

25万枚の画像で求めた木星の内部構造

原口 真緒 (高2)、松窪 啓介、永坂 希良梨、萩之内 美月 (高1)、
山元 胡桃美 (高1) 【鹿児島市立鹿児島玉龍高等学校】

我が校では25万枚の画像をコンピュータで解析したことにより精度良く木星の形状を測定することができた。惑星の形状は楕円体とみなすことができ、楕円率 ε で表せる。私たちの観測結果 ε はハッブル宇宙望遠鏡で観測された楕円率と誤差の範囲で完全に一致した。また楕円率は木星が一様なガスの塊であった場合では説明が付かず、内部に構造があることがわかった。

1. 目的

我が校では木星閃光現象を観測するために2017年から2020年までの4年間の間に25万枚を撮影してきた。25万枚の画像を目視で研究することは解析において人によって常に同じ結果を得るが難しいのでコンピュータで解析することが望ましい。現在はプログラミング言語 python により画像の処理は非常に身近になっている。本研究ではプログラミングによる均質な画像解析により木星の画像を処理した。

2. 機材・サンプル

- ・カメラ ZWO ASI294MC (非冷却 CMOS)
- ・期間 2017年7月15日-2020年12月21日
- ・枚数 254,084

3. 研究方法

本研究ではまず木星の画像を python のオープン画像解析ライブラリー opencv2 を用いて木星の輪郭を 1 px 程度の精度で決定する。決定した輪郭を図1に示す。次にその輪郭を長径 a [km]、短径 b [km] の楕円として捉え、楕円率 $\varepsilon \equiv (a - b) / a$ [(無次元)] を求める。モデル、計算の詳細は図2のQRコード先のホームページで示している。

4. 結果

本研究で求めた ε を図3に示す。図3には人工衛星で決定した楕円率を示す [3]。両者は誤差の範囲で完全に一致していることを示している。楕円率は物質密度の分布によって変化する。木星の中心からの距離を r として内部の物質密度を傾き $-\alpha$ の power-law ($\rho \propto r^{-\alpha}$) と置く [1, 4]。 ε と α の関係を

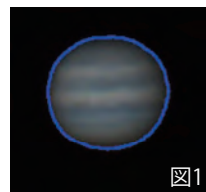


図2:省略した計算の詳細

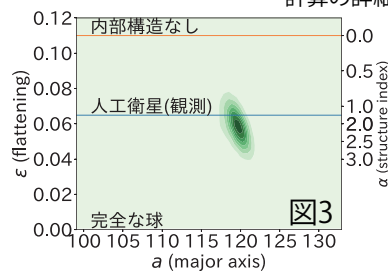


図1: コンピュータによる木星の輪郭の同定。図2: 省略した計算の詳細。図3: 楕円率の分布(中央の縞)。破線が人工衛星による観測結果、点波線の内部構造なしは一様な球の場合を示す。誤差範囲で楕円率が人工衛星の観測結果と一致し、一様な球と一致していないことがわかる。

図3で表す。理科年表(国立天文台)[2]から必要なパラメータを代入すると一様な構造である内部構造なしは5.0 σ 信頼水準で否定できることがわかった。これにより木星には内部構造があることがわかった。求められた $\alpha = 2.0$ であり、中心部分(半径の40%の位置)の密度は平均密度より2倍高く、およそ 2.6 g/cm^3 である。これにより中心部には液体や固体の核がある可能性があることがわかった。

参考文献

- [1] R. Fitzpatrick (2012), *An introduction to celestial mechanics*, [2] 国立天文台 (2021), 理科年表, [3] D. R. Williams (2021) *Jupiter Fact Sheet*. NASA., [4] <http://phys1.sakura.ne.jp/kagoshima/>