

デジカメによる食変光星観測に チャレンジしてみよう

—初心者の取り組み—

元滋賀県立長浜北星高等学校 山村 秀人

1. はじめに

「あなたもできるデジカメ天文学」に掲載した、デジカメによる「変光星の光度変化」のための画像データを取得するために、2014年11月に食変光星のRZ Casの観測を行った。この観測を一例として、デジカメによる変光星観測についてそのノウハウも含めて報告する。

2. 観測の設定

変光星観測の初心者でも手近なデジカメを使って変光星観測をすることができる。変光星の明るさの変化はデジカメのCCDで記録された星像の光量をマカリを使って測定し、光量変化を等級の変化に換算し、変光星の明るさの変化を示す光度曲線を作る。さらに変光星が最も明るくなった時や逆に暗くなった時刻を求めることや、光度変化の特徴から変光星の性質を調べることもできる。

変光星の種類は多いが、その中で観測がしやすい短周変光星の食変光星やセファイドを観測対象に選んだ。

観測準備から結果まで

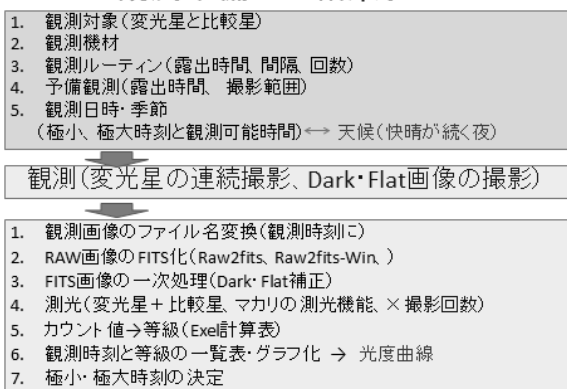


図1. 観測準備から結果まで

3. 観測とデータ処理

観測の準備として、観測対象になる変光星の選定や観測日時の決定を行う。次に対象変光星を測光可能な範囲で撮影するために、テスト観測を行う。ここで最も難しい問題は雲がない快晴の夜を選ぶことである。

実際の観測では変光している時間帯をはさんで、前後に変光していない時間帯も入れて連続撮影を行い、後の測光に必要なDark画像、Flat画像も数枚ずつ取得することを忘れてはならない。

食変光星の極小予報

- (1)「理科年表」の「層部」「明るい食連星の推算極小」のページや「天文年鑑」
- (2)ポーランドのMt.Suhora天文台
星座・変光星ごとに直近から数回の極小の予報がユリウス日と日本標準時の日付と時刻で表示(英語)
<http://www.as.up.krakow.pl/minicalc/CASRZ.HTM>
- (3)計算式を用いる方法
食変光星の極小の元期(E₀) (単位: ユリウス日)
公転周期(P) 周期回数(E)の整数値
$$\text{極小時刻}(\text{min}) = \text{極小の元期}(E_0) + \text{公転周期}(P) \times \text{周期回数}(E)$$

図2. 食変光星の極小予報

4. 観測する変光星の選定と極小予報

観測する変光星は食変光星として、どの食変光星を観測するか、また、食による減光がいつ起こるかを調べる方法はいくつかある。「理科年表」や「天文年鑑」の食変光星の極小予報のページなどで調べることができるが、ポーランドの Mt.Suhara 天文台のホームページ (HP) で、星座や変光星毎に直近から数回の極小予報がユリウス日と日本標準時の日付と時刻で知ることができる。

変光星の位置については、天体シミュレーションソフトなどを利用すると変光星名も表示されるのでわかりやすい。また、光度を比べる比較星は変光星より少し明るくスペクトル型が似ている星を選ぶ必要がある。変光星星図に示されているいくつかの比較星から選ぶと良い。

変光星の光度変化を求める方法は、同一画像上の変光星と比較星を測光して、明るさの比から、等級差に変換してグラフ化する。この方法を差測光 (一星比較法) という。

変光星観測では日付や日数、時刻や時間を扱うとき、ユリウス日が用いられる。

これはB.C.4713年1月1日から数えた通日で、国立天文台のHPで西暦の年月日、時刻 (世界時) を入力すれば、その時刻のユリウス日を日の少数も付けて表示してくれる。また、その逆にユリウス日から西暦の日時を調べることも容易にできる。

変光星星図は変光星観測家の永井和男さんの食変光星観測のホームページに多くの食変光星の変光星星図があり参考にすることができる。

5. 実際の観測と一次処理

長時間の連続観測になるために、自動追尾の赤道儀を利用した。デジタルカメラのレンズは標準レンズより少し長めの望遠レンズを使うと変光星周辺を拡大できて良い。星像のピントは測光をより正確にするために、多少ぼかしておくが良い。

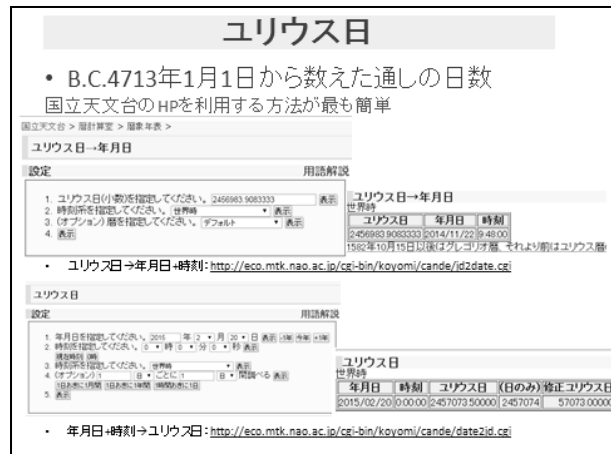


図 3. ユリウス日

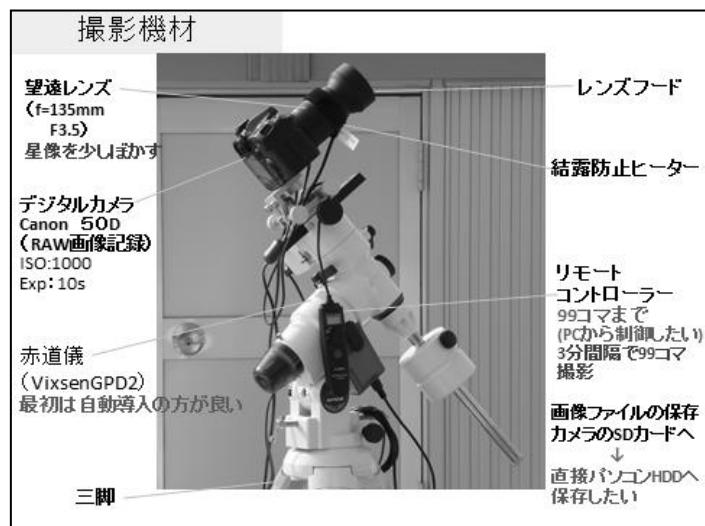


図 4. 変光星観測機材セット

PhotoStagePro; <http://www.rjtt.jp/sufirico/software.html>

Raw2fits ; <http://www.kodan.jp/products.php> (星空公団)

raw2fits_win ; <http://www.fukuoka-edu.ac.jp/~kanamitu/fits/raw2fits/script/>

ここでは、RZCas（カシオペア座 RZ 星）を観測対象に選んで、観測計画は極小の時刻を挟んで、減光している時間と前後に減光していない時間帯をいれて、5 時間（300 分）にした。ここで使用したリモートコントローラーは 100 コマ連続撮影ができるもので、3 分に 1 回 100 枚撮影した。

変光星を含む星野を RAW 画像で撮影した画像を Raw2fits（FITS への変換ソフト）を使って、FITS 画像に変換した。このとき raw2fits_win を合わせて使うと、ファイルの扱いが容易になる。変換の結果、r, g1, g2, b, g (=g1+g2) に分解される。

これらの画像のうち g 画像が実視等級に最も近いことが分かっており、g 画像を測光に用いる。得られた g 画像を測光する前に撮影時に撮っておいた Dark 画像、Flat 画像、Flat の Dark 画像それぞれの g 画像を使って、マカリを使って 1 次処理を行い測光用画像をつくる。

これらの画像処理の前に PhotoStagePro（フリーソフト）を使うと、画像のファイル名を撮影日時（YYYYMMDDTTMMSS）に一斉変換することができて、後のデータ処理に便利である。

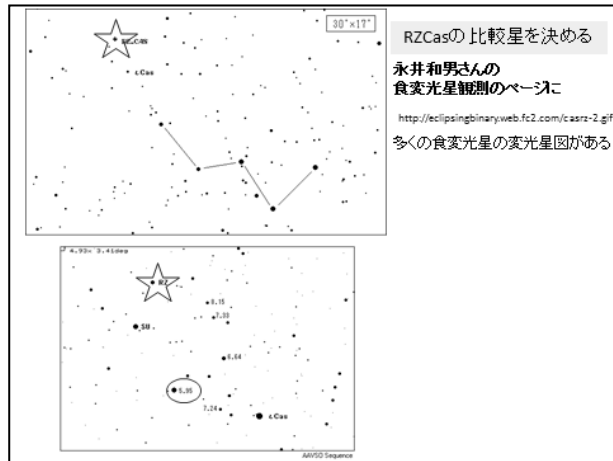


図 5. RZCas の変光星星図

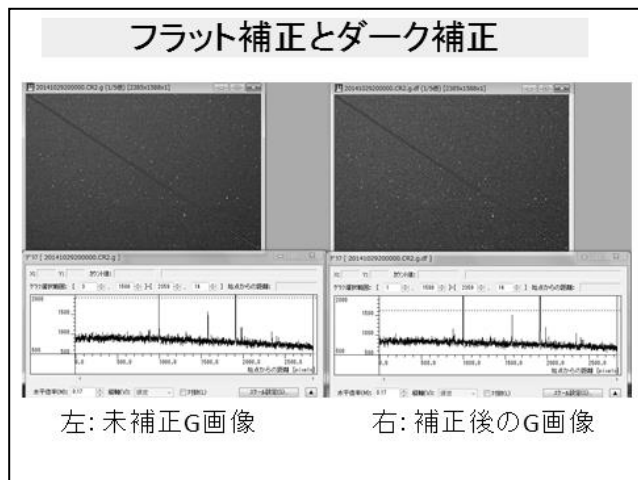


図 6. 一次処理

6. 測光と光度曲線

マカリの測光機能を使って、それぞれの測光用画像について、変光星と比較星の測光をする。測光モードは開口測光、測定半径は半自動で 5~7 ピクセル、RZCas と比較星をそれぞれ 3 回ずつ測光して、最大のカウント値を採用する。

100 コマの測光用画像について RZcas と比較星のカウント値を等級計算表（Excel）の入力欄に入力する。比較星と RZCas のカウント値の比率を、明るさと



図 7. マカリの測光中の画面

等級の関係を示すポグソンの公式を使って比較星との等級差を自動計算して、RZCas の等級を求める。

等級計算表には得られた等級の変化をグラフ化できるようにしてある。

7. 観測例

このような方法で観測した RZCas の光度曲線の例 (図 9) を見ると所々、等級が大きく (暗く) なっているところがあり、この曲線の乱れは、薄雲通過によるばらつきで、逆に等級が小さく (明るく) なっているのは、比較星に薄雲がかかって、相対的に変光星が明るい結果になっている。差測光 (一星比較法) では注意すべき点の一つである。

雲通過による減光等がなければ光度曲線はなめらかな曲線になり、この光度曲線を使って、光度の極小時刻を決定することができる (図 10)。方法はいくつかあるが、比較的簡単に求める方法は中点連結法である。

減光している部分で、横 (時間) 軸に平行な直線を数カ所引いて、その直線と光度曲線の 2 つの交点間の中点を求めて、この中点どうしを直線またはなめらかな曲線で結び、その延長が光度曲線と交わる点を極小時刻と決めることができる。

8. 教材化

デジカメによる変光星観測の一例として「あなたにもできるデジカメ天文学」に掲載したが、実際に他の変光星をデジカメで観測するための体験教材として、PAOFITS WG Materials の HP にサンプル画像とともに等級計算表も UP していきたい。

等級計算表									
デジカメ変光星観測 (1星比較法) カウント値→等級					比較星光度		5.95 等		
	FrameNo.	time(JST)	time(UT)	Comparator	RZCas	L1/L2	Log(L1/L2)	RZCasMag	
1	20141104192000	19:20:00	10:20:00	189285	143870	1.31749843	0.11975011	6.25	
2	20141104192300	19:23:00	10:23:00	196370	154584	1.27031258	0.1039106	6.21	
3	20141104192600	19:26:00	10:26:00	173117	132353	1.30789453	0.11660596	6.24	
4	20141104192900	19:29:00	10:29:00	177369	139155	1.27461464	0.1083789	6.21	
5	20141104193200	19:32:00	10:32:00	177997	129623	1.37318994	0.13773061	6.29	
6	20141104193500	19:35:00	10:35:00	173700	135067	1.28602842	0.10925056	6.22	
7	20141104193800	19:38:00	10:38:00	176443	135267	1.30440836	0.11541258	6.24	
8	20141104194100	19:41:00	10:41:00	175590	125937	1.38428856	0.14434644	6.31	
9	20141104194400	19:44:00	10:44:00	175552	131846	1.3314828	0.12433882	6.26	
10	20141104194700	19:47:00	10:47:00	178644	133320	1.339964	0.12709313	6.27	

比較星のカウント値: L2、変光星のカウント値 L1

$$Mv = Mc - (5/2) * \text{Log}(L1/L2)$$

変光星のv等級 (Mv) (Mc: 比較星のv等級)

図 8. 等級計算表

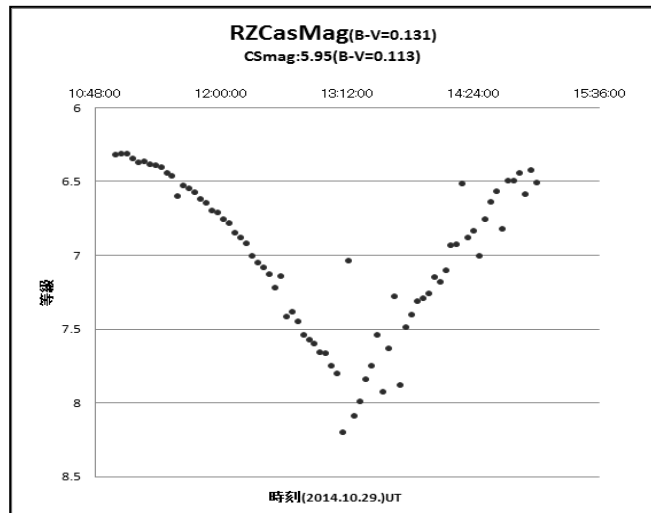


図 9. RZCas の光度曲線

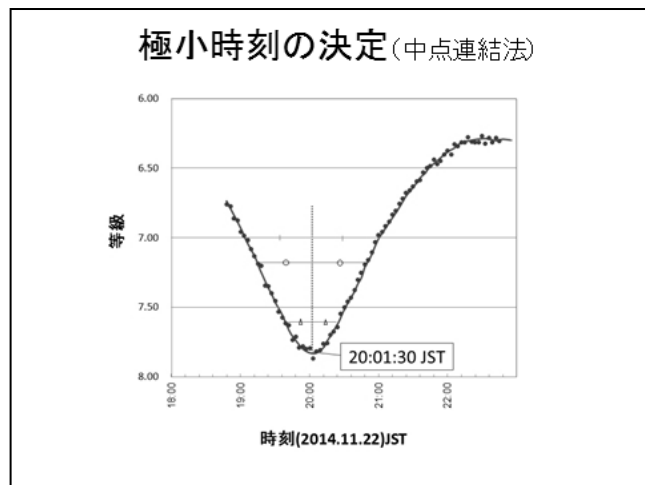


図 10. 極小時刻の決定