

超新星 SN 1995 D 観測顛末記

定 金 晃 三

〈大阪教育大学 〒582 大阪府柏原市旭が丘4〉

1995年2月10日にS0銀河VGC2962で発見されたIa型超新星SN1995Dの測光観測を大阪教育大学の50cm反射望遠鏡とCCDカメラを用いて行った。この超新星との出会いから観測するに至ったいきさつと経過を紹介する。また、岡山観測所で得られたスペクトルデータと合わせて、この超新星の観測からわかったことを報告する。

1. きっかけ (1995年2月11日午後)

2月11日は休日(建国記念日)で、本来ならその電子メールを見るのは翌々日(13日、月曜)になるはずだった。ところが学生の卒論発表を一週間後に控え、完成が心許ない者がいたせいで休日にもかかわらず出勤し、習慣にしたがってメールを開いてみた。すると国立天文台の佐藤氏の名で超新星の確認要請のメールがきていた。

私：八が岳の串田さんがNGC2962という銀河に昨夜超新星らしい新天体を発見したとってきている。確認して欲しいそうだ。今夜晴れそうだから遊びのつもりでこれに望遠鏡を向けてみるか？

学生A：また超新星ですか？ 超新星を発見したというガセネタが最近たて続けに2~3回ありましたからね。また空振りとちがいますか？

私：そんなことはやってみなけりゃ何とも言えん。ダメでもともとだ。とにかくCCDカメラに液体窒素を詰めといてくれ。

学生A：ま、一応用意しときます。(こんなことをやって卒論発表は間に合うやろか。ブツブツ)

(その夜の8時半ごろ 観測室)

私：うまい具合に晴れてきたぞ。もうそろそろNGC2962が東に昇ってくるはずだ。望遠鏡をそっちへ向ける。

学生A：はい向きました。ときに先生はそのNGC2962というのを見たこと有るんですか？

私：自慢じゃないがまだ一度も無い。どこにあるかもついさっきまで知らなかった。

学生A：そんならどうやって超新星を見分けるんです？(こりゃ、相当頼りないな)

私：トンプソン・ブライアンのチャートに出てないかな？

学生A：さっきめくって見ましたけど、NGC2962は無かったです。

私：そうか、弱ったな。ならとりあえずGSC(ガイドスターカタログ)のその辺のフィールドをパソコンの画面に表示しといて、試しにVバンドで30秒の露出をかけてみよう。

(約1分後CCDのイメージがディスプレイに表れる。図1)

私：なんかしらんが小ぶりの銀河が見えるな。GSCと比較しよう。

学生A：ここの3つ星はこれですな。この星この星とたどって、このポーとしたのは

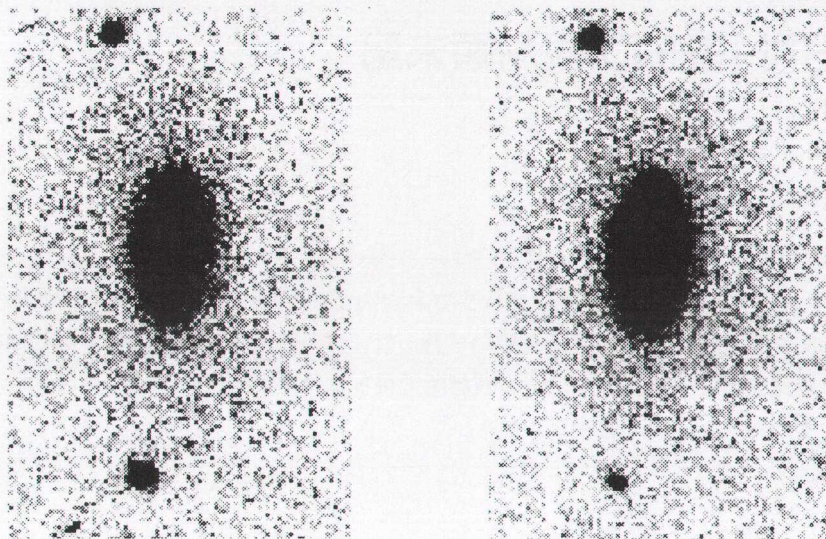


図1 2月21日(左:Vバンドでの極大)と4月20日(右)の超新星1995D(下中央)。中央の銀河はNGC2962。大阪教育大学の50cm望遠鏡に装着したCCDカメラで撮像した。

NGC 2962, すると, 銀河の南のこの星は……. この星はGSCのチャートに見えませんか!

私: その星とGSCで13.9と出ている星とどっちが明るいのか?

学生A: CCDのカウント数は13.9の星よりちょっと低いです。

私: すると14等台だな。よし今度は2分の露出をかけよう。

(3分後)

私: オレはこれからIRAFを使ってこの超新星らしい天体の位置を測定してくる。串田さんのいう位置と一致したら, 確認のメールを発信する。それまでフィルターを変えながら観測を続けてくれ。

学生A: はい, わかりました。(とは言ったものの, この寒空での観測はつらいよなあ。学生に観測をやらせといて自分は暖かい部屋でワークステーションの前に座っているなんて, 勝手なもんだよなあ, まったく)

ざっと以上のようなやりとりをしながら, 2月11日午後9時過ぎには位置が一致することが確認され, 新天体確認のメールを発信した後, 午前2時すぎまで観測を行った。

この時点では, この天体がどんなタイプの超新星なのか, また, 極大の前なのか後なのかそんなことは全く不明だった。

翌2月12日の午前中にCCDイメージの一次処理をすませ, 新天体の明るさを近く之星と比べる相対測光の測定を行った。すると, V(可視)バンドで昨夜の6時間足らずの間に0.05等以上も明るくなっていることが判明した。ということは, この超新星は今まさに増光中なのではなかろうか。これはしばらく観測を続けてみようか, うまくいけば何か面白いことがわかるかも知れない, という気をおこしたのは12日の昼過ぎでそれから100日余におよぶSN 1995 Dとのつきあいが始まった。1994年4月から5月にかけて, M 51に出現した超新星1994 Iの測光観測をした経験があったので, 2匹目のドジョウをねらうという気持ちも確かにあった。

2. その後の経過

大阪府と奈良県の境に位置する大阪教育大学の柏原キャンパスの校舎屋上に口径 50 cm の反射望遠鏡と CCD カメラが設置されて約 1 年が経過しようとしていた。この望遠鏡は口径も小さく、また、大阪の市街に近いので市街光の厳しい（空が明るい）環境下にあるが、その気になったらいつでも自由に使えるという点（プログラム委員会などのレフェリーだのといった面倒かつ非生産的な手続きとは無縁）が何よりありがたい。

さて、2月14日のIAUサーキュラー(6135)によると、ESOの1.5メートル望遠鏡でこの新天体のスペクトルが13日に観測され、これはタイプIaの超新星であって、しかも極大の1週間前あたりという報告があった。2月13日と14日は月齢が満月に近く、月がNGC 2962のそばで煌々と照り、しかも薄雲があつて観測には最悪の条件だったが、無理矢理の観測をして結果を見ると確実に増光していることが確認できた。

2月20日頃と予想される極大光度時のスペクトルを観測出来ないかと岡山観測所のプログラムを見ると、うまい具合に岐阜大の若松氏が188 cm望遠鏡のカセグレン分光器で銀河の観測をする予定になっていることに気付いた。早速若松氏に電話でこの話を持ちかけたところ、意外にも関心を示してくれた。そこで、ターゲットの位置(座標)やCCDイメージのハードコピーなどを岡山観測所へ送り、吉報の到来を待つことにした。

2月中は比較的晴天に恵まれ、また、A君、M君はじめ4~5人の学生が順番に協力してくれたこともあって、測光観測は2月末までほぼ2日に一回の割でデータを取ることが出来た。おかげでVバンドでの極大が2月21日にあったことを確認し、その前後での質の良い光度曲線(明るさの時間変化のデータ)をV、R(赤)、I(近赤外)の3バンドで得ることが出来た。結局、極大光度の10日前から観測を始めていたことになるが、極

大前の観測例は少なく(超新星はたいていの場合極大後に発見される)、我々は串田さんのおかげで偶然にも貴重なチャンスを掴んだことになった。

岡山での分光観測も若松氏と西田氏(神戸女子大)のチームが(本業を少々犠牲にして)頑張り、20日から26日までの6夜の内5夜の観測に成功した。ちょうど極大時のスペクトルを得ることができたわけである。27日からは私と比田井氏(東海大)が交代し、QSOの観測と並行して超新星をねらったが、27日以外は曇りでデータが取れなかった。岡山観測所の吉田氏の協力を得てデータ解析も比較的順調に進んだ。

3月に入ると超新星はだんだん暗くなってきたが、そのうち妙なことに気がついた。観測をする度に、その翌日前夜の結果をグラフ用紙にプロットして眺めては楽しんでいたが、Iバンド(波長0.8ミクロン)の明るさの下がり方が次第に緩やかになり、ついには逆に明るくなってきた。3月の終りになるとまた暗くなりはじめ、その後は順調に減光していった。このような現象の観測例は過去に数例知られているが、理論的な説明はまだ出来ていないことを観測しながらのわか勉強で知った。

4月5日も晴れ間があると観測を行い、超新星がV等級で16.5等より暗くなり、季節の移り変わりと共に観測がしにくくなって(日没直後に西の空で天体を追いかける状態になった)、5月23日夜にこれで打ち切りと決心するまでに計36夜のデータを取ることが出来た。もっとも、このうち数夜の観測は薄雲についての強行突破的な常識はずれの観測で、はたから見るとこんな夜に観測するあいつはバカじゃなかろうかと思われたに違いない。このような夜のデータはバラツキが大きく、信頼性は低いが光度曲線の一点をエラーバーの範囲内で押さえるという点でそれなりの価値がある。超新星のように日々変化する天体の観測は本質的にやり直しがきかない。

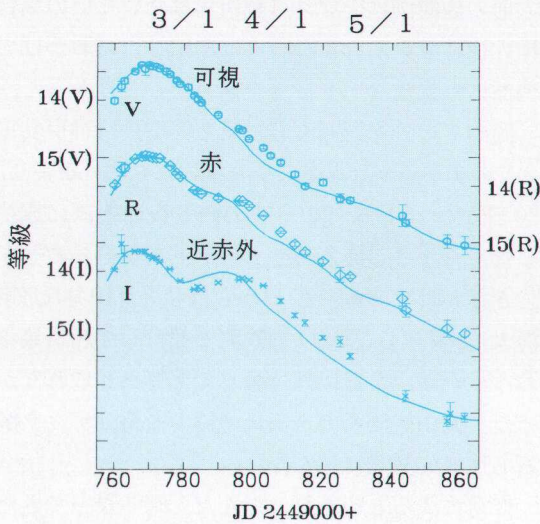


図2 SN1995Dの100日間の光度曲線(V, R, Iバンド)。実線は文献に与えられているタイプIa超新星の標準的な光度曲線を示す。

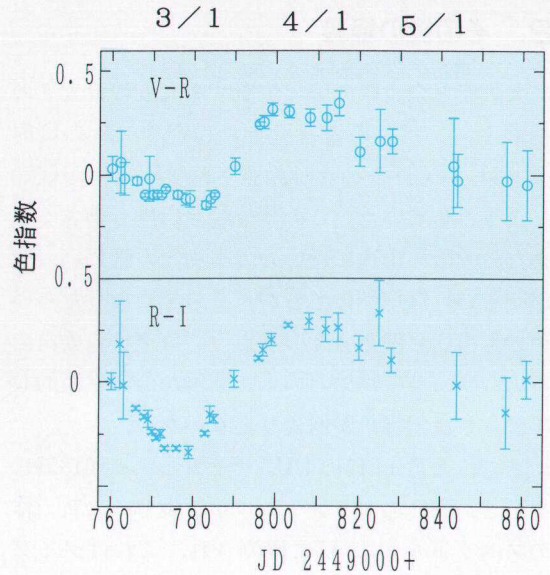


図3 SN1995Dの色指数(V-R, R-I)の変化。

3. 観測結果

SN 1995 Dの2月11日から5月23日までのV, R, I 3バンドでの光度曲線は図2のような結果になった。まず気付いた特徴は、この超新星ではIバンドでの極大がVバンドのそれよりも4日程度早く起こったという点であり、このような例は過去にあまり知られていない。文献を調べてみると、1992 bc¹⁾と1994 D²⁾の2つの超新星(いずれもタイプIa)でこれと同じことが指摘されているが、たいていの場合はV, R, Iの順で極大が起きることが知られている。何が原因でこのような違いが生じるのかについて、明確な説明はまだ無いようである。

上でもふれたIバンドでの2回目のピークに対応してRバンドでも減光がゆっくりになるコブのようなものが見られる。IバンドとRバンドでの奇妙な振る舞いはVバンドでの極大の約30日後で最も目立つが、過去の例ではIバンドの2回目の極大はVバンドでの極大の23日ないし25日後位に起きると報告されている³⁾。

観測された色指数(V-R, R-I)の時間変化をみると(図3)、だいたい過去の観測例と同様の経過をたどったが、細かい点では文献3に載っているデータとの違いが見られる。特徴的なことは、極大時の色が大変青い点で、普通の星で言えばB型星のカラーに相当している。これは、スペクトルデータにNaIの星間吸収線(D線)の痕跡が見られないことと共に、この超新星が銀河NGC 2962内部での吸収をほとんど受けていないということ物語っている。

極大時の6日間に撮られたスペクトルを図4に示す。水素やヘリウムのスペクトル線は全く見えないタイプIa超新星の特徴を示している。珪素(Si II)の吸収線の観測された波長から求めた膨張速度はおよそ10,000 km s⁻¹で、これもタイプIa超新星としては典型的な値である。

4. 観測結果からわかること

タイプIa超新星は絶対光度が明るいので遠方の銀河でも観測できる。このことを利用してタイプIa超新星を銀河の距離を決定するための標準

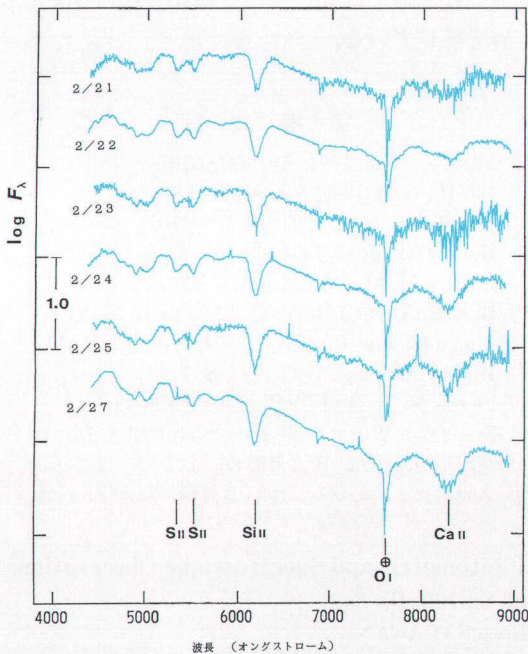


図4 SN1995Dの極大時におけるスペクトル。国立天文台岡山天体物理観測所188cm望遠鏡+カセグレン分光器で観測した。

光源（スタンダードキャンドル）として使う試みがなされてきた。かつてはタイプIaということがスペクトル的に確認されたら、それらはみな同じ絶対等級であるという前提で議論されてきた。ところが、最近になって、タイプIaの中にも絶対等級が暗いものがあることが確認され⁴⁾、またタイプIa超新星の絶対等級はB（青）バンドでの極大時からの減光速度と相関があることが明らかになってきた⁵⁾。極大時から15日間のB等級の減光が速い場合は暗い超新星で、逆にゆっくり減光する場合は明るいという結果が出ている。残念ながら、今回の観測ではBバンドのデータは撮られていないが、Vバンドのデータで代用することを考えた。SN 1995 Dの場合、Vバンドでの極大（2月21日）から15日間のVバンドでの減光は0.66等であった。これはBバンドでの減光に直すと1.1等に相当し、タイプIaとしては減光が遅いグループに属している。すなわち、この超新星は絶

対光度の明るいものであったこと、Vバンドでの絶対等級 $M_V = -18.8$ ないし -18.9 に達していたことが文献5を利用してわかった。

2月21日の極大時に観測されたV等級は+13.39等であり、また、NGC 2962の方向での我々の銀河による減光はBバンドで0.09等なので⁶⁾、それをVバンドに焼きなおして、Vバンドでの極大等級を求めると13.32等であったと推定される。

さて、上に述べたように、極大時のVバンドでの絶対等級は -18.8 等であったから、銀河NGC 2962の距離引数 ($m-M$) はおよそ32.1等と推定できる。これを、距離に直すと、約27メガパーセクとなる。Vバンドでの減光の速さがSN 1995 Dと同じであったSN 1990 Nの母銀河との相対的な距離引数を求め、距離を推定すると28メガパーセクという結果を得た。いずれにしても、NGC 2962は我々から30メガパーセクに近い距離にあり、乙女座銀河団に比べてかなり遠距離にあることがわかった。

NGC 2962の視線速度は約1900 km s^{-1} であることが知られているので、上で求めた距離で割ってみると、ハッブル定数の値 (H_0) として70 $\text{km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ 前後という値が出る。なんとなくもっともらしい値が求まったが、視線速度に数百 km s^{-1} 程度の特異速度の影響を考慮しなくてはならないので、これだけでは決定的なことはもちろん言えない。しかし、50 $\text{km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ という結果にはなりそうにない。ちなみに、タイプIa超新星の観測から得られたハッブル定数の最近の値は60から70 $\text{km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ の範囲内に入っている^{7,8)}。

5. さてこれから

今回のSN 1995 Dの観測の場合は幸運にも極大前のタイプIa超新星に出くわし、天候にもまた人の協力にも恵まれていいデータを取ることが出来た。今回得られた光度曲線を最近の理論に基づく計算結果と比較してみると、理論的な予測と合

わなない点がいくつもある。このような問題は今後理論の人が解釈してくれることを期待している。

最近話題（問題）になっているハッブル定数の値が $80 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ より大きいらしいという結果^{9,10)}は、HST（ハッブル宇宙望遠鏡）などを使って乙女座銀河団の銀河に検出されたセファイド型変光星から導かれたものである。しかし、セファイドを使う方法はおそらく距離 20 メガパーセク程度が限界で、それより遠い銀河ではタイプ Ia 超新星を使う方法に見込みがあるのではなかろうか。これまでこの方法はあまり信頼性が高くないと言われていたが¹¹⁾、光度曲線の形と絶対光度の関係が今後観測・理論の両面からよりはっきりと求まれば、信頼性の高い結果が得られる可能性がある。タイプ Ia 超新星は明るいので、50 メガパーセクくらいまでは比較的小口径の望遠鏡で観測可能である。SN 1995 D と同じ絶対等級を持つ超新星は 50 メガパーセクで 14 等台半ばの極大等級になる。大切な点は極大光度に達する前に発見し、50 ないし 60 日間精度の高い測光観測を継続的に行うことにある。そのためには 15 等級の後半から 16 等級の超新星を発見しなくてはならないが、CCD カメラを使用すればそれも十分可能であろう。現に串田さんはそのような暗い超新星を発見している¹²⁾。あとは情報をキャッチしてすぐさま観測にかかれる体制を用意しておけばよい。最近日本各地に 1メートルクラスの立派な望遠鏡と CCD カメラを備えた公開天文台が誕生しているが、それらの中で関心を持つ数カ所と超新星の探索をしている何人かの間で連絡網を作っておけば結構面白いことが出来るのではなかろうか。もっとも、分光観測には 2メートル級以上の望遠鏡が必要なので、そっちはプロの天文台にまかせるより仕方なからう。今回のような観測データが 1 ダースも集まればハッブル定数の問題の議論にも重要な貢献が可能なような気がしている。

チャンスを掴めば 50 cm の望遠鏡でも結構天文学ができる。小口径の望遠鏡といえどもまんざ

ら捨てたものではないなあと観測を終わってあらためて感じている。

参考文献

- 1) Maza J., et al. 1994, ApJ 424, L107
- 2) Wu H., et al. 1995, A & A 294, L9
- 3) Ford C. H., et al. 1993, AJ 106, 1101
- 4) Hamuy M., et al. 1994, AJ 108, 2226
- 5) Phillips M. M. 1993, ApJ 413, L105
- 6) Burstein D., and Heiles C. 1984, ApJS 54, 33
- 7) Muller E., and Hoflich P. 1994, A & A 281, 51
- 8) Hamuy M., et al. 1995, AJ 109, 1
- 9) Pierce M. J., et al. 1994, Nature 371, 385
- 10) Freedman W. L., et al. 1994, Nature 371, 757
- 11) 岡村定矩, 1993, 天文月報 86, 143
- 12) スカイウォッチャー, 1995 5月号, 22, 同6月号, 8

Photometric and Spectroscopic Observations of SN1995D

Kozo SADAKANE

Astronomical Institute, Osaka Kyoiku University Asahigaoka, Kashiwara-shi, Osaka, Japan 582

Abstract: A summary of photometric observations of SN 1995D carried out at Osaka Kyoiku University using a 50-cm reflector and a CCD camera is presented. Spectroscopic data were obtained at the Okayama Astrophysical Observatory at the phase of its optical maximum. Photometric observations had begun 10 days before the maximum and well defined light curves were obtained in *V*, *R*, and *I* bands. From the initial declining rate in the *V* band, we estimate the absolute magnitude of the SN and the distance modulus of the parent galaxy (NGC 2962). We suggest that similar observations of Type Ia supernovae by observers at public observatories can make significant contributions in determining the Hubble constant H_0 .