

変光星の測光観測Ⅱ

～冷却 CCD カメラとデジタルカメラの精度比較～

中等教育教員養成課程理科専攻 金光研究室 242312 小松正典

1. はじめに

今日では観測天文学の著しい発展により、近傍および遠方のクェーサーなどの観測データ、宇宙黒体放射に関する膨大なデータに基づいて宇宙の構造と進化を解明しようとしている。天体観測を基にした宇宙論の発展には、何も偉大な天文学者たちだけの活躍によるものではなく、アマチュア天文家たちの貢献も欠かせないものであると考えられる。新彗星、新星、超新星、などといった新天体の発見、変光星の光度変化の継続的観測など、様々な形でアマチュア天文家が貢献している。

そこで、本研究ではアマチュア天文家が行う変光星の測光観測に着目し、それと同等の観測方法、観測機材について詳しく探究していく。変光星の測光観測の際使用される機材には様々なものが存在するが、機材の違いによって観測結果にどのような違いが生じるか調べる。本研究では特に、デジタルカメラと天体用冷却 CCD カメラではどれほど精度に違いが生じるか、検証していく。

冷却 CCD カメラを使用した観測は渡辺(2009)、デジタルカメラを使用した観測は井上(2012)、佐藤(2014)が行っている。過去の観測データとも比較しつつ本研究を進めていく。

2. 観測方法

変光星の観測方法には以下のような方法があり、それぞれメリット、デメリットがある。

	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">・煩雑な操作がない・手軽に取り組める	<ul style="list-style-type: none">・高精度の結果が得られる・暗い星も観測できる・画像としてデータが残る	<ul style="list-style-type: none">・比較的機材が安価・電源、PC が不要・画像としてデータが残る
欠点	<ul style="list-style-type: none">・結果に個人差が出る・客観性がない	<ul style="list-style-type: none">・機材が高価・電源、PC が必要・操作が煩雑	<ul style="list-style-type: none">・冷却 CCD ほどの精度が得られない・暗い星の観測がやや困難・操作がやや煩雑

さらに観測方法として、天体望遠鏡を使用する方法がある。冷却 CCD カメラについては、天体望遠鏡にとりつけ観測を行うが、デジタルカメラについては、天体望遠鏡を使用せず、カメラにレンズをつけて観測を行う方法をとることができる。過去の研究では、井上(2012)と佐藤(2014)がこの方法で観測を行っている。

そこで、本研究で行う観測方法は、天体望遠鏡を使用し冷却 CCD カメラとデジタルカメラをそれぞれとりつけ、観測を行い、観測データの比較を行うものとする。さらに、それぞれの観測データを過去の観測データと比較し、どのような差が生じるか調べる。天体望遠鏡は本学自然科学教棟屋上に設置されてある 40cm 口径反射望遠鏡、10cm 口径屈折望遠鏡の 2 種類の望遠鏡を使用する。

3. 観測機材

- ・天体望遠鏡

三鷹光器 40cm 口径 反射望遠鏡

Nikon 10cm 口径 屈折望遠鏡

- | | |
|-----------------|---|
| ・カメラ | Nikon D200 デジタル一眼レフカメラ
SBIG ST-8XMEi(NABG) 空冷型冷却 CCD カメラ |
| ・リモートコントローラー | Nikon MC-36 |
| ・天体画像処理ソフトウェア | AstroArts StellaImage7 |
| ・CCD 画像処理ソフトウェア | CCDOPS ソフトウェア |

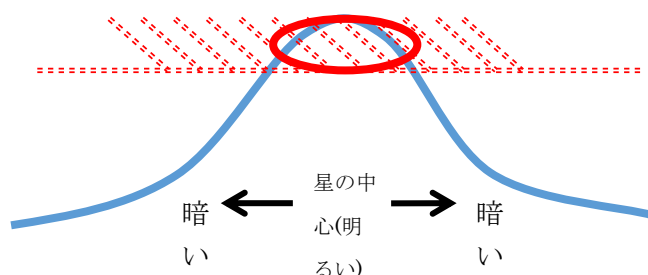
4. 観測対象 RZ Cassiopeiae (RZ Cas)

RZ Cas は、アルゴル型の食連星で変光周期は 1.1952 日、変光範囲は 6.18~7.78 等級である。RZ Cas は変光周期が短く、比較的明るい変光星であるため、アマチュア観測においても人気のある変光星であり、本学の以前の研究 (2012 井上, 2014 佐藤) においても観測を行っているため、本研究で得られる観測データと比較することが容易になる。そこで、本研究ではこの変光星について観測を行っていくこととした。

5. 研究の手順

I. 観測・撮影

- ①ステラナビゲータ Ver.10 を起動し、目標の天体の位置を確認する。
- ②40cm 反射望遠鏡, 10cm 屈折望遠鏡で目標の天体を中心に捉える。
- ③CCDOPS ソフトウェアにて冷却 CCD カメラで天体を撮影し、PC 内に画像データを取り込む。露出時間 5 秒。
- ④同様にデジタルカメラで天体を撮影する。 ISO 感度 800, 露出時間 10 秒



デジタルカメラで撮影を行う際、露出を長くしすぎると、集光し過ぎてデータ量が限度を超えるため、検知されない部分が出てしまい、実際の明るさよりも暗い結果になってしまう。これを飽和と呼ぶ。飽和を避けるため、ISO 感度と露出時間に特に注意を払わなければならない。

II. 光度測定

- ①ステライメージ Ver.7 を起動する。
- ②撮影した画像を展開し、測光を行う。
等級のわかっている比較星と、目的の変光星の等級の差から、変光星の等級を求める。

※測光の際、比較星が目的星より暗いと、測光精度が落ちるという研究結果があるため、比較星はなるべく明るい星を選ぶ必要がある。

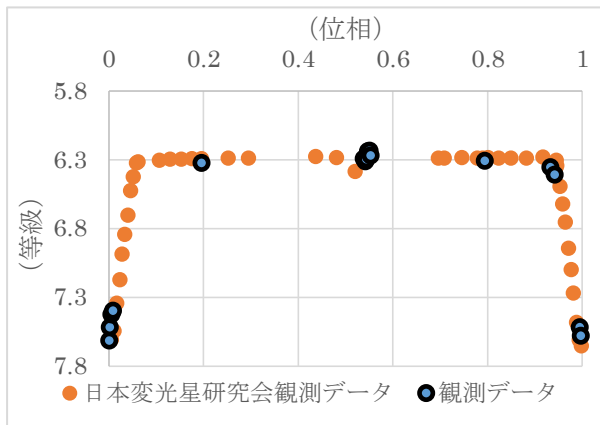
III. 分析

- ①測光し得られたデータを excel で集計する。
- ②観測日時をユリウス日 (B.C.4713 年 1 月 1 日からの通しの日数) に変換する。
- ③周期回数から位相を求める。

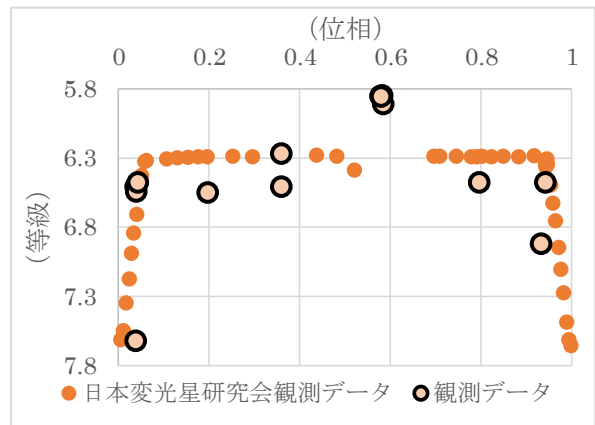
$$\text{周期回数} = (\text{観測日時} - \text{元期}) / \text{周期} \rightarrow (\text{観測日時} - 2456729.377) / 1.195247$$
 - ・元期 極小時刻の基準となる時刻 (2456729.377 とした)
 - ・位相 光度変化を 0 から 1 の周期で表したもの
- ④散布図で表す。

6. 結果

RZ Cas の光度変化のグラフは以下の通りになった。

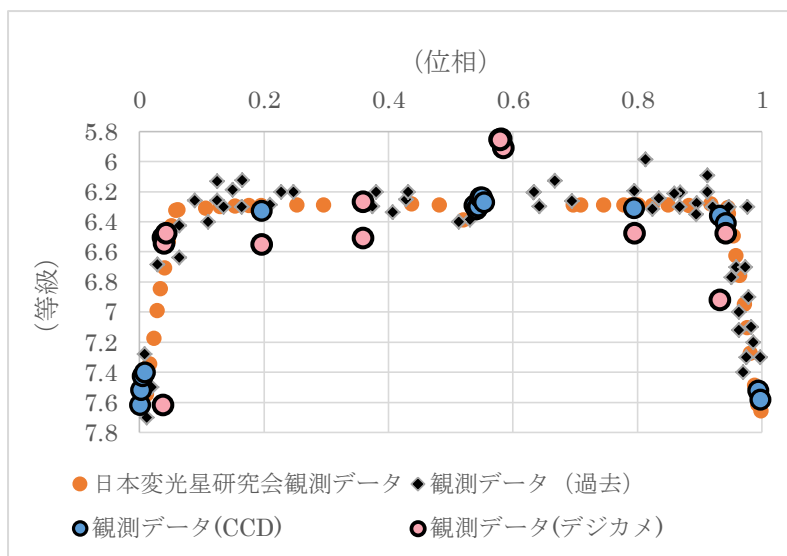


観測データ (冷却 CCD カメラ)



観測データ (デジタルカメラ)

さらに、過去の観測データと比較する



グラフから、標本データと比較して、冷却 CCD カメラの精度が非常に高いものであることがわかる。デジタルカメラの観測データは少しばらつきのあるものとなった。また、デジタルカメラの観測データに関して、過去のデータと見比べてみると、今回天体望遠鏡を使用して撮影を行ったが、望遠鏡を使用していない過去の観測データとの差別化を図ることはできなかった。

改めて結果を見てみる。カタログデータ（日本変光星研究会観測データ）と比較すると、

- ・デジタルカメラ

比較星 9.43 → 誤差 11.2%

比較星 8.15 → 誤差 5.7%

- ・冷却 CCD カメラ

比較星 9.43 → 誤差 2%以下

比較星 8.15 → × (視野が狭いため)

といった結果が得られた。冷却 CCD カメラの観測データは、比較星が 9.43 等星の明るさであっても、誤差は 2%以下であった。一方デジタルカメラのほうは、同じ条件で測光を行うと誤差が最大 11.2%ほど生じた。このことから、冷却 CCD カメラはデジタルカメラに比べるとかなり精度が良いことがわかる。

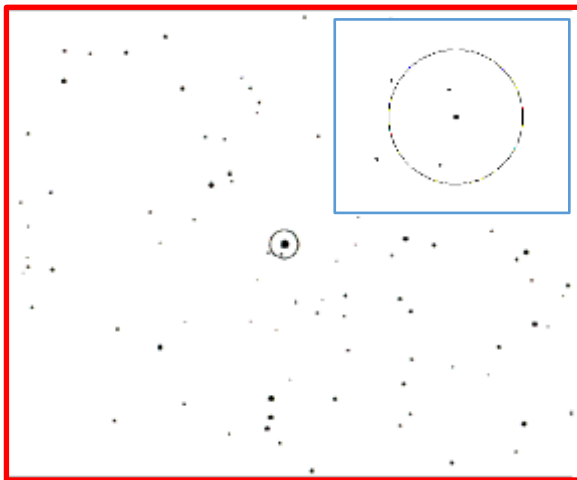
6. 考察・まとめ

I. 冷却 CCD カメラとデジタルカメラ

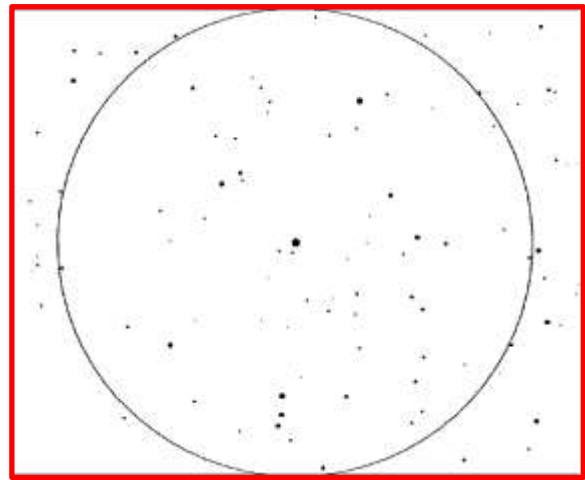
冷却 CCD カメラとデジタルカメラではまず、カメラのつくりには若干の違いがある。まずは撮像素子の違いである。その違いは、冷却 CCD カメラの CCD イメージセンサとデジタルカメラの CMOS イメージセンサの違いであるが、撮像のシステムが違い、CMOS のほうはノイズが多くなる。加えて冷却 CCD カメラは CCD イメージセンサを冷却することで、さらにノイズを減らすことができる。このノイズの違いが、観測結果に影響を与える一つの原因であると考えられる。

また、本研究において観測結果に一番大きな影響を与えていると考えられるのは、今回使用した冷却 CCD カメラとデジタルカメラでは、画像のデータ量が違う。冷却 CCD カメラの画像は 1 ピクセル当たり 16bit、デジタルカメラの画像は 1 ピクセル当たり 12bit である。冷却 CCD カメラに比べ、デジタルカメラは画素あたりのデータ量が少ないため、集められる光の量が限界に達しやすい。つまり露出時間を長くして光を集め過ぎると、飽和しやすいと考えられる。逆に露出時間を短くすると光の量が少なく、精度が落ちてしまうということである。

II. 望遠鏡の有無



視野円 (0.07 度, 40cm 口径望遠鏡)



視野円 (1.17 度, 10cm 口径望遠鏡)

本研究では、より精度の高い観測を行うために、望遠鏡を使用した変光星の観測を行った。しかし、望遠鏡を使用する上でも、視野が狭く、明るい比較星を見つけられないために測光精度が上がらないというデメリットが存在することがわかった。視野の狭い望遠鏡では、十分に明るい比較星が得られないことがある。比較星が目的星より暗いと、測光精度が落ちるという研究結果があるため、この問題は非常に深刻である。40cm 口径の望遠鏡と 10cm 口径の望遠鏡とでは、視野に違いがあり、10cm 口径の望遠鏡のほうが、視野が広く明るい比較星を得ることができた。比較星の明るさは、冷却 CCD カメラにはそれほど影響は表れなかったが、デジタルカメラには非常に大きな影響を及ぼし、測光精度がかなり悪くなるという結果に至った。

結果的に望遠鏡を使用しても、視野が狭いためにデジタルカメラのほうは精度が上がらなかった。過去の研究結果と比較すると、デジタルカメラについては、望遠鏡の有無で結果に差が出ることを期待していたが、差別化は図れなかった。やはり精度の高い観測を行うには今後も冷却 CCD カメラによる観測が主流になると思われる。