

## 1. 恒星の色と明るさ HR図

## 等級

恒星の明るさの単位に等級というものがある。1等星とか6等星とかいうものである。数字が小さいほど明るい。ひとつ数字が違えば明るさは2.5倍になる。すなわち1等星は、2等星の2.5倍、5等級の100倍となる。一番明るい1等星の総数は23個である。ベガ、アルタイル、アンタレス、スピカ、アルデバラン、フォーマルハウトなど。肉眼で見える一番くらしい星は6等星で、総数は6000個である。また、「すばる」望遠鏡などの大望遠鏡で見える一番暗い星は30等星である。これは5等星の実に100億分の1の明るさである。

なお、等級を明るさの単位として1等級=2.5倍に忠実にさまざまな天体を見ていくと、月は-12.6等級、太陽は-26.8等級、金星は-4.7等級、ベガは0等級となる。

しかし、等級は見かけの明るさに過ぎない。あくまで地球から見た明るさであって、地球から近い星と遠い星がある以上、その星の本当の明るさとはいえないのである。

## 距離

遠くのものとの距離を測る有効な方法に三角測量がある。二つの地点A,Bから目標とする天体Cを観測して角ACBとAB間の距離からABの midpoint DとCとの距離を求める方法である。伊能忠敬が日本地図を作るのに用いたのも三角測量だし、1980年ごろまでのコンパクトカメラの距離計や、大きいものでは第2次世界大戦時、戦艦大和などの戦艦が敵船に大砲を発射するために三角測量を利用した測距儀(そっきょぎ)が使われるなど、距離を測る基本である。しかし天体の距離を測るには、地球の大きさなどの事情により、せいぜい太陽ぐらいの遠さの天体までが限度であった。

そこで登場したのが三角測量を応用し年周視差を利用して恒星との距離を知る方法である。地球は30km/sの速さで太陽を回っている。まず地球をA太陽をDとしてCを観測し、その後時間が経って地球がBの場所まで回ってきたところでBからCを観測、CD間の距離を知るのである。空気の揺らぎの無い宇宙空間から、この方法で約二万個の星の距離を測ったとして、ピッパルコス衛星(1990)が有名である。

## 星の距離

シリウス(8.6光年)

ベガ (25 光年)  
北極星 (430 光年)  
ベテルギウス (500 光年)  
リゲル (700 光年)

シリウスもリゲルも同じ1等星だが、距離がざっと100倍違う。なので本当の明るさは、 $100 \times 100 = 1$ 万倍違うことになる。

もしリゲルがシリウスの距離にあれば10等級に見えて、金星(-4等級)なんかより100倍も明るい星に見えるだろう。これだけ明るいと言間でも見えるはずである。

北極星も見かけは2等星だが、実は太陽の2000倍も明るい星である。

こうして見かけの明るさ(等級)と距離がわかれば星の本当の明るさを知ることができる。星の本当の明るさのことを絶対等級ともいう。(絶対等級はその星を32.6光年の距離に置いたときの等級)

#### 色(表面温度)

星の色はその星の表面温度を表す。ベテルギウスやバーナード星などの赤い星は約3000K、太陽などの黄色い星は約6000K、リゲルなどの青い星は10000Kといったぐあいである。赤 黄 青 白の順に表面温度が高い。

ここで絶対等級と星の色(表面温度)との間に密接な関係があることが判明した。このことをあらわす「表面温度を横軸に等級を縦軸にとった図」を、描いた人の名前からヘルツシュプルング・ラッセル図、略してHR図という。HR図を見るとほとんどの星は左上(青く明るい)から右下(赤く暗い)への斜めの線の近くにある。これは表面温度が高ければ高いほど本来の明るさが明るいという当然の傾向を示しており、これらの星を「主系列の星」という。

主系列から外れた星には、右上のベテルギウス、アンタレスなどの赤色超巨星のグループやアルデバランなどの赤色巨星のグループと、左下のシリウスBなどの白色矮星のグループがある。赤色巨星は、低温なのに明るい。ということは超大きいということである。ベテルギウスは太陽の7万倍の明るさがあり、大きさは太陽の1000倍程度も大きい。一方白色矮星は高温なのに暗い。それは超小さいからで、シリウスBは太陽の1/100の大きさ、つまり地球程度の大きさしかない。

主系列星は、水素の核融合で光っている星、

赤色巨星は、中心にヘリウムの芯ができて、死につつある星、

白色矮星は、星の外層が流れ出てヘリウムの芯がむき出しになった死んだ星  
このように、HR図上で見ると星の進化における位置が一目瞭然である。

## 2. 星の寿命

星の寿命は「太く短く」か「細く長く」かである。すなわち青く大きい星は寿命が短く、赤く小さい星は寿命が長い。

さまざまな星の寿命は、重さによって決まる。

	重さ(太陽=1)	明るさ(太陽=1)	寿命
エータカリーナ	100 倍、	100 万倍、	100 万年。
シリウス	2 倍、	10 倍、	20 億年。
太陽	1 倍、	1 倍、	100 億年。
バーナード星	0.2 倍、	0.001 倍、	2 兆年。

といったぐあいである。

重い星は、重い分燃料もたくさんあるのだが、重い体を支えるためにそれ以上に燃料を消費するので、寿命はかえって短くなる。

明るさは重さの 3.5 乗に比例する。つまり太陽の 10 倍の重さの星は、太陽の  $10^{3.5} = 3000$  倍 明るく輝く。

星の明るさには上限がある。つまりあんまり明るい、光の圧力で星の外層が吹き飛ばされてしまうのだ。太陽の 10 倍の重さの星では太陽の明るさの 30 万倍が上限である。エータカリーナは、ほぼ限界で光っているぶよぶよの星である。

### 球状星団の寿命の求め方

球状星団の HR を書くと、主系列のあるところから左上が無い。球状星団は、宇宙ができてすぐの頃に一度に星が生まれ、それ以後あまり星が生まれていない星団である。主系列に留まっている一番左上の星が、今まさに寿命を迎えようとしている星である。その星の寿命がすなわち球状星団の寿命となる。だいたい 100 億年から 140 億年である。

また球状星団に含まれる白色わい星のもっとも暗いものを探すと球状星団の年齢が分かる。つまり、白色矮星はできてから徐々に冷えて黒色矮星となるがそれには 100 億年くらいかかる。最も暗い = 冷えている = 昔にできたということである。最も暗い白色矮星の寿命を求めれば、その球状星団の年齢が分かり、宇宙の年齢はそれより古いということになる。

「球状星団は 100 億歳以上である。進化した文明があるかもしれない」と考えて 1974 年オズマ計画では、球状星団 M13 に向けて電波メッセージが発信された。その電波は今は地球から 34 光年のところ（ベガ[25 光年]くらいのところ）を走っている。M13 までの距離は 22000 光年。すなわち M13 にそのメッセージが届くのは 22000 年後である。