

アメリカの或る大先生が、木星を新星かと思って、あわや電報を打ちかけた、という伝説もある。

しかし、どんな星の観測をするときでも、finding chartに存在しない星が見えはしないか、と一応は視野を点検するのが天文屋たるものの心がけではないだろうか。

3. Payne-Gaposchkin 著の“Galactic Novae”という本によれば、新星の平均絶対等級は $-7.6$ 等であり、今までに発見された新星の銀河系内の分布図を見れば、銀河系の中心よりもやや遠いところまで分布している。

一方、McLaughlin (Stellar Atmospheres p. 647)によれば、銀河系内で新星の出現する確率は毎年25個であるという。極大時の見かけ等級が9等になるものまで発見できると仮定すれば、この25個はすべて観測にかかるはずである。実際には光の空間吸収があり、絶対等級が平均よりも暗い新星もあるだろうから、およそ10個ぐらいには減るかもしれない。1カ所の天文台だけでは、天候の都合もあるから、毎年2~3個というのが最大の限度であろう。

世界中で本気になって新星の探索をやれば、毎年10個の新星はすべて見つかるだろう。それも、1週間もた

ってから発見の通知を出したのでは役に立たない。即刻の通報が望ましいのである。

たとえば、望遠鏡にイメージ・オルシコンをとりつけて空の探索をやる。計算機に9等までの星(半天で4~5万)の位置と明るさを記憶させておき、観測と比較させる。異常があれば直ちに通報。これを世界中の何か所かでやればよいだろう。しかし、よく考えてみれば、惑星や変光星や人工衛星をどう取り扱うかの問題もあり、そう簡単にはいきまい。当分の間は本田実さんのような篤志家の御厄介になり、今年のへび座新星、わし座新星の場合のように機を失しない御教示を期待するのみである。日本で発見されれば外国で発見された場合に比べて、少くも1~2日は早く等級とスペクトルの観測が始められることを特筆しておこう。

4. 新星は毎年25個であるが、超新星は270年に1個の割合いだという。理科年表によれば、1054年、1572年、1604年に出現してから後は、超新星を見ることなくすでに366年が経過している。いつ何時、どこに超新星が現われるかわからない。新星の極大以前の探索をおすすめする理由はここにもあるのである。

## 新 星 現 象

小 平 桂 一\*

新星と呼んでいるのは“Nova Stella”というラテン語の直訳で、天空の一角に突然現れる星を指す。古くは大流星や彗星にも使われていたようだが、今では暗かった恒星が物理的に急に明るくなる場合に限られている。このような現象には、増光の度合が数千万倍におよぶ超新星、数万倍程度のいわゆる新星、それに数百倍程度以下の変化を繰り返す新星様変光星などがある。新星は今までに百以上も観測されているが、急激な増光を予知することができないためデータが不足がちなうえに、それぞれが個性に富んでいて、いまだ十分な研究がなされていない。以下に描出するのは、いわば架空の「平凡な新星」のモニター・ジュ写真である。

### 1. 明るさの変化

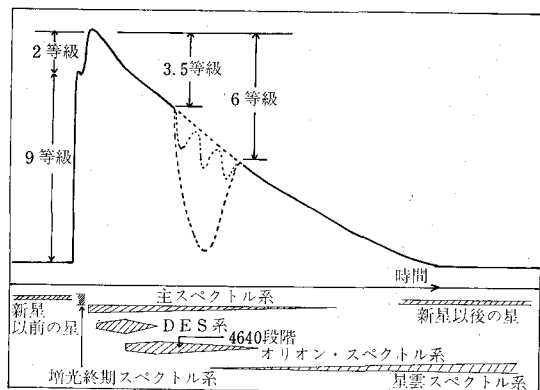
新星は急に明るくなり、緩やかに減光し、元の明るさに戻る。増光は非常に急で、2~3日の間に数万倍に達する。これに較べて減光のほうは比較的速い場合でも数

カ月、遅い場合には元に戻るのに数年以上もかかる。変化の流れの速いものも遅いものもあるが、光度曲線の様子はほぼ共通していて、マクローリン(1939)は次のように9段階に分けている(図参照)。

(a)新星以前：ほとんど変化せず、変化しても1~2等級である。(b)増光初期：二三日以内に数万倍に増光する。(c)一旦停止：最大光度より2等級ほど暗い段階で一度増光が止る。この時期は数時間から、長いものでは一週間続く。(d)増光終期：再び増光しだして、1日から数週間の間に最大光度に至る。(e)最大光度：このピークは永くても一日しか続かない。(f)減光初期：速いものは滑らかに減光するが、緩やかなものはこの時期にも明るさのふらつくことがある。(g)減光中期：最大光度から3.5等級下がった辺から6等級下がった辺までで、個性に大きな差が現われ、滑らかに減光するもの、振動するもの、顕著な極小を示すものなどに分れる。(h)減光終期：滑らかさを増しつつ、緩やかに減光する。(i)新星以後：全く落ち着いてしまう場合もあるが、数年にわたって小さなふらつきを示すこともある。

\* 東京天文台

K. Kodaira: Nova Phenomena



細かい点を別にして、このような曲線を見れば、誰しも爆発現象、つまり一時に大量のエネルギーが発生して逃げていく過程を思い起こすだろう。ポタッシュ(1959)は原子爆弾の実験で現れる火球の光度変化の報告が新星の光度曲線によく似ていることを指摘している。原子爆弾の火球の場合にも“一旦停止”の現象が現われる。このことから考えて、星の構造なり物質なりに蓄えられていたエネルギーが短時間に流れうる形態に変えられる過程(一次爆発)は、一旦停止あたりにそのピークを持っていると推察される。それ以後は放出されたエネルギーが電磁波、圧力波あるいは物質の運動の形で拡散していく(二次爆発)ことになる。この部分は、一次爆発域を包む環境次第でいろいろな様相を呈し、変化速度にも違いが生じる。特に連星系の場合や、強い磁場の存在する場合には大きな影響が出る可能性のあることに注意したい。最大光度時の眼視絶対等級  $M_0$  は爆発規模を知る一つの目安となるが、コピロフ(1952)、アープ(1956)、シュミット(1957)、ペイン・ガボシュキン(1957)らは明るいものほど変化の速いことに気がついた。眼で見た明るさが  $M_0$  から3等級暗くなるまでにかかる日数を  $t_3$  と記すと、

$$M_0 = -11.5 + 2.5 \log t_3$$

という関係のあることが知れる。こうしてみると、爆発全体として出るエネルギーの総量は、明るくて短命のものでも、比較的暗くて寿命の長い新星でも、ほとんど変わらないことがわかる。一次爆発の機構はどの新星でも同じなのではないだろうか。放出されるエネルギー総量(輻射によるものとそれ以外のものとは以下にみるようにほぼ等量である)は  $10^{45}$  エルグほどになるが、これは太陽が1万年たらずの間に放出するエネルギーにあたって、星全体に蓄えられているエネルギーからみるとほんのわずかである。一度爆発した後、以前と同じ位の明るさに落ち着くことから考えても、新星現象は星の“皮膚病”ぐらいに思っただろう。

## 2. 線スペクトルの変化

新星のスペクトルは前節に記した明るさの変化の各時期に応じて複雑な変化を示す。出現・消滅の時期や波長偏移の度合によって、以下のように既知スペクトル類似のいくつかの系に分類されている。

(i) 最大光度まで：爆発以前のスペクトルはたつた一例 V 603 Aql 1918 について残っているだけであるが、分散度が低すぎて詳しいことはわからない。キャノン(1920)、ガボシュキン(1941)らによると、連続輻射は早期型と思われるが、線スペクトルは判別できない。一旦停止以後最大光度以前については、10個近い新星について記録がある。今回のへび座新星についてなされた岡山・堂平での観測はこれら貴重な記録の一つである。ほとんどの場合、幅広い吸収線だけが見えるが、DQ Her や今年のへび座新星では輝線成分が認められる。初めに輝線成分が認められても、連続光が明るくなると相対的に認めにくくなる。吸収線の種類は普通の星のものと単純に対応がつかず、複合スペクトルの様相を呈するが、おおよばにいて早期型(B~F)である。時間が経つにつれてスペクトル型はより晩期のものに移り変わり、B型であったものならAからFへと進む。V 1148 Sgr ではK型にまで進んだ。一般に使われる光度階級の判別を適用すると、増光につれて巨星化し、最大光度時には超巨星に似る。つまり高温の小さな星からより低温の超巨星へと膨張していくことになる。吸収線の偏移はこの間ほとんど一定で、ドップラー偏移と解釈して速度になおすと-1,000キロメートル/秒程度になるものが多い。視線速度がマイナスというのは、光を吸収している原子分子がわれわれ観測者に向かって動いていることを示す。また吸収線が幅広いことから、この運動がきれいに揃っているわけではなく、-1,000キロ/秒位を中心に見線速度の分布に広がりがあることがわかる。こうした事実は前節で考えた爆発のイメージによく合う。普通超巨星として知られている星々の半径は太陽半径の約200倍で  $10^8$  キロメートル位である。吸収線の偏移から知れる速度  $10^3$  キロメートル/秒でまる1日運動すると、やはり  $10^8$  キロメートルほどになる。したがって、最大光度以前は、物質の運動がほぼそのまま光球の運動になっているといえる。これは運動している物質層が光学的に十分厚いことを意味し、一次爆発で内部に生じた輻射エネルギーが逃げ出すのに苦労(?)していることを物語る。

(ii) 主スペクトル：最大光度を過ぎて減光が始まるやいなや、新星に特徴的な“主スペクトル”と呼ばれる系が現われる。Ca II, O I, C I, Fe II, Ti II, Si II など、吸収線の種類にはそれ以前と較べて大きな変化は見られないが、その偏移は最大光度以前のものより大きい。

同時に、偏移がほとんど零の輝線が華々しく現われる。輝線には普通のB型輝線星に見られるような水素バルマー系列や金属元素のものもあるが、オーロラ輝線(O I)5577や[N II]5755も含まれていて、ガスの稀薄なことを物語っている。一般に [O I] や [N II] の輝線は急に眼につき始め、いわゆる閃光現象として出現する。一度現われると絶対強度はゆっくりと小さくなっていくが、連続光が急速に弱まるので、相対的には輝線が次第に目立ってくる。時が経つにつれ He I, N II, O II などの輝線も現われ、やがては N III, He II, [O III], [Ne III] の線が見えだして、励起の割合がますます高くなっていくことを物語っている。これと同時に励起の低い場合にでる Ca II, Na I, Fe II などの輝線は急速に弱くなる。いくつかの新星では赤色・緑色のコロナ輝線 [Fe X] 6374・[Fe XIV] 5303 さえも観測されている。“主スペクトル”と呼ばれるのは、後に述べる最終段階の星雲状スペクトルに取って代られるまで新星スペクトルの主要部となるからである。したがって、このスペクトルを形成し、-1,500 キロメートル/秒位で広がっていく部分が放出された大気の本体内で、これがやがて星雲状に広がると考えられる。上で“光球”と呼んだ部分は、この本体をさらに包んでいた比較的薄い包被と思われる。吸収線が二重の偏移を示し、時とともに低速の成分が消えていくのは、本体内に“光球”が追いつき越されるのか、“光球”自身が光学的に透けてくるのであろう。いずれは、本体自身も可視域連続光に対して次第に透明になってくる筈である。輝線の偏移がほとんど零であることから、その発生している領域について幾通りかの推定ができる。また以下に述べる二種のスペクトル系との相互干渉の様子から、それ等の生まれる領域との相互位置を知ることができる。主スペクトルの輝線は後に出現してくるスペクトル系の吸収を受けない。すると、主スペクトルの輝線は放出大気主殻の外に非常に広く拡がった領域か、主殻とは視線上方ならなく全く離れた所から出ているのであろう。後の場合には近接連星系の伴星の周りに流れこむ気体流が思い浮ぶ。主殻の連続吸収が弱いなら、主殻の内を満たしている球対称な電離領域から輝線が洩れているとも考えられる。この点は主スペクトル内の吸収線と輝線との干渉を研究することによって明らかにできるであろう。

(iii) 付随スペクトル：主スペクトル系が急に現われて少し経つと、線輪郭の不明瞭なスペクトル系 (diffuse enhanced spectrum だが、いい訳語がないので DES と略称する) があとを追って現われる。H I, Ca II, Mg II, Fe II, Na I, O I などの幅の非常に広い吸収線で、その偏移は主スペクトル系の約2倍に当たる。詳しく追っていくと、偏移が少しずつ異なる明確な線の集りに分化して

いく場合が多い。寿命は短いと数日、長い場合でも数週間しかない。このスペクトル系が一番顕著なのは新星の明るさが最大光度より2等級位暗くなった頃で、この頃から線輪郭は明瞭になっていく。3等級も暗くなる頃には、H I の線を最後に姿を消してしまう。この DES 系が最強の頃に、さらにもう一つ“オリオンスペクトル”と呼ばれている系が出現する。オリオン・スペクトル系はオリオン星雲中の早期型星に見られるような、He I, N II, O II などの吸収線が主体で、H I の線は現われる場合も現われない場合もある。偏移は DES 系とほとんど同じだが、もっと大きいこともある。DES 系が消滅する頃にオリオンスペクトル系は最も明瞭になるが、線輪郭は始めから終わりまでぼやけて広がったままである。N II, O II の線が弱くなりかけると、N III 4640 が幅広い輝線として目立ってくる。この通称“4640 段階”は最大光度より3.5等級ほど暗くなった時点にくる。それはちょうど減光中期の初めにあたり、これを合図にするかのようにスペクトル全体の感じが“星”から“星雲”のものに移り始める。第1節で述べたように、この段階では明るさに揺らぎが生じ、減光の様子が各新星によって大いに異なる。それを反映してスペクトルの様子も千差万別となる。オリオン・スペクトル系が弱まると、主スペクトル系の励起度はあがり、最大光度を4等級下った頃には星雲スペクトルの特徴である [O III] [Ne III] などの輝線が強くなり出す。やがて7等級も下ると、連続スペクトルは見る影もなく衰え、ガス星雲状のスペクトルに変る。上に述べた二つの付随スペクトルは主スペクトルの生じている主殻よりも新星中心に近い領域で生まれている。その証拠に、主スペクトル系の強い吸収線が上の二つのスペクトル系の輝線を呑み消してしまう事実を挙げることができる。また DES 系の吸収線が同様にオリオンスペクトルの輝線を呑むので、オリオンスペクトル系が一番中心近くで生まれていると考えられる。DES とオリオン系の偏移は主スペクトル系のものより大きいので、前二者を生む領域を通過していく物質は、そのままの速度で進めばいつか主殻に追いつくことになる。さきに現われた系がその最盛期を過ぎると、次の系が突然現われる時期が一致するという現象の繰り返しは、この“流れの追いつき”と深い関係があるようにも思える。また、手前にある殻が膨張により透明になっていく過程ともかかわってくるだろう。私は第1節で、一次爆発が瞬時に終るように想定したが、物質の放出が断続的に尾を引いて行なわれれば、このような種々の流れを考えやすい。最初に生じた波が次々に他の波を付随的に発生させるような説明がつけば、もっと好ましいと思われる。さて、“星雲スペクトル”は実際に爆発で放出された物質が広がってきた星雲領域から出ている。

バーナード (1916, 1919) は二つの新星を包む小さな星雲を発見した。何年も観測を続けていると、これ等の星雲が膨張していることがわかる。他にも星雲の見つかっている新星があり、形は球殻状に近いもの、対称な2方向に濃いもの、殻が幾重にもなっていると推察されるものなどがある。一方、弱くなった連続光はほぼ星雲の対称中心に位置する星から出ていることが知られる。フーソン(1938)は新星現象後の星の連続スペクトルは紫外部が強く高温なことを示しているのに気付いた。白色矮星状の幅広い吸収線だけを持つものもあれば、H I, He II, C III などの鋭い輝線を合せ持つものも多い。新星のなかには、この段階で連星スペクトルを示しているものがある。その解析から回帰新星 T CrB についてはおのおの星の質量が2~3太陽質量と判明している。新星 DQ Her については0.27太陽質量という小さな値が求められており、クラフト (1959) は白色矮星と解釈を下している。

### 3. 物理量の変化

既知のスペクトル系に分解することによって、その生じている領域について“星”的ならば恒星大気、また“星雲”的なら星雲気体の分析法を応用して、温度とか密度を概算することができる。一番単純な温度目安は連

続光の色で、いくつかの波長域での明るさの観測があれば色温度が出せる。今までの結果では、増光中は次第に色温度が下り、最大光度時には5,000~8,000°Kとなり、減光の開始と共にまた上りだす。星雲スペクトルが出る頃には数万度以上になる。今回のへび座新星の岡山での三色測光曲線にもこの様子がよくでている。新星は平均銀緯が約6度の銀河中心方向に見つかるものが多く、直接測られる色指数はかなりの星間吸収の影響を受けている。減光速度から  $M_0$  を求め見かけの明るさと較べて吸収を補正すると、へび座新星の色温度は約6,000°Kとなる。絶対等級とこの温度から推算される光球の半径は第2節で記したものに等しい。連続光が透けるような星雲状態では色温度は意味がなくなり、スペクトルも輝線が大部分のエネルギーを占める。スキャンナー観測を行えば、輝線中のエネルギーを知ることができて、星雲領域の温度や密度を求めることができる。結果は非常に高密な H II 領域ともいべき状態で、星雲スペクトルの現われる段階では電子密度  $\sim 10^6$  ケ/cm<sup>3</sup>、電子温度  $\sim 10^4$ °K となる。こうした推算の積み重ねとして、放出された物質のうち、透けて見えている部分の質量を  $10^{28} \sim 10^{29}$  g と概算できる。これは太陽質量の約1万分の1で、やはり新星現象が星の“皮膚病”に過ぎないことを物語っているが、その謎を解くのは私達の夢の一つである。

## 最近現れた二つの新星

成 相 恭 二\*

### へび座新星 1970

倉敷の本田さんが2月14日に新星を発見されました。私達はこの発見の報せを受けたあと、岡山の188センチ、91センチ、30センチ、及び堂平の91センチ鏡を使って、光度、色、連続輻射分布、スペクトル等の変化を調べました。各々の望遠鏡はそれぞれ予定表通りに観測者が自分の観測をしているのですが、こういう新星出現のときは、できるかぎり時間を割いて、新星を観測します。各望遠鏡の主な役割りと主な観測者は次の通りです。

岡 山

188センチ鏡：スペクトル

91センチ鏡：光電測光、スキャンナー観測

30センチ鏡：光電測光

堂平山

91センチ鏡：光電測光、スペクトル

\* 東京天文台

主な観測者は岡山が、清水実、市村喜八郎、野口猛、渡辺悦二、成相恭二、堂平が清川正男、菊池仙です。

光度変化

第一図に世界各地で測定した光電測光の結果を示します。上から順に実視等級 ( $V$ )、色指数 ( $U-B$ )、( $B-V$ ) です。尚、 $V$  の最初の三つの観測は本田さんの写真及び眼視によるものです。極大は4.5等、極大以後は約20日で1等暗くなっており、減光の速さは中位です。光度曲線から、絶対光度は-6~-7等と推定され、空間吸収を1等級あるとすれば、距離は約1kpcになります。これはカルシウムの星間吸収線の幅からの推定と一致しますが、色指数は極大までは急速に赤い方へずれていきますが、その後は反対の方へ動きます。これは多分輝線の影響をつよく受けるためだろうと考えられます。

連続光

スキャンナーによる連続光の観測は極大の一日前と一日後に行われました。光電測光の結果ではこの両日は一番赤くなった時で、色は殆んど同じですが、スキャンナ