

## 恒星の分類 指導資料

### 1 目的

- ・ 恒星は表面温度と明るさの特徴から、3つのグループに分類できる。
- ・ 太陽の恒星としての特徴を明らかにする。
- ・ 恒星の表面温度と明るさの関係から、恒星の大きさについて考察する。

### 2 準備するもの

色鉛筆、またはカラーマーカー（青色、黄色、橙色、赤色など）

### 3 実習の所要時間

実習A、Bで50分程度。

### 4 実習上の留意点

#### 実習A

単純な温度による色分けであるが、青白、黄白は、青と白をそれぞれ薄く塗ればよい。  
恒星を表す円は、すべて同じ大きさに描いてあるので、実際の恒星の半径と勘違いしないように注意してほしい。実際には、左上から右下に連なる主系列星では、青い温度の高い恒星ほど半径が大きい。右上の巨星は、さらに大きな半径である。白色わい星は、極端に小さな半径である。

ステファン・ボルツマンの法則が既習であれば、以下のように、明るさ（L）と、表面温度（T）、半径（R）の関係式から説明するのもよい。

$$L \propto T^4 \cdot R^2$$

#### 実習B

色は実習Aと同じだが、半径を意識させて、円の大きさを変えさせてもよい。

実習で示されている図はいわゆるHR図である。もともとは縦軸に絶対等級、横軸にスペクトル型（補足資料を参照）をとる。しかし、絶対等級を理解するためには、等級の定義と距離の測定方法を事前に学習しなければならない。さらに対数も用いることになる。スペクトル型は恒星の進化を考える上で、歴史的に重要であるが、吸収線による分類方法は理解するために多くの過程を経なければならない。絶対等級は恒星が放っている全エネルギーである「明るさ」、スペクトル型は表面温度（色）で表すことができる。

両軸が対数目盛となっているが、プロットする際の多少のズレは無視し、恒星を含めた宇宙の物理量は指数・対数を使うことによって、極端な大小のあるものを比較するのに有効な表現であることを体得させたい。

### 5 解答・解説

#### 実習A

問1 右上のまとまり（ア：巨星）、左上から右下への連なり（イ：主系列星）、および左下のまとまり（ウ：白色わい星）が区別できる（図1）。

問2 # 指導者が解説してもよい。ここでは巨星、主系列星、白色わい星は出さない。

- ・ ア（巨星） 表面温度は低く赤い恒星だが明るい。
- ・ イ（主系列星） 表面温度の高い青い恒星は明るく、赤い恒星は暗い。
- ・ ウ（白色わい星） 表面温度は高く白色に近い恒星だが暗い。

問3 半径（表面積）が異なる。表面温度が低くても半径が大きければ明るい、逆に半径が小さいと暗い。

## 実習B

図1のとおり。デネブは高温の巨星である。質量が大きな恒星の若年期の特徴ある姿である。北極星も巨星のグループに入る。シリウスは連星であるが、伴星とよばれる暗い方の恒星は白色わい星である。

身近な恒星が、どのような色をしていて、どのような表面温度、明るさがわかると星を眺める視点が豊かになる。

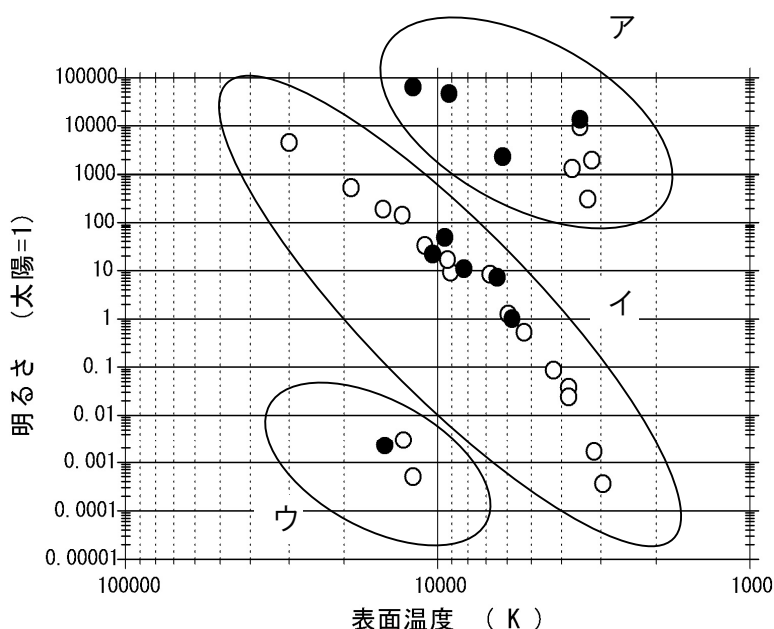


図1 実習A、Bの解答

恒星	星座	表面温度(K)	明るさ(太陽=1)	恒星の分類
太陽	—	5780	1	イ (主系列星)
ベガ	こと	9500	48	イ (主系列星)
アルタイル	わし	8250	11	イ (主系列星)
デネブ	はくちょう	9200	46000	ア (巨星)
ベテルギウス	オリオン	3500	14000	ア (巨星)
リゲル	オリオン	12000	63000	ア (巨星)
シリウス	おおいぬ	10400	22	イ (主系列星)
シリウスB	おおいぬ	14800	0.0023	ウ (白色わい星)
プロキオン	こいぬ	6450	7.2	イ (主系列星)
北極星	こぐま	6200	2300	ア (巨星)

問4 太陽は明るさも表面温度も、平均的な恒星である。

問5 上表のとおり。

問6 恒星の表面温度は、恒星中心部で生み出されるエネルギー量に支配される。また、恒星の表面積が大きいとエネルギーの放出量が大きくなる。両者の兼ね合いで恒星の明るさが決まる。

## 6 中学校までの既習事項

星座をつくる恒星は、太陽系の外にある自ら輝いている天体である。太陽も恒星のひとつである。恒星までの距離は光年であらわし、明るさは等級を用いる。(発展：恒星の色は温度に関する)

## 7 実習間のつながり

『演示 恒星の明るさと色』を演示してから本実習を行う。『演示 スペクトルの観察』は、必ずしも必要ではないが、表面温度がスペクトルと関係があることを理解していると、本実習の理解がより深まる。

## 8 補足（発展）

### ○恒星の進化

- ・主系列星 現在の太陽と同じ特徴を持つ恒星。水素の核融合反応で安定して光っている。
- ・巨星 主系列星が進化し、ヘリウムよりも重い元素を作る核融合反応が進んでいる恒星。外層が膨張し平均密度は小さくなり、表面温度も低くなっている。
- ・白色わい星 半径は極めて小さく暗いが、密度は大きい。進化した恒星の外層部のガスが宇宙空間に放出され、残った中心部が収縮して形成された。核融合反応を行っていないため、徐々に冷えてゆく。この表面温度は余熱と考えてよい。

恒星の進化は質量で決まる。大質量(太陽の8倍以上)の恒星は超新星爆発を起こし、爆発後に中性子星やパルサーとなる。太陽質量の30倍をこえる恒星はブラックホールとなる。寿命も質量で決まる。大質量の恒星は数百万年から数千万年で、小質量(太陽の半分以下)の場合は、数千億年以上である。質量が大きいと中心温度が高く、核融合反応の進行が速いためである。核融合反応の最終合成元素は質量で決まる。小質量の恒星はヘリウムを合成して終わり、太陽程度の恒星は炭素、酸素まで合成する。大質量の恒星は鉄まで合成する。鉄はもっとも安定な元素なので、それ以上重い元素の合成は、恒星内部では起こらない(『宇宙や地球をつくる元素』を参照)。

### ○恒星のスペクトル型

恒星の表面温度とスペクトル型、色の対応は以下の表のとおりである。アルファベットで表わされるスペクトル型は、さらに温度の高い順に、A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>・・・A<sub>8</sub>、A<sub>9</sub>という添え字をつけて細かく分類される。これらの分類は恒星大気によって生じる吸収線をもとにしたものである。

温度(K)	> 29000	> 9600	> 7200	> 6000	> 5300	> 3900	3900 >
スペクトル型	O	B	A	F	G	K	B
色	青	青白	白	黄白	黄	橙	赤