

〈天体列伝(33)〉

超新星 1987 A

383年ぶりに肉眼で見ることができる超新星が1987年2月に出現した。超新星界のスーパースター1987Aである。それまでの超新星研究は、1千万光年以上離れた銀河で爆発した超新星を観測してああでもないこうでもないと言っていたのだから、15万光年という至近距離で爆発した超新星1987Aがもたらした情報は今までに比類ないほど詳細なものだ。超新星研究の一大エポックとなったこの1987Aの正体にせまってみよう。

1. 発見とニュートリノの観測

1987年2月24日、南アメリカのチリにあるラス・カンパナス天文台のシェルトンが、我々の銀河系の伴銀河である大マゼラン雲に見なれない5等級の光点があるのに気が付いた(図1)。この話の主演、超新星1987Aの発見だ。

超新星が発見されるとまずはスペクトル観測が行なわれて超新星に水素があるかないかが調べられ、超新星のタイプが決められる。1987Aは水素があるII型超新星とわかった。すなわち太陽の8倍以上の質量を持った星が進化の最終段階で、中心にこれ以上核融合反応を続けることができない鉄が溜って、自分の重さのためにつぶれてしまうことで中心部以外が反動で吹き飛ばされるタイプの超新星だ。

これまでの超新星研究から、この型の爆発では大量のニュートリノが放出されると言われていた。ニュートリノは物質とほとんど反応せず、地球も太陽も楽々すり抜けていく粒子だが、これほど近くでそれも大量に放出されれば、いくつかは反応を観測することができる。発見の報を受けて解析が行なわれた結果、岐阜県の神岡鉱山の観測



図1 極大時付近の超新星1987A

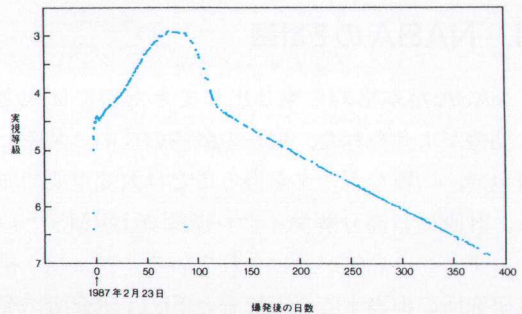


図2 超新星1987Aの光度変化

器で、シェルトンによる発見の前日に13秒間で11個のニュートリノがひっかかっていたことがわかった。外国にある他の装置でも、同時刻にニュートリノのバーストが観測された。これほどのバーストは超新星以外では考えられない。こうしてこの超新星は、太陽以外で初めてニュートリノが観測された天体となった。

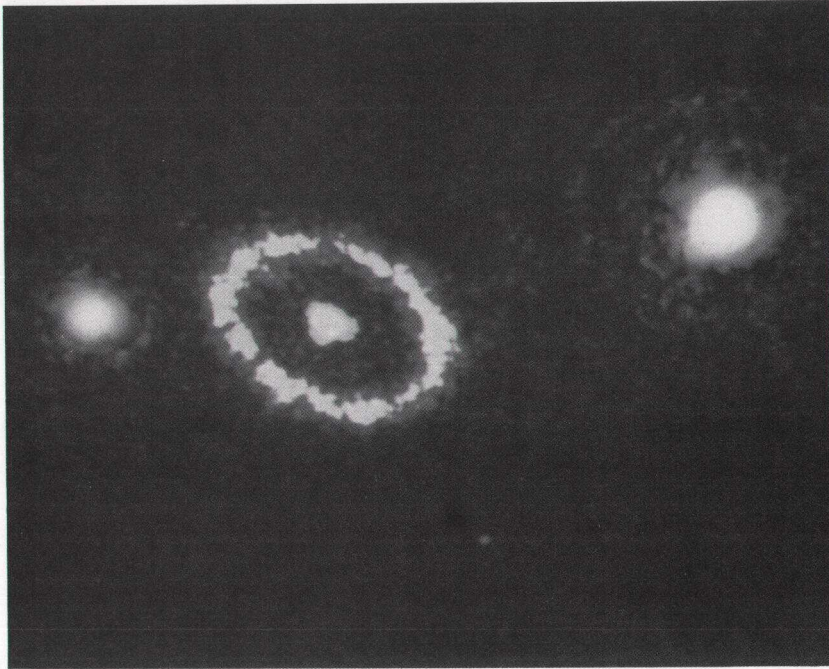


図3 ハッブル宇宙望遠鏡が見た超新星1987A

## 2. 光度変化と爆発前の天体

典型的なII型超新星が大マゼラン雲で爆発すれば、爆発から10日ほどで0等級前後の極大に達するはずだ。その予測はすぐさま裏切られた。爆発2日後から数日間、4.5等でほとんど明るさが変化しない状態が続いた後、じりじりと明るくなった末5月初めに3等級の極大に至ったのだ(図2)。このような光度変化を見せた超新星は他に例がない。

さらに驚くべき情報もたらされた。爆発前の星が以前の研究で観測されていたのだが、その星が高温の青色超巨星であったことだ。星の進化の理論によると、進化の最終段階では星は膨張して低温の赤色超巨星になると考えられていたのに、この星は違ったのである。そのうえ、1987Aの周りにある星周物質を紫外線で調べてみると、爆発前の星が赤色超巨星であった時代もあることがわかった。この程度の質量の星は生まれてから生涯の9割の期間は主系列の高温の星であったことも

考えると、青→赤→青という進化経路を通ってきたことになる。

これらを踏まえた上で理論家はモデル作りにいそしんだ。大マゼラン雲の星は、我々の銀河系の星に比べて炭素より重い元素が少ないこと、さらに星表面からの物質放出や星内部での混合を考えると、進化経路が説明できる。さらに、星の外層部が爆発時に内部まで混合されたとすると、特異な光度変化も再現できた。これらは、星の進化理論や超新星内部の構造に多くの新知識を加え、かつ理論を精密化することになった典型的な例だ。

## 3. X線・ $\gamma$ 線の観測

超新星が輝くエネルギー源は、爆発直後の衝撃波による加熱を除けば、爆発の時に合成される放射性原子核が崩壊するときに出る核 $\gamma$ 線だ。特に、大量に生成されるニッケル56がコバルト56に崩壊し、さらに鉄56に崩壊する系列で放出される $\gamma$ 線が重要である。これまでの超新星観測で、極大後に直線的に暗くなっていく率とコバルト

56の崩壊の率が一致していることから、この崩壊が熱源であることはまず確かであったが、直接的な証拠がなかった。そこで1987 Aでは、この $\gamma$ 線の直接観測が期待された。中心付近で生成されたニッケル・コバルトからの $\gamma$ 線は、超新星放出物が膨張して薄くなった後に観測されるはずで、その時期は当初爆発後1年半と予想された。

ここでも予想は裏切られる。爆発後半年という早い時期に、この核 $\gamma$ 線は観測されたのだ。この観測は、もともとは太陽の観測のために打ち上げられたSMM衛星によるもので、あらゆる観測機器が1987 Aに向けられたことを物語っている。早い時期から $\gamma$ 線が超新星放出物に邪魔されずに出て来られたということは、コバルトが表面近くまで混ぜ上げられていたことを意味していて、爆発後の物質混合の計算がこの後精力的に行なわれる契機となった。

#### 4. リングとパルサー

##### …まとめて代えて

1990年春に打ち上げられたハッブル宇宙望遠鏡も、1987 Aを観測した一人だ。その画像は、やはり他に類例のない天体を写しだしていた。膨張する1987 Aを取り囲むように、リングが輝いていたのである(図3)。このリングは、爆発前の星から放出された物質でできているのだが、どうして球殻状ではなくリングになったのかについて、現在も精力的な研究が続けられている。数年後にはリングに超新星放出物が衝突してX線で明るく輝くという予測もある。

さらに、ハッブル望遠鏡の光学系の修理が行なわれた後にもこの超新星は観測され、このリングをさはむようにかすかな2本のリングが存在して

いることが知られた。主リングも2本の副リングも、超新星爆発の1万年以上前に形成されたものなので爆発と直接の関係はないのだが、特異な構造を持つこの天体の成因は、私たちの好奇心をかきたててくれるものだ。

II型超新星が爆発した跡には、中心核のなれの果ての高密度天体が残される。爆発した星が非常に重ければブラックホールが、それほど重くなければ中性子星が残るはずだが、その境界はまだわかっていない。中性子星であれば、パルサーとして観測されるか、そうでなくとも熱源になるはずなのだが、今になってもその兆候がないところを見ると、中心天体はブラックホールになってしまったのだろうか。それとも、あまりに注目を集めてしまったために恥づかしがって出てこないだけなのだろうか。

超新星1987 Aは、電波から $\gamma$ 線に至る電磁波のみならず、ニュートリノという新しい天文学の手法を含めたあらゆる観測方法を駆使して調べられた最初の超新星であった。これはもちろん1987 Aが至近距離の天体であったためであるが、観測手段が飛躍的に多様になった時代に出現したことも助けになっている。1987 Aがあと0.03% (50光年)近くにあったら、爆発は50年前に観測されることとなり、これだけの観測は決してできなかった。観測の報告と理論の予言がリアルタイムで、しかも短いタイムスケールで競争するというのも、非常にエキサイティングである。元素の起源の現場であり、銀河の力学に影響を及ぼすエネルギー源であることを含め、宇宙の巨大な花火である超新星爆発が注目される由縁であろう。

山岡 均 (九州大学理学部)