

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：

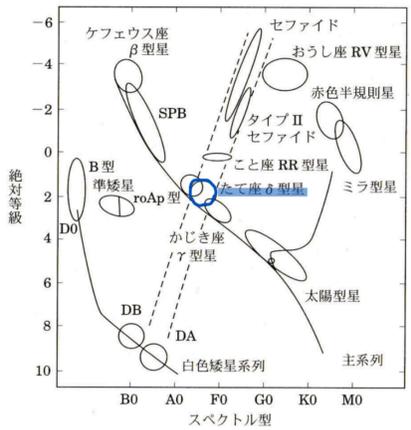
阿部 皐月(高2)【岩手県立盛岡第三高等学校】、近藤 由野(高2)【不二聖心女子学院高等学校】、
中森 萌(高2相当)【広島インターナショナルスクール】、山田 夢人(高2)【茨城高等学校】

背景

なんらかの原因により光度が変化する変光星の「光度が変化する」点に疑問を持った。明るさを変える要因として、半径変化と表面温度の変化に注目した。

・宇宙に存在する多様な変光星は、光度変化の原因によって種類分けされている。本研究では、規則的な変光を続け、周期が捉えやすい**星全体の膨張・収縮によって光度が変化する脈動変光星**(天文学辞典, 2025)を対象とした。

・脈動変光星の中でも**0.1日未満の変光周期・0.1等以上の変光幅**という短期間観測に適した**「高振幅たて座δ型」**に研究対象を絞った。
※悪天候により観測を行えなかったため、本研究ではアーカイブデータを使用する。



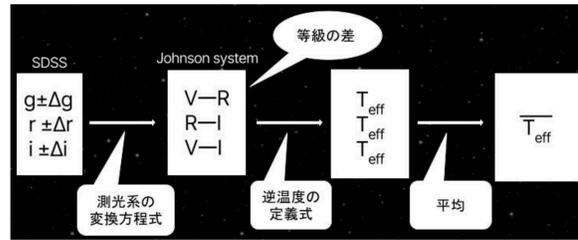
出典：『現代の天文学』シリーズ『恒星』日本評論社

研究方法 ※ZTF(Zwicky Transient Facility)のアーカイブデータを使用

- <1> ZTFからデータを収集
 - <2> 温度を算出しグラフ化
 - <3> 半径を算出しグラフ化
 - <4> 2,3で作成し関係性を比較する
- 温度の求め方<2> 半径の求め方<3>

1.ZTF(www.ztf.caltech.edu)から等級の時間変化のデータをCSVにする

2.CSVから等級をデータ化し、表面温度の時間経過を算出 (Jordi, 2008).



3.縦軸:表面温度(T),横軸:時間(t)のグラフと光度曲線のデータを揃える

1.『極・宇宙を解く』を参考に式を立てる

$$f_{\nu} = F_{\nu} \cdot \frac{R^2}{d^2}$$

$$R = d \sqrt{\frac{f_{\nu}}{F_{\nu}}}$$

$$f_{\nu} = f_{\nu,0} \cdot 10^{-\frac{m_{\nu}}{2.5}}$$

$$B_{\nu}(T) = \frac{2h \cdot \nu^3}{c^2 \cdot (e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1)}$$

$$F_{\nu} = \pi \cdot B_{\nu}$$

参考：極・宇宙を解く
R：天体の半径、d：距離

2.ここまで使用したデータと算出した温度、半径からの黒体放射強度を用いて算出する

データ・考察

図1、表1から、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。温度が増加する際に半径は小さくなる逆位相の関係を確認することができた。

一方で、表1の恒星3、4から示される通り、光度の変化率が等しい恒星であっても、温度と半径それぞれの変化率は異なっている。

3：V0460 And: 温度(7359-8580K) / 温度変化率 1.42倍

4：V0417 Boo: 温度(7085-10134K) / 温度変化率 1.22倍

恒星4は恒星3よりも大きな温度変化を示しているが、光度の変化率は両者で同等 (1.58倍) である。このことは、光度変化における温度と半径の寄与率のバランスが天体ごとに異なっており、同じ温度帯のHADSであっても、光度を変動させる物理的プロセスには多様性があることを示唆している。

今回の分析では、温度変化による光度上昇分を、半径の収縮が打ち消し合う相殺の度合いに差が見られたと考えられる。同じ種類の星であっても、明るさを変える「仕組みのバランス」には多様性があると考えられる。この要因として、年齢や金属量などの物理量の違いが考えられるが、本研究の対象データのみでは結論を導くことができなかった。

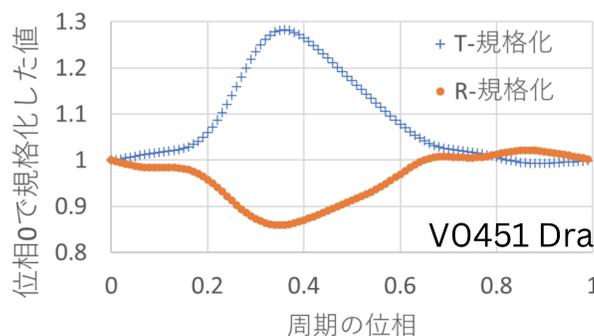


図1: 色温度と半径を周期の位相0の値で規格化したもの

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 Lyn	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

目的・研究意義

RQ:HADS型変光星(たて座δ型星)の位相・半径・温度の関係にはどのような関係があるか?

研究目的：HADSの変光周期における位相と、温度(T)および半径(R)の変化にどのような相関があるのかを解明することを目指す。

研究意義：

1 光度・温度・半径のピークの位相差を比較することで、脈動変光星の物理的なメカニズム (どの要素が他の要素に影響を与えているか) の理解に繋がる。

2 本研究は、恒星周囲にある惑星が受ける影響を知る手がかりとなる。

研究対象：

V0451 Dra、NP Lyn、V0460 And、V0417 Boo、2MASS J01462408+4913115

検証したいこと：

変光周期の位相と温度変化・変光周期の位相と半径変化を比較し、どのような周期性・位相のずれを持つか検証する。

仮説

同じ種類の脈動変光星であれば変光割合が同じとき **温度の変化の割合** **半径の変化の割合** が同程度だろう

→HADS型では脈動の仕組みが同じであるから

結論・今後の展望

結論：HADS型変光星では光度が増加すると温度が増加し、半径は減少する傾向がある。また、同じ等級変化率であっても温度の変化率、半径変化率は異なる。
今後の展望：年齢、金属量やスペクトル型、半径、温度は半径の変化率や温度の変化率にどのような影響を及ぼすかの検証をしていきたい。

謝辞

本研究において終始適切な助言・指導をしてくださった、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

- 書籍 福江純 (2020) 『極・宇宙を解く：現代天文学演習』 恒星社厚生閣, 日本天文学会 編 (2007-) 『現代の天文学』 シリーズ『恒星』 日本評論社
- 論文 Jordi, C., et al. (2008). "Empirical color transformations between SDSS photometry and other photometric systems." *Astronomy & Astrophysics*, 460(1), 339-347.
- 辞典・データベース 日本天文学会「天文学辞典」 <https://astro-dic.jp/> (2025年12月閲覧), Zwicky Transient Facility (ZTF) "ZTF Public Archive" <https://www.ztf.caltech.edu/>