

11 宇宙の落とし穴

—星の進化とその最期—

授業のねらい

恒星にはさまざまな種類があり、恒星進化という時間軸を導入することによってそれらを統一的に説明できることをH・R図を扱うなかで学んできた。星の寿命は数百万年から数百億年ときわめて長く、時間変化を実感するのはむずかしいが、ときおり出現する超新星はその手助けとなる。また、超新星爆発にさいして中性子星やブラックホールのような常識を越えた天体が残されることがある。このような話題性に富む天体を紹介することによって生徒の興味をひきだし、星の世界にも時間的変化があることを把握させる。

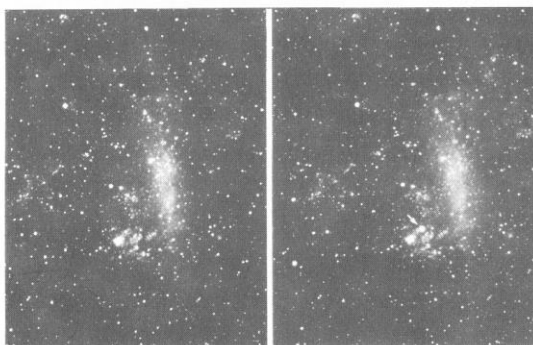
授業の展開

大マゼラン雲の超新星

生徒への問題提起の材料としてここでは大マゼラン雲に出現した超新星の写真を使う。もちろん、できるだけよく知られている超新星を取りあげるにこしたことはない。

T：わが国からは見えないのが残念だが、これは大マゼラン雲という銀河の写真だ。右には明るい星が写っているが、左にはない。

T：そう、これは1987年の超新星なんだね。超新星ってどんなものだった？



大マゼラン雲の超新星
左：1987年2月23日
1時
右：25日1時

ここでH・R図を用いて恒星の種類と進化の概略を復習し、星が爆発して死んでいくときに星の一生で最も短い時間変化する現象であることを印象づける。

超新星と中性子星・ブラックホールとの関連

S：では、地球がまるいままでずっと何十億年も存在し続けてこれたのも地球のもってる引力という重力とそれに対抗する力がつりあってきたから、ということなんですか？

T：そのとおり。だから、もし地球や星が崩れさるとしたら、それは重力が勝つか、対抗する力が勝つか、のどちらかになるわけだ。

S：じゃあ、超新星爆発というのは対抗する力、この場合は熱の力かも知れませんが、それが重力より大きくなって勢いよく広がる現象と思えばいいんですね？

T：うん、そういうこともあるだろうな。たとえば急激に核反応がおこるとかね。でも、おもしろいのはその反対に熱の力が負けても爆発がおこる可能性があるということだ。

S：……？

T：いいかい？ 星をビルにたとえてみよう。君のいう爆発はそれこそ3階あたりで爆弾が炸裂したようなもので、ビル全体がふきとぶかも知れない。じゃあ今度は、材料の疲労かなんかで1階の柱が折れたとでもしようか？ 熱の力がなくなったことに相当するわけだ。するとどうなる？

S：2階、3階がつづけてドドドーと崩れ落ちます。

T：これが10階ぐらいのビルならどうなる？ 何十メートルと落ちるわけだから、……

S：すごい勢いでぶつかります。

T：そして、どうなるか？ ぶつかった勢いではね返るだろう？

超新星の爆発のメカニズムとして2つ考えられている。1つは核反応の暴走で、もう1つは核反応がとまった後に外層が急激に収縮（爆縮）しそれが爆発に転じる場合である。超新星爆発をおこす星は太陽より質量の大きな星で、爆発の規模に応じて、星全体がふきとぶ場合、中性子星やブラックホールができる場合がある。

肝腎なことは、星は重力と斥力がつり合って形を保っていること、爆発は重力を振りきる現象であること、中性子塊の斥力がこの世で最も強いもので、したがって、それ以上に重力が強ければ一方的に永久に収縮がすすんでブラックホールになること、などをおさえておくことである。

また、有名な哲学者のカントが回転ガス雲（カント・ラプラスの星雲説）に関連してはるか昔にすでにブラックホールの的なものを考えていたことを紹介するのもおもしろい。

ろい。彼は星雲が静止状態であれば重力で永久に潰れつづけてしまうことを指摘していた。

超高密度の天体

T：白色わい星や中性子星の質量は太陽程度で、半径は白色わい星で地球ぐらい、中性子星で10 km ぐらいだそう。じゃ、ここで平均密度がどれぐらいになるか、計算してみよう（太陽の平均密度は1.4 g/cm³、半径は地球の109倍）。

白色わい星の密度はサイコロ1つ分の大ききで1トンほどである。中性子星ではさらにその10億倍にもなる。常識を越えた数字がこの種の天体の異常さを物語っている。重力の大ききを計算して、このような世界に人間が足をふみ入れたらどうなるかを考えてみるとよい。

ブラックホールの性質

S：ブラックホールというのは「黒い穴」という意味です、ね……。

T：たしかにそうだね。では、なぜそうよばれるんだろう？

S：はい、それは光を吸い込んでしまうからです。

T：これはなかなか含蓄のあることばのようで、いったん入った光は外へ出てこれないという意味と、出ようとする光はエネルギーが弱められて暗くなるというような意味もあるようだ。

S：でも、光というのはまっすぐに進むんでしょう？ だったら外へ出られないというのはおかしいような気がします。何か壁のようなものでもあるんですか？

T：きわめて考えにくいことかも知れないが、ブラックホールでは光も重力を感じる、ということなんだ。上空に投げたボールが落ちてくるように、ブラックホールでは光でさえも戻ってきてしまう。光でさえ出られないのだから、その他もおして知るべしで、入ることはできても出ることは許されない。まるで落とし穴の世界というわけだ。

君たちは潮汐力ということばを聞いたことがあると思う。地球にかかる月の引力は月に近いところと遠いところではちがっている。これは結果的には地球を引き裂くように反対向きにはたらいでいて、潮が盛りあがるんだ。ブラックホールのように重力が強い天体ではこの力がとてつもなく大

きく、人間ほどの小さなものまで破壊してしまう。潮汐破壊というやつだ。

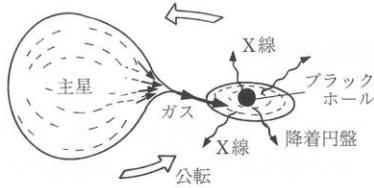
S：先生，すると，もしわれわれがブラックホールに近づいたら吸い込まれる前にばらばらになるということですか？

T：そうなるだろうね。

S：じゃ，吸い込まれたものはブラックホールの中でどうなるんですか？

T：う〜ん。そこはいわば別の世界だからね，……

ブラックホールや中性子星はけっして想像の産物ではない。これらを想定しなければ説明できない現象——たとえば、はくちょう座 X-1 のような X 線天体やカニ星雲のパルサーなど——が実際見つかったことを添えておきたい。カニ・パルサーは毎秒約 30 回転する中性子星と考えられている。地球をこの周期で回転させたならば、遠心力で粉々になるにちがいない。回転しつづけるには小さくて固い天体でなければならないのである。



授業のまとめ

超新星爆発はストーリーのある内容だからであろうか、おもしろかったという感想が多かった。しかし、後半の中性子星やブラックホールは説明しきれぬままに“ふしぎなお話”だけで終わってしまった。ここではいろいろな天体があることの紹介に重点をおき、正確な概念を与えることは避けたほうが賢明なようである。

<参考文献>

佐藤文隆・松田卓也『相対性論的宇宙論』講談社，1974

R. ゼックスル・H. ゼックスル，岡本・黒田訳『白色矮星とブラックホール』培風館，1985

(加藤賢一)