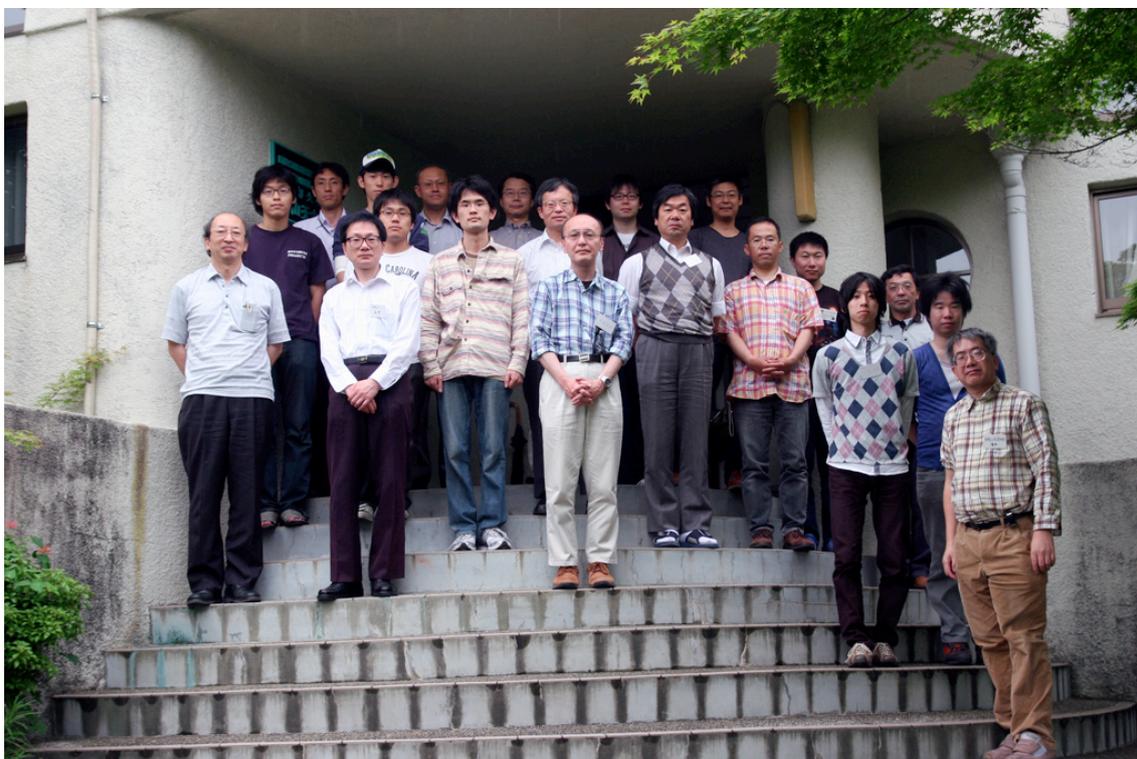


変光星観測者会議 2010 収録



花山天文台

2010年6月12日 13日

プログラム

6月12日	13:00	受付開始	
	13:30	開会	自己紹介、近況報告
	14:00	研究発表	自作自動観測システムの紹介 永井和男
	14:30		デジタル一眼レフカメラによる測光観測の検証 今村和義
	15:00		KT Eri 発見前画像募集キャンペーン画像の解析 大島修
	15:30		休憩
	15:50		δ Cep 型、RVTau 型の観測と周期の考察 (δ Cep, η Aql, ζ Gem, R Sct, U Mon) 齊藤昌也
	16:20		V1055 Her の light curve distortion 永井和男、塩川和彦
	17:00	1日目終了	京都駅まで移動
	18:00		懇親会
6月13日	9:30	2日目開会	
	9:35	講演	京都産業大学神山天文台と新星観測 新井彰(京都産業大学)
	10:20		休憩
	10:30		2010年3月に増光した V407 Cyg の BVRIy バンドの観測 中川辰一
	11:00		新星の自動掃天システムの実装の1例 清田誠一郎
	11:30		変光星この1年
	12:00		座談会
	12:30	終了	終了後、希望者のみ、花山天文台の見学

A self-made automatic observing system

永井和男

はじめに

セレストロンアドバンスド GT 赤道儀と武藤 CV-04 冷却 CCD を使って短周期食変光星の連続測光を行っています。この赤道儀は南中すると追尾が止まってしまう。私の観測している所では南中すると隣接する建物の影響で星が見えなくなってしまう。従いまして追尾が止まっても問題とはならないのですが CCD カメラは朝まで流れる星を撮影し続けており、それがもったいなく思っていました。そこで、短周期の連続測光のあとにカタログした座標の天体を薄明まで撮影するシステムを作成し周期が長めの食変光星の観測を行うようにしました。

ハードウェア

マンションベランダに 10cm の反射望遠鏡を設置してあります。10cm に Ic band フィルタの CV-04 を付けています。サブスコープは 6cm でミードの CCD カメラ DSI Pro を付けています。赤道儀はシリアル接続です。CV-04 はパラレル接続です。DSI Pro は USB 接続です。室内にパーソナルコンピュータがあり、このコンピュータで全ての制御を行います。室内と室外は CV-04 用のパラレルケーブルと USB ケーブルの 2 本で接続されています。室外のボックスに USB の HUB があります。HUB の出力は 3 系統あります。それぞれの接続先は USB-シリアルで赤道儀、6cm の DSI Pro、望遠鏡全体を監視する Web CAM につながっています。

この赤道儀は電源を投入すると時刻の設定とアライメントを行う必要があります。この作業は簡単なものではありません。時間も掛ります。そこで、赤道儀の電源は通電されたままになっています。停電などを警戒し自作の無停電装置も付けてあります。日中は赤道儀の追尾を停止させた状態で全体を大きなビニール袋でおおって待機させています。夜は袋を外すだけで観測が出来るようになっています。



ソフトウェア

2種類のシステムから出来ています。一つ目は以前から使っている短周期の連続測光用のシステムです。これは CV04GEM という自作ソフトと PHD Guiding という Free ソフトです。二つ目はここで紹介する自動観測用ソフトです。



初めに一つ目のソフトについて簡単に説明をします。CV04GEM は CV-04 の撮像と GT 赤道儀の制御が行えるものです。このソフトの特徴は電子メールを受信して文中のコマンドを実行出来るようになっていました。電子メールによってカメラと望遠鏡を操作出来ますので携帯電話からも操作可能です。撮影画像を FTP する事も出来ます。従いまして Web を見るように携帯電話で撮影画像を確認出来ます。VNC などが使えない環境の場合に利用しています。PHD

Guiding は DSI Pro を使ったオートガイド用のプログラムです。

二つ目は今回発表する自動観測システムです。2つのプログラムから出来ています。一つは PHD Guiding と ASCOM を停止させて自動観測プログラム(gt_slew)を実行させるプログラム(gt_stop)です。このプログラムは以前から使っていました。新たに作成した物ではありません。連続撮影中にオブジェクトが南中したら所定のバッチを実行させるプログラムです。このバッチに PHD Guiding の停止や gt_slew の実行を記述しました。従いまして新規で作成したものは gt_slew の一本だけです。連続撮影をしていなければ gt_slew だけで自動観測が行います。ここで紹介した全ての自作ソフト

は私のホームページからダウンロード出来ます。

自動観測の切っ掛け

オブジェクトが南中すると、それ以降は朝まで流れ続ける星を撮影しており、もったいないと思っている中で、2009年の変光星観測者会議で今田先生からSU UMa型候補星のモニター観測を勧める発表がありました。この無駄な時間を有効にさせるためにSU UMa型候補星のモニターをする事にしました。

短周期の観測が終わってから自動観測を始めます。この時点で CCD カメラは連続撮影を継続しています。従って望遠鏡を候補星に向けて行くだけでモニター観測ができることになります。プログラムは単にカタログされた座標を向けて行くだけの機能で良いのです。

プログラムが完成した時点でSU UMa型候補星の星図準備が遅れており、当座はGCVSの激変光星でテストを始めました。始めてみると、これらの星は暗く、私の住んでいる光害地では10cm+CCDを使っても暗すぎていました。10等が観測できる極限等級です。この状況ではSU UMa候補星のモニターは不可能と判断しました。その結果、周期が数日以上で明るい短周期食変光星の観測に転用することにしました。

自動観測プログラム(gt_slew)の仕様

プログラムはカタログされている座標を読み込んで順々に望遠鏡を向けて行くだけです。導入には



順番があり、先に南中するオブジェクトから導入してゆきます。よって南から東に望遠鏡は向いて行きます。また、オブジェクトの高度が低い段階で撮影してしまうと良い測光が出来ないので指定する高度に達するまで望遠鏡が向けられないようになっています。更に、CCDは望遠鏡の動作とは無関係に連続撮影をしていますので望遠鏡は一定時間オブジェクトの方向に留まっている必要があります。この時間も

指定出来るようになっていきます。また、薄明になった時点でシステムを停止させる事で誤って太陽の方向に望遠鏡が向かないようになっています。

撮影対象のリストはステラナビゲータのadf(アディショナルファイル)と同じ書式のテキストファイルで始めましたが最終的にはadf書式の後ろに望遠鏡の導入パターンを追加したものになりました。下が撮影対象リストの例です。

```
eqt 1809.1,-2128.4,mark 8,"HD 313926",1,111010101
```

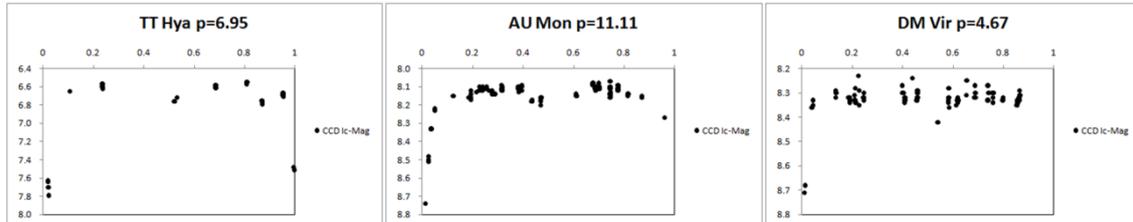
このファイルをステラナビゲータで表示させると、RA=18h09.1m, RD=-21°28.4'に白の十字が表示され、十字の横にHD313926と表示されます。後ろの1または0の9文字が導入パターンです。望遠鏡の導入精度が十分でないため、指定座標の周囲を撮影する機能を設けました。これによって常に同じ比較星を使う事が可能になります。導入パターンの記述をこの例で説明します。後ろの9文字を先頭から3文字ずつに分けて順に並べてゆきます。1を■、0を□とすると111010101は下のようになります。

```
■ ■ ■  
□ ■ □  
■ □ ■
```

中央の四角が指定座標です。黒四角の所に望遠鏡が向くようになります。この移動量はiniファイルで設定できます。iniファイルでは観測終了時刻や最低高度などの設定も行います。

初期の成果

周期が数日の明るい食変光星の観測をして行く中で徐々に光度曲線が見えてきました。ところがこれらの星を SIMBAD で文献検索を行うと(このような周期の連星も)きちんと研究がされており、私のような精度が不確かな小型望遠鏡で観測してもあまり意味が無いことがわかりました。観測プランを作成する段階で調べていなかったので無駄な時間を費やしてしまいました。

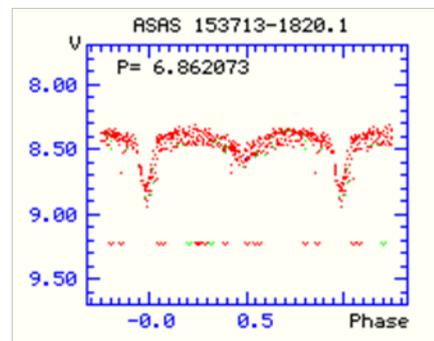


ターゲットの変更

その後、オブジェクトを変更して新たな観測プログラムを開始しています。観測の目的を「周期が未定の食変光星の周期決定」としました。ターゲットの選定方法は、まず GCVS に周期の記述が無い物を抽出します。さらにその星々が BAV, BRNO, AAVSO, Krakow, Bob Nelson, ...を調べて周期の記載が無い物に絞ります。ここで周期の記載があったとしても極小観測数が3個以内で周期決定されている物は周期未定としました。しかし、そのような状態でも ASAS-3 で正しく周期が求められている物もあります。たとえば、IV Lib は GCVS には周期の記載がありません。

BAV は周期を求めています。2つの観測から求めています。ルール上は観測対象になりますが ASAS-3 を調べると、このグラフのように見事な光度曲線が得られていました。従いまして最後に ASAS-3 も調べて、それでも周期が未定の物を観測するようにしています。

遠回りしてしまい観測は始まったばかりです。結果が得られたら変光星観測者会議で発表します。



デジタル一眼レフカメラによる測光観測の検証

今村 和義 (岡山県岡山市)

E-mail: imako@pc.117.cx

1. はじめに

近年、デジタル一眼レフカメラ(Digital Single-Lens Reflex camera; DSLR)の普及と低価格化に伴い、デジカメを測光観測や新天体サーベイなどに用いる観測者が増えつつある。今日における変光星の観測手法は、伝統的な眼視観測と、冷却 CCD カメラによる測光観測が主流となっており、デジカメが第三の観測手段として期待されている。さらにデジカメは冷却 CCD カメラに比べて安価で、センサーのサイズが大きく、交換レンズが豊富などといったメリットがある。

これまでデジカメの測光値に対する検証は、大金要次郎氏や永井和男氏によって行われている。大金(2009)によれば、RGB 画像のうち G 画像の測光値は、Tycho-2 星表の VT 等級と強い相関がある事が知られている。しかし B, R 画像の測光値に対しては未検証であり、また R, G, B 画像の分光感度特性に関しても調査はなされていない。

このような流れを受け、R, G, B 画像に対する測光値の検証を行い、標準システム(B, V, Rc)への変換を試み、加えて各画像の分光感度特性について調査を行った。さらに差測光(differential photometry)の検証も行ったので、これらの検証結果について報告する。

2. 観測とデータ処理

2-1. 機材と撮影

観測に用いた機材は以下のとおりである。撮影時は F1.8 から F4 に絞り、ピント ∞ 、ISO800、露出 15 秒で撮影した。記録は JPEG ではなく RAW(12bit)である。また恒星時追尾は行っておらず、固定撮影となっている。

- Canon EOS kiss Digital N
- OLYMPUS OM F.Zuiko 50mm F1.8
- カメラ用三脚



図 1. EOS kiss Digital N + OM F.Zuiko
50mm F1.8

2-2. 検証領域

検証する領域は、天頂付近で観測できるはくちょう座を選んだ(図 2)。EOS kiss Digital N の CMOS センサーのサイズは $22.2 \times 14.8\text{mm}$ なので、焦点距離 50mm のレンズを使用した場合、画角はおおよそ $24^\circ \times 16^\circ$ となる。図 2 の中から約 30 個の星を用いて検証を行っている。

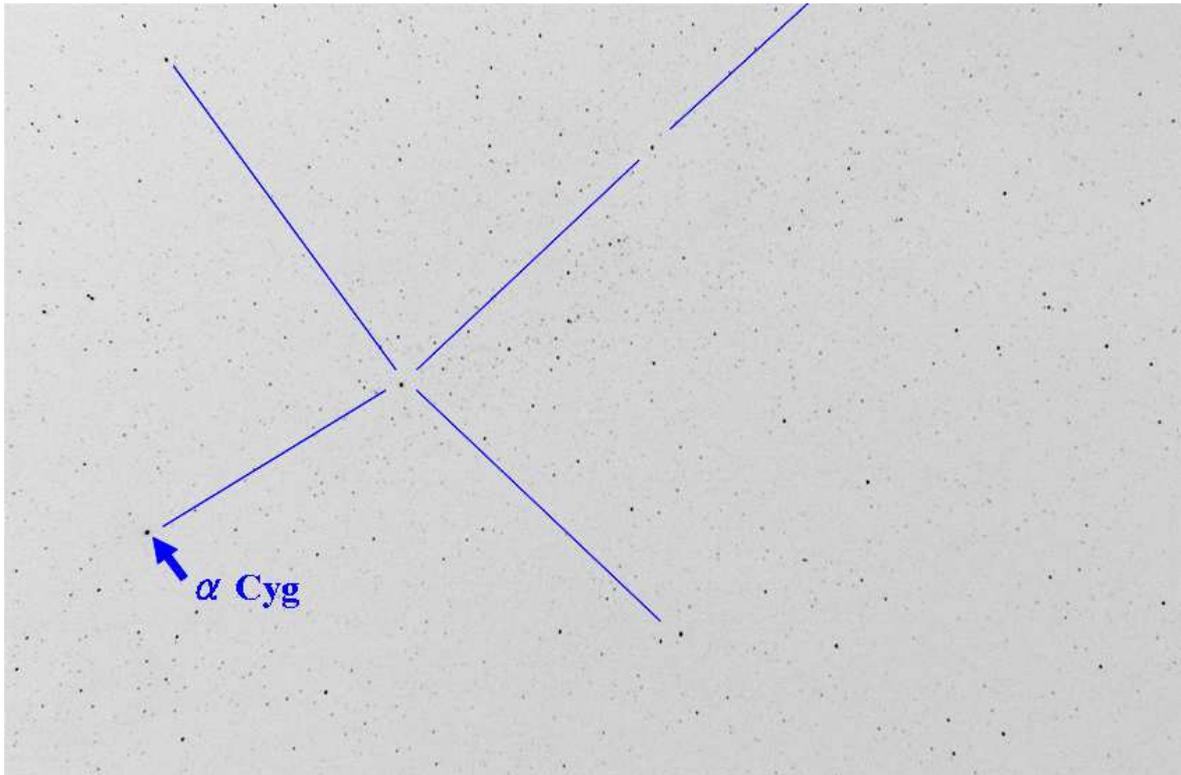


図2. 検証に用いた画像(G画像). 画角は約 $24^\circ \times 16^\circ$ となっている.

2-3. データ処理

RGBの分解にはフリーソフトであるIRIS (Ver. 5.57)を用いた。IRISはデジカメで撮影されたRAWデータを読み込み、R, G, Bに分解後はFITS形式で保存することができる。また測光にはAIP4Win (Ver. 2.3.1)を用いた。測光の手法は開口測光(aperture photometry)である。さらに測光する星はカウント値が飽和していないかをチェックする必要がある(図3)。データは12bitで記録されているため、諧調は4096カウントと考えられる。ここでは4000カウント未満の星を測光の対象とした。

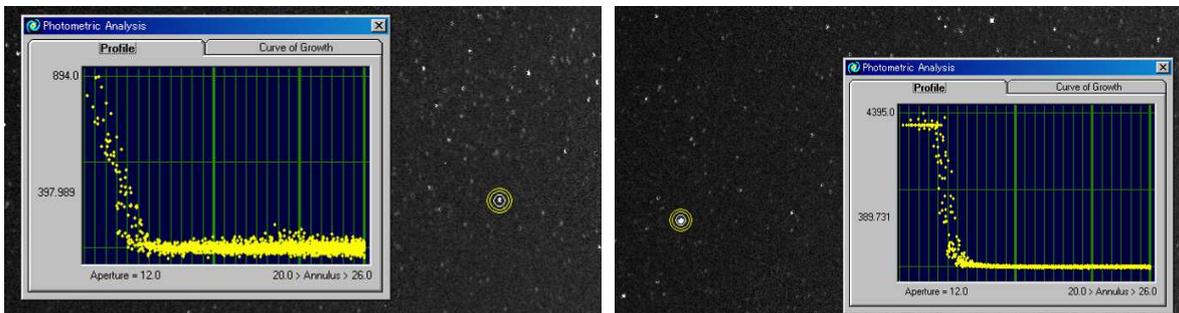


図3. 飽和のチェック例. 左図は飽和していないが、右図は飽和していることがわかる.

3. 測光の結果

3-1. G 画像の測光値

図4は横軸に Tycho-2 の VT 又は V 等級をとり、縦軸に G 画像の測光値をとったグラフである。VT 又は V 等級と測光値を比較した結果、G 画像の測光値は V より VT のほうが、関係性が強く現れていた。しかし V との比較でも比較的良い関係性が確認できる。

3-2. B 画像の測光値

図5は横軸に Tycho-2 の BT 又は B 等級をとり、縦軸に B 画像の測光値をとったグラフである。BT 又は B 等級と測光値を比較した結果、B 画像の測光値は BT より B のほうが、関係性が強く現れていた。しかし、G 画像で見られたような強い関係性には至っていないことがわかる。

3-3. R 画像の測光値

図6は横軸に Rc 等級をとり、縦軸に R 画像の測光値をとったグラフである。Rc 等級と測光値を比較した結果、R 画像の測光値は、Rc とそれなりの関係性が見受けられる。しかし B 画像と同様に、G 画像で見られたような強い関係性には至っていないことがわかる。また測光誤差は G, B 画像に比べて大きい傾向が見られた。

ここで Rc 等級は Landolt (1983) に記載されている B-V と V-R から変換係数を求め、

$$R = -0.560(B-V) - 0.019 + V \quad (1)$$

(1)式より Tycho-2 の B, V から R へ変換し、これを暫定的に Rc とした。

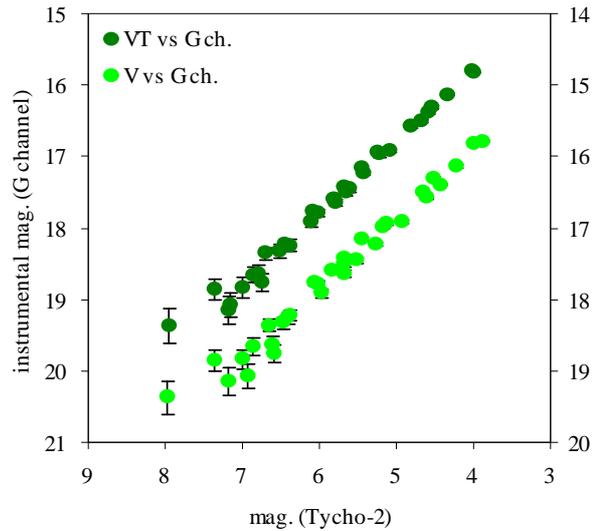


図4. G 画像の測光値と VT or V 等級との比較

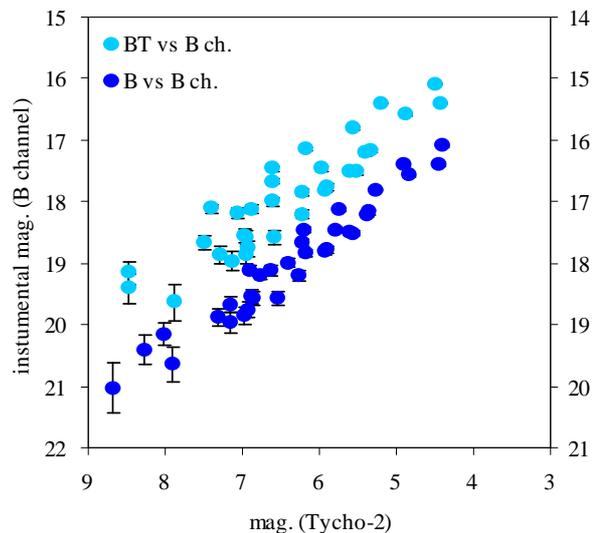


図5. B 画像の測光値と BT or B 等級との比較

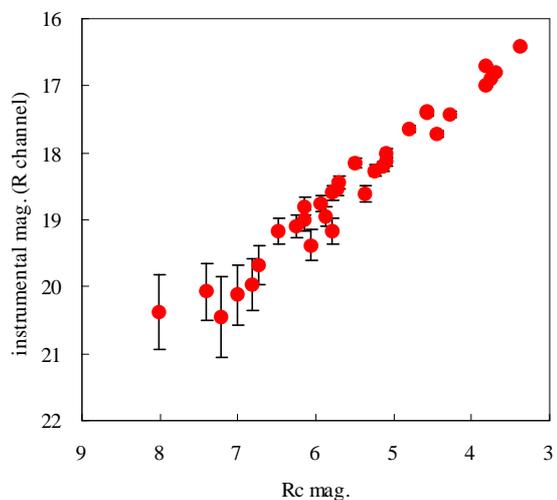


図6. R 画像の測光値と Rc 等級との比較

4. 分光感度特性

スペクトルの撮影には岡山理科大学田辺研究室の実験室用分光器(島津製作所)を用いた。光源には白熱球、分散素子には回折格子(200 per mm)、比較光源には水素のスペクトル管を使用し、波長較正は $H\alpha$ と $H\beta$ の二本で暫定的に行っている。

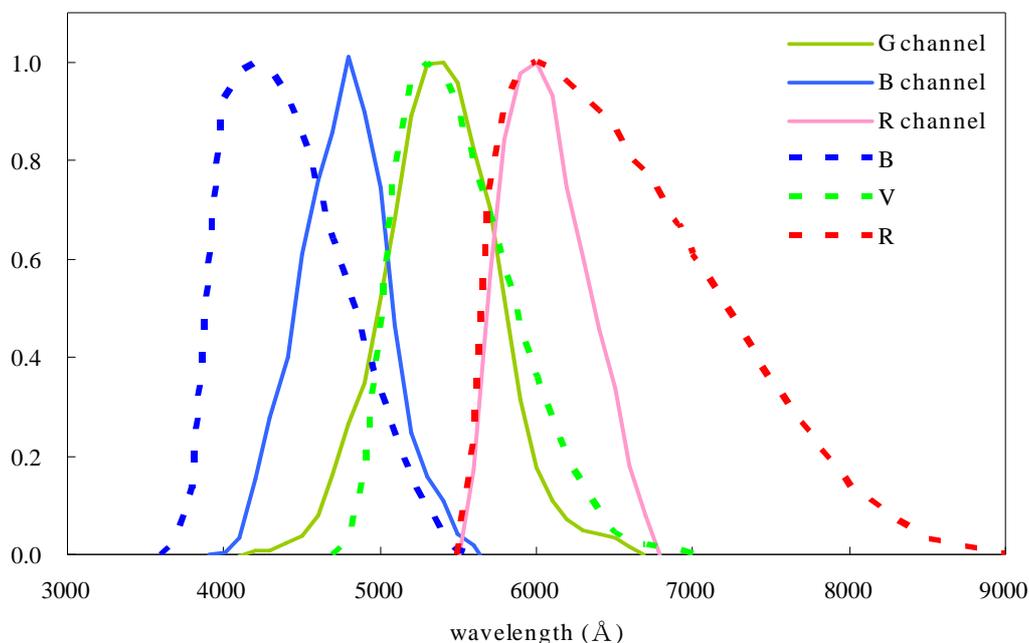


図7. R, G, B 画像の分光感度特性(EOS kiss Digital N における)

実線が R, G, B 画像の分光感度特性になる。比較のために標準システムの分光感度特性を破線で示す。

各画像(R, G, B)の分光感度特性を図7に示す。G 画像は標準システムの V と比較的プロファイルが似ているが、B 画像は標準システムの B と比べて、ピーク波長が約 600\AA ずれていることが判明した。さらに R 画像は標準システムの R と比べ、ピーク波長は概ね一致するが、 6000\AA 後半から感度がまったく無いことがわかる。

5. 標準システムへの変換

R, G, B の各画像で得た測光値を器械等級 b, v, r とし、標準システムの値を B, V, Rc とし、以下のような2変数の式を考え

$$B - b = (b - v)x_b + (v - r)y_b + z_b \quad (2)$$

$$V - v = (b - v)x_v + (v - r)y_v + z_v \quad (3)$$

$$Rc - r = (b - v)x_r + (v - r)y_r + z_r \quad (4)$$

各係数(x, y, z)を最小二乗法で求めた。計算には R 言語を使用した。ここで標準システムへの

変換結果を図 8 に示す。図 8 左は横軸に標準システムの等級値(カタログ値)をとり、縦軸に変換後の等級値をとったグラフである。いずれのバンドもほぼ一直線になり、およそ 0.1 等以内に変換することが出来た。しかし中には 0.1 等以上外れる場合もある(図 8 右)。

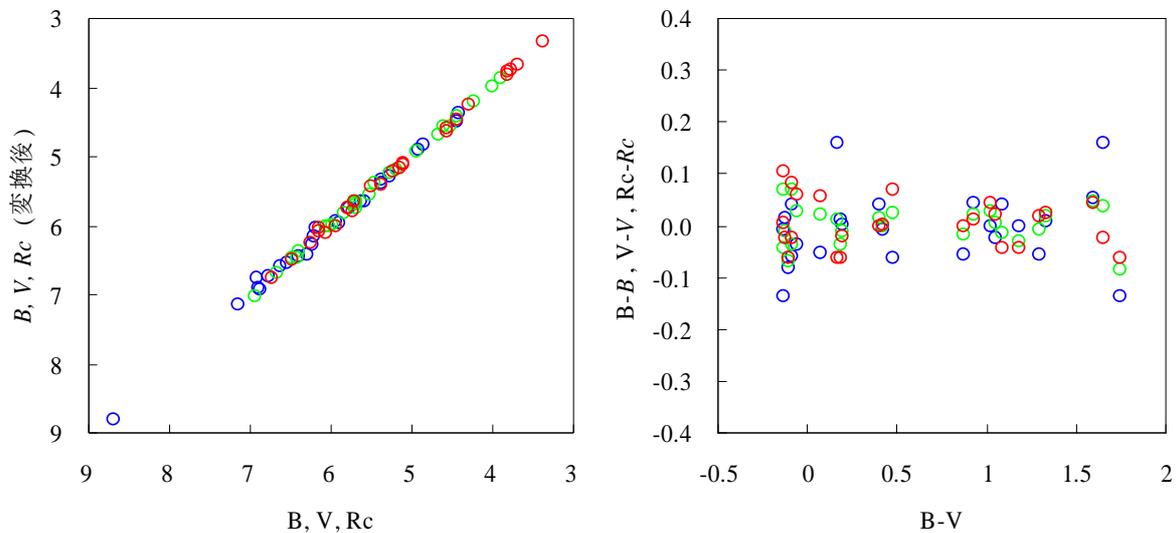


図 8. 標準システムへの変換結果.

青印が B 等級、黄緑印が V 等級、赤印が Rc 等級を表す。ここでは変換後の値を B, V, Rc (斜体) で表している。右図はカタログ値と変換値との残差を色(B-V)に対してプロットしたもの。

6. 差測光の検証結果

ここでは以下の点について留意し、比較星を決めて G 画像に対して差測光を行った。

- 比較星の色(B-V)は目的星から ± 0.4 以内の星を選ぶ。
- 比較星は目的星より位置的になるべく近い星を選ぶ。

差測光で得られた値に、Tycho-2 の V 等級を足すと、カタログ値に対してほぼ一直線になるような結果が得られた(図 9)。なお比較的明るい星どうしの差測光なら、誤差は 0.04 等程度に抑えられる。

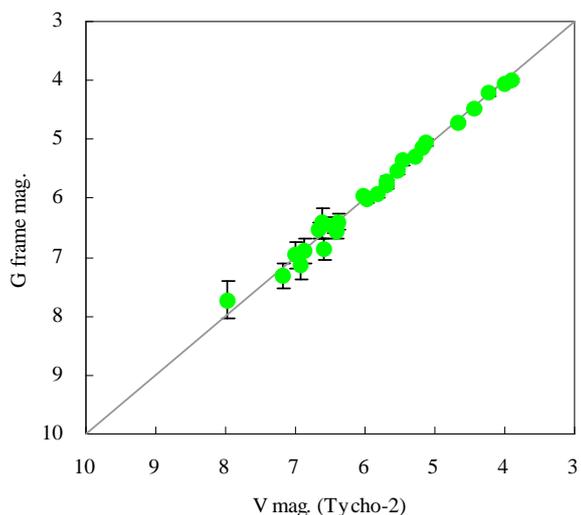


図 9. G 画像に対する差測光の結果.

7. まとめと今後の課題

以上のような結果を踏まえて、以下のようにまとめられる：

- ① 50mm レンズ(F1.8→F4)、15 秒露出、固定撮影で約 8 等台まで測光可能。非常に手軽な観測手法と言える。
- ② R, G, B の各画像は、とりわけ G 画像が標準システムの VT or V と強い相関関係があると見られる。これは G 画像の分光感度特性が、V バンドと非常に近いことに起因すると考えられる。
- ③ 標準システムへの変換は概ね良い結果が得られる(特に V バンドへの変換)。しかし 0.1 等以上外れる場合もある。これは広視野であるため、他の星をブレンドして測光した可能性や、dark や flat を補正していないことが原因の一つではないかと考えられる。
- ④ G 画像を差測光した結果、V 等級に近い測光値が得られた。デジカメでも差測光で変光星の観測が十分可能と思われる。

今後の課題としては、以下の点が挙げられる：

- ① 一次処理用のダークフレームとフラットフィールドの検討。
- ② ガイド撮影で露出時間を延ばし、さらに暗い天体の測光。
- ③ 他の機種や他社のデジカメではどのような結果になるのか。

最後になりましたが、本研究を行うにあたり筆者の Blog や VSOLJ のメーリングリスト、さらに発表会場において、多くの方々からご指摘、ご助言を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

8. 参考資料

- 大金要次郎, 「天体観測の教科書変光星観測, 4-3 デジタルカメラによる観測」, 誠文堂新光社, 2009
- 大金氏の HP (<http://homepage2.nifty.com/h-ao/index.htm>)
- 大沢清輝, 「星の色」, 地人書館, 1984
- 永井氏の HP (<http://eclipsingbinary.web.fc2.com/>)
- Berry, R. & Burnell, J., *The handbook of astronomical IMAGE PROCESSING*, Willmann-Bell, Inc., 2005
- Bessell, M. S., *ARA&A*, 2005, **43**, 293
- Henden, A. A. & Kaitchuck, R. H., *Astronomical Photometry*, Willmann-Bell, Inc., 1982
- Høg, E. et al., *A&A*, 2000, **355**, L27-L30
- Landolt, A. U., *AJ*, 1983, **88**, 439

δCep 型、RVTau 型の観測と周期の考察 (δCep, ηAql, ζGem, RSct, UMon)

齊藤昌也 (VSOLJ)

1. δCep 型変光星の観測

δCep 型変光星は一般にセファイドあるいはケフェイドと呼ばれる規則的に変光する脈動変光星です。周期は 1 日から 70 日で、振幅は 1 等前後、スペクトル型は F-G の超巨星です。

私は δCep 型の明るい 3 星 δCep、ηAql、ζGem を 2007 年 1 月から観測していますので、その簡単な報告を行い、周期について考察いたします。なお、観測は、7x50、8x42 双眼鏡を用いた眼視観測です。

以下に 3 星の観測した光度曲線を示します。各光度曲線は、カタログ(GCVS)に掲載してある周期と元期から位相を求めて、それを横軸に取っております。示した周期はカタログの値です。

δCep 周期:5.366341 日

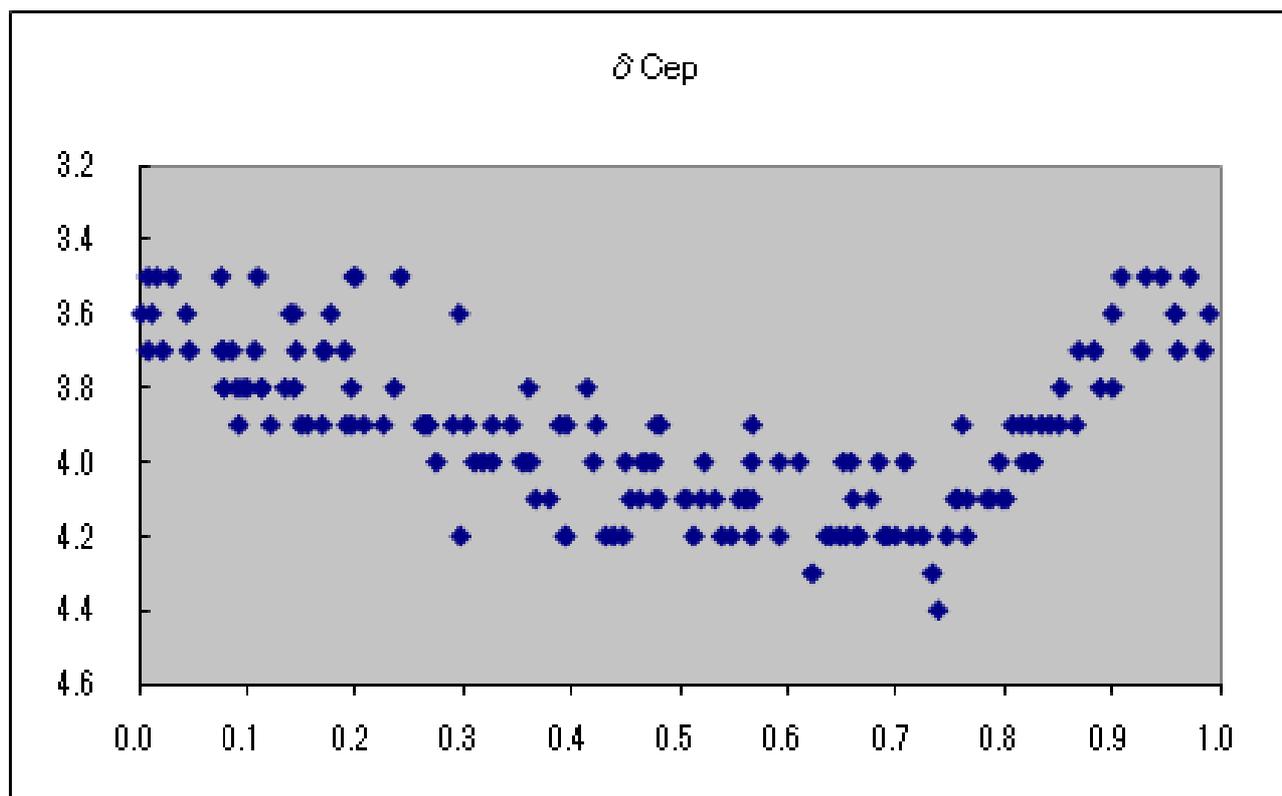


図 1 δCep の光度曲線

η Aql 周期:7.176641 日

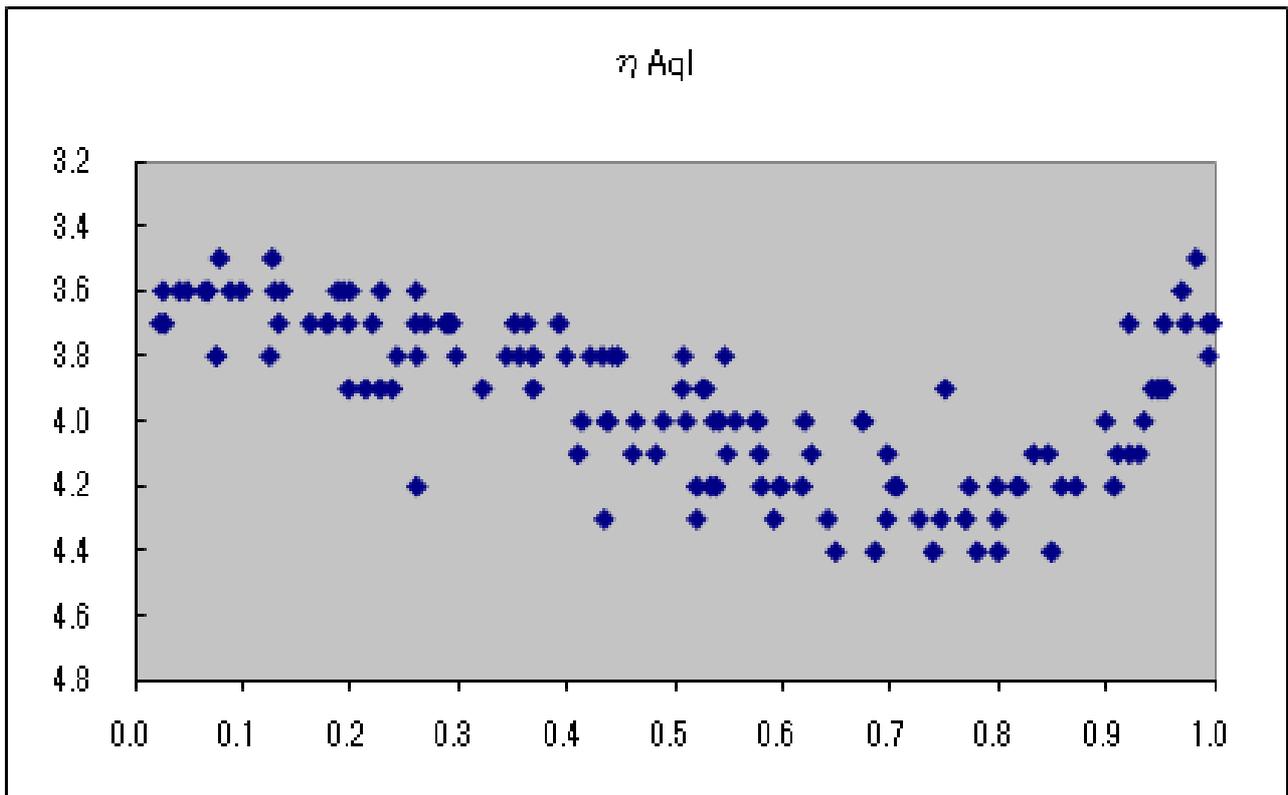


図2 η Aql の光度曲線

ζ Gem 周期:10.15073 日

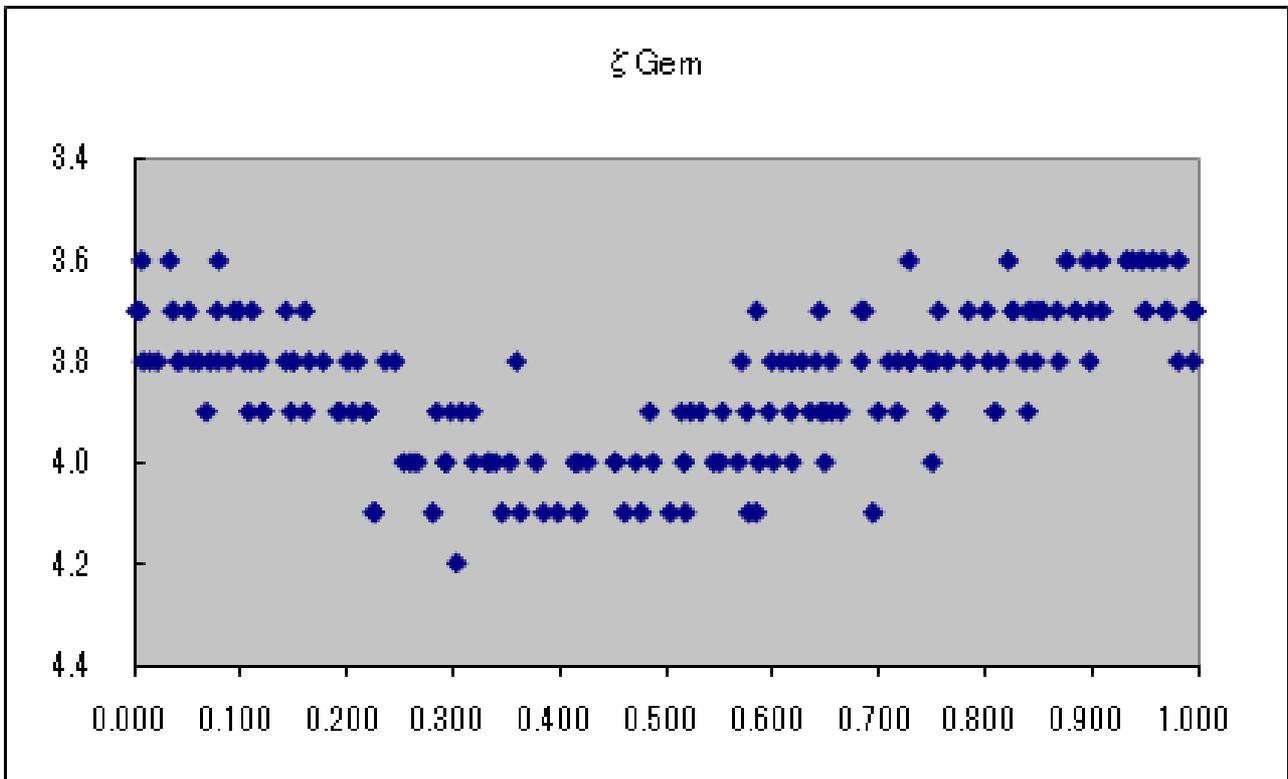


図3 ζ Gem の光度曲線

2. δ Cep 型変光星の周期解析

2.1 周期解析手法— PDM 法

周期解析の手法の一つに PDM (Phase Dispersion Minimization) 法があります。この方法の手順は次の通りです。

- (1) 周期を仮定
- (2) 位相 0-1 を一定の区間に分割
- (3) 各区間ごとに値の統計的分散値を計算
- (4) (3)の分散値が極小になる周期を導出

下の図に一例を示します。これは位相を 10 に区切ったもので、各区切られた部分で分散を計算して、その値を平均することになります。今回は、この区切り方を色々変えて 29 種類の区切り方を用いました。それぞれの区切り方で求められた周期の平均値を周期とし、標準偏差を誤差といたしました。

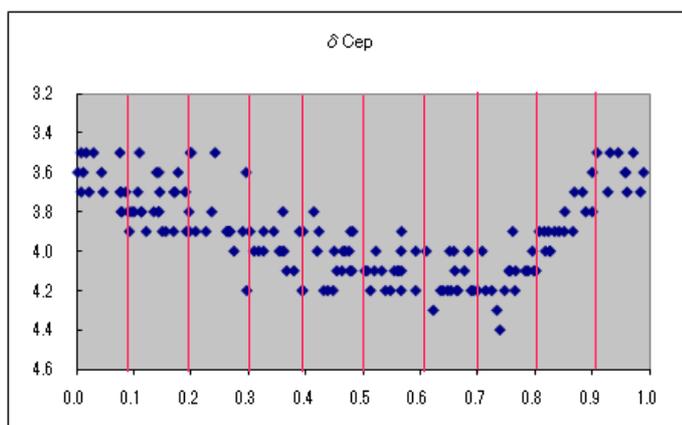


図 4 位相の区切り方の一例

この周期解析方法の特長として次のことが挙げられます。

- 正弦波でなくてもよい
- 等間隔データでなくてよい
- 極大日時を求めなくてよい

2.2 周期解析結果

周期解析結果を下の表に示します。

	周期(日)	データ数	GCVS 周期(日)
δ Cep	5.36599±0.00045	162	5.366341
η Aql	7.17637±0.00151	134	7.176641
ζ Gem	10.14716±0.00187	171	10.15073

2.3 δ Cep 型変光星の進化による周期変化

δ Cep 型変光星は HR 図上では、主系列星の右上、超巨星領域にかけて細い帯状の部分に分布しています。この帯状の部分はセファイド不安定帯と呼ばれています。例えば、太陽の 7 倍の質量の星の場合、主系列から進化したあと HR 図上右の方に移動し、1 回セファイド不安定帯を横切ります。その後の進化でさらに何回かセファイド不安定帯を横切ります。セファイドの周期は光度が同じならば赤い星(HR 図上の右側)の方が青い星(HR 図上の左側)の方より周期が長いことが理論的に知られていますので、HR 図上右に移動する時は周期が長くなり、左に移動する時は周期が短くなります。下の図はセファイドの進化の様子を HR 図で示した参考図です。

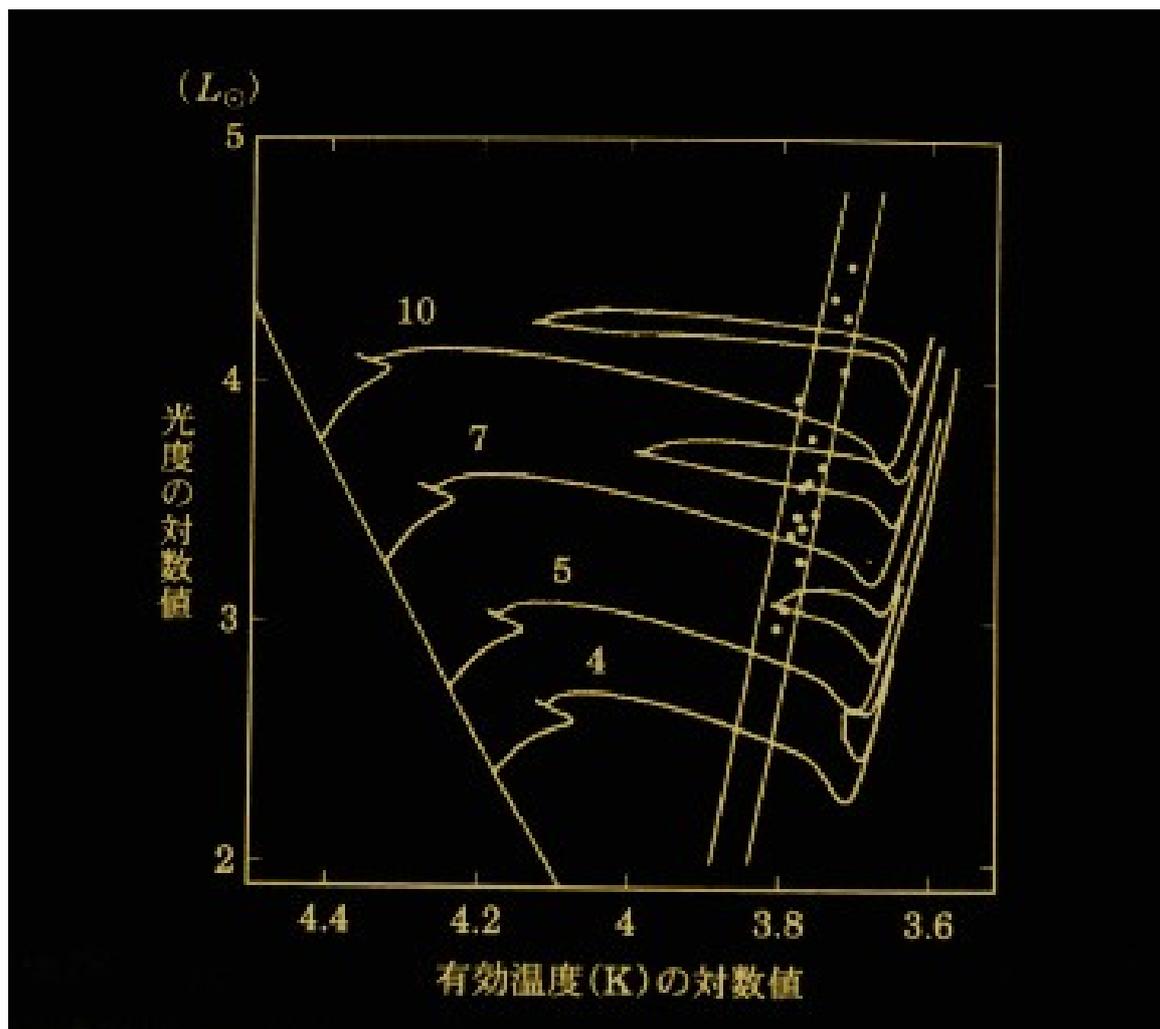


図5 セファイド不安定帯と恒星の進化 (現代の天文学「恒星」より)

実際にこのような恒星の進化による周期変化が観測によって分かるのか、VSOLJの1910年前後のデータから同様に周期解析をして周期を調べてみました。結果を次の表に示します。

	周期(日)	データ数	GCVS 周期(日)
δ Cep	5.36585±0.00051	206	5.366341
η Aql	7.17643±0.00112	118	7.176641
ζ Gem	10.15322±0.00157	109	10.15073

現在と 100 年前の周期を比較すると次の表のようになります。

	100 年前の周期(日)	現在の周期(日)
δ Cep	5.36585±0.00051	5.36599±0.00045
η Aql	7.17643±0.00112	7.17637±0.00151
ζ Gem	10.15322±0.00157	10.14716±0.00187

以上から周期変化の大きさは次の表のようになります。参考に Szabados(1980,1981)が数多くのセファイドの周期変動を観測データから求めた値を掲載します。

	本原稿(日/100 年)	Szabados(日/100 年)
δ Cep	-0.00083 ~ +0.00111	-0.00010
η Aql	-0.00271 ~ +0.00259	+0.00022
ζ Gem	-0.00959 ~ -0.00265	-0.00376

2.4 δ Cep 型変光星の周期に関するまとめ

(1)眼視観測でも 3 年程度(晴れた夜に 1 回観測)の観測から 0.001 日(分程度)の精度で周期が求められました。

(2) ζ Gem については 100 年前の周期より短くなったことが見出されました。

(3) δ Cep と η Aql は 100 年前の周期と 0.001 日の精度内で一致し、100 年での周期変化は 0.0001 日程度なので、周期変化を見出す精度ではありませんでした。

(4) ζ Gem の周期変化程度以上(周期 10 日以上)ならば眼視観測と PDM 法で進化による周期変化検出可能であることが分かりました。

3.RVTau 型変光星の観測

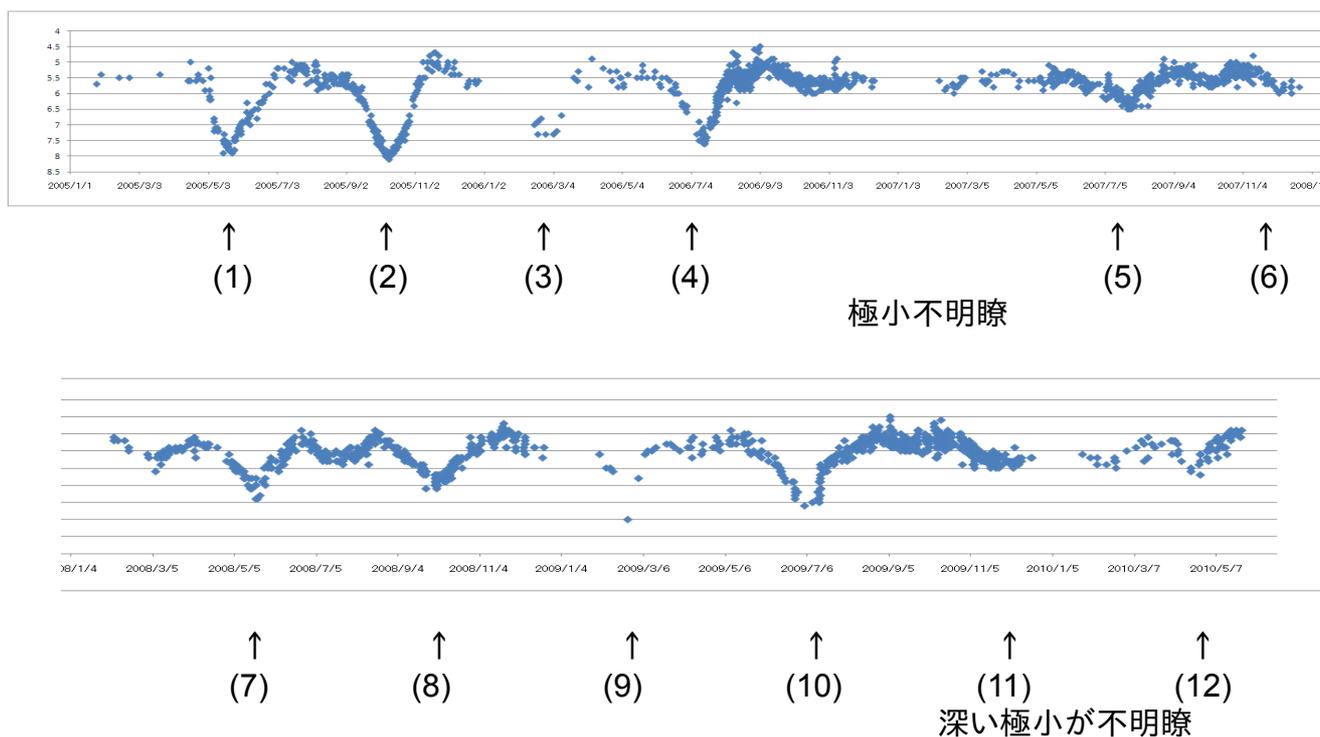
RVTau 型変光星はやや不規則に変光する脈動変光星で、深い極小と浅い極小を交互に繰り返すことが特徴的です。この深い極小と浅い極小は入れ替わったり、差がなくなったりすることもあります。周期は深い極小間の時間と定義されています。

RVTau 型変光星は RVa 型と RVb 型に細分され、RVb 型は脈動による短周期の変光に加えて長周期の変光があります。

私は、RVTau 型変光星のうち代表的な明るい 2 星 RSct と UMon を 2006 年から観測していますので、最近のこの 2 星の振る舞いについて見ていくことにします。なお、観測は 7x50、8x42 双眼鏡及び、11cm 望遠鏡での眼視観測です。

3.1 RSct

RSct は RVa 型で周期は 146.5 日です。VSOLJ の最近の眼視観測から作成した光度曲線を下の図に示します。矢印は推定される深い極小です。



深い極小を表にすると次のようになります。

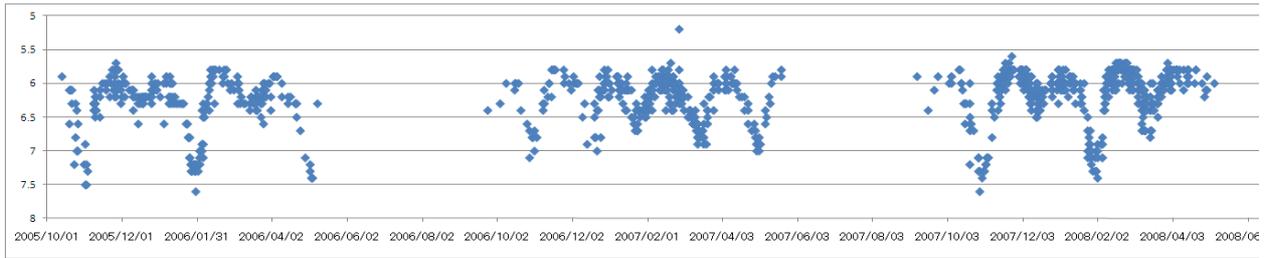
番号	日付	等級	間隔(日)
1	2005/05/22	7.8	
2	2005/10/09	8.0	140
3	2006/03/01	7.3	143
4	2006/07/16	7.5	137
5	2007/07/27	6.4	376
6	2007/12/04	6.0	130
7	2008/05/21	6.8	169
8	2008/09/30	6.4	132
9	2009/02/21	7.5	144
10	2009/07/03	7.1	132
11	2009/12/04	5.9	154
12	2010/04/17	6.1	134

2006 年後半から 2007 年前半にかけて極小が不明瞭になっていて、この間の極小間隔 376 日は周期 146.5 日の倍数ともかけ離れていることから、この期間は何か乱れた状態であると推定できます。

また、2009 年後半以降、深い極小がはっきりしなくなっていますので、今後の観測に注目です。

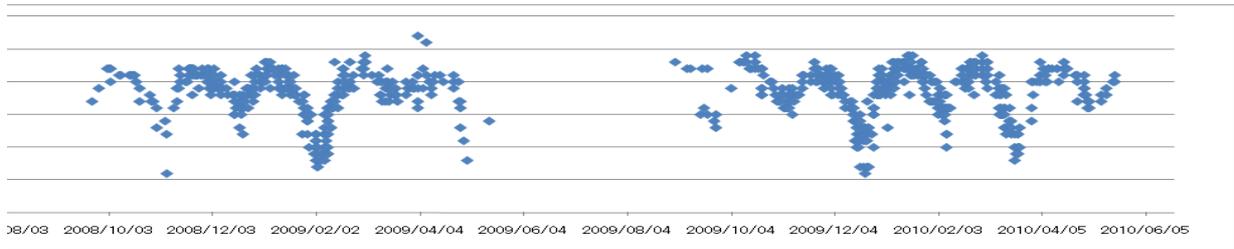
3.2 UMon

UMon は RVb 型で周期は 91.32 日です。VSOLJ の最近の眼視観測から作成した光度曲線を下の図に示します。矢印は推定される深い極小です。



↑ (1) ↑ (2) ↑ (3) ↑ (4) ↑ (5) ↑ (6) ↑ (7)

深い極小と浅い極小の差不明瞭



↑ (8) ↑ (9) ↑ (10) ↑ (11) ↑ (12) ↑ (13)

深い極小と浅い極小が逆転

深い極小を表にすると次のようになります。

番号	日付	等級	間隔(日)
1	2005/11/03	7.4	
2	2006/01/29	7.3	87
3	2006/05/03	7.4	94
4	2006/10/29	6.9	179
5	2007/05/02	6.9	185
6	2007/10/28	7.4	179
7	2008/01/30	7.2	94
8	2008/11/05	6.9	280
9	2009/02/03	7.1	90
10	2009/05/02	7.2	88
11	2009/09/24	6.6	145
12	2009/12/21	6.9	88
13	2010/03/21	7.0	90

2006 年後半から 2007 年前半にかけては深い極小と浅い極小がほぼ同じ明るさとなり、差が不明瞭になっていました。また、深い極小の番号(10)と(11)の間の間隔が 145 日ですが、これは周期の約 1.5 倍であることから、2009 年後半以降深い極小と浅い極小が入れ替わったことがわかります。この状態がいつまで続くのか今後の観測に注目したいところです。

参考文献

- | | |
|-------------|---|
| GCVS | http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/gcvs |
| 現代の天文学 7.恒星 | 日本評論社 (2009) |
| Szabados | Mitt. Sternw. ung. Akad., Budapest, No.76-77 (1980,1981) |

Light curve analysis of eclipsing binary V1055 Herculis

神奈川県 永井和男 pxs10547@nifty.ne.jp

長野県 塩川和彦 kshiokaw@ctknet.ne.jp

はじめに

V1055 Her は短周期の EW 型食連星である。塩川は 2010 年 5 月 2 日と 12 日に 35cm 望遠鏡で V1055 Her の CCD 測光を行った。そこで光度曲線中の歪を検出した。この系の高精度な測光は例が無く、今回の観測によって初めてディテイルを示すことができた。この歪は二つの極大等級に差がある特徴を持っている。本研究では WD code を用いて Spot model を適用し連星の諸量と Spot を見積もった。今回は解析時間が十分に取れず、O-C の評価は行っていない。従って基礎的検討となる。

測光観測

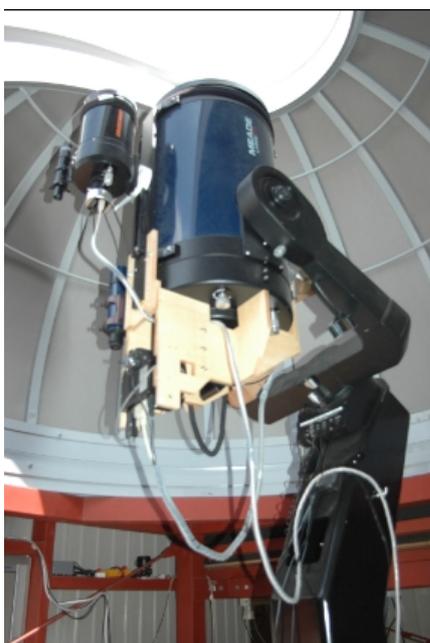


図-2: 塩川の観測所、主鏡は Meade 製 35cm シュミットカセグレン望遠鏡、CCD は SBIG 製 ST-9E、測光は Rc バンドで行った

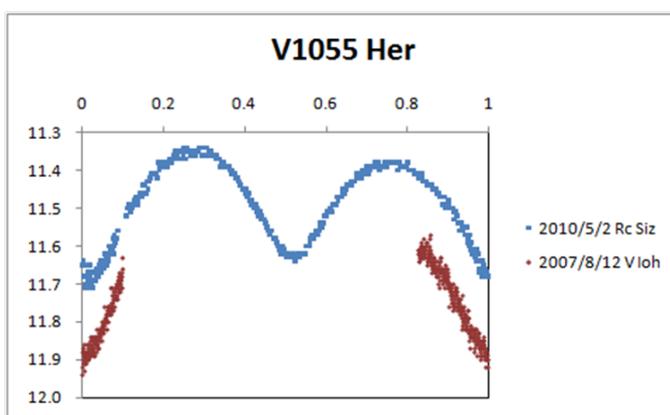


図-1: 2010 年 5 月 2 日の塩川の観測、Rc バンドで測光した。VSOLJ では 2007 年に伊藤(東京都)の観測がある。伊藤の観測は主極小の極小時刻を観測したもので光度曲線のディテイルは示されなかった。

塩川は 2010 年 5 月 2 日に V1055 Her の測光観測を行った。

測光バンドは Rc である。その観測で二つの極大等級の差を検出した。この観測は全位相を観測出来ていた。しかし、主極小が低空と薄暮のためスキヤッタが大きいと判断し 5 月 12 日に追加の観測を行った。両日の観測は一致しており光度曲線の歪はリアルなものである。12 日の観測は前半においては初日の観測よりスキヤッタの少ないものだが、

後半はスキヤッタが多く欠測もある。

撮影には自動撮影ソフトのステラギアを用いた。測光ソフトは FitsPhot4.48 を用いた。アパチャーサイズは半径 11 ピクセルとした。比較星は TYC3090-17-1(V=11.19, B-V=0.99) で $Rc = V - 0.5 \times (B - V)$ の換算式で、比較星の Rc 等級を 10.61 等とした。比較星とチェック星の標準偏差を観測のエラーとした場合、5 月 2 日は ± 0.012 等、5 月 12 日は ± 0.009 等となった。僅かだが 5 月 12 日の方がスキヤッタの少ない観測と言える。

V1055 Her の発見と研究

2001 年 ROTSE 全天サーベイによって発見され ROTSE1 J172023.86+411515.3 は NSVS 5336210 とされた。のちに 77th Nama-List, Kazarovets, E.V. et. Al.(2003) で V1055 Her とされた。極小時刻の観測報告は多数ある。IBVS だけを調査しても IBVS5438, 5543, 5657, 5713, 5731, 5781, 5802, 5820, 5871, 5874, 5875, 5918, 5920 がある。これらは BBSAG、BAV など欧州の観測

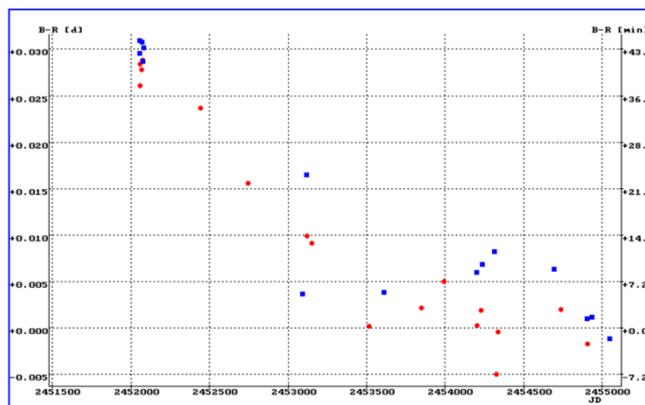
報告である。一方、研究・解析のレポートは無く発見報告の IBVS5192 が唯一の研究論文と言える。同時に今回の様な光度曲線の歪を指摘する論文も無い。発見報告では全位相の観測を行って光度曲線を示しているがスキヤッタが多く詳細が読みとれない。従って塩川(2010)の観測によって初めて光度曲線のディテイルが示された事になる。

極小時刻の観測

極小時刻の観測が多くあり周期変化の議論が出来る。しかし、ここでは周期変化を論点としないので簡単に紹介だけ行う。

GCVSに V1055 Her の Light Element は記載されていない。発見報告では H.J.D. min=2452056.3775+0.315408xE (IBVS5192)となっている。

図-3の O-C 曲線は BAV が作成したもので J.M.Kreiber の要素を用いている。



H.J.D. min=2452500.1300+0.315412xE (J.M.Kreiner)

図-3: BAV の O-C 曲線、観測の全てが CCD によるもの。この中には伊藤(2007)の観測もある。伊藤の観測は VSOLJ プレテンから引用されている

観測は全てが CCD によるもので、中には 2007 年の伊藤の観測も含まれている。O-C Curve は一つの直線には見えない。放物線か二つの直線の様である。二つの直線の場合は 2453500 付近で周期変化があったと思われる。放物線とすると現在はボトムにいるようだ。いずれにしても現時点で J.M.Kreiner の予報は観測と一致するだろう。

ROTES と VSOLJ の光度曲線

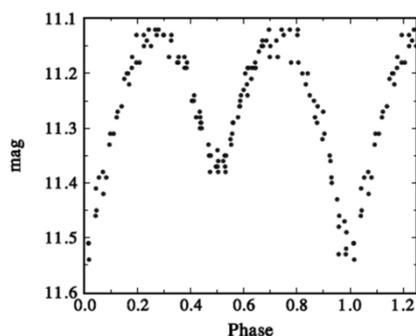


図-4: ROTES の観測による光度曲線。15cm 望遠鏡に ST-7 を付けて観測している。

図-4 は ROTES の光度曲線である。観測は 15cm に SBIG 製 ST-7 冷却 CCD カメラを付けて行っている。フィルターは用いていない。15cm に ST-7 の組み合わせならばより高い精度で観測出来そうだが、この観測は十分な精度ではない。特に極大等級を読み取りたいのであるが複数の線となっており読みとれない。

VSOLJ には 2010 年の塩川の観測以外に 2007 年の伊藤の観測がある。この観測は主極小の極小時刻を観測したもので光度曲線の全体を取得する目的では観測されていない。

V1055 Her の発見が 2001 年で GCVS の命名が 2003 年なので 2007

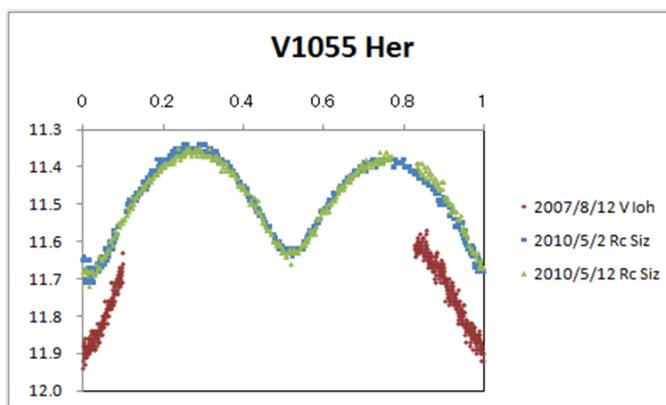


図-5: VSOLJ の観測による光度曲線。2007 年の伊藤の観測と 2010 年の塩川の観測がある。伊藤の観測は主極小時刻を観測したもので、塩川の観測は全位相をカバーしている。

年の伊藤の観測は発見からあまり時間が経っていない時期に観測されている。塩川の観測で二つの極大の明るさに違いがあり最初の第一極大の方が明るくなっている事がわかった。これを大規模黒点群のような Spot の影響と考えて光度曲線合成法を用いた解析を行った。

解析に先だって観測された光度曲線の問題を解決する必要がある。それは 5 月 2 日と 12 日の観測で一致していない部分がある。

まず、第一極大のピークが一致していない点がある。それは 5 月 2 日の観測を見ると極大部分が二つの線にわかれており、下の線が 5 月 12 日と一致している。5 月 12 日の観測の方が測光エラーは少ないので 5 月 12 日と一致する方の観測を採用することにした。

次に 5 月 12 日の副極小に欠測とバラツキがあり、この部分のデータを採用しない事にした。

解析に用いる周期は ROTES の 0.315408d を採用した。この周期で元期が一致するように補正を行った。解析用の Light Elements は以下ようになった。

$$\text{H.J.D. min}=2452056.3838+0.315408 \times E \text{ (new element)}$$

解析結果

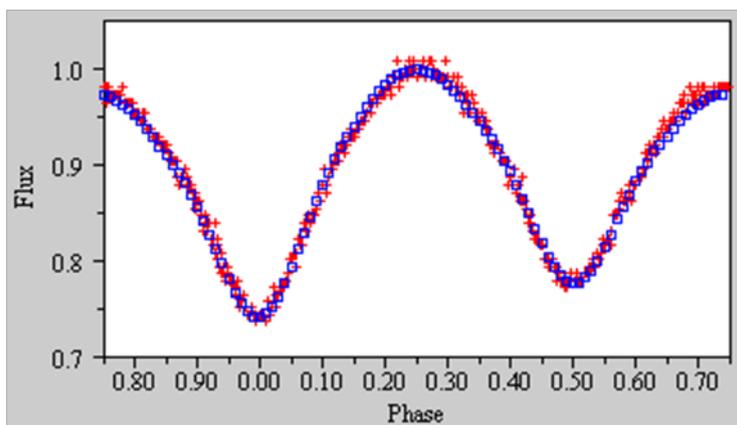


図-6: 赤は観測から得られた光度曲線で青は解析結果から求めた光度曲線。縦軸は光度で横軸は新しい要素で求めた位相

光度曲線合成法は Wilson-Devinney method(1971) を用いた。

Inclination $62.0 \pm 0.2 \text{ deg.}$
 mass ratio 0.90 ± 0.10
 Fillout 0.01 ± 0.01
 Temperature $T1=5750\text{K}$
 $T2=5600 \pm 50\text{K}$

解析時間が十分に取れず、O-C の評価を行っていない。その影響で質量比を 0.9 としたが Tolerance が 0.1 と大きな値となった。温度は B-V から Star1 の

値を決定した。充填率(Fillout)はほぼ 0 のようである。これは二つの成分星の両方が丁度内部ロッシュローブに収まった状態である。光度曲線に歪があり Spot Model で評価した。

Spot Parameters

No.	Star	Co-latitude	Longitude	Spot Radius	Temp. Factor
1	2	90	270	30	0.95
2	2	90	200	15	0.70

この諸量で大凡 Fit したと判断し今回の基礎的検討を終了した。

Spot は最低でも 2 つ有ると思われる。2 番の Spot はこの位置にあると思われるが、1 番の Spot は Star1 でもよさそうである。試しに配置してみたが簡単には Fit しそうに無く、恐らく Star2 で正しい。また、若干、北極方向へ移動させると、より Fit する傾向がある。実際に移動させると単に北へ移動させるだけでは不一致になる傾向が有り、恐らく小型の Spot が Spot2 の北側に接触している

様であり、その位置も L1 ポイントに近い方にズレていそうである。

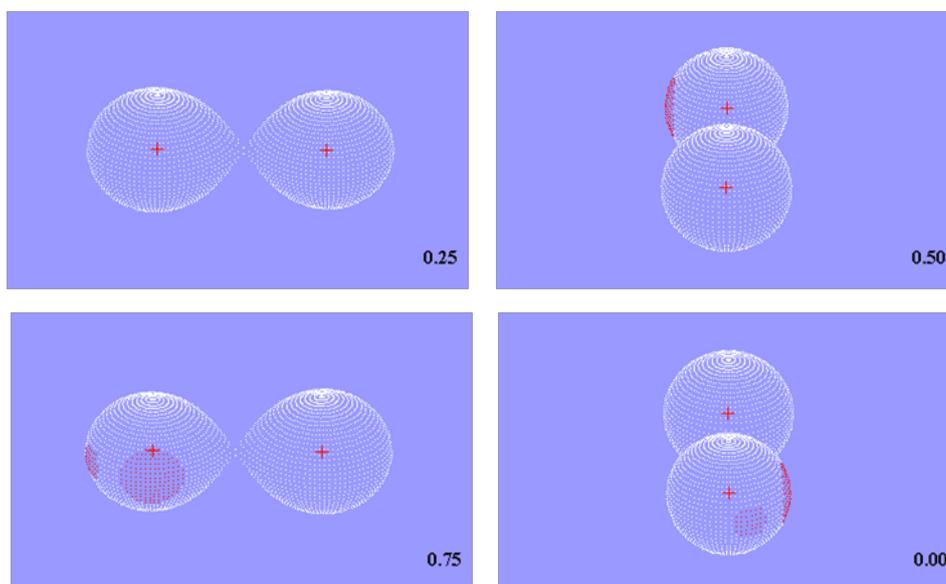


図-7: 太陽系方向から見た V1055 Her の公転の様子。Star2 の表面にある赤い斑点が赤道上に配置した Spot である。

問題点

観測から観測者会議まで一カ月しか無く解析時間が十分に取れなかった。そのため、O-C の評価が行えなかった。その影響で特に質量比の Tolerance が大きくなってしまった。Spot2 の位置や形状の検討も大凡の物となった。それでも解析結果は大凡正しいと思っている。ただし、Fillout が 0 なので Near Contact のモデルもあてはめて接触モデルとどちらが Fit するか評価する必要がある。この点が大きな課題となった。

Reference

- Kholopov P.N. et al., 1986, General Catalog of Variable Stars 4th ed.
- Kazarovets, E.V. et. Al., 2003, 77th Nama-List IBVS 5422
- Inf.Bull.Var.Stars, 5192,5438,5543,5657,5713,5731,5781,5802,5820,5871,5874,5875,5918,5920
- Lichtenknecker-Database of the BAV, <http://www.bav-astro.de/LkDB/index.php>
- VSOLJ data base, <http://vsolj.cetus-net.org/index.html>
- Wilson, R.E., & Devinney, E.J., 1971, ApJ, 166, 605

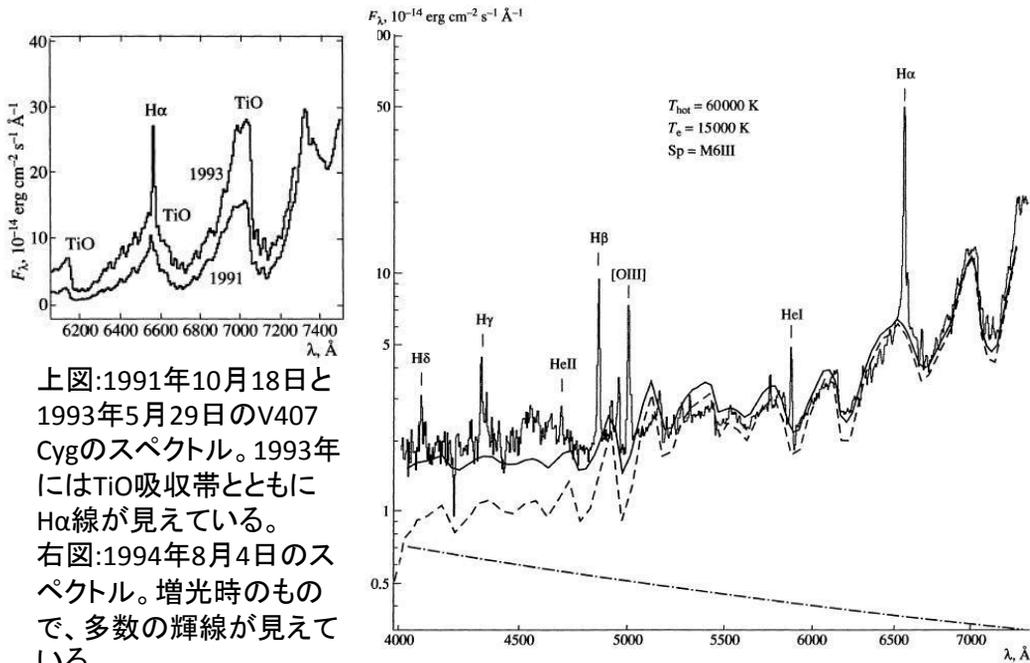
2010年3月に増光したV407 CygのBVRIyバンドの観測

2010年 変光星観測者会議 @花山天文台

大阪教育大学 中川辰一

共生星(symbiotic star)

- 共生星は白色矮星と赤色巨星の連星系。
- 分子の吸収線(低温巨星)と高励起輝線(高温プラズマ)がともに見える天体。
- 特に低温巨星がミラ型星の場合、ミラ型共生星(symbiotic Mira)とよばれる。
- V407 Cygの場合、M6-M7 red giantの放射を背景に強い輝線H α , HeI, HeII, NIII, [NII], [OIII] が観測された。またM型星の特徴であるTiO吸収帯も観測されている。(E.A.Kolotilov, U. Munari et al. 1998)



上図:1991年10月18日と1993年5月29日のV407 Cygのスペクトル。1993年にはTiO吸収帯とともにH α 線が見えている。
右図:1994年8月4日のスペクトル。増光時のもので、多数の輝線が見えている。

(E. A. Kolotilov, U. Munari et al. 1998)より

ミラ型星

- V407 Cygは745日の振動周期をもつ。(B_{max} = 2429710 + 745 × E) (Meinunger 1966)
- V407 Cygはミラ型星による星周ダストをもつ。→白色矮星の放射により非球対称。(U. Munari et al. 1990)

歴史

- V407 Cygは1936年の増光時に発見された。(B ~ 14.1) その後、3年間かけてゆっくりと減光。745日の周期でミラ型の振動を示した。(13.5 ~ 17 M_{pg}) (Hoffmeister 1949)
- 1998年に2度目の増光。1936年のものより長く、0.8等明るい極大(B ~ 13.3) (E. A. Kolotilov et al. 2003)
- 2010年3月に最も急激で明るい増光(B ~ 9)が西山さんと椋島さんによって発見された。

観測方法

- 大阪教育大学51cm反射望遠鏡+Andor CCD camera
- 観測日:2010/3/16~2010/6/30 計42晩
- 露出時間:1~60秒
- 使用フィルタ: B, V, Rc, Ic, y
- 読出時間:30秒
- Binning: 2 × 2
- 比較星: BD +45° 3368
(B=11.050, V=10.051, R=9.415, I=9.078)

処理

- データはIRAFで処理した。
- 測光はAperture photometry
- 1夜につき各バンド10枚ずつ撮影し、その測光値の平均をプロットした。エラーバーはそのときの標準偏差を示す。

大阪教育大学51cm反射望遠鏡



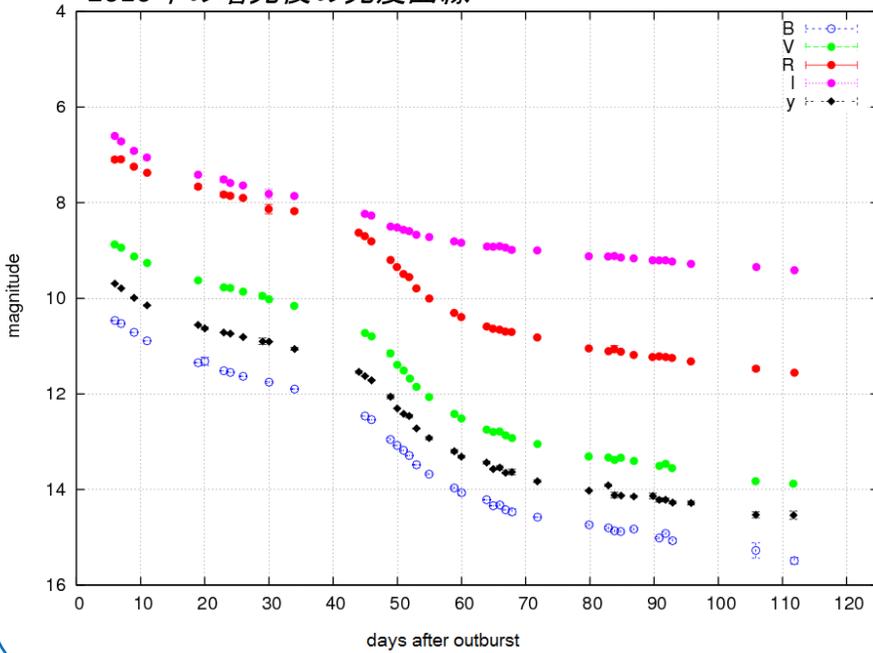
主鏡(放物面)
口径:510mm、
焦点距離:1750mm

副鏡(双曲面)
口径64mm、
焦点距離:-717mm

合成焦点距離 6000mm
合成口径比 F/12

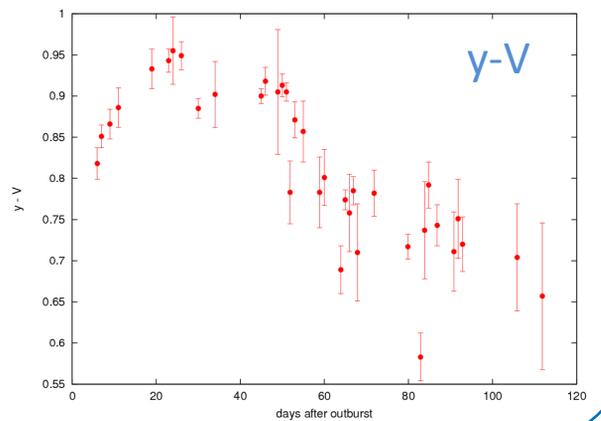
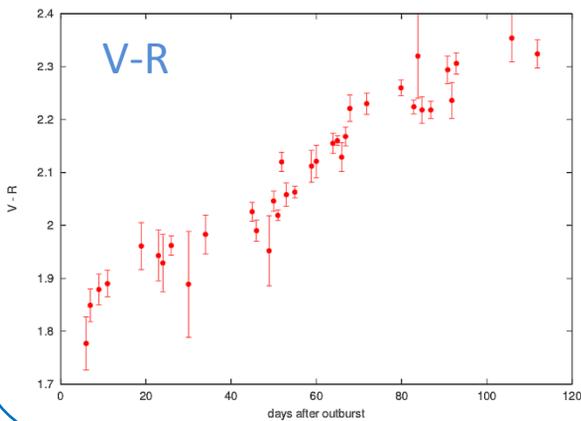
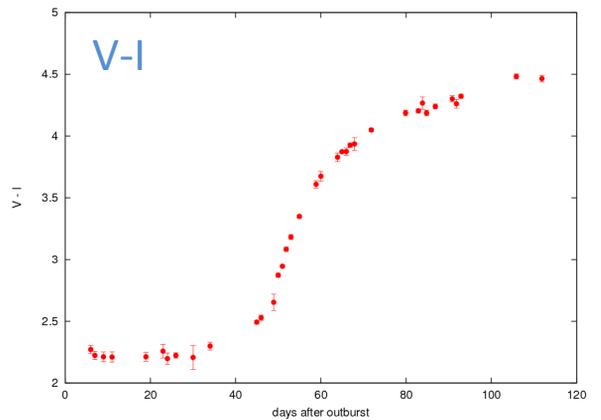
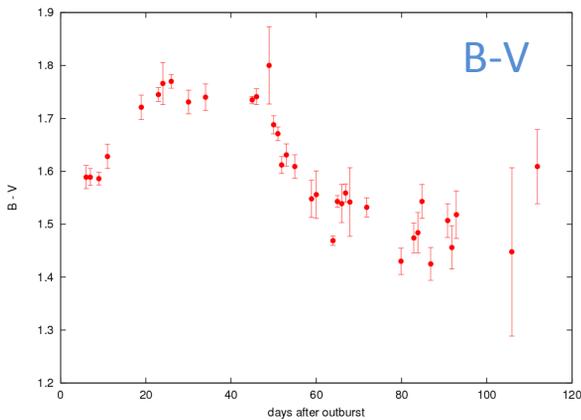
結果

2010年の増光後の光度曲線



▶バンド以外で20~42日
ごろにプラトーがある。

色指数



考察・まとめ

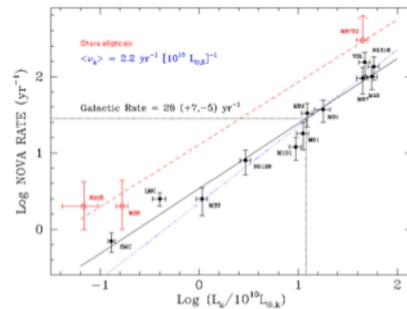
- ▶大きな増光幅から見ても新星爆発といえる。
- ▶V-Iの爆発後50日くらいからの急激な増加はhot componentの減光に伴い、ミラ型星の寄与が相対的に大きくなったからだと考えられる。
- ▶プラトーをもつ→回帰新星の可能性はある。

新星の自動掃天システムの実装の1例

清田誠一郎

近年、新星の発見数は、年間 8-10 個程度である。それに対して、Shafer(2009)による近傍銀河の大きさと新星の出現数から推定される数は 28 個/年で、その差は、星間塵によって遮られていることによると思われる。そうした中、V1721 Aql(nova Aql 2008), V2672 Oph(nova Oph 2009)等、星間塵の吸収を大きく受けたと思われる新星の発見も増えてきている。最近、銀河系中心方向の星の分布を電波や赤外線の影響の少ない波長で調べて。銀河構造を探ろうという様々試み行われているに、赤外線赤外で新星の捜索を行えば有益と思われるが、るが、装置が高価で扱いも難ため、代わりに、比較的吸収の影響を受けと思われる Johnson Ic バンドでの捜索をしているので紹介する。

Nova Rates vs Galaxy K-band Luminosity



Schaefer(2009)

機材

光学系：Nikkor 50mm(F1.4→4)

CCD カメラ：ST-8300M

Astrodon Ic filter

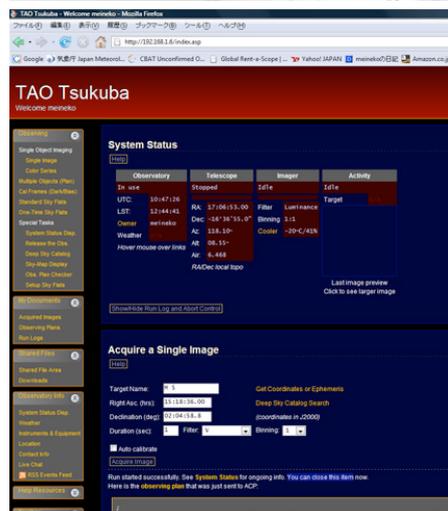
FOV ca. 15x20° 約 22"/pixel

架台：Vixen GP 赤道儀+SkySendor2000PC

制御ソフト：[ACP Observatory Control Software](#)



光学系はカメラレンズを用いて視野の広さを確保した。フィルターは 5cm 角のものをレンズの前に付けている。撮影には、ACP Observatory Control Software を用い、M 天体や NGC 天体を中心座標に指定して、さそり座、へびつかい座、いて座、わし座付近の 9 視野を連続で撮影を行っている。露出は 60 秒で、1 星野あたり 5 枚ずつ撮影をしている。撮影場所は、自宅のベランダであるが、Ic バンドを用いることで、光害もある程度避けることが出来、市街地での撮影が可能となっている。極限等級は、10-11 等程度で、目的のためにはもう少し暗いほうが良いが、当面、現状のセッティングで撮影を行うこととした。当初、より波長の長い SDSS z バンドでの撮影も試みたが、CCD カメラ感度との兼ね合いから、極限等級が思ったより良くな、断念した。2010 年 3 月-6 月上旬に、19 夜ほど撮影が行えたが、月の影響など



もあり、必ずしも、捜索に十分な画像が取れた晩ばかりではない。撮影システムは稼働し始めたが、新星検出の方法等はまだ模索中で、当面は、新星発見より、発見された新星の発見前の光度を調べるという、follow up を主な目的として運用の予定である。



撮影画像の例