

食変光星YY Eriの研究

金光学園高等学校 特別進学クラス3年 上野 裕貴 佐藤 駿帆 滝口 進弥

1. 動機

食変光星YY Eriは、変光周期が短く観測しやすい。また、8等級と暗い星なのでごく近くに適当な比較星をとることができるため、精度の高い測光データが期待される。先行研究(詫間ら2018)ではデジタルカメラを用いた食変光星YY Eriの研究を行い、連星モデル(図2)を表現することに成功している。私たちはこの先行研究に興味を持ち、研究を始めた。

2. 目的

- (1) 金光学園天文台による冷却CCDカメラを用いた変光星観測システムを確立する。
- (2) 光度曲線から食時刻および公転周期を求める。
- (3) 長期的な周期変動について探る。



図1. C14反射望遠鏡

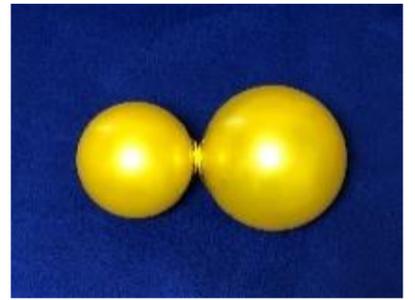


図2. YY Eri 連星モデル

3. 研究対象

YY Eriは、エリダヌス座に属している食連星である。食変光星は2個の恒星が互いに隠し合うことによって見かけの明るさが変化する。変光周期が短く観測しやすいために、YY Eriを研究対象にした。

4. カメラ直線性の実験

カメラの露出時間とカウント値の関係をグラフにすると、図3のようになった。60,000カウント以下になるように、カメラ設定を行って観測に使用した。

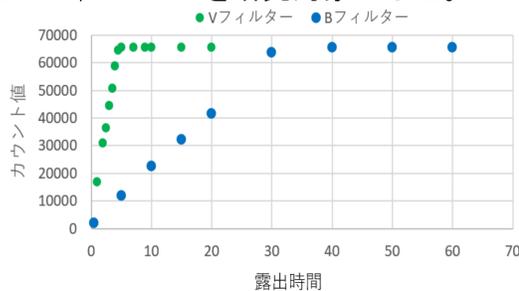


図3. カメラ直線性の実験

5. 研究方法

- (1) 冷却CCDカメラBITRAN-BJ52LをC14反射望遠鏡(口径35cm)に取り付け、赤道儀で自動追尾させながら、YY Eriを撮像。
- (2) Makaliiを用いてV・Bバンドデータについて測光し、等級値を求める。比較星には、YY Eriに近い天域に属し、明るさも近いHIP19643(V等級; 8.44等級)を用いた。
- (3) Excelで横軸を時刻、縦軸を等級にとって光度曲線のグラフを作成し、それを用いて食時刻を求め、公転周期を計算する。
- (4) 位相光度曲線を作成し、位相のズレから公転周期を決める。
- (5) 食時刻からO-Cを計算し、VSOLJのデータも加えて周期変動について調べる。

7. 考察

(1) 公転周期の計算

2つの食の食時刻から公転周期を求めた。

- ・2.12 ~ 3.11 ⇒ 27782[秒]
- ・2.14 ~ 3.16 ⇒ 27781[秒]
- ・2.24 ~ 3.16 ⇒ 27782[秒]
- ・2.26 ~ 3.16 ⇒ 27780[秒]

平均をとって、0.32154[日] (27781[秒]) 7時間43分1秒が得られた。この公転周期の値を用いて、位相光度曲線(図4)の作成を行った。

(2) 光度等級

食外の光度の、O-Cの統計処理(2次多項式近似→偏差値σで評価)その結果、誤差は0.01~0.03等級に抑えられていることが分かった。

また、食のときの誤差は0.01等級程度に抑えられており、

Vバンドでは、主極小; 8.92等級, 副極小; 8.86等級

Bバンドでは、主極小; 9.69等級, 副極小; 9.65等級

であることが分かった。

(3) 極大光度

光度曲線の極大光度を比較すると、Vバンドの主極小後の位相0.25の極大光度が、位相0.75の極大光度より0.03等級ほど暗い。これに対して、Bバンドでは位相の異なる二つの極大光度の違いが見られない。そこで、この連星には(現在のところ)太陽黒点のような温度の違いのある光度のムラが発生し、それが公転に伴って見え隠れしている可能性があると考えられる。

(4) 極小時刻のO-C

図5. から分かるように、データ開始の1998年以降では公転周期は27777.5秒程度であったが、私たちの観測の数年前から公転周期が27777.3秒程度に変化したように見られる。この値は、7.考察(1)

で得られた公転周期と比べて3秒ほど小さい。図5.の観測点には、過去のVSOLJの観測点も含めて、系統的な誤差がのっていると考えられる。私たちは、2019年単年度の観測点だけから求めたために、上記のような違いが表れたと考えられる。

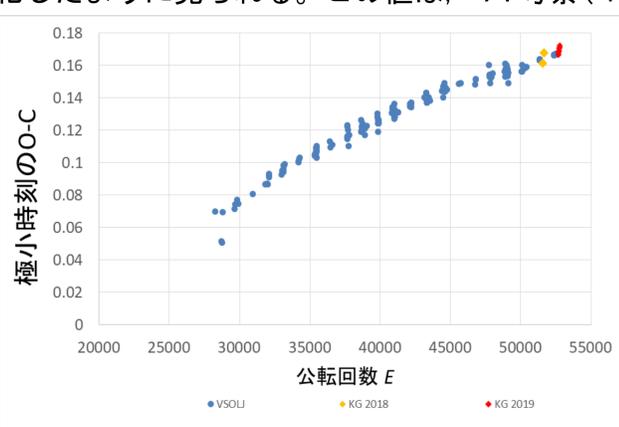


図5. 極小時刻のO-Cのグラフ

図5.のグラフを作成することで、私たちの得た公転周期には偶発的な誤差だけでなく、系統的な誤差もあることが分かった。

6. 結果

得られた光度曲線を用いて食時刻を求めた。中点連結法を用いて、主極小、副極小の時刻を求めた(表1)。

Vバンド

表1. 観測結果

カメラ: 冷却CCDカメラBITRAN-BJ52L 露出: 60s 間隔: 60s

日時	開始	終了	枚数	食	食時刻	日心補正值(秒)	太陽時刻	条件
2月12日	19:02	21:49	85	副極小	19:39:28	-40	19:38:42	○
2月13日	18:52	21:57	64	極大		-33		△
2月14日	20:00	21:55	59	主極小	21:50:00	-25	21:49:35	○
2月20日	20:05	21:57	57	極大				△
2月23日	19:04	21:57	85	食外		41		◎
2月24日	19:07	21:57	85	主極小	21:01:52	49	21:02:41	◎
2月25日	18:47	19:23	19	極大		56		×
2月26日	18:39	21:29	87	主極小	19:21:29	63	19:22:32	◎
3月1日	18:35	21:15	82	極小		86		△
3月4日	18:45	21:50	93	極大		107		◎
3月17日	18:40	21:19	80	極大		197		×

Bバンド

日時	開始	終了	枚数	食	食時刻	日心補正值(秒)	太陽時刻	条件
3月7日	19:01	21:55	84	極大		129		◎
3月8日	18:45	21:51	94	極大		136		◎
3月11日	18:46	21:44	90	副極小	19:50:32	156	19:53:08	○
3月13日	18:58	21:35	78	極大		171		○
3月14日	18:42	21:32	86	極大		177		△
3月16日	18:55	21:23	75	主極小	19:27:11	191	19:30:22	○
3月19日	18:49	21:09	72	極大		211		△
3月22日	19:36	20:41	33	食外				×
3月24日	18:55	20:44	56	極小				×
3月26日	18:54	20:52	60	主極小				×
3月31日	18:58	20:24	44	副極小				×

V・B 位相光度曲線

位相($T_0 = 2458540.93231$, $P = 0.32154$)

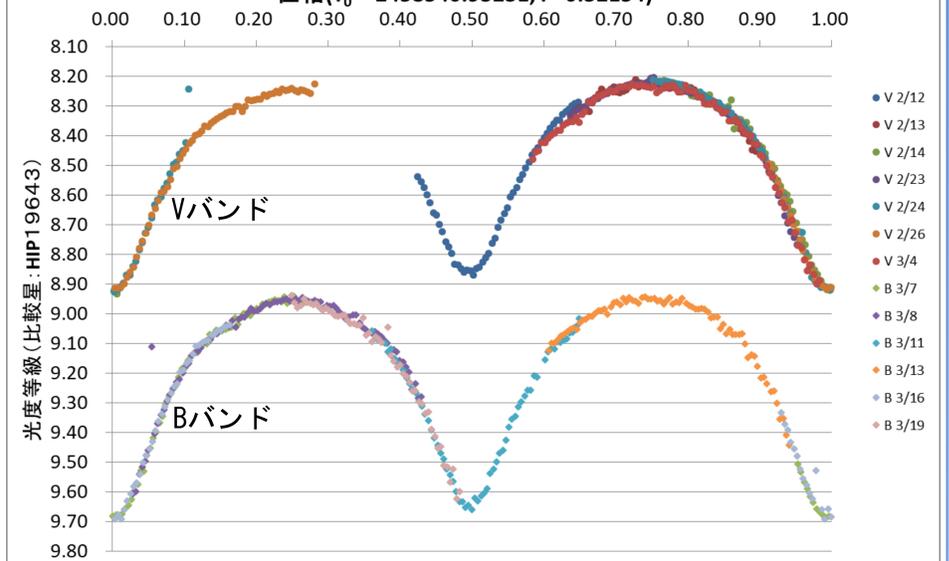


図4. YY Eri V・Bバンド位相光度曲線

8. 結論

(1) 金光学園天文台のC14反射望遠鏡に冷却CCDカメラを取り付けて、食変光星YY Eriの観測を行った。その結果、0.01~0.03等級の誤差で観測を行うことができ、金光学園における冷却CCDカメラを用いた変光星観測システムを確立することができた。

(2) 光度曲線の位相0.25と0.75の極大光度を比較すると、Vバンドでは0.03等級の違いが見られるが、Bバンドではその違いは見られない。この連星系には黒点のような温度の違いを伴う光度のムラがあり、それが公転により見え隠れしているのではないかと考えられる。

(3) 極小時刻のO-Cのグラフを作成し、グラフの傾きの変化から、「公転周期は近年ではやや減少傾向」にあることが分かった。

9. 参考文献

- ・天文アマチュアのための天体観測の教科書「変光星観測編」日本変光星研究会編、誠文堂新光社、2009.
- ・ステラナビゲータver.9 アストローツ.
- ・変光星YY Eriの研究~デジタルカメラによる測光観測~, 金光学園探究II 論文集(2018).
- ・Variable Star Bulletin <http://vsolj.cetus-net.org/bulletin.html>
- ・Ting Yu et al., "Orbital period change of the W Uma binary YY Eri" Research in Astronomy and Astrophysics 2018 Vol.18 No.9