

星とはいつたい 何なのか

中嶋浩一

一橋大学大学院社会学研究科教授

暗闇にほのかな灯りをともす星。夜道をたどる旅人の道しるべとなり、あるいはまた挫折しそうな人の希望の光となる星。「あなたはなんて不思議なんでしょう」と、歌にも歌われている星について、美しくまた夢のある説明をここに書きたいものである。しかし現代科学の描く星の姿は、むしろ地獄の業火に近いものようだ。

現代科学の考え方の特徴のひとつに、天上界の諸現象をも地上の身の回りの諸法則によって理解し説明しようとする、ということがある。天上界や宇宙の果てに、われわれの世界とはまったく異なる物質や法則の支配する世界がある、とは考えないのである。この考え方は、長い人類の歴史の中では、ごく最近になって確立されたものだ。

このような考え方に立って最初

かを論じたのは、一九世紀後半のアメリカの天文学者、J・H・レーンだった。彼の論文の題目は「地上の実験から知られる気体法則に従い、内部の熱の力によってその体積を維持するガス体としての太陽の理論的温度について」であるから、まさに現代科学の面目躍如というところである。一九世紀というのは、自然科学による自然の理解が大きく進展し、このような原理が広く受け入れられるようになった時代であった。

さて、星はみな太陽と同じような存在であるから、レーンのように身近な太陽について詳しく調べれば「星とは何か」ということがわかってくる。しかし、前回も紹介したように星にはいろいろな（文字どおり色々な）星があるので、これを手がかりとしてさらに星について調べなければならぬ。

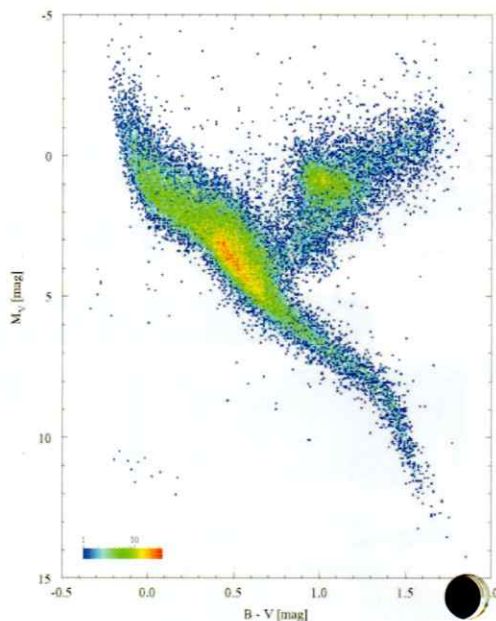
星に関する多様性として、前回述べた色の違いのほかに、エネルギーの発生量の違いがある。これは星の明るさ、すなわち星の等級の違いからわかるのだが、エネルギー量の大きい星でも遠くになれば暗い星となってしまうので、正しい比較をするためには、まず星までの距離を正確に測らなければならない。この距離の補正を施した星の明るさを絶対等級という。

測定データが二種類そろったところで、これらをそれぞれx軸とy軸として星の分

を作成してみる。表計算ソフトでいう散布図である。これは自然科学のみならず社会科学、人文科学でも用いられる常とう手段である。x軸に星の色、y軸に絶対等級をとって星の散布図を作ったものをHR図（注）という。

実際には、恒星までの距離を測定するのは大変困難で、そのぶんデータのばらつきが大きくなる。確かに教科書に載っているようなこれまでのHR図はやや散漫な感じがする。しかし、距離を精密に測定するための衛星ヒッパルコスがもたらしたHR図は、驚くべき自然の不思議さをわれわれに示した「図」。これを見ると、いかに宇宙が整然とした法則性のうえに成り立っているかということがよくわかる。社会科学や人文科学のデータでは、とてもこのような整然とした散布図は得られないであろう。

このHR図を手がかりとして星とは何かを研究したのが、イギリスの天文学者A・S・エディントンである。彼は、このような恒星の多様性はそれぞれの恒星の質量の違いに由来するのではないかと考え、太陽の重さの二倍、四倍、二分の一など、いろいろな重さの星についてレーンのような計算を行ってみた。すると、HR図上で、左上から右下へ連なる一連の星（これを主系列星と呼ぶ）の分布を見事に再現することができた。彼はさらに、恒星の質量を実際に測定し（これは前回紹介



図●ヒッパルコス衛星によるHR図(©ESA, Hipparcos)。横軸は色の違いを表す色指数で、右が赤い星、左が青白い星。縦軸は絶対等級

したアルゴルのような連星を用いると可能)、このデータからもこの法則性を確認した。これでわれわれは、主系列星については、その内部構造に至るまでかなり具体的に「星とは何か」がわかったことになった。

これらをまとめると、星とは「宇宙空間に漂うガス体(主に水素ガス)が、自身の持つ万有引力の作用によって凝集し、その際に発生する熱エネルギーによって輝きかつ本体の大きさを維持している存在」ということになる。そして、中心の温度が一〇〇〇万度くらいになると、中心で水爆と同じ「水素原子の核融合反応」が始まり、このエネルギーによって長期間輝き続けることができる。このことは第二次世界大戦前後の、原子核物理学の発展によって明らかになったことである。

さて、それではHR図の右上の星はど
星か。まず、右のほうにあるので赤い色の星であることがわかる。そして主系列星の同じ色の恒星に比べると、エネルギーの発生量が一〇〇〇倍から一万倍にもなっている。同じ色の星は単位表面積からのエネルギー放出量は同じと考えられるので、エネルギーが大き
いということは、すなわち右上の星は巨大な星であることを意味する。そこでこれらの星を赤色巨星と呼んでいる。前回紹介したミラやガーネットスターがこれに該当する。

それでは、これらの赤色巨星とはどんな星なのか。またその内部構造はどうなっているのか。紙数の関係で詳しく説明することはできないが、主系列星の右上に位置する星々は



惑星状星雲 M57 (国立天文台すばる望遠鏡のページより)

「水素の燃料を消費し尽くして収縮した中心核と、大きく膨張した外層との、二層構造になった星」ということになっている。そしてこのような構造の中ではエネルギーの流れが不安定になり、脈動変光星が出現する。また一部には「まだ生まれたばかりで、水素ガスの塊が凝集の途上にある星」もある。人間の一生にたとえると、一線を退いた老年の星と、これから輝きを増す未成年の星とが同居しているところ、といえる。そしてこのような状態の星についての理論計算は、京都大学の林忠一郎とその門下生のグループが大きな足跡を残した。特に、水素ガスの凝集が不十分で内部で活発な対流現象が起きている星の状態は「林状態の星」として有名である。

赤色巨星になった老年の星は、最後に超新星爆発を起こしてその最期を迎えるか、あるいは膨張して希薄になった外層が表面から静かに流失して惑星状星雲を形成しつつ、爆発もせずに静かな最期を迎えるということである。そしてわれらが太陽は後者である、などとまだまだ話は続くのであるが、今回はここまでとする。補足については、筆者のページを参照されたい。

〈なかしま こういち〉一九四二年 群馬県生まれ。東京大学大学院天文学専攻博士課程中退。理学博士。東京天文台(当時)助手、一橋大学助教授を経て、八七年より現職。著書に『まわる地球』、『サイエンス・ミニマム10+1』(共著)など。

(注)HR図：星の光度と表面温度との間に密接な関係があることに最初に注目し、両者の関係を示す図を初めて作成した一人の天文学者ヘルツシュプルングとラッセルの頭文字をとった略称で、正式にはヘルツシュプルング・ラッセル図という。