

投稿

「界王星」は白色矮星か

渡會兼也（金沢大学附属高等学校）

1. はじめに

鳥山明氏の人気漫画『ドラゴンボール』に「界王星¹」という星[1]がある。筆者は実際にこの星の密度を計算したところ、白色矮星と同じ程度の密度であることがわかった²。

このように漫画の設定が現実的かどうかを調べることは、授業時のトリビアネタとしての利用の他に、漫画の設定を自ら分析し、その状況の物理量を求めるという活動自体が、研究活動と同じプロセスであり、教育的な意義があると筆者は感じている。ここでは、実際に密度を求める手順とその意義について述べる。

2 半径・質量・密度の見積り

主人公の孫悟空が修行のために界王さまの住む星である界王星を訪れる。漫画から、この星のサイズは小さく、地球の10倍の重力を持つことが分かっており、非常にコンパクトな天体であることが推測される。以下で界王星の半径・質量・密度の見積り方を紹介する。

2.1 半径

界王星の半径は漫画から推測する。界王星の全景が書いてあるイラストから、星の直径が6.3cm、車のサイズ(長さ)が0.7cmで描かれていた[1]。つまり、ここから車のサイズの約9倍が直径であることがわかる³。車のサイ

ズを4m程度とすると星の直径は36mである。ゆえに、星の半径は18mとなる。

ちなみに、界王さまは暇なときにこの星を車でドライブする。このときの車の速度を時速30km(8.3m/s)とすると1周回するのにかかる時間は14秒である。界王さまは1周14秒のドライブを楽しんでいるのである。

2.2 質量

漫画に「界王星の重力は地球の10倍」という説明があるので、それを元に質量を見積もる。

まず、地球の質量と半径を M_E, R_E 、界王星の質量と半径を M_K, R_K 、万有引力定数を G とする。このとき、質量 m の物体が地球表面と界王星表面で受ける万有引力 F_E, F_K は、

$$F_E = \frac{GM_E m}{R_E^2} \dots (1)$$

$$F_K = \frac{GM_K m}{R_K^2} \dots (2)$$

と書ける。 F_K は F_E の10倍であるから、

$$\frac{F_K}{F_E} = \frac{M_K}{M_E} \left(\frac{R_E}{R_K} \right)^2 = 10 \dots (3)$$

である。ここから界王星の質量 M_K は、

$$M_K = 10M_E \left(\frac{R_K}{R_E} \right)^2 \dots (4)$$

となる。ここから分かるように界王星の質量は、界王星の半径の2乗に比例する。ここで地球の質量と半径、界王星の半径を代入すれば界王星の質量求めることができる。結果、

$$M_K = 4.7 \times 10^{14} \left(\frac{R_K}{18\text{m}} \right)^2 \text{kg} \dots (5)$$

¹ 「海王星」ではない。

² 漫画を読んだことのない読者にとってはわけがわからないかもしれない。

³ 星の全景が載ったイラストはもう1枚あったが、そちらは車のサイズの8倍が星の直径になっていた。ここでは大きく書かれていた方の直径を採用した。

となる。

2.3 密度

半径と質量より界王星の密度 ρ_K は、

$$\rho_K = \frac{M_K}{\frac{4}{3}\pi R_K^3} = \frac{30M_E}{4\pi R_E^2 R_K} \dots (6)$$

で計算できる。これに値を入れると密度は、

$$\rho_K = 1.9 \times 10^7 \left(\frac{R_K}{18m} \right)^{-1} \text{g/cm}^3 \dots (7)$$

となる (単位変換: $1\text{kg/m}^3 = 10^{-3} \text{g/cm}^3$)。これは典型的な白色矮星 (例えばシリウス B の密度は $4 \times 10^5 \text{g/cm}^3$ [4] の密度の約 48 倍) であり、中性子星の密度 10^{14}g/cm^3 の中間にある [2,3,4]。

半径の見積りに不定性があるが、仮に見積りが 1-2 桁変わっても結論は変わらない。ブラックホールでない、という点で一応表面もあるので悟空も修行が可能である。漫画としても状況設定は悪くない。ただ、白色矮星の形成過程や状態方程式を満たしているか、という問題もあるがここでは議論しない [2,3]。

3. 最後に

授業の合間にこういったトリビアな話を紹介することで興味を持ってくれる生徒もいる。実際に私がこの話をしたときも、大きな反響 (寝ていた生徒が起きるなど) があつた。計算自体は高校物理で扱える範囲であり、授業の息抜きネタとしても使える。

実はこの見積りはすでに京都教育大学理科教育学講座の沖花氏によって行われている [5]。ただし、今回の見積りでは漫画の中にある物体から界王星の半径を制限しているため、沖花氏が行ったように、車の速度と 1 周にかかる時間から半径を見積もる方法よりも不定

性がない。

今回のように漫画の設定を検証するような問題を考える際の一連の活動は新学習指導要領の中で言えば、『習得』した知識を『活用・探求』することに繋がっている [6]。習得した物理法則を、漫画に対して活用し、漫画が現実により得るかを探求することができる。実際に漫画を題材に選ぶことの良し悪しは別として、教員が生徒の立場にたつて自らこういった探求活動を行い、新学習指導要領の意味を考えることがこれから重要になる。教員がその意義を理解できれば、生徒に提示することはそれほど難しいことではなくなるだろう。

文 献

- [1] 鳥山明『ドラゴンボール(18巻)』, 集英社.
- [2] 高原文郎『宇宙物理学』, 朝倉書店.
- [3] 『現代物理学の基礎 12巻 宇宙物理学』, 岩波書店
- [4] 国立天文台編『理科年表』, 丸善株式会社.
- [5] 京都教育大学 沖花研究室 物理のトリビアのページ
<http://natsci.kyokyo-u.ac.jp/~okihana/trivia/index.html>
- [6] 『高等学校学習指導要領 解説 理科編 理数編』平成 21 年 12 月, 文部科学省発行.

渡會兼也