

# 地球惑星科学II

## 第12回

2026年01月08日

# 連絡：学期末試験について

- 1月29日(木)10:30から実施
- 場所:E301
- 地球惑星科学入門・地学図表・自筆ノート(授業資料に書き込みしたものも含む)は持ち込み可、電卓も持ち込み可。
  - 他の書籍・紙類などは不可
  - スマートフォン・携帯電話・電子辞書は使用禁止  
(電卓としての使用も禁止)
- 出題形式
  - 記述問題、計算問題
  - その場での思考を問う問題も出題

# 前回のミニレポート

- ・どのような観測・探査を行うと良いか？
- ・解答例
  - 人間が移住できる惑星を探す。宇宙干渉計などを用いて大気スペクトルを観察
  - 月にソーラーパネルを設置。地球に送電
  - 小惑星の地表面で日の出と日没を観測
  - ハビタブルゾーンにある惑星に探査機を派遣
  - 小惑星の内部構造の解明。小惑星を無数の小型観測衛星で球状に包囲し、天体の中心部で核爆発

# 今日のテーマ

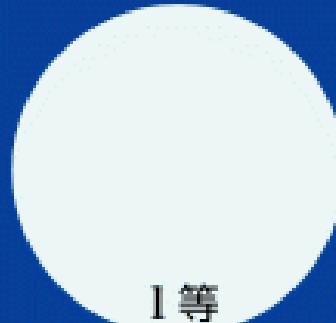
- 恒星とはどのようなものか？
- 恒星の分類
- 参照: 地球惑星科学  
入門 31章



地学図表P.141

# 恒星の見かけの明るさ(実視等級)

明るさの差を面積で表す



1等

$$100 = 2.512^5$$



2等

$$2.512^4$$



3等

$$2.512^3$$



4等

$$2.512^2$$



5等

$$2.512$$



6等

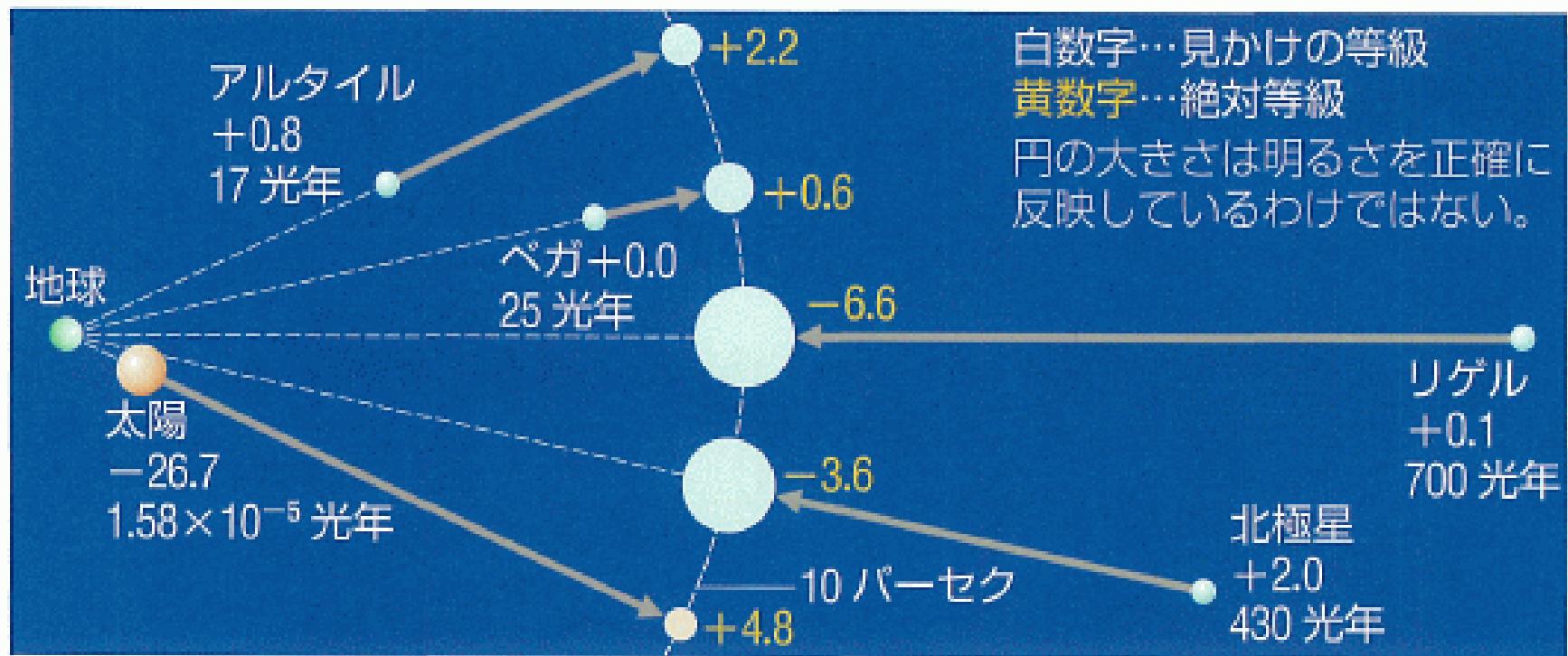
$$1$$

地学図表P.38

二訂版地学図表P.140

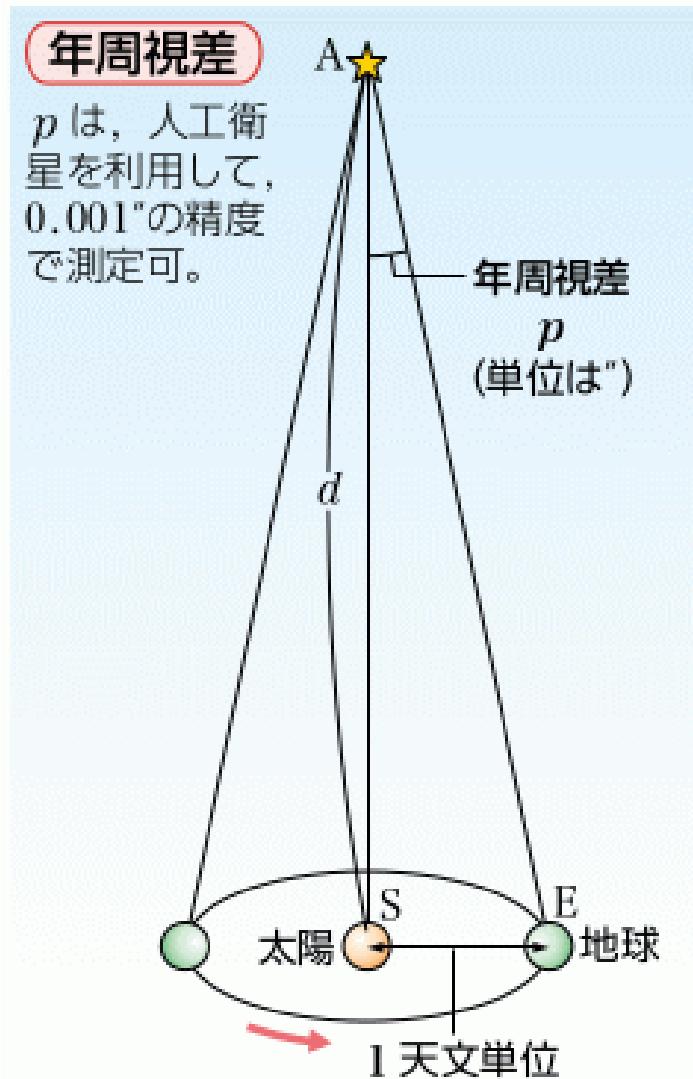
明るさ(等級)	星 数	星数累計	明るさ(等級)	星 数	星数累計
-0.5等以上	2	2	6.5~ 8.5	59000	68000
-0.5~0.5	7	9	8.5~10.5	470000	540000
0.5~1.5	12	21	10.5~12.5	3200000	3700000
1.5~2.5	67	88	12.5~14.5	19000000	23000000
2.5~4.5	900	990	14.5~16.5	100000000	120000000
4.5~6.5	7600	8600	16.5~18.5	420000000	540000000

# 絶対等級



二訂版地学図表P.140

# 近い恒星までの距離の測定方法



年周視差が1秒となる距離を1パーセク(parsec)という

# 計算問題

- 太陽系の端では太陽は何等星か？
  - 太陽系の端で太陽を見つけることはできるか？
  - 太陽系の端で太陽は何番目に明るい星？
- 太陽の実視等級は-26.75等
- 明るさが100倍違うと等級で5異なる

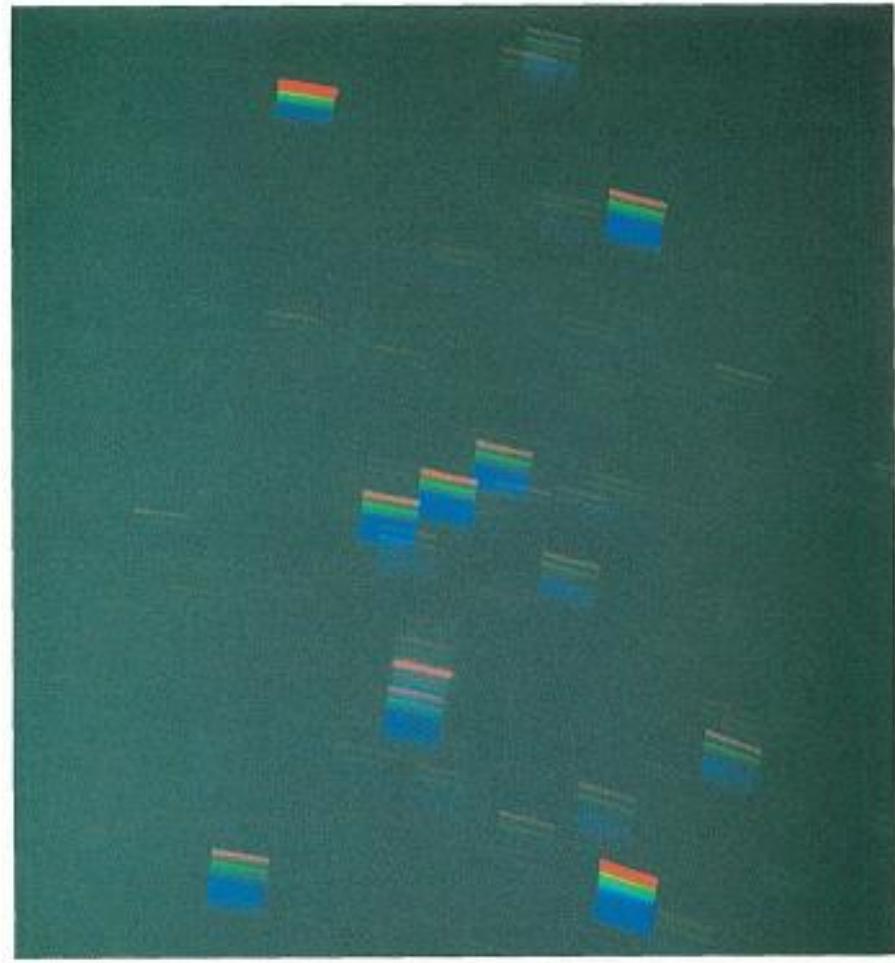
# 計算問題: 解答例

- 太陽系の端では太陽は何等星か?
  - 太陽一地球間: 1au
  - 太陽一太陽系の端:  $10^5$  au (太陽の重力圏)
  - 太陽の実視等級は -26.75 等
  - 明るさが 100 倍違うと等級で 5 異なる
- 距離比:
$$\frac{10^5}{1} = 10^5$$
- 明るさの比:
$$(10^5)^{-2} = \left(\frac{1}{100}\right)^5$$
- 等級差:
$$5 \times 5 = 25$$
- 太陽系端での太陽の等級:
$$-26.75 + 25 = -1.75$$

# 恒星の色

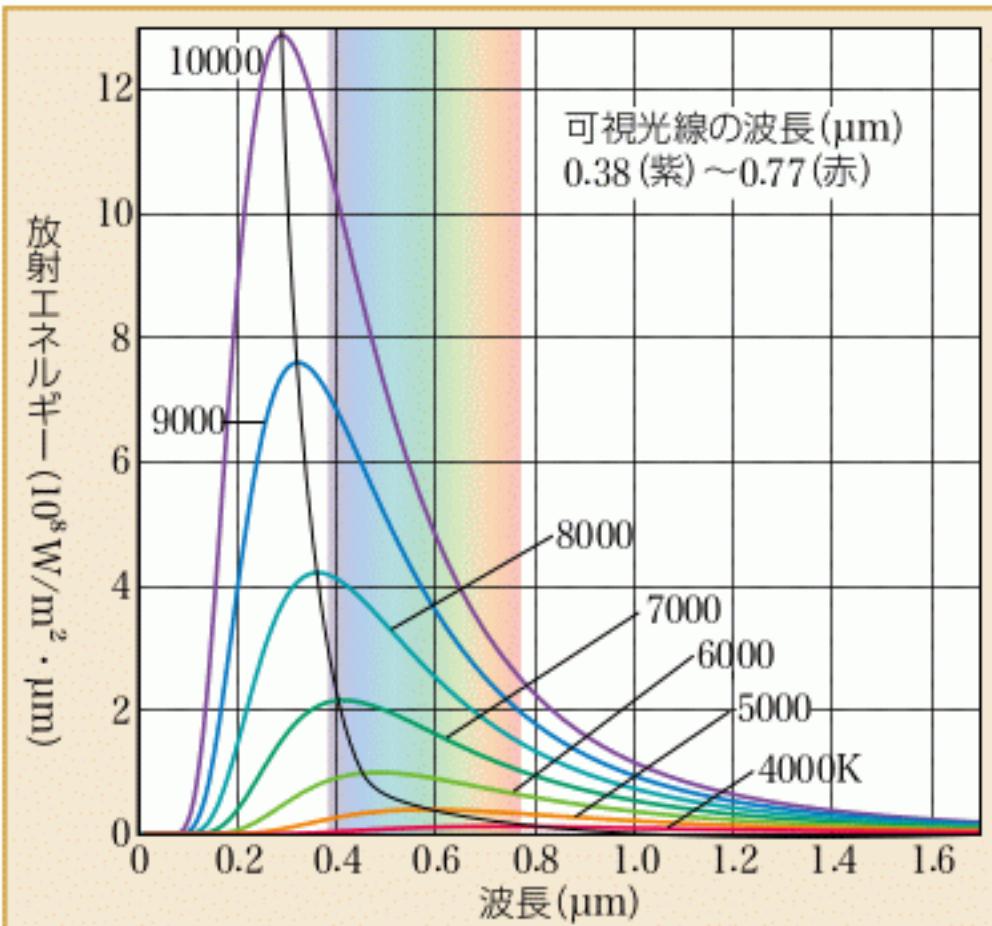


オリオン座

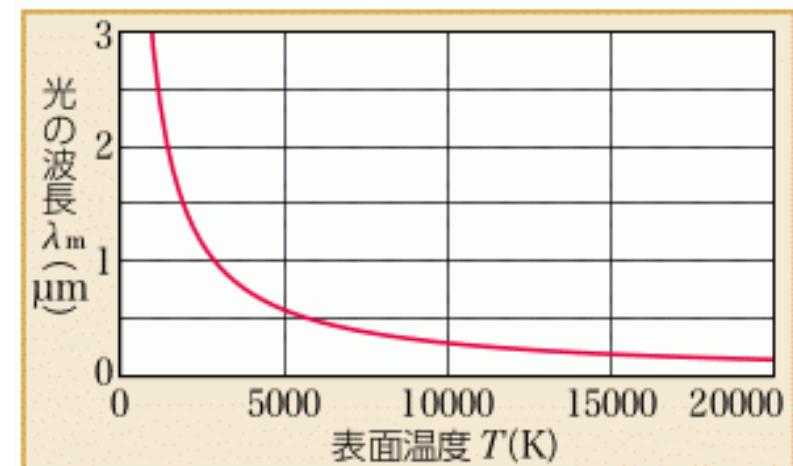


地学図表P.141

# 恒星の温度

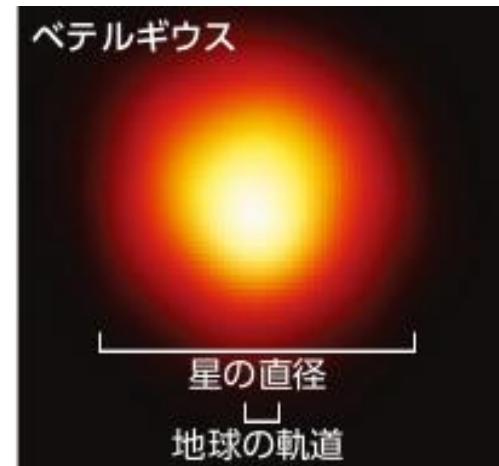
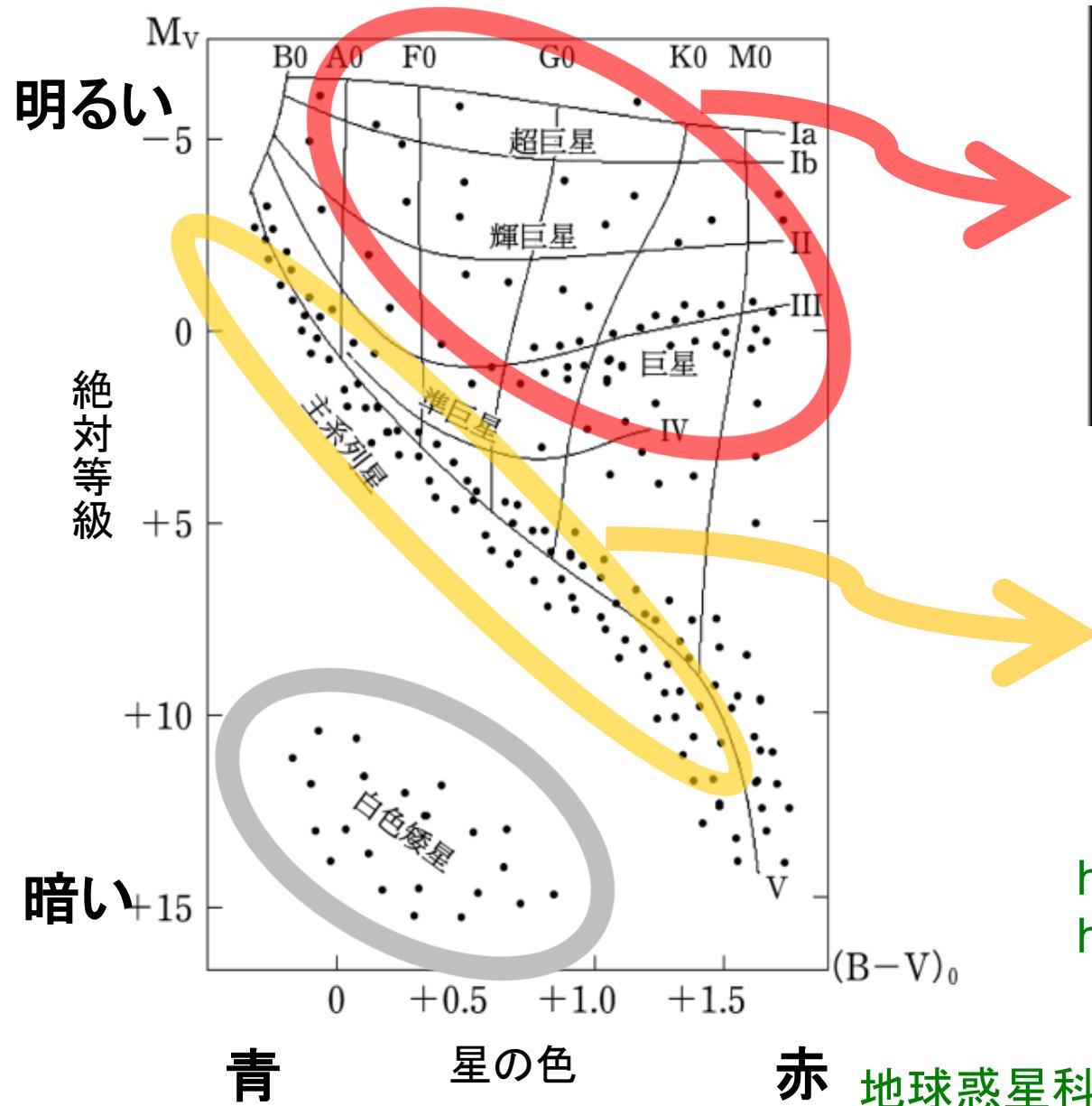


地学図表P.141



温度が高いほど  
・光の波長が短い  
・単位面積当たりの  
放出エネルギー量  
多い:  $\sim \sigma T^4$

# 恒星の分類: HR図



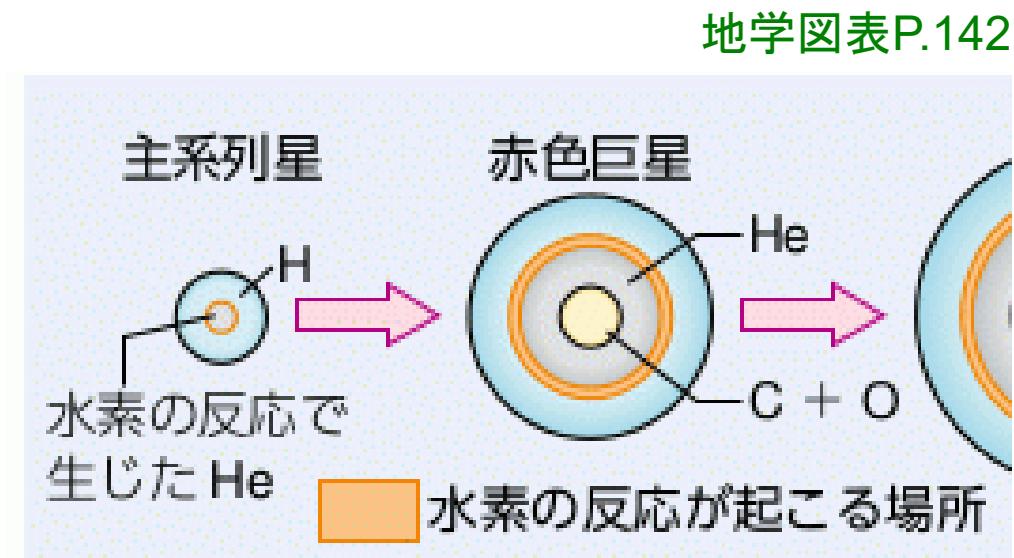
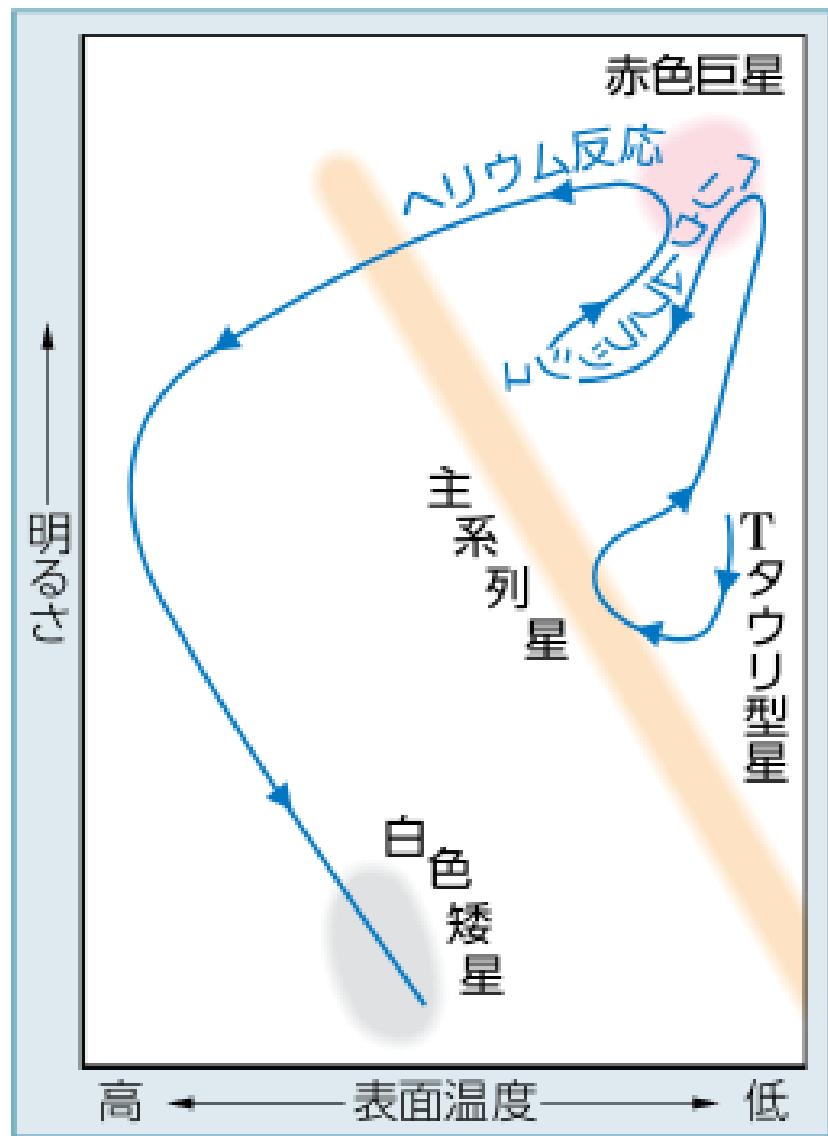
地学図表P.140



[http://depression-note.com/  
health/sunshine](http://depression-note.com/health/sunshine)

赤 地球惑星科学入門第2版P.368

# 太陽の進化

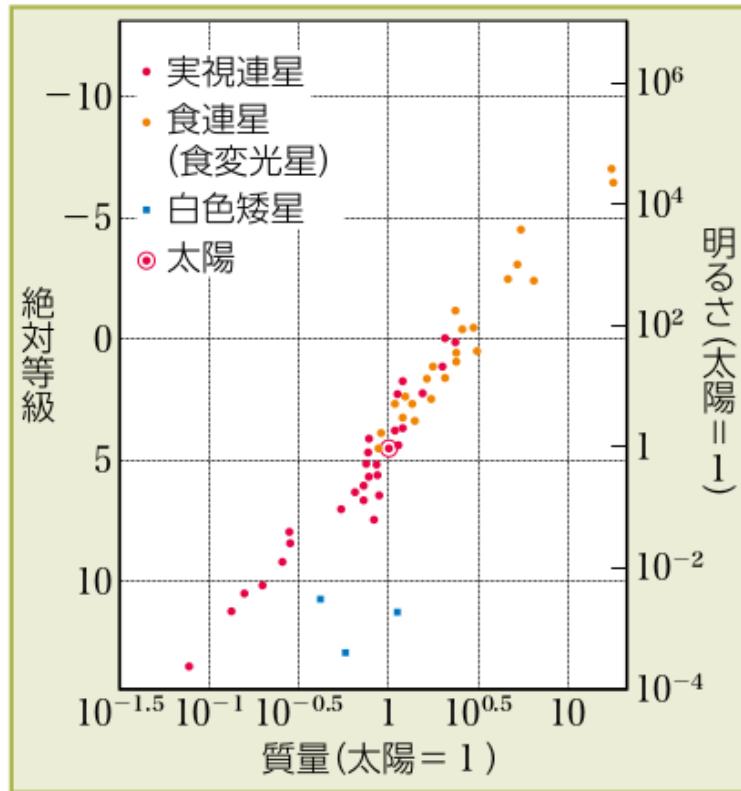


ヘルium燃焼  
(トリプルアルファ反応)  
$$^4\text{He} + ^4\text{He} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma$$

地学図表P.143

# 恒星の性質は質量が決める

- ・ 質量光度関係



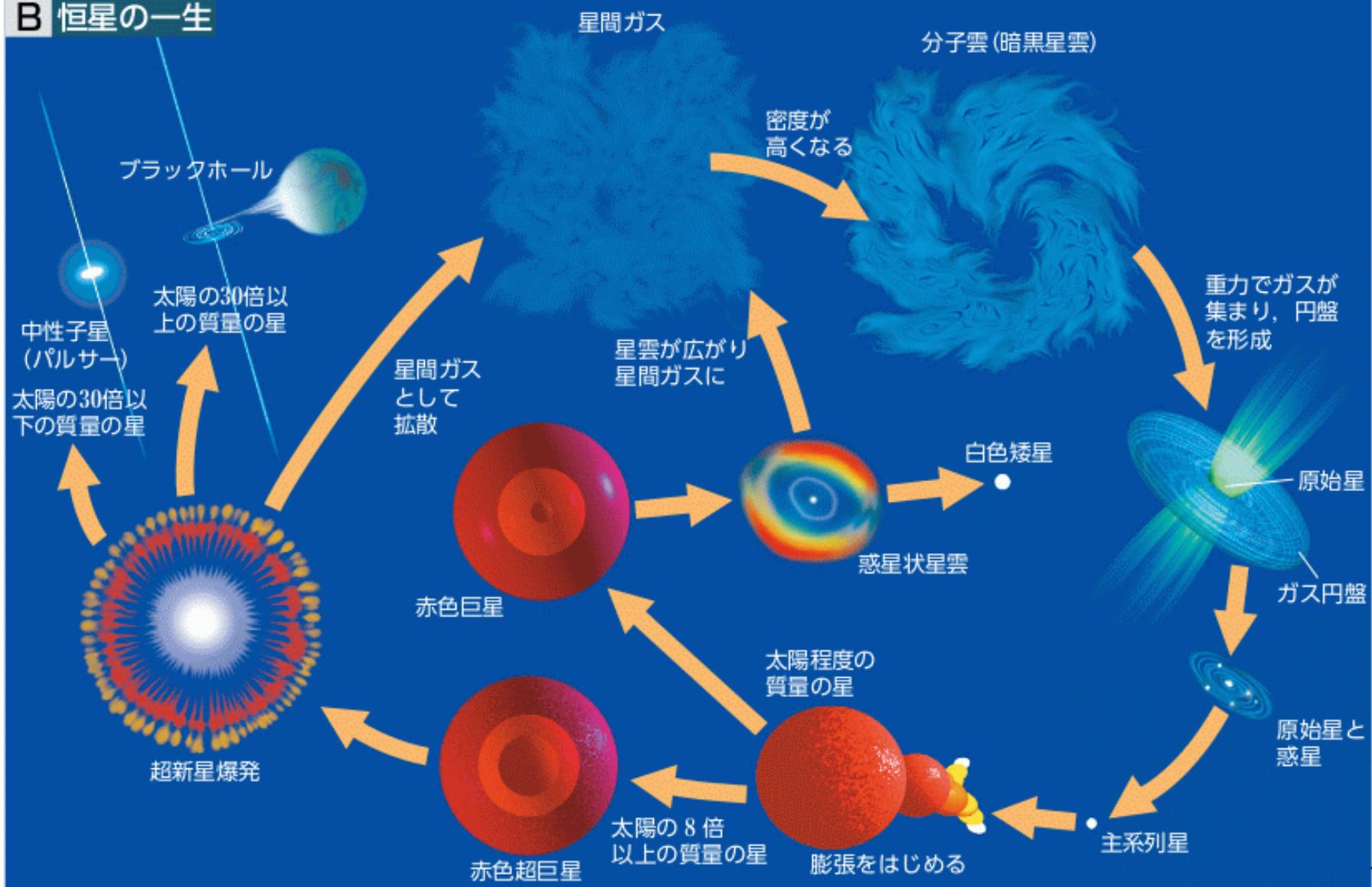
地学図表P.146

- ・ 質量が大きい恒星ほど寿命が短い

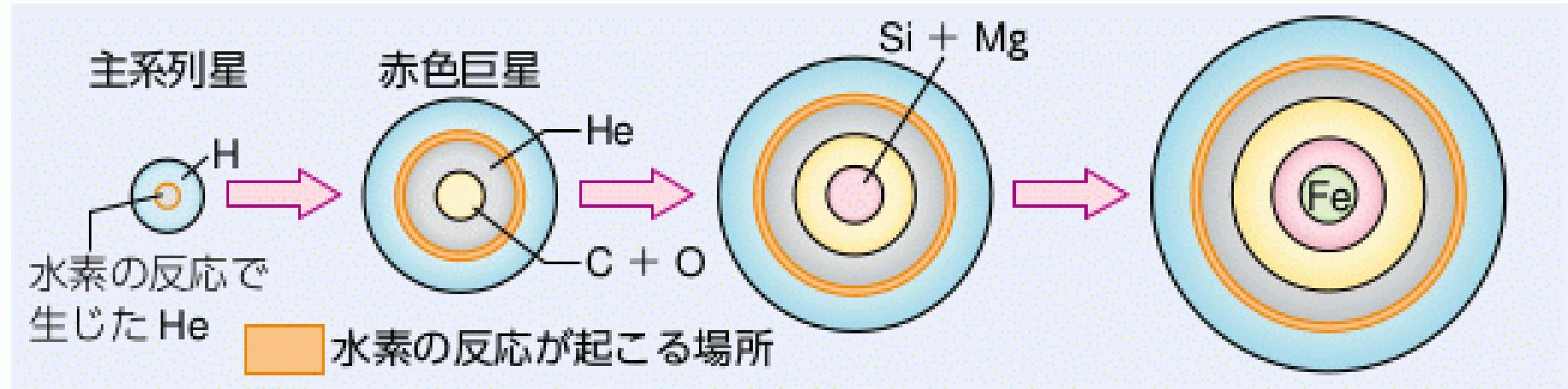
# 恒星の一生

地学図表P.142

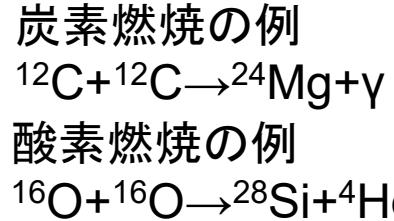
## B 恒星の一生



# 大質量星の進化(10M<sub>Sun</sub>以上の場合)



ヘリウム燃焼  
(トリプルアルファ反応)  
 $^4\text{He} + ^4\text{He} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma$



地学図表P.142

- 主系列星から赤色巨星へ進化
- 恒星の内部で元素合成が起こる:  
炭素、酸素、ケイ素、マグネシウム、鉄

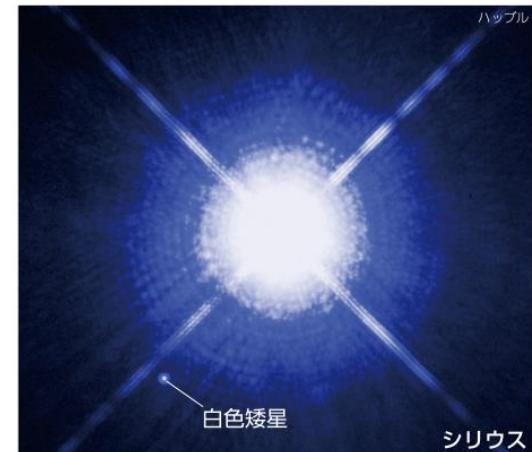
# 星の死

- 小質量星の場合

惑星状星雲  
の形成



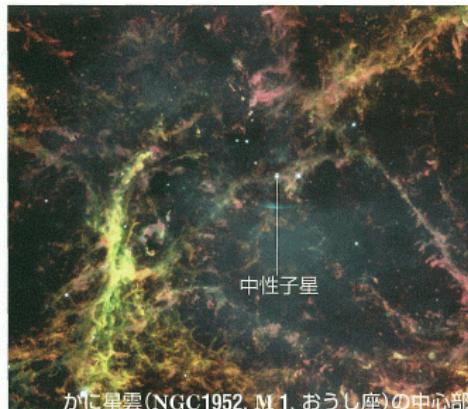
白色矮星  
の形成



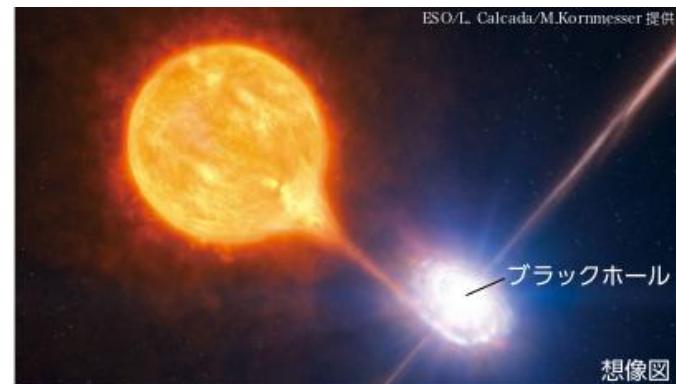
- 大質量星の場合

超新星爆発

重たい元素  
の合成

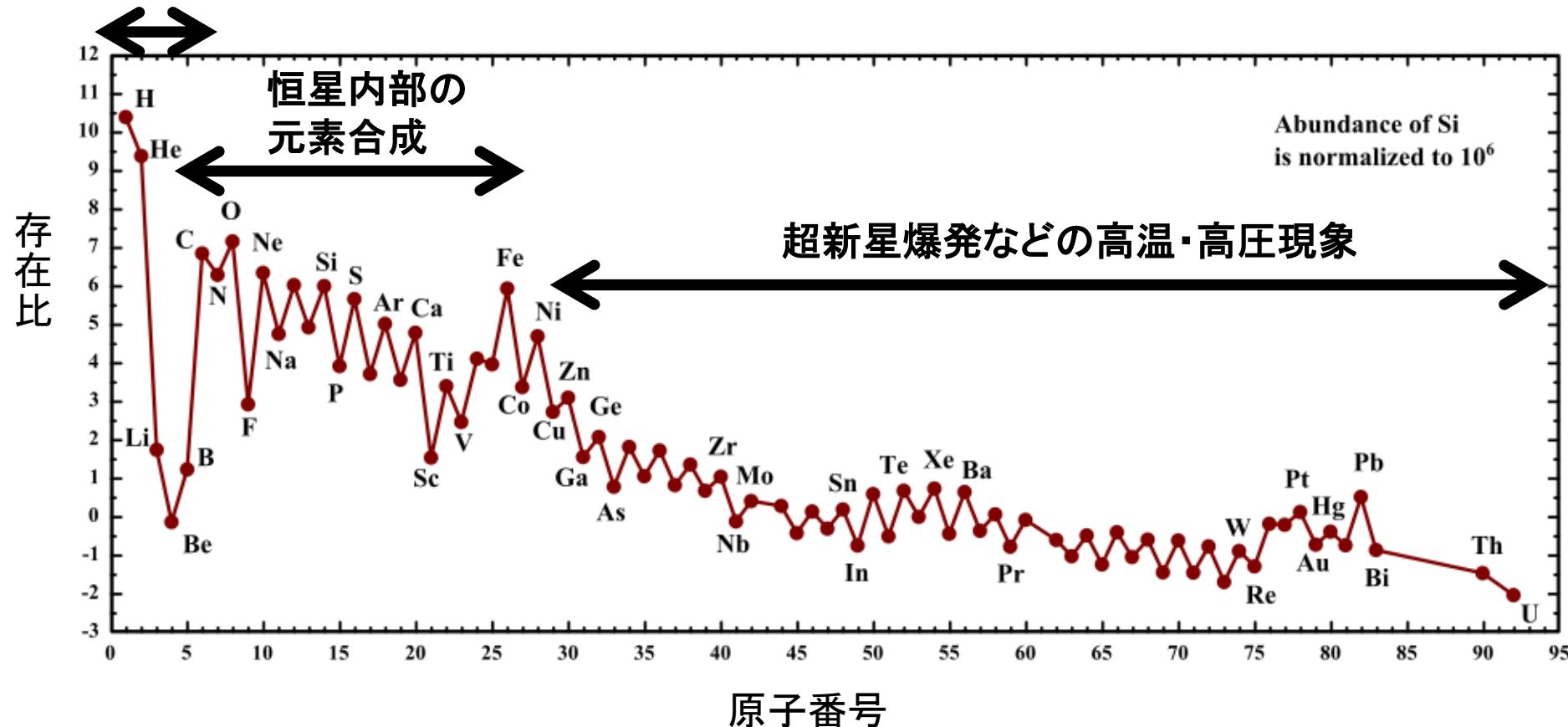


ブラック  
ホール  
の形成



# 元素の存在比

宇宙初期の  
元素合成



[https://online.science.psu.edu/astro140\\_fawd001/node/11779](https://online.science.psu.edu/astro140_fawd001/node/11779)