

超新星SN1999byの CCD 測光観測

田辺健茲・加藤伸彦*・山本勲**

岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科

*岡山理科大学工学研究科修士課程情報工学専攻

**岡山理科大学工学部情報工学科

(1999年11月4日 受理)

要約

我々のグループは、1999年4月30日に大熊座の銀河 NGC2841 の中に発見された超新星 SN1999by を、岡山理科大学21号館屋上に設置してある田辺研究室の観測室の口径21cm Cassegrain 望遠鏡に冷却 CCD を取付けて BVRI フィルターで約3ヶ月にわたって測光観測を行なった。その結果、得られた光度曲線の形から I 型超新星、新しい分類では I b 型ではないかと推定される。

1. 序論

超新星 (supernova、略して SN) は、肉眼で見える明るいものすなわち我々の銀河系のなかで起こったものとしては、1604年のいわゆる Kepler の新星以後絶えて久しい。例外的に南半球で観測された大マゼラン雲 (Large Magellanic Cloud) 中の SN1987A が3等級で裸眼でも見えたことがある。この超新星は銀河系外ではあったが近距離であったため、さまざまな観測がなされ、ニュートリノの検出など大きな収穫を得た。それとともに、それ以前の超新星に対する1938年の Zwicky の古典的な分類¹⁾も見直されることになった。このころから、銀河系外の超新星の搜索が主としてアマチュア観測家によって行なわれるようになり、年間の発見個数もそれ以前の10倍を超えるようになってきた。そのような状況のもとで、今回イギリスのアマチュア観測家たちその他²⁾によってこの超新星が、比較的近距离と考えられる銀河 NGC2841 中に発見されたのである。

超新星のうち、従来 I 型とよばれ、新しい分類^{3) 4)}では I a 型とよばれるものは、その極大の絶対等級が等しいと考えられている。ということは、このタイプの超新星は距離指標 (distance indicator) として用いることが可能である。すなわち、光度曲線を測光観測から求め、もしそれが I a 型ならばその極大等級と絶対等級との差から Pogson の関係式を用いてそれが出現した銀河の距離を算出することが可能である。そのような観点からもこの超新星の光度曲線をもとめ、その型をきめることは有意義であると考えられる。

このような測光観測は、割り当て観測時間 (machine time) の限られた国立天文台等では殆ど不可能である。その一方でこれが比較的明るい超新星であるためそれほど大口径を必要としない。今回の観測では、その半年前に完成した自前の観測施設、装置を使用した。

この観測システムの性能評価、言い換えれば変換係数についての報告は別途行う予定であるが、今回の観測は超新星の測光観測にこのシステムが有効であることを示すという点においても意義があると考えられる。

本論文の2章では、用いた装置等の紹介、3章では測光データについての説明、4章ではデータの整約の方法について、5章では得られた光度曲線およびそれに対する解釈を述べる。最後の6章では今後の問題、特にシステムの改良に關することがらについての考察を行う。

2. 観測装置と方法

我々が使用した観測機器、装置の概要は次のとおりである：

(I) 望遠鏡

口径 21 cm F 12、Cassegrain (Dall-Kirkham) 型 (Takahashi 製)

(II) 駆動系

ドイツ式赤道儀 (EM-200 ; Takahashi 製)、自動導入機能付き

(III) 観測装置

冷却 (Peltier 2 段) CCD ST-6 (アメリカ SBIG 社製)

Pixel 数 375×242、Pixel サイズ 23 μ ×27 μ

フィルター：Johnson-Cousins (Bessell) CCD用広帯域フィルター

(IV) 使用コンピュータ

Endeavor AT3600 (CCD 制御ならびにデータ取得用)

PC9800F (自動導入用)

これらのうち、I～IIIは岡山理科大学 21 号館屋上のドーム内、IVは同館 7 階 (最上階) の研究室に設置してある。

3. 測光データ

天文用冷却 CCD による生データは、

図 1 のような画像 (frame) である。
画面の広さは 12 分角×9 分角である。

このような画像を B (Blue 青)、V (Visual 実視、黄緑)、R (Red 赤)、I (Infrared 赤外) および N (フィルター無し) で 1 日に一回撮像した。日付は西暦および JD (Julian Date、ユリウス日) で記録している。観測は 5 月 6 日から 7 月 6 日 (日本標準時) の

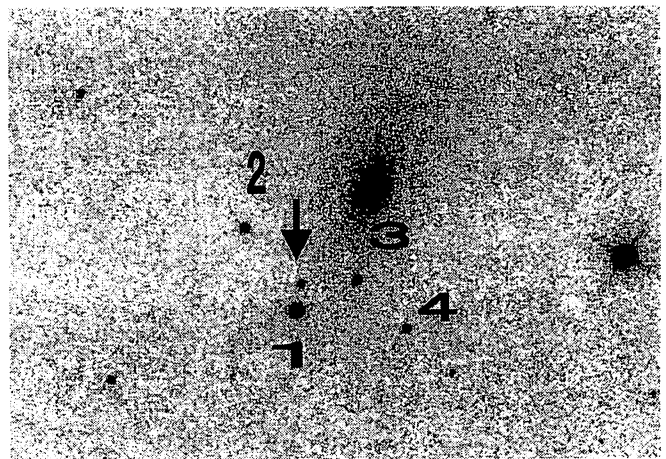


図 1 大熊座の銀河 NGC 2841 に出現した超新星 SN1999by。1～4 は測光のための比較星。

あいだで17日行った (Appendix I の JD 欄参照)。なお、この画像は dark frame (熱雑音) を引き、flat field で割った (感度むらの補正をした) ものである。

4. データの整約

データの処理のうち1次処理 (dark frame を引き、flat field で割る) は CCD カメラに付属のソフト、CCDOPS を使用した。測光値の読みとりには、世界共通の天文データ処理ソフト IRAF (The Image Reduction and Analysis Facility) のパッケージ APPHOT (Aperture Photometry) を用いて行った。すなわち、目的星 (この場合超新星) を含む円 (aperture) をとり、その中に含まれる画素の記録したカウント数と、近傍の同じ半径の星を含まない aperture のカウント数との差をとる。この値を等級に換算したもの (およびその誤差) が Appendix の SN1999by および error 欄である。このときカウント数の差がゼロは等級値で 2.6 等にとってある。

超新星の光度変化を見るためには、光度変化をしない恒星 (foreground にある) を選び、その測光値 (等級) との差を求めなければならない。そのため、図 1 の画面にある 4 個の恒星 (比較星 1~4) の測光値も併せて求めた (Appendix の比較星 1~4 の欄)。

5. SN1999by の光度曲線

上で述べたような手順で求めた目的星 (超新星) と比較星との等級差の時間変化すなわち光度曲線が図 2~3 である。このうち図 2 はフィルター無し (N) で、最も精度が良い。それは追尾精度等の関係で、露出 (積分) 時間を 180 秒に制限したため、フィルターあり (特に B フィルターは CCD の感度特性とずれている) に比べてカウント数を稼げるからである。参考のため、図 3 にそれぞれ B, V, R, I を用いた光度曲線を示した。

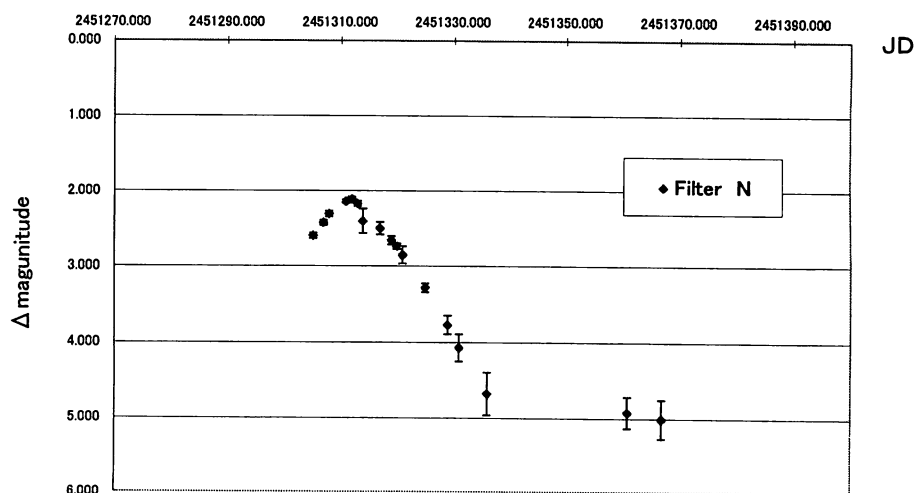


図 2 N-Filter(フィルター無し)の場合の SN1999by の光度曲線。横軸は JD (ユリウス日)、縦軸は Appendix の Δm_1 をプロットしたもの。

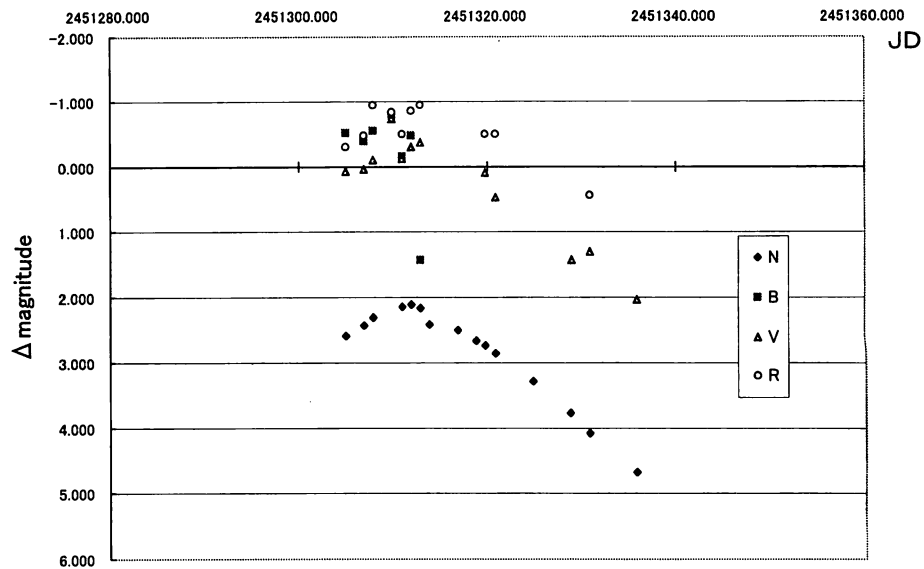


図 3 SN1999by のフィルターごとの光度曲線。N は No-Filter (フィルター無し)

6. 結論と今後の課題

図 2 の光度曲線から、この超新星は I 型であることは明らかであるが、新しい分類により³⁾⁴⁾ I a か I b かを決定するには分光観測のデータを必要とする。ただ、NGC2841 の距離が比較的精度よく決まっていることから、この超新星の極大光度 (絶対等級) は高々 18 等級であることがわかるので、I b 型と推定できる。

今回の観測で、次の 2 つの問題点が判明した。

- (1) 追尾精度が 3 分を越えると悪くなる。
- (2) フィルターによってピントがずれる。

これらの問題点のうち (1) は原理的にはオートガイダーを取り付けることで解決できる。(2) は、その都度ピント合わせを行うか、コリメーターを制作してその中にフィルターターレットを入れるようにすれば、ピント合わせの必要がなくなると考えられる。以上のような改良を施せば、今後この種の観測をより精度よく行えると思われる。

謝 辞

今回の観測ならびにデータ処理にあたっては、田辺研究室の学生、西本仁美さんならびに太田深幸さんに大変お世話になりました。IRAF の APPHOT の使用に関しては総合情報学部の伊代野淳博士にご教示いただきました。また、この超新星に関する情報を提供して下さった総合研究大学院大学 (国立天文台野辺山) の中島淳一さんに感謝します。

最後になりましたが、今回使用した観測施設の屋上への設置を許可いただいた総合情報学部のスタッフの皆様に御礼申し上げます。

参考文献

- (1) F. Zwicky Phys.Rev. 53,1019 (1938)
- (2) IAU Circular No.7156 (1999.4.30)
- (3) J.C.Wheeler, Supernovae, Jerusalem Winter school for Theoretical Physics
Vol.6(1990),World Scientific
- (4) J.C.Wheeler and R.P.Harkness, Type I Supernovae, Stellar
Astrophysics(ed.R.J.Taylor), 157-248,(1992)

CCD Photometric Observation of the Supernova SN1999by

Kenji TANABE, Nobuhiko KATO* and Isao YAMAMOTO**

Department of Biosphere—Geosphere System, Faculty of Informatics

*Graduate School of Engineering

**Department of Information and engineering, Faculty of Engineering

Okayama University of Science

Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005 Japan

(Received November 4, 1999)

Photometric observation of the Supernova SN1999by discovered in the galaxy NGC2841 was performed for three months. Our device is an astronomical CCD camera and BVRI filter attached to the 21cm Cassegrain type telescope on the top of a building of the Okayama University of Science. From the obtained light curve, this supernova is suspected to be that of type Ib.

Appendices

Appendix 1

Filter N	JD	SN1999by	error	比較星1	error	比較星2	error	比較星3	error	比較星4	error
	2451305.000	21.749	0.030	19.149	0.005	21.579	0.023	21.887	0.042	22.152	0.039
	2451306.917	21.675	0.028	19.248	0.006	21.653	0.028	21.854	0.035	22.355	0.049
	2451307.875	21.901	0.032	19.589	0.006	22.006	0.037	22.294	0.056	22.582	0.065
	2451310.896	21.254	0.019	19.112	0.005	21.453	0.019	21.771	0.031	22.246	0.034
	2451311.896	21.593	0.026	19.480	0.006	21.928	0.031	22.150	0.041	22.491	0.050
	2451312.917	21.799	0.029	19.629	0.006	22.009	0.033	22.337	0.051	22.784	0.064
	2451313.854	23.465	0.146	21.059	0.018	23.342	0.136	24.016	0.271	24.054	0.262
	2451316.875	22.962	0.075	20.459	0.010	22.664	0.060	23.210	0.092	23.752	0.175
	2451318.875	22.331	0.049	19.670	0.007	21.976	0.036	22.402	0.055	22.922	0.076
	2451319.875	21.861	0.033	19.122	0.005	21.528	0.022	21.803	0.034	22.260	0.043
	2451320.854	23.545	0.100	20.690	0.014	23.177	0.071	23.415	0.090	24.045	0.158
	2451324.875	22.324	0.053	19.037	0.005	21.455	0.024	21.728	0.033	22.139	0.042
	2451328.875	23.077	0.115	19.302	0.005	21.771	0.033	22.026	0.042	22.421	0.053
	2451330.854	23.710	0.171	19.637	0.007	22.085	0.048	22.372	0.061	22.796	0.074
	2451335.875	24.237	0.276	19.557	0.006	21.940	0.049	22.329	0.058	22.940	0.086
	2451360.854	24.270	0.201	19.348	0.005	21.772	0.023	22.027	0.033	22.297	0.044
	2451366.854	24.363	0.250	19.356	0.005	21.729	0.022	22.033	0.035	22.455	0.039
Filter B	JD	SN1999by	error	比較星1	error	比較星2	error	比較星3	error	比較星4	error
	2451305.000	24.072	0.147	21.890	0.024	25.088	0.360	24.578	0.232	25.201	0.385
	2451306.917	23.926	0.133	21.789	0.024	24.237	0.157	24.319	0.198	25.129	0.405
	2451307.875	24.600	0.251	22.336	0.037	24.888	0.278	25.145	0.341	25.053	0.366
	2451309.875	22.947	0.059	21.083	0.014	23.682	0.112	23.729	0.135	24.260	0.195
	2451310.896	24.244	0.152	21.761	0.022	24.428	0.171	24.397	0.155	25.045	0.306
	2451311.896	24.196	0.139	22.292	0.031	25.393	0.426	24.679	0.230		
	2451312.917	26.648	1.426	22.518	0.038	25.487	0.462	25.219	0.390		
Filter V	JD	SN1999by	error	比較星1	error	比較星2	error	比較星3	error	比較星4	error
	2451305.000	23.080	0.067	20.586	0.010	23.003	0.061	23.075	0.072	23.602	0.107
	2451306.917	23.083	0.072	20.647	0.010	23.039	0.059	23.075	0.073	23.691	0.114
	2451307.875	23.460	0.093	21.054	0.014	23.562	0.108	23.829	0.137	23.862	0.143
	2451309.875	22.947	0.059	21.083	0.014	23.682	0.112	23.729	0.135	24.245	0.194
	2451310.896	22.904	0.053	20.585	0.010	23.028	0.053	23.212	0.069	23.773	0.113
	2451311.896	23.023	0.068	20.936	0.012	23.316	0.076	23.719	0.113	24.162	0.176
	2451312.917	23.223	0.075	21.078	0.014	23.595	0.106	23.542	0.094	24.246	0.174
	2451319.875	23.162	0.065	20.551	0.010	23.071	0.067	23.242	0.070	23.749	0.112
	2451320.875	23.694	0.116	20.668	0.012	23.210	0.068	23.318	0.085	23.677	0.111
	2451328.917	24.785	0.331	20.955	0.014	23.355	0.097	23.831	0.130	24.071	0.155
	2451330.854	24.712	0.272	20.825	0.013	23.408	0.087	23.635	0.108	23.980	0.149
	2451335.875	25.079	0.356	20.655	0.011	23.048	0.056	23.399	0.096	23.777	0.126
Filter R	JD	SN1999by	error	比較星1	error	比較星2	error	比較星3	error	比較星4	error
	2451305.000	22.924	0.056	20.298	0.008	22.634	0.048	22.966	0.069	23.212	0.074
	2451306.917	22.847	0.061	20.282	0.008	22.652	0.050	22.942	0.062	23.316	0.086
	2451307.875	22.960	0.073	20.688	0.012	22.983	0.065	23.269	0.086	23.900	0.148
	2451309.875	22.843	0.063	20.648	0.011	23.062	0.068	23.280	0.089	23.683	0.121
	2451310.896	22.760	0.054	20.289	0.008	22.657	0.048	23.023	0.067	23.255	0.072
	2451311.896	22.744	0.050	20.601	0.011	22.947	0.057	23.357	0.092	23.588	0.104
	2451312.917	22.917	0.060	20.703	0.011	22.091	0.063	23.297	0.079	23.856	0.121
	2451319.875	22.888	0.056	20.250	0.009	22.574	0.074	22.878	0.058	23.374	0.081
	2451320.854	22.945	0.063	20.359	0.009	22.687	0.045	22.859	0.067	23.440	0.094
	2451330.854	24.240	0.190	20.612	0.010	22.083	0.063	23.229	0.101	23.796	0.113

Appendix 2

N	JD	$\Delta m1$	error	$\Delta m2$	error	$\Delta m3$	error	$\Delta m4$	error
	2451305.000	2.600	0.035	0.170	0.053	-0.138	0.072	-0.403	0.069
	2451306.917	2.427	0.034	0.022	0.056	-0.179	0.063	-0.680	0.077
	2451307.875	2.312	0.038	-0.105	0.069	-0.393	0.088	-0.681	0.097
	2451310.896	2.142	0.024	-0.199	0.038	-0.517	0.050	-0.992	0.053
	2451311.896	2.113	0.032	-0.335	0.057	-0.557	0.067	-0.898	0.076
	2451312.917	2.170	0.035	-0.210	0.062	-0.538	0.080	-0.985	0.093
	2451313.854	2.406	0.164	0.123	0.282	-0.551	0.417	-0.589	0.408
	2451316.875	2.503	0.085	0.298	0.135	-0.248	0.167	-0.790	0.250
	2451318.875	2.661	0.056	0.355	0.085	-0.071	0.104	-0.591	0.125
	2451319.875	2.739	0.038	0.333	0.055	0.058	0.067	-0.399	0.076
	2451320.854	2.855	0.114	0.368	0.171	0.130	0.190	-0.500	0.258
	2451324.875	3.287	0.058	0.869	0.077	0.596	0.086	0.185	0.095
	2451328.875	3.775	0.120	1.306	0.148	1.051	0.157	0.656	0.168
	2451330.854	4.073	0.178	1.625	0.219	1.338	0.232	0.914	0.245
	2451335.875	4.680	0.282	2.297	0.325	1.908	0.334	1.297	0.362
	2451360.854	4.922	0.206	2.498	0.224	2.243	0.234	1.973	0.245
	2451366.854	5.007	0.255	2.634	0.272	2.330	0.285	1.908	0.289
B	JD	$\Delta m1$	error	$\Delta m2$	error	$\Delta m3$	error	$\Delta m4$	error
	2451305.000	2.182	0.171	-1.016	0.507	-0.506	0.379	-1.129	0.532
	2451306.917	2.137	0.157	-0.311	0.290	-0.393	0.331	-1.203	0.538
	2451307.875	2.264	0.288	-0.288	0.529	-0.545	0.592	-0.453	0.617
	2451309.875	1.864	0.073	-0.735	0.171	-0.782	0.194	-1.313	0.254
	2451310.896	2.483	0.174	-0.184	0.323	-0.153	0.307	-0.801	0.458
	2451311.896	1.904	0.170	-1.197	0.565	-0.483	0.369		
	2451312.917	4.130	1.464	1.161	1.888	1.429	1.816		
V	JD	$\Delta m1$	error	$\Delta m2$	error	$\Delta m3$	error	$\Delta m4$	error
	2451305.000	2.494	0.077	0.077	0.128	0.005	0.139	-0.522	0.174
	2451306.917	2.436	0.082	0.044	0.131	0.008	0.145	-0.608	0.186
	2451307.875	2.406	0.107	-0.102	0.201	-0.369	0.230	-0.402	0.236
	2451309.875	1.864	0.073	-0.735	0.171	-0.782	0.194	-1.298	0.253
	2451310.896	2.319	0.063	-0.124	0.106	-0.308	0.122	-0.869	0.166
	2451311.896	2.087	0.080	-0.293	0.144	-0.696	0.181	-1.139	0.244
	2451312.917	2.145	0.089	-0.372	0.181	-0.319	0.169	-1.023	0.249
	2451319.875	2.611	0.075	0.091	0.132	-0.080	0.135	-0.587	0.177
	2451320.875	3.026	0.128	0.484	0.184	0.376	0.201	0.017	0.227
	2451328.917	3.830	0.345	1.430	0.428	0.954	0.461	0.714	0.486
	2451330.854	3.887	0.285	1.304	0.359	1.077	0.380	0.732	0.421
	2451335.875	4.424	0.367	2.031	0.412	1.680	0.452	1.302	0.482
R	JD	$\Delta m1$	error	$\Delta m2$	error	$\Delta m3$	error	$\Delta m4$	error
	2451305.000	2.626	0.064	0.290	0.104	-0.042	0.125	-0.288	0.130
	2451306.917	2.565	0.069	0.195	0.111	-0.095	0.123	-0.469	0.147
	2451307.875	2.272	0.085	-0.023	0.138	-0.309	0.159	-0.940	0.221
	2451309.875	2.195	0.074	-0.219	0.131	-0.437	0.152	-0.840	0.184
	2451310.896	2.471	0.062	0.103	0.102	-0.263	0.121	-0.495	0.126
	2451311.896	2.143	0.061	-0.203	0.107	-0.613	0.142	-0.844	0.154
	2451312.917	2.214	0.071	0.826	0.123	-0.380	0.139	-0.939	0.181
	2451319.875	2.638	0.065	0.314	0.130	0.010	0.114	-0.486	0.137
	2451320.854	2.586	0.072	0.258	0.108	0.086	0.130	-0.495	0.157
	2451330.854	3.628	0.200	2.157	0.253	1.011	0.291	0.444	0.303