

# 地球惑星科学II

## 第11回

2018年12月20日

# 今日のテーマ

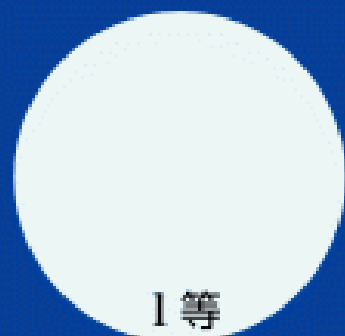
- 恒星とはどのようなものか？
- 恒星はどのように進化するか？
- 「過去」と「将来」を知る手がかりを得る
- 参照：地球惑星科学  
入門 31章



地学図表P.39

# 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

$$2.512$$



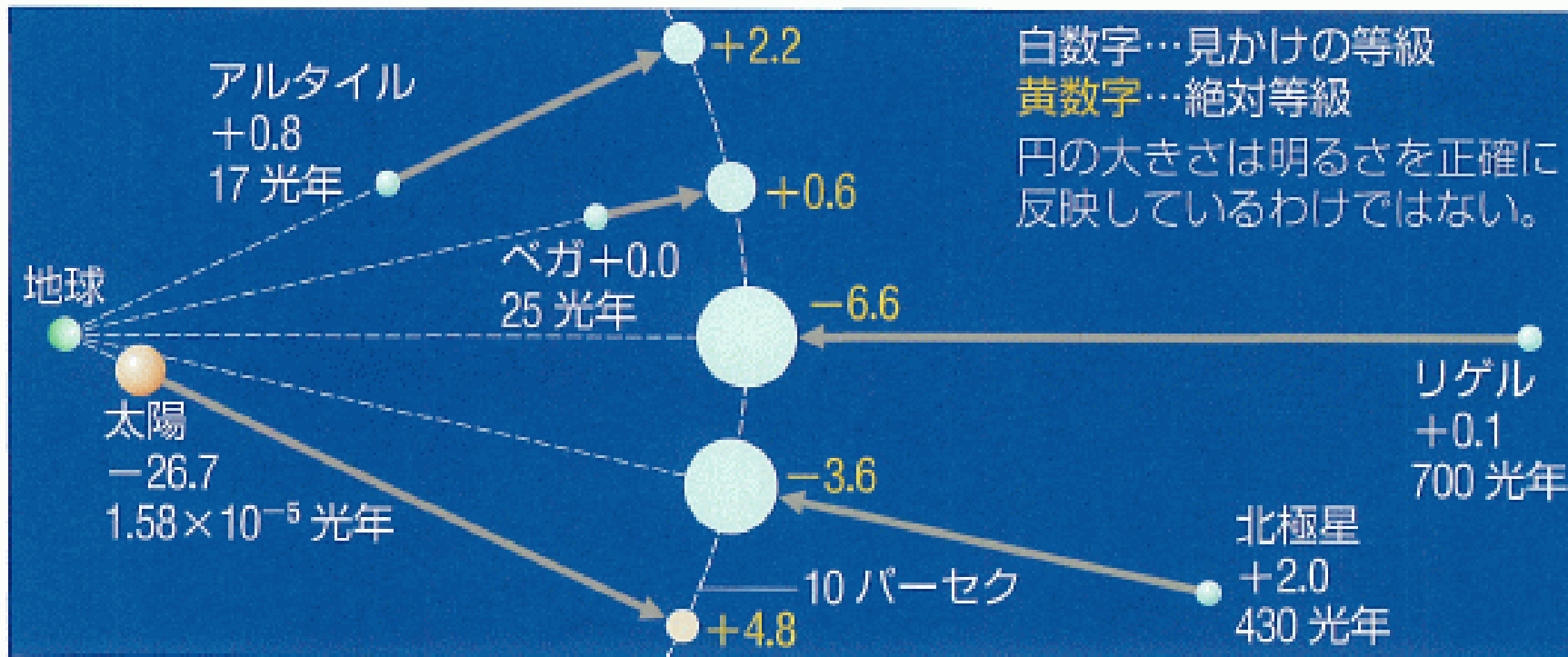
6等

$$1$$

地学図表P.38

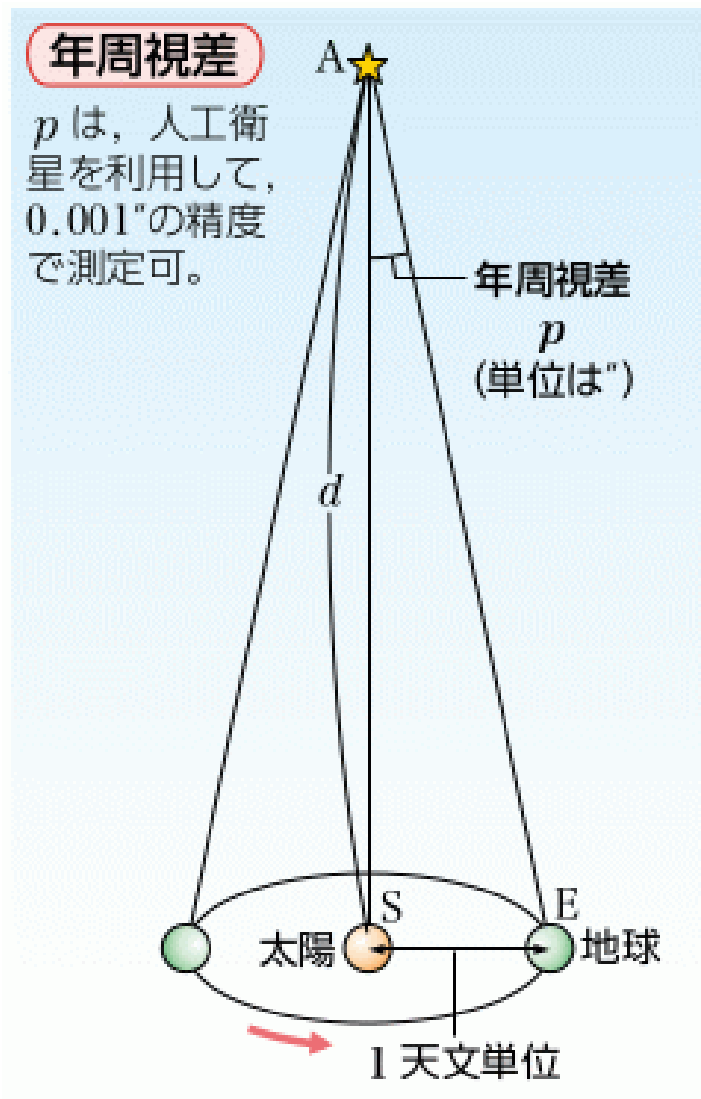
明るさ(等級)	星数	星数累計	明るさ(等級)	星数	星数累計
-0.5等以上	2	2	6.5~ 8.5	59000	68000
-0.5~0.5	7	9	8.5~10.5	470000	540000
0.5~1.5	12	21	10.5~12.5	3200000	3700000
1.5~2.5	67	88	12.5~14.5	19000000	23000000
2.5~4.5	900	990	14.5~16.5	100000000	120000000
4.5~6.5	7600	8600	16.5~18.5	420000000	540000000

# 絶対等級



地学図表P.38

# 近い恒星までの距離の測定方法

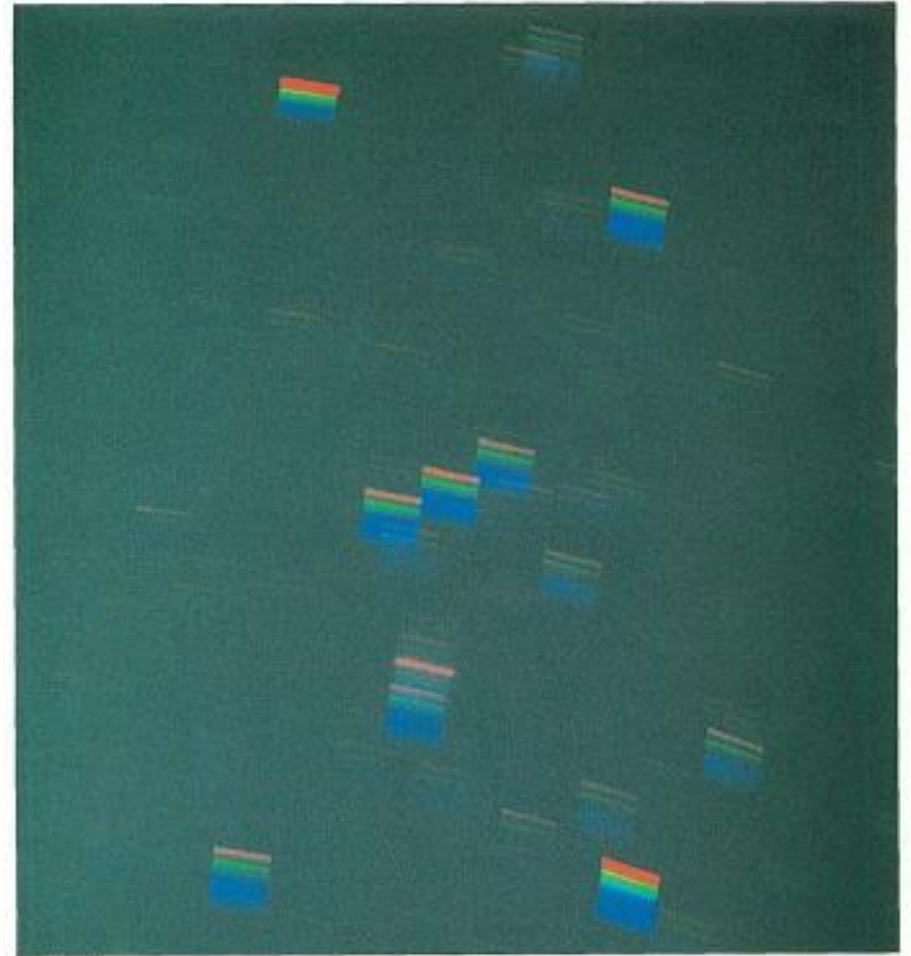


地学図表P.38

# 計算問題

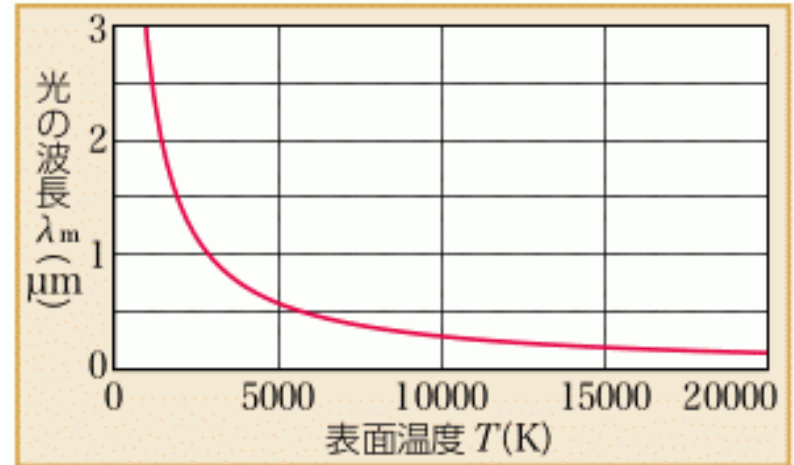
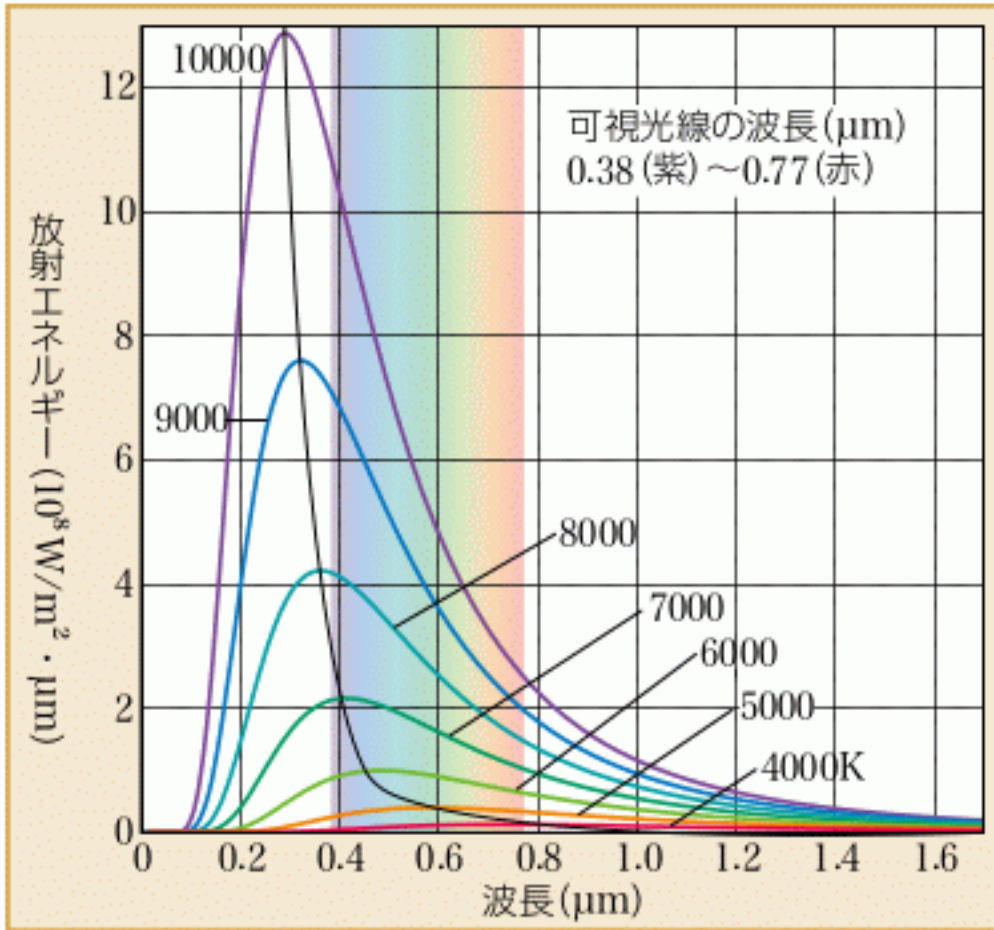
- 太陽系の端では太陽は何等星か？
  - 太陽系の端で太陽を見つけることはできるか？
  - 太陽系の端で太陽は何番目に明るい星？
  - 太陽の実視等級は-26.75等
  - 等級で5異なると明るさは100倍違う

# 恒星の色



地学図表P.39

# 恒星の温度



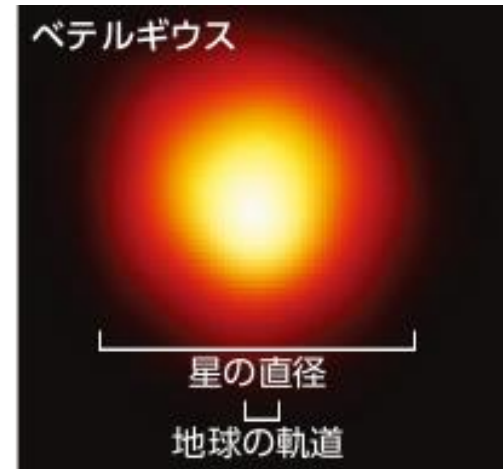
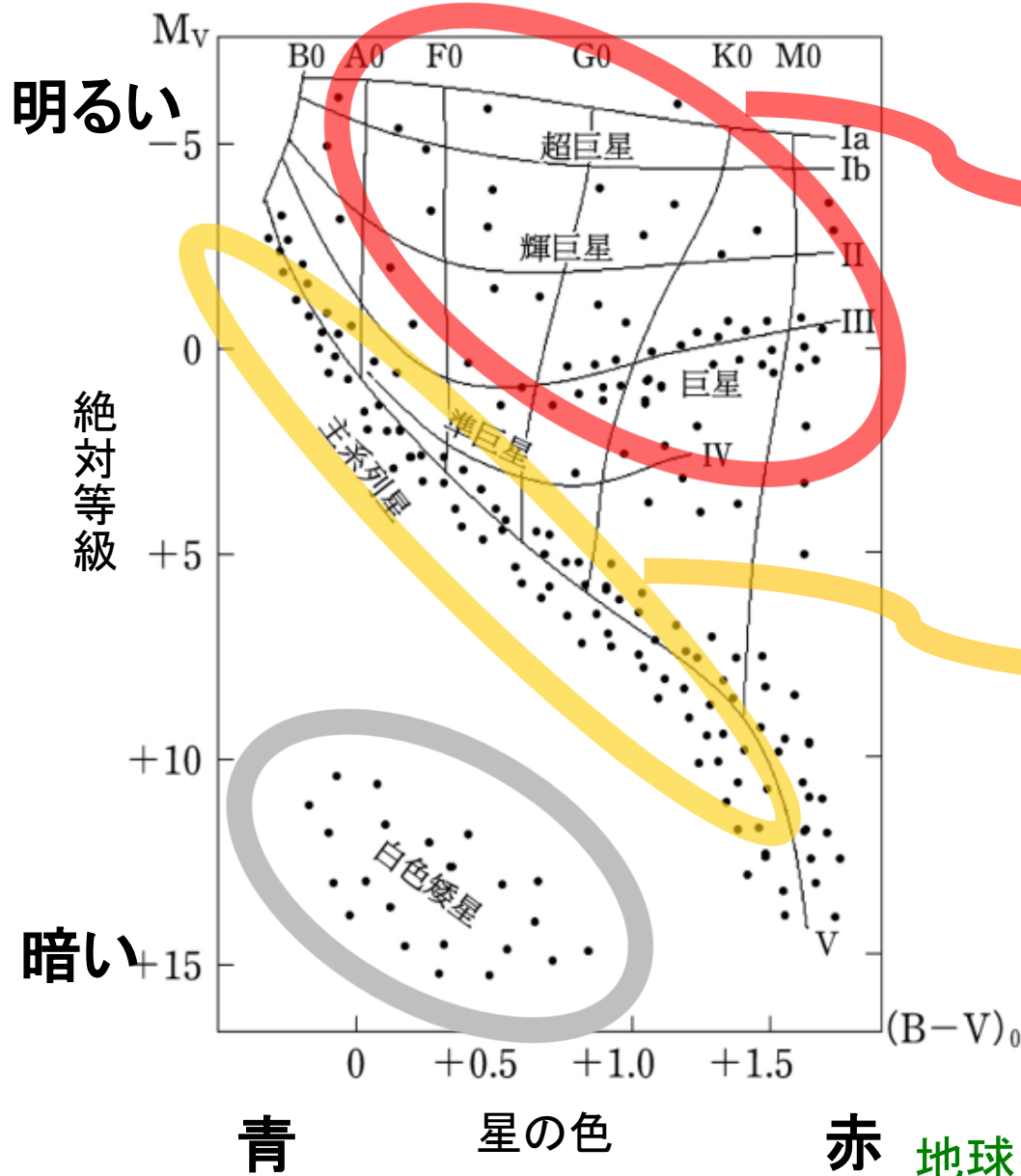
温度が高いほど

- ・光の波長が短い
- ・エネルギー量多い:  
 $\sim \sigma T^4$

地学図表P.39



# 恒星の分類: HR図

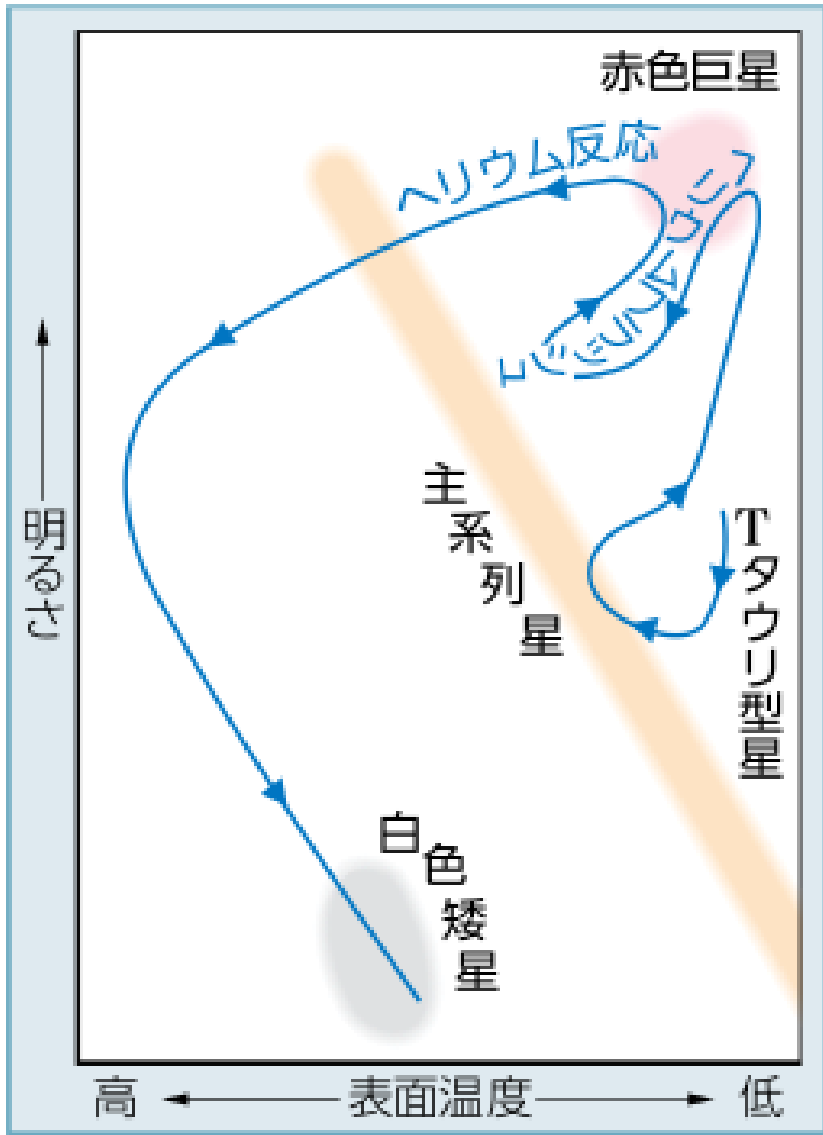


地学図表P.38

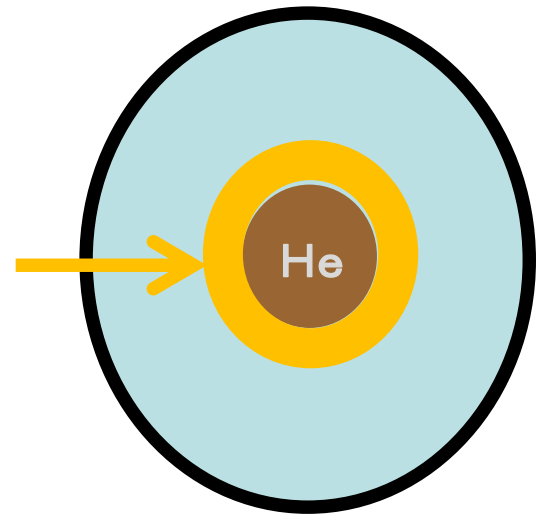


<http://depression-note.com/health/sunshine>

# 太陽の進化

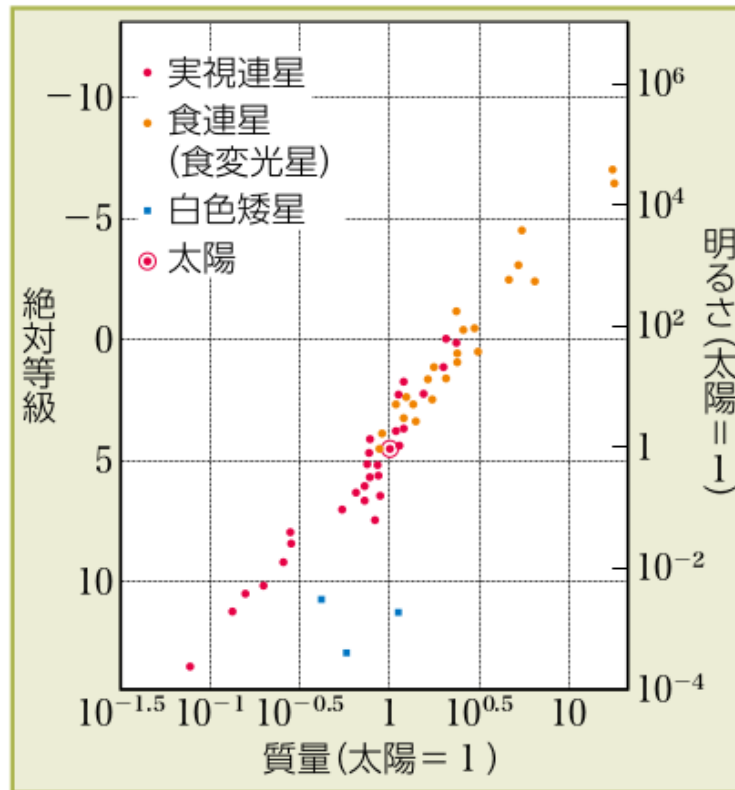


水素が核融合反応



# 恒星の性質は質量が決める

- 質量光度関係

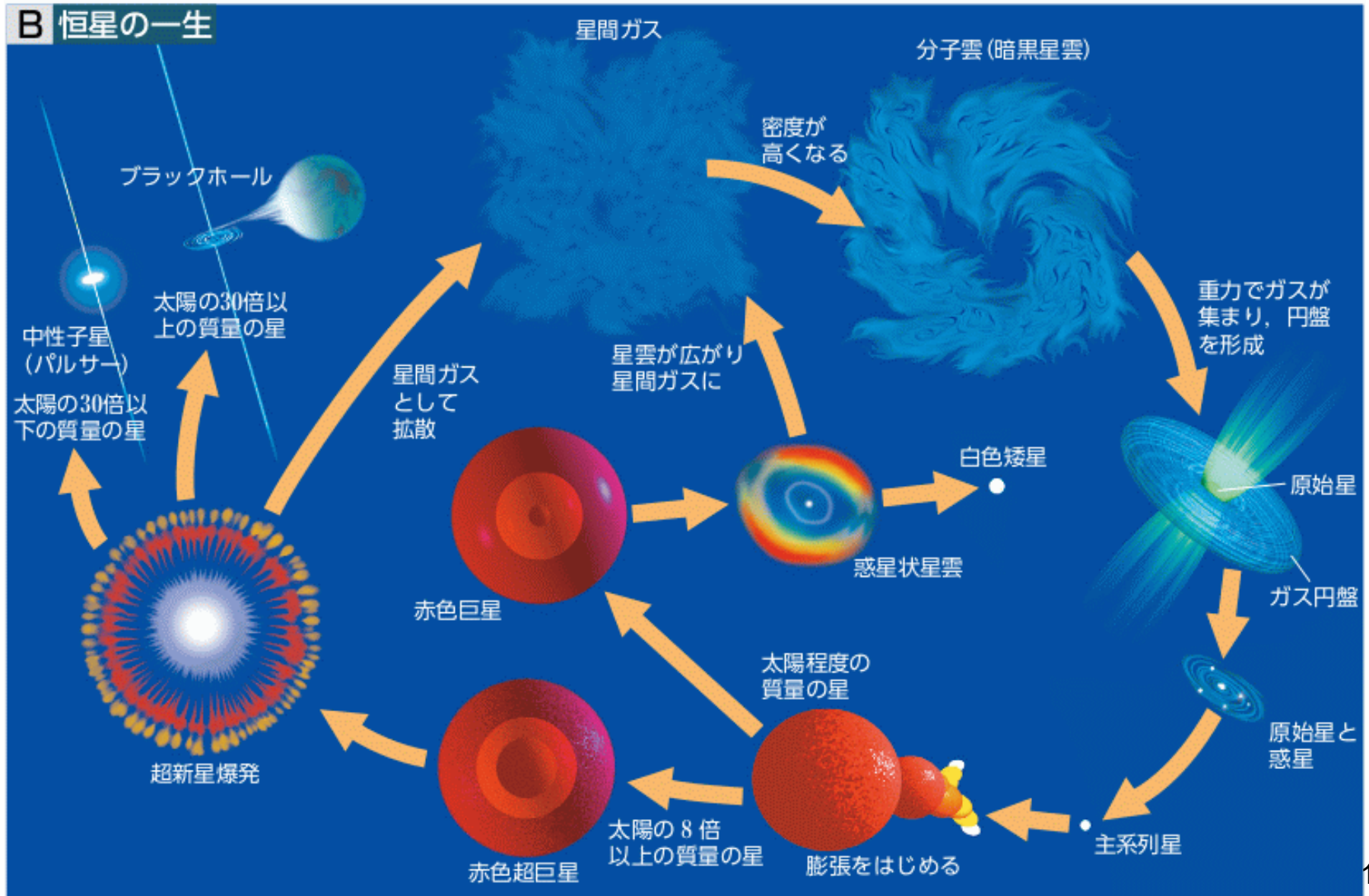


地学図表P.44

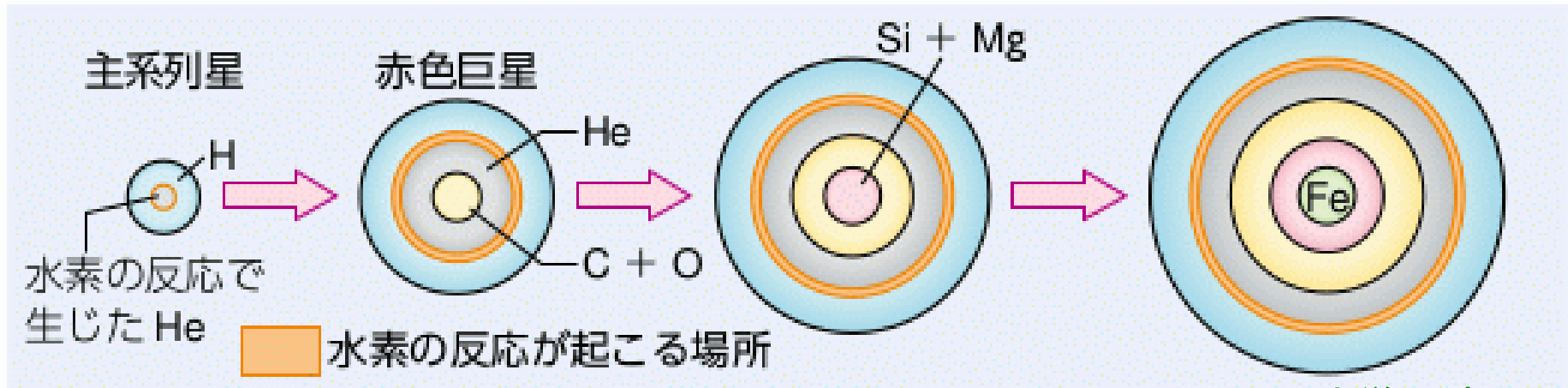
- 質量が大きい恒星ほど寿命が短い

# 恒星の一生

地学図表P.40



# 大質量星の進化 ( $10M_{\text{sun}}$ 以上の場合)



地学図表P.40

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

炭素燃焼の例  
 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{24}\text{Mg} + \gamma$   
酸素燃焼の例  
 $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O} \rightarrow ^{28}\text{Si} + ^4\text{He}$

- 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

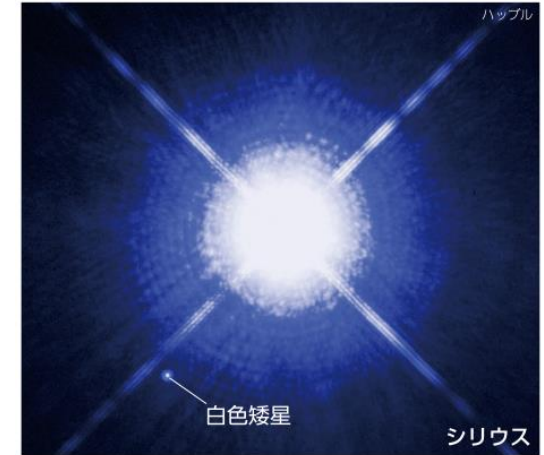
# 星の死

## ・ 小質量星の場合

惑星状星雲  
の形成

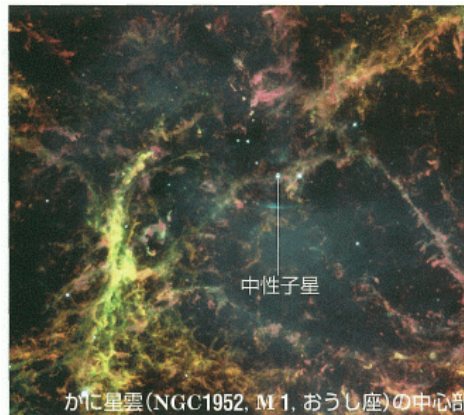


白色矮星  
の形成



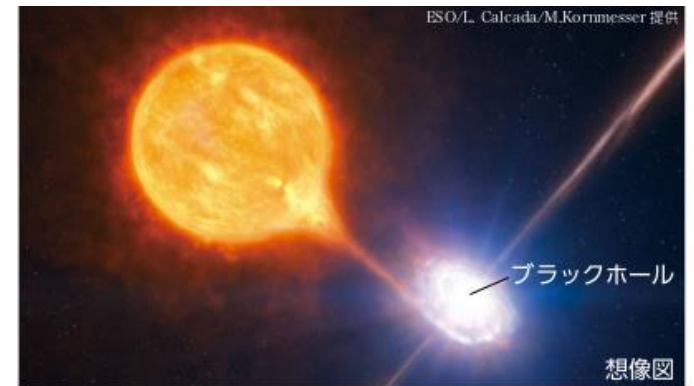
## ・ 大質量星の場合

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



恒星内部の  
元素合成

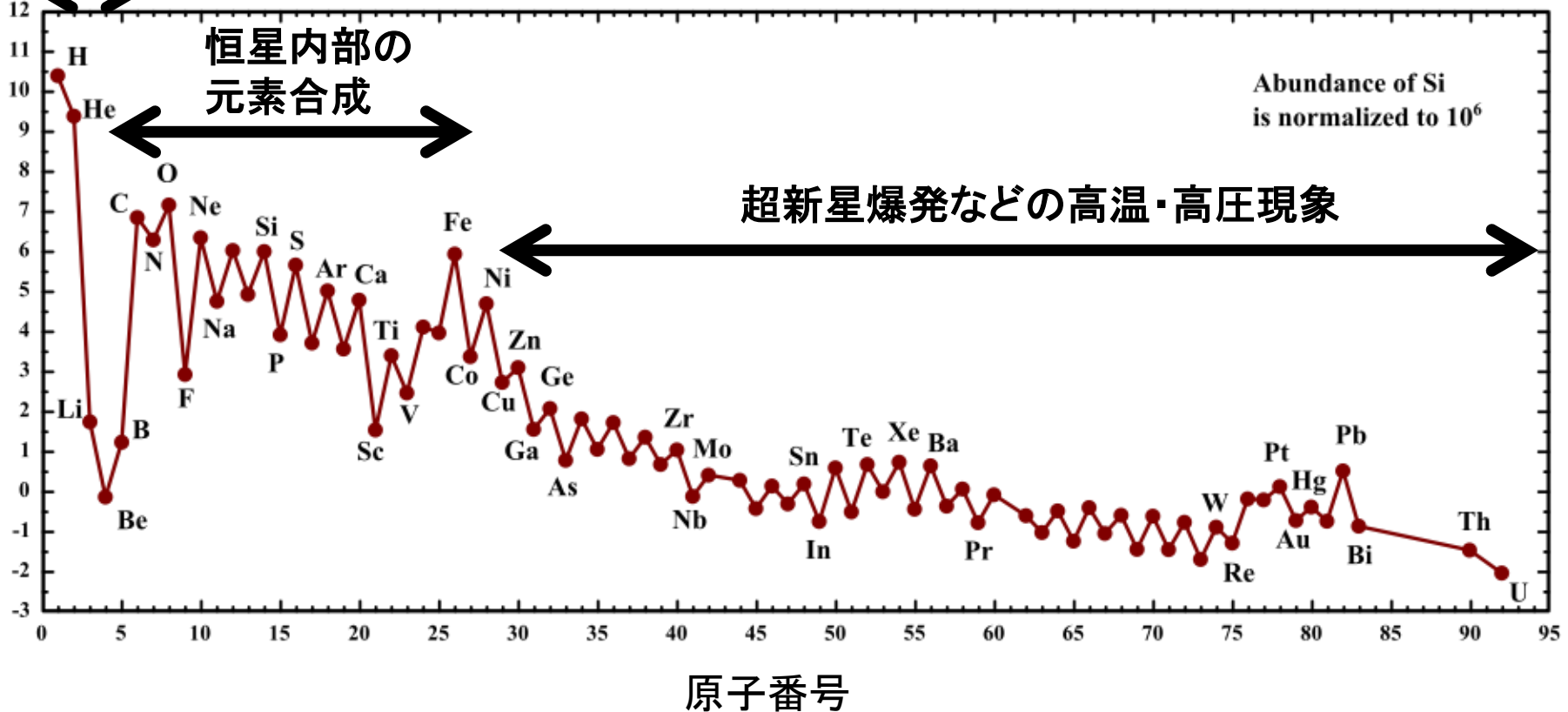


超新星爆発などの高温・高圧現象



Abundance of Si  
is normalized to  $10^6$

存在比



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



# ミニレポート

- 星間分子雲（暗黒星雲）の状態が変わると、形成される惑星系はどのように変化すると考えられるか？  
様々な場合について考えてください。結果だけでなく理由も書いてください。
  - 例1: 密度が大きい場合、小さい場合
  - 例2: 成分が変わった場合（気体の割合、ちりの割合）
  - 例3: 初期の回転が強い場合、弱い場合