

新星 DN Geminorum の静穏期における 光度変化の検出

田 辺 健 茲・野 崎 喜 裕*

岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科

*日本電子計算株式会社

(1998年10月5日 受理)

要 約

新星 DN Geminorum (双子座 DN) を国立天文台岡山天体物理観測所の91cm 望遠鏡に取り付けられた偏光分光撮像装置 (通称 OOPS) を使用して測光観測を行い, 差測光から DN Gem の静穏期における光度曲線を作成した。その結果, DN Gem の周期変化を求めるには至らなかったが, 比較星同志の光度変化より大きい約0.15等級の変動を示していることから, 明らかに変光しているものと考えられる。また標準星の測光も行い, OOPS の測光システムの変換係数を求めた。

1. 序 論

新星 (*nova*) とは, それまで非常に暗かった恒星が数日で9~13等級も増光し (光度が約一万倍), その後ゆっくりと減光しもとの状態にもどる現象である。

新星は昔, 空の星のないところに新しい星が誕生したものと考えられていた。1572年に Tycho Brahe が急に明るくなった天体を観測し, 念入りな位置測定等からそれが恒星であることを発見し, それを新しい星 (*nova stellae*; *new star*) として発表したことが新星の名の由来である (この天体は後に超新星であることが判明した)。しかし今日では, 新星爆発は近接連星の進化の末期に主星から伴星に水素に富むガスが降り積もり, 重力エネルギーが熱に変わって高温になり, 水素がヘリウムに変わる核反応が表面で起きるためと考えられている。ただ, その爆発によるガスの放出量は星全体の約1万分の1程度にすぎないので, 10等を越えるような急激な増光にもかかわらず, 新星爆発は星の表面の現象で内部構造に大きな影響は与えないと考えられる。一方, 上記の超新星 (*supernova*) は新星よりさらに激しい光度変化を伴い (約20等の増光), 星全体が爆発する現象で星の進化の最後の姿であり, 新星とは区別している。

新星の解明に向けて画期的な第一歩が踏み出されたのは, 1954年の Walker¹⁾ による Wilson 山天文台100インチ望遠鏡における観測で, すでに14~15等と暗くなっていたヘルクレス座新星 (Nova DQ Her) の静穏期の光電測光から, この新星が公転周期0.193620877日の食

連星（近接連星）であることが初めて観測された。それを受けて、1963年に、R. P. Kraft²⁾が Wilson 山天文台と Palomar 山天文台200インチ望遠鏡で、それまでに発見された新星の高分散のスペクトル観測を行い、その視線速度の変動を調べた。そしてそれらの新星が短周期の近接連星であることを続々と発見していった。このことから今日では、すべての新星が軌道周期1日以下である短周期の近接連星であるという考えが有力である。今日では新星は、激変星 (*cataclysmic variable stars*) の中の一つに分類されている。激変星には新星の他に、反復新星 (*recurrent nova*)、矮新星 (*dwarf nova*)、新星状変光星の3つがあり、爆発の様相により分類されている。

近接連星の観測は、星の大きさや密度などの基本的な物質質量や、星の相互作用によるガスの噴出状況等、恒星の性質や進化の研究において、単独の恒星からは得られないような多くの情報をもたらすものである。しかし、軌道周期の知られている新星はまだ少なく（約20個程度）、新星の静穏期を観測し光度曲線から周期を求めることは、新星爆発のメカニズムを明らかにする上で意義のあることと考えられる。この論文では、まだ公転周期が求まっていない新星の一つである DN Gem の測光観測について報告する。以下2. 新星および DN Gem について、3. 観測装置、4. 観測データ、5. データ処理、6. 結果、7. 考察の順に述べる。

2. 新星および DN Gem について

2.1 新星の一般的性質

新星 (*Nova*, *Classical Nova*) とは、数日の間で光度の急激な上昇（9～13等）と物質の激しい放出とが同時に起こり、その後ゆっくりと減光してもとの状態にもどる近接連星系に特有の現象ある。また減光のしかたや周期等でサブクラスに分類されることができ。その1回の爆発で約 10^{38} J のエネルギーを放出し、絶対等級で-6～-7等級になる。新星は、近接連星の進化の途中で、片方の星の膨張（進化）によりロッシュローブからあふれた質量（ガス）が相手の星の表面に降り積もり、その重力エネルギーが熱エネルギーに変わり、その星の外層部で核反応が起こって爆発的に燃焼する。核爆発をおこすと星は急に輝き出し、つもったガスのほとんどがふき飛ばされる。これが新星爆発である。ガスがほとんどふき飛ばされると、星は暗くなり、爆発前の状態にもどると考えられている。しかし、爆発によるガスの放出量は星全体の1万分の1程度にすぎない。したがって、その大きい変光幅にもかかわらず、新星爆発は星の表面の現象で、内部構造に大きな影響は与えないと考えられる。

実際、新星の中には後で述べる反復新星のように、変光範囲や解放されるエネルギーが普通の新星より1～2桁ほど小さく、数十年程度の間隔で繰り返す星がある。一般に、ガスがゆっくりと降着する場合は爆発が強く、その繰り返しの周期は長い。ガスが速く降着する場合には、爆発は弱いが繰り返しの周期は短いと考えられている。

新星の頻度は、1899年以来、年約6個の割合で発見されている。しかし、見落としや星間減光等を考慮すると、銀河系内で年約100個と見積もられる。

新星の分布は、主に銀河系の中心と銀河面（天の川）に集中している。また、星間減光の低い領域にも優先的に見つけられることができる。

観測された新星の宇宙密度は、明るい新星の統計と過去70年に1 kpc以内に検出された標準的な新星の統計とから、宇宙密度 $\sim 2 \times 10^{-8} \text{pc}^{-3}$ が得られる。宇宙全体の密度を得るためには、 $\tau_r/100$ を乗じてやらなければならない。ここでの τ_r は新星の再発時間であり、 $\tau_r \sim 10^4$ 年である。そして宇宙全体の密度は、 $\sim 10^{-6} \text{pc}^{-3}$ が得られる。これは、激変星を検出する光学やX線測定の結果と良く一致している。しかし、これらは明るい天体に対して支持される選択効果の結果であり、真の宇宙密度はさらに高いものと見積もられる。

新星は、光度曲線の形から大きく3つに分けることができる。

(a) 古典新星 (*classical nova*) あるいは速い新星 (*fast nova*)

数日で10等以上増光し、数ヶ月〜1年かけて暗くなる。例：nova Cyg 1978, V1500 Cyg など。

(b) 回帰新星 (*recurrent nova*)

増光の幅は7〜10等とやや小さいが、減光は速く、10日〜数ヶ月で暗くなる。同一天体が10年〜数10年おきに爆発をくりかえす。銀河面から高く分布しているため、古い種族ではないかと言われている。例：RR Pic など。

(c) 遅い新星 (*slow nova*)

増光、減光ともゆっくりしている。減光には数年以上かかる。例：U Sco, T CrB, RS Oph, Nova Cas 1995など。

新星の光度曲線の違いを作る原因は、質量降着率と白色矮星の質量の違いであると考えられている。(質量降着率は連星周期と相手の星が主系列かどうかによる)。

2.2 新星の静穏期の振る舞い

新星は、1954年に Walker らによって静穏期の観測から DQ Her(1934)が軌道周期 $4^{\text{h}}39^{\text{m}}$ の食連星であると初めて発見された。その後、1963年の R. P. Kraft による新星の静穏期の分光観測によって得られた視線速度曲線によってすべての新星が軌道周期が短周期の近接連星系であると考えられている。したがって新星の静穏期には、食による光度変化があると考えられることができる。

現在の新星は、激変星の中の一つとして位置付けられている。新星は半分離型の近接連星で、伴星（赤色星）のロッシュ・ローブが満たされており、内部ラグランジュ点 (L_1 点) を通って、主星（白色矮星）のまわりに水素ガスが流れ込み、降着円盤 (*accretion disk*) が形成されていると考えられている。

2.3 新星 DN Geminorum について

DN Geminorum (双子座 DN) と名付けられているこの天体は、1913年3月12日にノル

ウェイの二人の観測者によって発見され、極大光度は3.5等(写真等級)であった。光度曲線は Humason や Leavitt といった当時の著名な天文学者によって得られている。そして、この新星は fast nova として分類されている。

3. 観測装置

使用した望遠鏡は国立天文台岡山天体物理観測所の91センチ・カセグレン望遠鏡に TI 社の冷却 CCD を検出器とした偏光分光撮像装置、通称 OOPS の測光モードで観測した。以下に装置の概要を記す。

(I) 91 cm 望遠鏡光学系

望遠鏡：クラシカルカセグレン

主 鏡：口径 94 cm (有効径91 cm)

厚み 18.3 cm (縁), 16.5 cm (中心)

材質 パイレックス材

重量 262 kg

形状 放物面

焦点距離 3.2 m · F/3.5 (F=13)

カセグレン焦点距離 12 m

焦点面でのスケール 17.2"/mm

(II) OOPS 装置概要

視 野：6.0'×4.6'

CCD 上 7.8 mm×6.0 mm (634 pixel×487 pixel)

検 出 器：TI CCD TC-215

画素数 1024×1024 (12.6×12.6 mm)

画素サイズ 12.0 μm×12.0 μm

CCD 上のスケール 0.6"/pixel, 46.4"/mm

full well $6 \times 10^4 e^-/\text{pixel}$

直線性 0.9876 ± 0.0023

ADC 変換係数 $0.810 \pm 0.054 e^-/\text{ADU}$

読み出し雑音 $9.9 \pm 0.27 e^-$

暗電流 4.4 ADU/pixel/hour (−120℃)

デ ュ ワ ー：Infrared Laboratories 社製

フラスコ出窓方式

液体窒素保持時間 −120℃で14時間

シャッター：速度範囲 0.1 sec~(数日) ※ただし現在は 1 sec 以上に制限

ガイド系：IICCD (浜松ホトニクス社) によるオフセット TV ガイド

(III) OOPS 制御系

制 御 計 算 機 : Sun SPARC 互換 WS Solbourne S4000 (名称 bicchu)

メモリ 40MB 25.5MIPS

19"color CRT display

HD 450MB+1.3GB+1.0GB

DAT 2.0GB

制御ソフトウェア : OOPS Units Control フィルター, ガイダー等制御

OOPS CCD Controller (Messia) CCD 制御

OOPS Display Telescope 望遠鏡, ドーム制御

OOPS Scheduler 半自動観測制御

4. 観測データ

観測は, 1997年10月28日~11月3日と1998年1月26日~2月2日に観測を行った。この期間に観測したすべての old novae および標準星野についての情報を以下に掲載する。

(I) 観測ログ

表1 新星

表2 標準星野

(II) 測光データ

CCD による測光観測データそのものは Appendix 1, および2で与えた。

5. データ処理

5.1 整約ソフトおよび動作環境

観測データの処理は, アメリカ国立光学天文台で開発された IRAF(*The Image Reduction and Analysis Facility*) と SAOimage (*Smithsonian Astrophysical Observatory image utility*) を使用した。

使用する主な PC は,

GATEWAY 2000 P5-166

CPU : Pentium 166MHz

Memory : 32MB

HDD : 2.5GB+2.0GB

他のドライブ : MO, DAT

OS : Windows 95, Linux (PC-UNIX)

である。OS については IRAF, SAOimage が UNIX の X Window 上で動作するソフトであるため, HDD にパーティションをきって Windows 95と PC-UNIX である Linux が

表 1 観測ログその 1：新星

天体名	観測日	撮像数	フィルター
T Aur	97-11-1, 11-3	27	V
AB Boo	98-2-1	4	V, B
T Boo	98-2-1	2	V, B
Nova Cas 1995	97-11-1, 11-2	120	V, B
CG CMa	97-11-2	2	V
Q Cyg	97-10-30, 10-31, 11-3	66	V
V1500 Cyg	97-11-2	1	V
V1668 Cyg	97-11-2	1	V
HR Del	97-10-29	60	V
DM Gem	97-10-28	14	V
DN Gem	97-10-29, 11-2, 11-3 98-1-29	66	V, B
U Gem	98/1/31	24	V
V360 Her	98/2/1	2	V, B
DK Lac	97/11/1, 11/3	8	B, V, R, I
GK Per	97/10/30	61	V

表 2 観測ログその 2：標準星

天体名	観測日	撮像数	フィルター
M67	98-2-1	16	B, V
M45 H	97-10-31, 11-1, 11-2	34	B, V, R
113 342	97-11-3	12	B, V, R, I
PG0918+029	98-1-29	7	B, V, R, I
PG1323-086	98-1-29	9	B, V, R, I
PG2213-006	97-11-3	4	B, V, R, I

インストールされている。

5.2 一次処理

CCD で得られた画像には、それぞれの素子の感度ムラやケラレ等による光量ムラ、また暗電流という温度に依存するノイズ等が含まれている。真の測光データ得るためには、フラットフィールドイング等の一次処理という補正作業を行わなければならない。この一次処理の手順は、

$$\begin{aligned}
 &\text{Object 画像} - \text{Bias の平均画像} = (\text{O} - \text{B}) \text{ 画像} \\
 &\text{Flat Field の平均画像} - \text{Bias の平均画像} = (\text{FF} - \text{B}) \text{ 画像} \\
 &\quad \downarrow \downarrow \\
 &(\text{O} - \text{B}) \text{ 画像} \div (\text{FF} - \text{B}) \text{ 画像} = \text{補正画像}
 \end{aligned}$$

である。ここで Bias とは、露出時間 0 のときの像、Flat Field とは望遠鏡に均一な光を入射したときの像である。また、OOPS では CCD が液体窒素によって -120°C に冷却されているので暗電流によるノイズは無視できる値である。

5.3 差 測 光

CCD による差測光とは、1 次処理で得られた補正画像を用いて Fig. 1 のように目的星と同じフレーム内の星を比較星として測光し、目的星と比較星の明るさの差をとる方法のことである。この差は、検出された光子のカウント数から次式のポグソンの式によって等級差に変換することができる。

$$m_1 - m_2 = 2.5 \log (I_2 / I_1) \quad (5.1)$$

m_1 , m_2 は等級, I_1 , I_2 は明るさ (カウント数) である。求めた等級差と観測時間から光度曲線を作成することができる。

この Fig. 1 は、DNGem の差測光に用いたもので、比較星にはこの画像 (補正済) のように Com 1 ~ 3 の 3 つの星を使用した。3 つも比較星をとる理由は、比較星が変光していないという保証がないので、比較星の変光を調べるための比較星が必要になるためである。

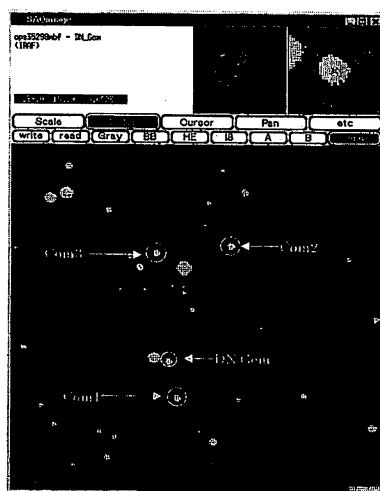


Fig. 1 DN Gem の差測光のための撮像データ

5.4 絶対測光

観測機器に依存しない実際の等級を求めるために、絶対測光を行う。この作業は、標準星といわれる明るさの知られている星を測光して、観測値と標準値とのずれを補正するための係数を求める。

(I) 大気減光補正

星の光は南中時に最も明るくなり、高度が低くなるほど暗くみえる。これは、星の高度によって通過してくる地球大気量 (*air mass*) X がちがうために生じるもので、高度が低くなるほど通過する大気量は増加し、地球大気による減光 (*extinction*) の影響が大きくなる。

大気の通過量 X は次の経験式で表される。

$$X = \sec Z - 0.0018167 (\sec Z - 1) - 0.002875 (\sec Z - 1)^2 - 0.0008083 (\sec Z - 1)^3, \quad (5.2)$$

$$v_0 = v - k'_v X, \quad (5.3)$$

$$b_0 = b - k'_b X, \quad (5.4)$$

$$(b-v)_0 = (b-v) - k'_{bv} X, \quad (5.5)$$

ここで v , b , $(b-v)$ は器械等級, V_0 , b_0 , $(b-v)_0$ は大気外の器械等級 (*instrumental magnitude*) で k'_v , k'_b , k'_{bv} は減光係数, Z は天頂距離 (角度) である。ただし, (5.2) 式は高度 30° 以上つまり, $Z = 60^\circ$ 以下のとき,

$$X = \sec Z \quad (5.6)$$

で近似できる。また, (5.3) (5.4) (5.5) 式は, 2 次の減光係数がかなり小さいと考えられるため, 2 次の減光係数をおとして近似したものである。

実際には, 横軸に大気量, 縦軸に大気外の器械等級をとったグラフを作成し, 最小 2 乗法から傾き (= 減光係数) を求める。

(II) 変換係数

減光補正で求めた大気外の器械等級を次式によって標準の等級へと変換する。

$$V = v_0 + \varepsilon (B-V) + \xi_v \quad (5.7)$$

$$(B-V) = \mu (b-v)_0 + \xi_{bv} \quad (5.7)$$

ここで V , $(B-V)$ は標準の等級で ε , μ は変換係数, ξ_v , ξ_{bv} はゼロ点補正值である。ここで, (5.7) (5.8) 式を使うためには変換係数, ゼロ点補正值が知られていなければならない。したがって先に, 標準星を用いて変換係数, ゼロ点補正值を求める。ここで標準星の V , $(B-V)$ は既知のものである。 v_0 は (5.3) 式から求め, $(b-v)_0$ は, (5.5) 式から求めることができる。したがって, (I) の大気減光係数のときと同

様に (5.7) (5.8) 式のグラフを作成し、最小 2 乗法から変換係数 (傾き)、ゼロ点補正值 (切片) を求めることができる。実際には、(5.7) 式は、

$$V - v_0 = \epsilon (B - V) + \xi_v \quad (5.9)$$

に変形してから横軸を $(B - V)$ 、縦軸を $V - v_0$ にしてグラフを作成する。

この得られた変換係数を用いて、まず (5.8) 式からオブジェクトの $(B - V)$ を求め、それを (5.7) 式に代入してオブジェクトの標準の V 等級が得られる。

6. 結 果

今回、目的星の等級を求めるために IRAF のパッケージの一つである APPHOT を使用した。この APPHOT で求めた DN Gem, Com 1 ~ 3, 標準星の等級は Appendix-1 および Appendix-2 にある。

6.1 DN Gem の光度曲線

1998年1月29日の DN Gem と比較星の光度曲線を Fig. 2 に示した。

この Fig. 2 より DN Gem の光度曲線の方が比較星の光度曲線よりも大きい光度変化がみられる。

6.2 減光係数

DN Gem の比較星 Com 1 ~ 3 の大気の通過量 $\sec Z$ に対する器械等級の変化をプロットし (Fig. 3, Fig. 4), 1998年1月29日の減光係数を求めた。

$$k'_v = 0.44 \pm 0.02$$

$$k'_b = 0.61 \pm 0.14$$

$$k'_{bv} = 0.23 \pm 0.16$$

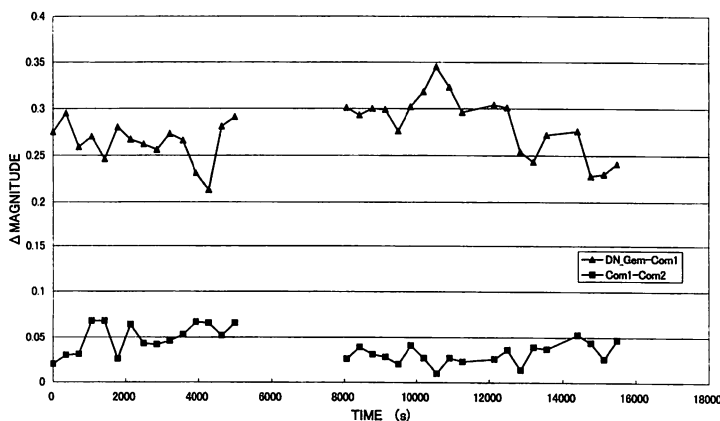


Fig. 2 DN Gem の光度曲線

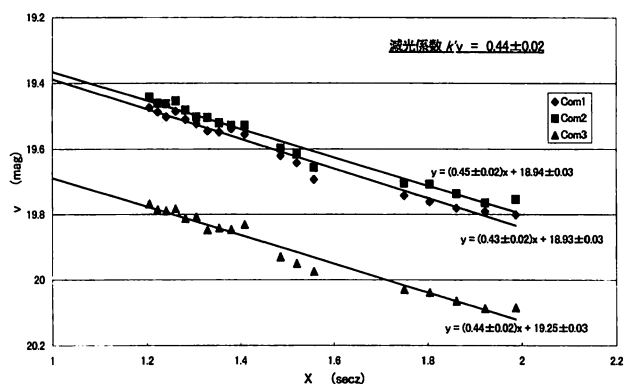


Fig. 3 減光係数その 1

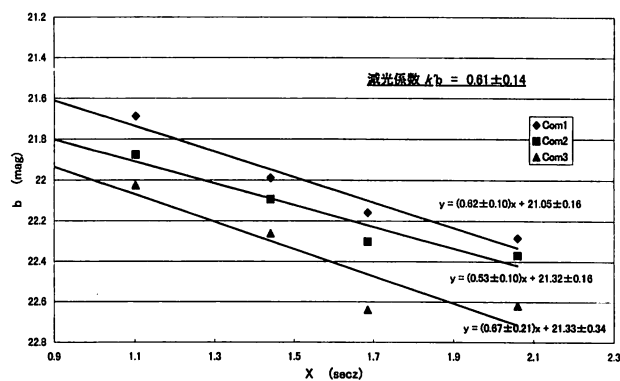


Fig. 4 減光係数その 2

6.3 変換係数

標準星 PG0918+029・PG0918+029A, B, D と PG1323-086・PG1323-086B, C を用いて変換係数, ゼロ点補正値を求めた。

$$\varepsilon = 0.08 \pm 0.03 \quad \xi_v = -3.22 \pm 0.02$$

$$\mu = 1.23 \pm 0.05 \quad \xi_{bv} = -1.97 \pm 0.11$$

6.4 DN Gem の等級

5.2, 5.3で得られた大気減光係数, 変換係数を用いて DN Gem と Com 1 ~ 3 の実際の等級を求めた。結果は次のとおりである。

$$\text{DN Gem} \quad V = 15.70 \pm 0.10$$

$$\text{Com 1} \quad V = 15.76 \pm 0.11$$

$$\text{Com 2} \quad V = 15.80 \pm 0.12$$

$$\text{Com 3} \quad V = 16.08 \pm 0.12$$

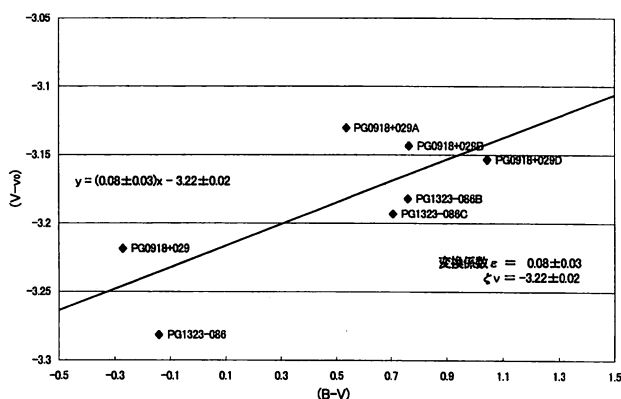


Fig. 5 変換係数その 1

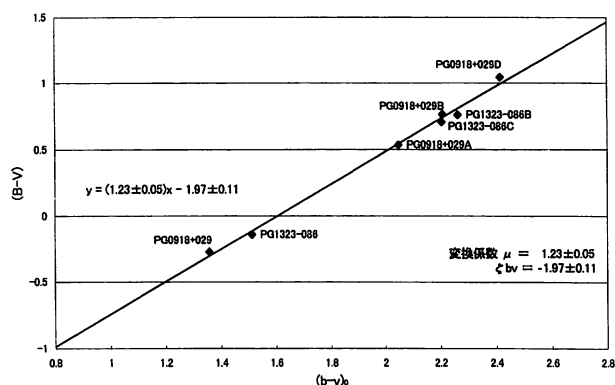


Fig. 6 変換係数その 2

7. 考 察

7.1 DN Gem の光度曲線

- ① Fig. 2 より DN Gem は比較星同志の変動よりも大きい約0.15等級の光度変化が見られることから、明らかに変光していることがわかる。
- ② しかし今回の観測では周期らしいものを見つけることはできなかった。Fig. 2 にみられる光度変化は食によるものなのか、白色矮星の脈動によるものなのか、あるいは outburst によるものか断定はできないが、いずれかと考えられる。

7.2 絶対測光による等級値

- ① 新星の静穏期における現在の等級がそれまでに測定された等級と変っている可能性もあるので、今回標準星の測光も行い DN Gem の等級も求めてみたところ、結果は従来の15.8等という値と誤差の範囲内で一致した。現在のところ DN Gem の静穏期の光度自体に大きな変化は無いとみられる。
- ② ①から、今回求めた変換係数は良い値だと思われる。しかし、他の標準星を測光し

Appendix-1 DN Gem (V filter)

Frame No	sec Z	Filter	TIME	Δ TIME (s)	TOTAL TIME (s)	DN Gem	error	Com 1	error 1	Com 2	error 2	Com 3	error 3
ops35269R	1.006	V	22:54:23	0	0	19.734	0.006	19.459	0.005	19.439	0.005	19.751	0.007
ops35270R	1.009	V	23:00:18	355	355	19.742	0.006	19.447	0.005	19.417	0.005	19.751	0.007
ops35271R	1.012	V	23:06:14	356	711	19.673	0.006	19.414	0.005	19.383	0.005	19.697	0.006
ops35272R	1.015	V	23:12:10	356	1067	19.879	0.007	19.609	0.006	19.541	0.006	19.871	0.008
ops35273R	1.019	V	23:18:06	356	1423	19.803	0.007	19.557	0.008	19.489	0.006	19.851	0.008
ops35274R	1.024	V	23:24:03	357	1780	19.798	0.007	19.518	0.006	19.492	0.006	19.849	0.007
ops35275R	1.029	V	23:30:00	357	2137	19.707	0.006	19.44	0.005	19.376	0.005	19.724	0.006
ops35276R	1.034	V	23:35:57	357	2494	19.728	0.006	19.466	0.005	19.423	0.005	19.75	0.006
ops35277R	1.04	V	23:41:52	355	2849	19.663	0.005	19.407	0.004	19.365	0.005	19.681	0.006
ops35278R	1.047	V	23:47:50	358	3207	19.691	0.006	19.418	0.005	19.372	0.005	19.706	0.006
ops35279R	1.054	V	23:53:47	357	3564	19.734	0.006	19.468	0.005	19.415	0.005	19.768	0.006
ops35280R	1.062	V	23:59:44	357	3921	19.665	0.006	19.434	0.005	19.367	0.005	19.695	0.006
ops35281R	1.071	V	0:05:40	356	4277	19.65	0.005	19.437	0.005	19.371	0.005	19.694	0.006
ops35282R	1.08	V	0:11:36	356	4633	19.7	0.006	19.419	0.005	19.367	0.005	19.703	0.006
ops35283R	1.09	V	0:17:33	357	4990	19.702	0.005	19.411	0.005	19.345	0.005	19.687	0.006
ops35298R	1.205	V	1:08:44	3071	8061	19.769	0.006	19.474	0.005	19.442	0.005	19.768	0.006
ops35299R	1.223	V	1:14:41	357	8418	19.788	0.006	19.487	0.005	19.461	0.005	19.785	0.006
ops35300R	1.241	V	1:20:37	356	8774	19.795	0.006	19.502	0.005	19.463	0.005	19.789	0.006
ops35301R	1.261	V	1:26:33	356	9130	19.785	0.006	19.485	0.005	19.454	0.005	19.783	0.006
ops35302R	1.282	V	1:32:29	356	9486	19.809	0.006	19.51	0.005	19.482	0.005	19.813	0.006
ops35303R	1.305	V	1:38:25	356	9842	19.799	0.006	19.523	0.005	19.503	0.005	19.808	0.006
ops35304R	1.329	V	1:44:23	358	10200	19.847	0.006	19.545	0.005	19.504	0.005	19.848	0.007
ops35305R	1.354	V	1:50:20	357	10557	19.866	0.006	19.539	0.005	19.521	0.005	19.842	0.006
ops35306R	1.38	V	1:56:17	357	10914	19.884	0.006	19.539	0.005	19.529	0.005	19.847	0.006
ops35307R	1.409	V	2:02:14	357	11271	19.878	0.006	19.555	0.005	19.528	0.005	19.831	0.006
ops35311R	1.485	V	2:16:44	870	12141	19.916	0.006	19.62	0.005	19.597	0.005	19.931	0.007
ops35312R	1.52	V	2:22:41	357	12498	19.946	0.006	19.642	0.005	19.616	0.005	19.951	0.005
ops35313R	1.557	V	2:28:38	357	12855	19.994	0.007	19.693	0.006	19.657	0.006	19.975	0.007
ops35314R	1.597	V	2:34:34	356	13211	20.035	0.007	19.781	0.006	19.767	0.006	20.093	0.007
ops35315R	1.639	V	2:40:30	356	13567	20.048	0.007	19.805	0.006	19.766	0.006	20.081	0.008
ops35319R	1.751	V	2:54:31	841	14408	20.014	0.007	19.742	0.006	19.705	0.006	20.03	0.007
ops35320R	1.804	V	3:00:27	356	14764	20.037	0.007	19.761	0.006	19.738	0.006	20.039	0.007
ops35321R	1.861	V	3:06:24	357	15121	20.009	0.007	19.781	0.006	19.737	0.006	20.065	0.007
ops35322R	1.922	V	3:12:21	357	15478	20.021	0.007	19.791	0.006	19.765	0.006	20.088	0.008
ops35323R	1.987	V	3:18:18	357	15835	20.042	0.007	19.801	0.006	19.754	0.006	20.085	0.008

DN Gem (B filter)

Frame No	sec Z	Filter	TIME	DN Gem-B	error	Com 1	error 1	Com 2	error 2	Com 3	error 3
ops35285R	1.102	B	0:24:26	21.557	0.016	21.687	0.019	21.875	0.024	22.025	0.029
ops35308R	1.44	B	2:08:20	21.743	0.018	21.988	0.02	22.094	0.025	22.261	0.029
ops35316R	1.686	B	2:46:37	21.981	0.022	22.159	0.028	22.301	0.03	22.64	0.044
ops35324R	2.06	B	3:24:25	22.087	0.021	22.283	0.027	22.371	0.03	22.62	0.041

Standard stars (PG0918)

Frame No	sec Z	FILTER	PG0918+029	error	PG0918+029A	error A	PG0918+029B	error B	PG0918+029D	error D
ops35288R	1.178	B	18.624	0.005	20.392	0.018	20.018	0.015	18.609	0.005
ops35289R	1.177	V	17.069	0.004	18.143	0.008	17.636	0.006	15.948	0.002
ops35294R	1.177	V	17.059	0.004	18.134	0.009	17.613	0.006	15.939	0.002
ops35295R	1.178	B	18.62	0.005	20.383	0.017	20.05	0.013	18.589	0.005

Standard stars (PG1323)

Frame No	sec Z	FILTER	PG1323-086	error	PG1323-086A	error A	PG1323-086B	error B	PG1323-086C	error C
ops35327R	1.41	V	17.421	0.002	17.583	0.002	17.24	0.002	17.85	0.003
ops35330R	1.393	B	19.188	0.003	19.876	0.005	19.77	0.005	20.339	0.007
ops35331R	1.388	V	17.337	0.004	17.585	0.005	17.169	0.003	17.775	0.006
ops35332R	1.385	B	19.057	0.006	19.767	0.013	19.629	0.012	20.159	0.019
ops35335R	1.378	V	17.504	0.004	17.776	0.006	17.318	0.004	17.935	0.007

Appendix -2

Standard stars	V	V ₀	b ₀	B-V	(b-v) ₀	V-v ₀
PG0918+029	13.327	16.54541	17.9033	-0.271	1.357888	-3.21841
PG0918+029A	14.49	17.62041	19.6693	0.536	2.048888	-3.13041
PG0918+029B	13.963	17.10641	19.3153	0.765	2.208888	-3.14341
PG0918+029D	12.272	15.42541	17.8403	1.044	2.414888	-3.15341
PG1323-086	13.481	16.7626	18.27507	-0.14	1.512471	-3.2816
PG1323-086B	13.406	16.5881	18.85207	0.761	2.263971	-3.1821
PG1323-086C	14.003	17.1961	19.40157	0.707	2.20547	-3.1931

てこの値が信頼できるかどうかまでは今回確認するに至っていない。また今回求めた変換係数は装置 (OOPS) で初めて求めたものであるので今のところ比べることもできない。

7.3 今後の課題

- ① DN Gem はもっと長時間の連続観測を行う。できれば光電子増倍管による測光もあわせて行うことが望ましい。
- ② 現在のところ周期解析の方法について有効な方法が見つからないので、別の方法を試してみる。
- ③ 得られた変換係数の信頼性を確認し、他の新星の静穏期の等級値も求める。

謝 辞

今回、このプロジェクトの実施の機会を与えていただいた国立天文台・岡山天体物理観測所所長の前原英夫教授はじめスタッフの方々、ならびに香川大学教育学部の松村雅文博士に深く感謝します。特に松村さんには OOPS の使い方の手ほどきなど、大変お世話になりました。また、観測に際してさまざまな援助をいただいた岡山理科大学の伊代野淳博士、田辺研究室の学生であった川端善仁君、松崎恵子さんにも謝意を表します。最後になりましたが PC-Unix 用の CCD の整約ソフト IRAF を提供していただいた天文情報処理研究会にも感謝します。

引用文献

- 1) M. F. Walker P. A. S. P., **66**, p. 230 (1954)
- 2) R. P. Kraft Astrophys. J., **139**, p. 457 (1964)
- 3) 佐々木敏由紀, 湯谷正美, 清水康広, 倉上富夫「岡山偏光撮像分光装置 (OOPS) の開発 (I ~ III)」国立天文台報第 2 巻第 3 号 (1995)

参考文献

- 1) B. Warner Properties of Novae in "Classical Novae" (ed. M. F. Bode and A. Evans), Wiley (1989)
- 2) B. Warner Cataclysmic Variable Stars, Cambridge UP (1995)
- 3) Arne A. Henden and Ronald H. Kaitchuk (1990) Astronomical Photometry, Willmann-Bell, Inc. (1990)
- 4) 北村正利「連星 — 測光連星論 —」ごとう書房 (1992)
- 5) 上野宗孝「CCD 解体新書 その 1 ~ 6」天文月報 (1995)
- 6) 能丸諄一・西原英治「たのしい IRAF」天文情報処理研究会 (1992)

Detection of the Luminosity Change of the Old Nova DN Geminorum in Quiescence

Kenji TANABE and Yoshihiro NOZAKI*

Department of Biosphere-Geosphere System,

Faculty of Informatics

Okayama University of Science

Ridai-Cho Okayama 700-0005 Japan

**Nippon Denshi-Keisan Corporation*

(Received October 5, 1998)

Photometric observation of the old nova DN Geminorum in quiescence was achieved by using the OOPS (Okayama astrophysical Observatory Photometric Polarimetric and Spectroscopic device) of National Astronomical Observatory. As a result, we obtained a light curve showing an obvious change in magnitude of 0.15. This value is much bigger than that of the comparison stars due to atmospheric variation. Transformation coefficients of this photometric system were calculated by observing the standard stars separately.