ値の存在を確認した。そこで、中心星の半径及び質量が太陽より大きい場合、惑星の半径及び質量が木星より大きい場合でわけて、その分布に着目した。その結果、相関係数から惑星の質量と半径が図1内のばらつきに關係していることが読み取れた。なぜ図1上で外れ値が存在するのかを検証する。



2. 研究方法

ケプラーの第三法則を拡張した関係式は、
$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} (M + m)$$

(a: 主星と惑星の軌道長半径の和, T: 惑星の公転周期, G: 重力定数, M: 主星の質量, m: 惑星の質量) である。私たちはこの関係式から主星の軌道長半径がグラフの外れ値と關係があるのではないかと考えた。なぜなら、とったグラフでは惑星の長軸半径のみを考慮していたからだ。しかし、主星の軌道長半径のまとまったデータがデータベースから得られなかったこと、惑星の質量と外れ値の關与を調べる視点などから、主星と惑星の軌道長半径の比が主星と惑星の質量比に等しいことを用いて、軌道長半径の問題をまとまったデータが得られる質量の問題へと還元した。M/mの範囲を $0 < M/m \leq 10$, $10 < M/m \leq 100$, $100 < M/m \leq 1000$, $1000 < M/m \leq 100000$ の4つにグループ分けし分布を調べた。

3. 結果

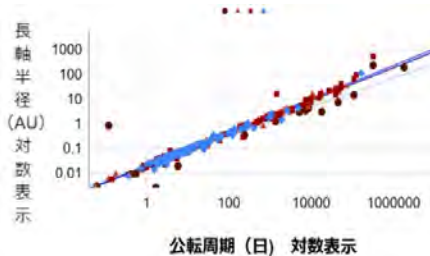


図2: M/mの各区分の近似線

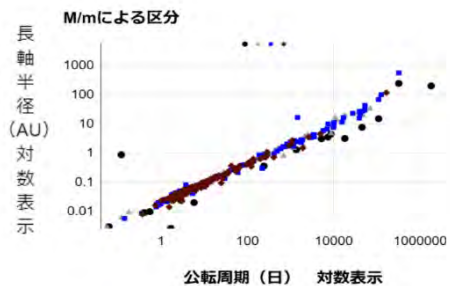


図3: M/mによる区分

図3では、○が $0 < M/m \leq 10$, △が $10 < M/m \leq 100$, □が $100 < M/m \leq 1000$, ◇が $1000 < M/m \leq 100000$ の値が小さければ小さいほど惑星の集団から遠く、下に分布しているのがわかる。図2より、その近似線も他惑星に比べて相対的に位置が低くなっていることがわかる。

4. 考察

ケプラーの第三法則（推定値）から大きく外れている天体は惑星質量/恒星質量の値が他の系外惑星の平均値から大幅に低く、かつ1に近い値を取っている。つまり、主星と惑星の質量差が小さい。また各主星、惑星の質量を見ても”80木星質量”つまり”恒星と惑星とを区分する質量境界値”から10倍程度の誤差しかなく、平均値よりも大きく近づいていることから、これらの系外惑星は形成過程において連星系に成り損ねた天体がケプラー軌道を外れ、推定値との差が大きくなったと考えられる。

5. 参考文献

- (1) 「極・宇宙を読み解く」現代天文学演習 福江純・沢武文・高橋真聡編
- (2) The Extrasolar Planets Encyclopedia <http://exoplanet.eu/>