

ポータブル赤道儀による観測的研究

～変光星の測光観測～

中等教育教員養成課程理科専攻 金光研究室 232307 佐藤雄紀

1. はじめに

夜空には数多の星が輝いているが、その中には明るさを変化させる変光星が多く含まれている。変光星総合カタログには4万個以上の変光星が登録されており、その数は日々増え続けている。このように膨大な数の変光星の観測は天文学者だけでは不可能であるため、変光星観測の分野ではアマチュアによる観測と報告が研究に役立っている。

変光星がアマチュアでも観測できるのは、表1に示すように簡易的な観測で結果が得られる点にある。

	眼視観測	冷却 CCD カメラによる観測	デジタルカメラによる観測
利点	<ul style="list-style-type: none">● 手軽に取り組める。● 分析が必要ない。● 観測機材が不要。	<ul style="list-style-type: none">● 高い精度の結果が得られる。● 等級の大きい星も観測可能。● 画像データが残る。	<ul style="list-style-type: none">● 準備、撮影の操作が容易。● 持ち運びができ、電源が不要。● 画像データが残る。
欠点	<ul style="list-style-type: none">● 結果に個人差が出る。● 客観性に欠ける。	<ul style="list-style-type: none">● 観測機材が高価。● 測定操作が煩雑。● 電源を必要とする。	<ul style="list-style-type: none">● 測定操作が煩雑。● 精度が冷却 CCD カメラに劣る。

表1 変光星の観測方法

このなかでも、観測の操作が容易で、特別な機材を使用せずともある程度の精度で結果が得られる「デジタルカメラによる観測」は魅力的な方法である。

また近年、天文系の機材を扱う各社より相次いで天体写真を撮影するために特化した「ポータブル赤道儀」が発売されている。ポータブル赤道儀を使用することによって、カメラを星の日周運動に合わせて回転させ、長時間露出で撮影しても星を点像で映すことができ、また、これまで撮影できなかった等級の大きな星も撮影可能になる。天文機材の中でも、比較的安価で小型軽量、操作も簡単なポータブル赤道儀の一般化は、天体写真を撮る人を中心にブームの兆しをみせているが、研究の分野でも活用できると考えられる。

以上より本研究では、デジタルカメラとポータブル赤道儀を用いて変光星の測光観測を行い、ポータブル赤道儀が観測機材として有益であること、組み合わせることによって研究の幅を広げることができることを明らかにする。

井上(2011)の変光星の測光観測研究を継続することで、デジタルカメラの技術進歩による観測精度の向上を比較検証し、また課題として挙げられていた8等星より暗い星の観測をポータブル赤道儀によって解決する。

2. 使用機材・データ処理ソフト

- カメラ SONY α 6000
- レンズ SONY E PZ 16-50mm F3.5-5.6 Ø40.5
- リモートコントローラー SONY RM-VPR1
- ポータブル赤道儀 Vixen 星空雲台ポラリエ
- 三脚 Velbon M-184V
- 天体画像処理ソフトウェア AstroArts StellaImage7

3. 精度の検証とカメラによる精度の比較

デジタルカメラによる観測が可能であるか、撮影した画像を測光し、カタログ等級（ヒッパルコス星表等に記載されている等級）と比較した。（図1）

露出時間 10 秒，F 値 5.6，ISO 感度 400，焦点距離 36mm でカシオペア座を撮影し，15 個の変光しない星で測光している。

近似曲線の傾きは，1.0168 であった。これより，本研究に使用するカメラで撮影した画像での測光結果は信頼性が高いといえる。

本研究と井上（2011）では使用

するカメラの性能に違い（表2）があるため，その比較を行った。

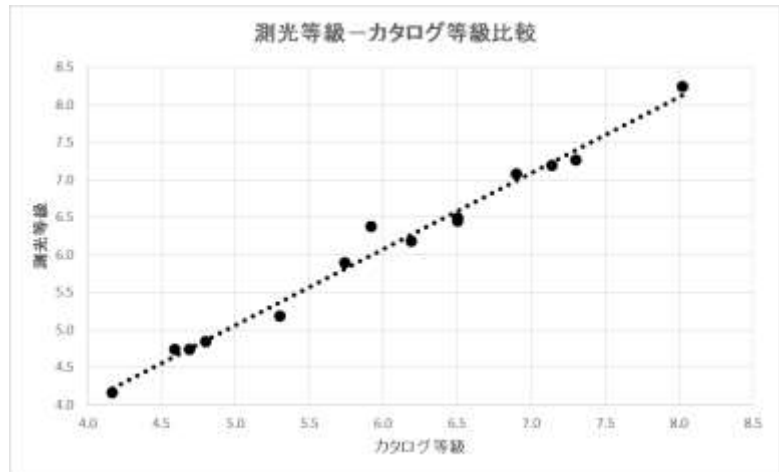


図1 測光等級とカタログ等級の比較

とカタログ等級の比較

	井上(2011)	本研究
	Nikon D90 (18-55mm F3.5-5.6)	SONY α6000 (16-50mm F3.5-5.6)
タイプ	デジタル一眼レフ	ミラーレス一眼
発売	2008年9月19日	2014年3月14日
センサー	APS-C CMOS センサー	APS-C "Exmor" APS HD CMOS センサー
ISO 感度	200-3200	100-25600
有効画素数	約 1230 万画素	約 2430 万画素

表2 カメラの性能比較

井上（2011）でも同条件で測光等級とカタログ等級の比較を行っている。その結果，傾きが 0.9869 であった。このことから，カメラの性能の違いによる，測光精度に大きな違いはないといえる。しかし，井上（2011）では露出時間 10 秒で 8 等星は撮影できなかったが，本研究では撮影できた。これはセンサーの高感度化による好影響だと考えられる。これにより，短い露出時間でも暗い星を観測することが可能になったといえる。

4. 観測方法

4.1 観測準備

はじめに，三脚にポータブル赤道儀を取り付ける。ポータブル赤道儀ののぞき穴から北の空を見て北極星を導入する。（極軸合わせ）次に，ポータブル赤道儀に自由雲台を介してカメラを取り付ける。カメラは観測対象となる星に向けるため，目印となる星座を導入する。導入したら明るい星を基準に，フォーカスリングを回しピントを調節する。

迷光を防止しレンズを保護するため，レンズフードを取り付ける。シャッターを押した際にカメラ本体がぶれることを防止するため，リモートコントローラーを取り付ける。

追尾撮影の場合，ポータブル赤道儀の電源を入れ，星追尾モードに設定する。これによって，カメラを星の日周運動のスピードに合わせて回転させる。

4.2 撮影設定

保存形式はRAWで、4枚連続で撮影する。観測対象の等級に応じて、撮影設定を表3のように決めた。

変光星名	変光範囲(等級)	撮影方法	焦点距離	絞り(F値)	露出時間	ISO感度
RZ Cas	6.2-7.7	固定撮影	36mm	5.6	10s	800
Beta Lyr	3.3-4.4	追尾撮影	36mm	5.6	60s	200
Z Vul	7.3-8.9	追尾撮影	36mm	5.6	60s	200
ZZ UMa	10.1-10.7	追尾撮影	36mm	5.6	180s	200

表3 各変光星の撮影設定

5. 分析方法

本研究ではStellaImage7で分析を行った。初めに連続して撮影した4枚の画像を加算平均で合成し、1枚の画像を作成する。次に、測光機能をつかって測光を行う。2, 3個の変光しない星(比較星)を設定し、等級を入力する。観測対象の星にカーソルをあてると、比較星の光度と比較され等級が求められる。

撮影日時をユリウス日に変換し、各変光星の元期と周期から変光の位相を求める。求める式は以下の通りである。位相は周期回数の小数点以下数値で、0から1で表す。

$$\text{周期回数} = (\text{観測日時} - \text{元期}) / \text{周期}$$

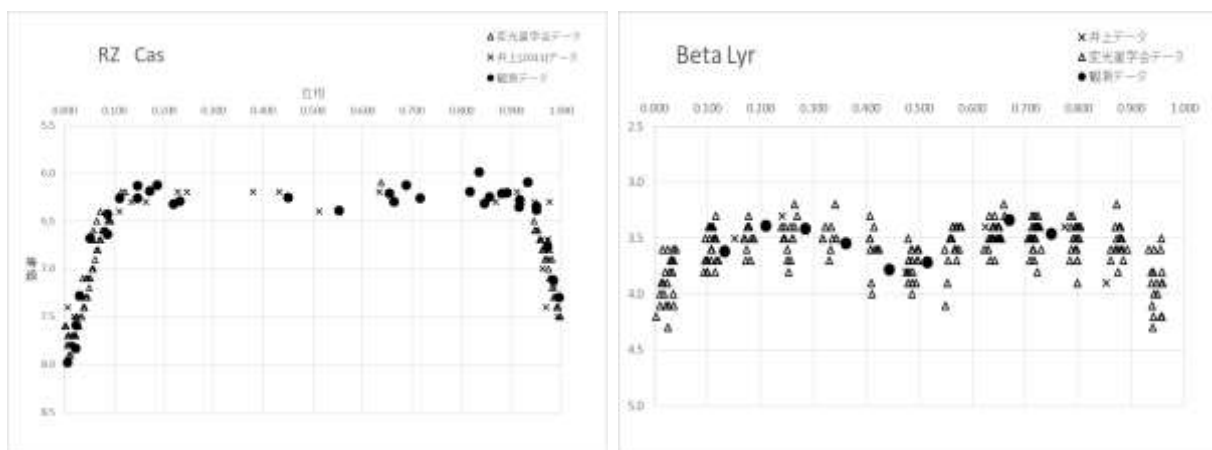
求められた変光星の等級と位相から、変光星の光度変化をグラフ化した。(光度曲線)

6. 結果

本研究で観測した結果に加え、井上(2011)の観測データと日本変光星研究会に報告されている観測データからグラフを作成した。それぞれのデータ数は表4のとおりである。

変光星名	本研究	井上(2011)	日本変光星研究会
RZ Cas	34	26	81
Beta Lyr	11	8	248
Z Vul	11	—	—
ZZ UMa	11	—	—

表4 各変光星のデータ数



各変光星の光度変化のグラフは以下の通りになった。(図2, 3, 4, 5)

図2 RZ Casの光度変化

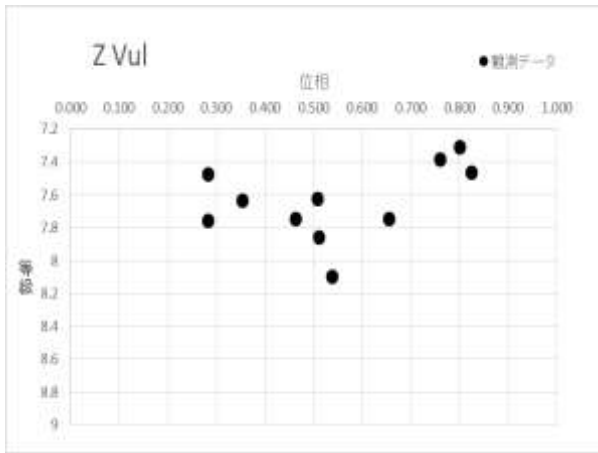


図4 Z Vulの光度曲線

図3 Beta Lyrの光度変化

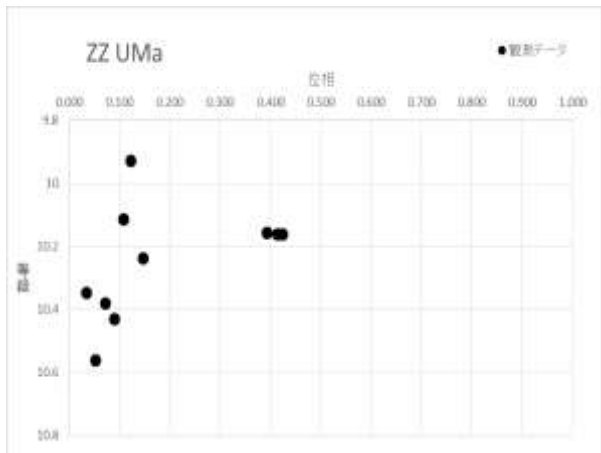


図5 ZZ UMaの光度曲線

7. 考察

① RZ Cas について

本研究の観測結果からも、井上（2011）、日本変光星研究会と同じ傾向の結果が得られた。また、井上（2011）の観測結果に本研究の観測結果が加わったことから副極小が明確になった。変光曲線から、位相 0.43 から減光し始め、位相 0.51 ほどで副極小の底となる。そこから光度が回復し、位相 0.65 ほどで食外の光度になる。このことから、副極小の変光範囲は約 0.18 等、時間は約 6.3 時間であると考えられる。

② Beta Lyr について

本研究の観測結果からも、井上（2011）、日本変光星研究会と同じ傾向の結果が得られた。各観測結果が滑らかな曲線上に並んでいることから、食外がはっきりしないこと座ベータ型（EB）の特徴が読み取れる。変光星研究会のデータが上下にばらつきがあるのは、このデータが多数の観測者からの報告を集積したものであり、観測方法の違いや分析方法の違いによる差であると考えられる。本研究の観測結果は変光星研究会のデータの中央付近に分布していることから、信頼性が高いと考える。

③ Z Vul について

天候や季節的な要因で極小時刻付近のデータを得ることはできなかったが、位相 0.53 ほどで底になる V 字型の光度変化がみられることから、これが副極小だと考えられる。Z Vul は RZ Cas と同じアルゴル型であるが、Z Vul のほうが主極小と副極小の差が小さい。このことから、Z Vul の主星と伴星の高度差は RZ Cas の主星と伴星の光度差に比べて小さいことが原因ではないかと考える。

④ ZZ UMa について

井上（2011）では 8 等星以下の観測が課題とされていたが、本研究で 10 等星の観測に成功した。しかし、本研究のデータだけでは変光の傾向を知るのに十分ではなく、またばらつきも大きいことから、ZZ UMa の変光曲線を求めるためには更なる観測が必要である。12/31 の観測結果にばらつきが目立つ原因として、月明かりなど外部からの光が考えられる。また、得られた画像で捉えられている ZZ UMa は淡い像で測光の精度に影響が出ていることも考えられる。

8. まとめ

本研究から、デジタルカメラによる変光星観測は可能であり、またポータブル赤道儀を用いることでこれまで観測できなかった暗い星も観測対象とすることが可能になった。このことから、ポータブル赤道儀は観測機材として有益であり、デジタルカメラと組み合わせ、アマチュアによる観測の可能性を大いに広げることになるといえる。