

HADS型変光星の脈動における周期的な半径、温度、光度の変化について

もし天 2025 V.A.R.I.A.B.L.E. 班:

阿部 皐月(高2)【岩手県立盛岡第三高等学校】、近藤 由野(高2)【不二聖心女子学院高等学校】、
中森 萌(高2相当)【広島インターナショナルスクール】、山田 夢人(高2)【茨城高等学校】

要旨

私たちは、なぜ脈動変光星が数万周期において同じ変光パターンであり続けることができるのか疑問をもった。そこで、脈動変光星の光度、温度、半径の変化の関係性に注目し、アーカイブデータ^[1]を基にこれを考察した。その結果、半径が縮むと温度は増加する傾向が示された。

1. 目的・意義

本研究では、脈動変光星の一種である、たて座 δ 型変光星(HADS型)^[6]における変光周期の位相と温度変化や半径変化の関係を明らかにすることを目的とする。そして、それらが持つ位相のずれの有無を調べる。本研究は、脈動変光星のメカニズムの理解に繋がると考える。また、脈動変光星の周囲の環境がどのようにしているのか、その環境内に惑星が存在する場合にどのような影響を受けるのかといった研究に繋がると考える。

2. 仮説

HADSに分類される恒星は脈動の仕組みが同じであるだろうと考え、変光割合が同じ場合、温度変化の割合及び半径変化の割合は同程度になると仮説を立てた。

3. 研究方法

HADS型変光星の観測をひとみ望遠鏡を用いて行ったが、悪天候の影響もあり恒星大気の補正を含めたフィッティングが困難であったことからアーカイブデータ^[1]から考察した。HADS型の変光星の中から見かけの等級のデータが豊富である5つの天体に注目し、ZTFアーカイブ^[1]からg,r,iバンドにおける等級と時間変化のデータをダウンロードし表にした。その後、表からフーリエ変換を用いて光度曲線を関数化し、星の表面温度の時間経過を計算した。具体的には、SDSSバンドで示されているものを測光系の変換式^[2]を用いてJohnson System^[2]に変換し、出した値を逆温度の定義式を用いて温度を算出し、温度の位相変化をプロットした。また、半径を算出するため逆二乗の法則^[3]を半径について解き、その後、ポグソンの式とプランクの法則の式^[3]、等方輻射場におけるフラックス密度とスペクトル光度の関係式^[3]を用いて半径を算出し、位相を横軸にプロットした。

4. アーカイブデータから得られた結果

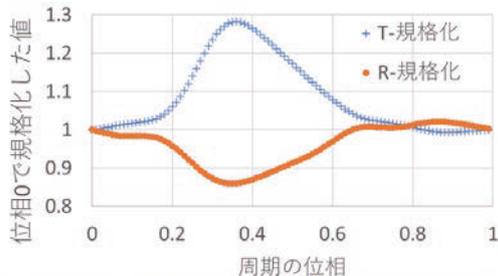


図1: 色温度と半径を周期の位相0の値で規格化したもの

図1は、HADS型変光星V0451 Draにおいて、3で述べた操作から、位相0(これは任意の位相でもよい)で規格化したものである。これにより、天体の明暗時における

半径、温度の変化率を考察することができる。ここでは、最明時の位相は0.38周期であり、最暗時の位相は0.88周期である。ここではスペースの都合上割愛するが、この操作を数回天体に行った。それらはすべて同じ傾向を示し、最明時には温度も高く、また半径は最も小さくなるというものであった。不確かさに関しては、全体的に温度、半径ともに $\pm 3\%$ 程度であり、その範囲は変化の範囲に比べて有意に少ない程度であった。

5. 考察

表1から、当初の仮説は部分的に棄却される。具体的には、HADS型変光星においては光度が増加する際に温度は増加し、半径は減少する傾向がみられた。一方で、同程度の光度増加においても温度や半径の変化率は異なることが恒星3,4から示すことができ、明るさの変化率は同じ1.58倍なのにもかかわらず、温度の増加率が大きくなると半径の減少率も大きくなることを示している。

表1: 各恒星における最明時と最暗時の明るさ、温度、半径の変化率

| 恒星 | 明るさの変化率 | 温度の変化率 | 半径の変化率 |
|----------------------------|---------|--------|--------|
| 1: V0451 Dra | 1.74 | 1.28 | 0.84 |
| 2: NP Lgn | 1.32 | 1.16 | 0.87 |
| 3: V0460 And | 1.58 | 1.42 | 0.66 |
| 4: V0417 Boo | 1.58 | 1.22 | 0.86 |
| 5: 2MASS J01462408+4913115 | 1.91 | 1.23 | 0.90 |

6. まとめと今後の展望

主系列星の内部は比較的安定しており^[4]、脈動を引き起こす機構が安定に存在しうる^[5]。また、複数天体の観測から、一般的に最明時には半径が縮みと温度は高くなると結論付ける。今後の展望としては、金属量^[6]やスペクトル、半径、温度が半径や温度の変化率にどのような影響を与えるのかを解明することがあげられる。

7. 謝辞

本研究において終始適切な助言・指導をくださった、先生方、仙台市天文台の皆様、解析班の皆様、SLAの皆様など、関わって頂いた皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Zwicky Transient Facility, <https://irsa.ipac.caltech.edu/Missions/ztff.html> (2025年12月24日~27日閲覧)
- [2] K. Jordi et al. 2006, A&A, 460, 339-347 (2025年12月25日~27日閲覧)
- [3] 福江純, 沢武文, 高橋真聡編, 『極・宇宙を解く』, 恒星社厚生閣, 2020 (2025年12月27日閲覧)
- [4] 野本憲一 定金晃三 佐藤勝彦 編, 『シリーズ現代の天文学 7 恒星』(第1版), 日本評論社, 2009
- [5] 尾崎洋二, “脈動・対流・自転”, 天文月報 https://www.asj.or.jp/geppou/archive_open/1981/pdf/19810407.pdf (2025年12月29日閲覧)
- [6] 日本天文学会編, 天文学辞典, <https://astro-dic.jp/> (2025年12月22日~27日閲覧)