

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

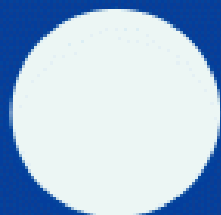
恒星の見かけの明るさ(実視等級)

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

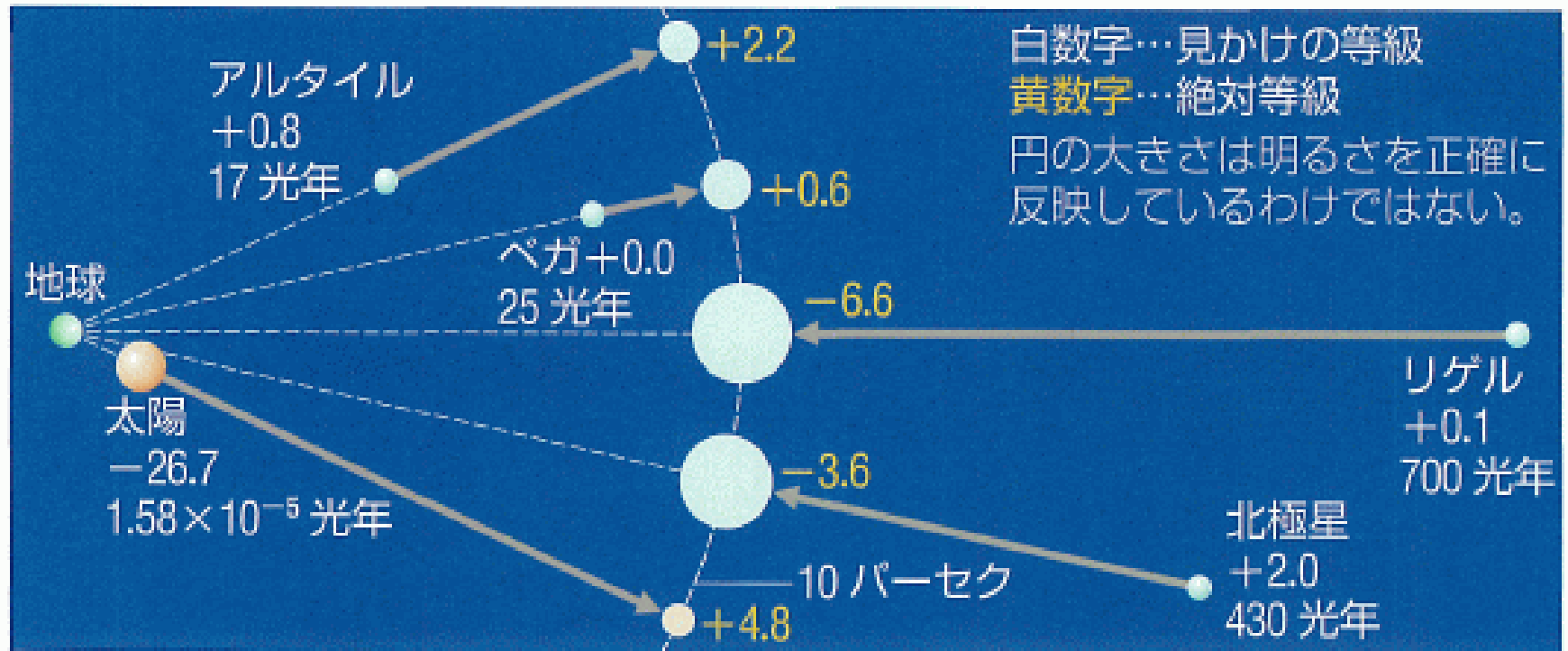
$$1$$

地学図表P.38

二訂版地学図表P.140

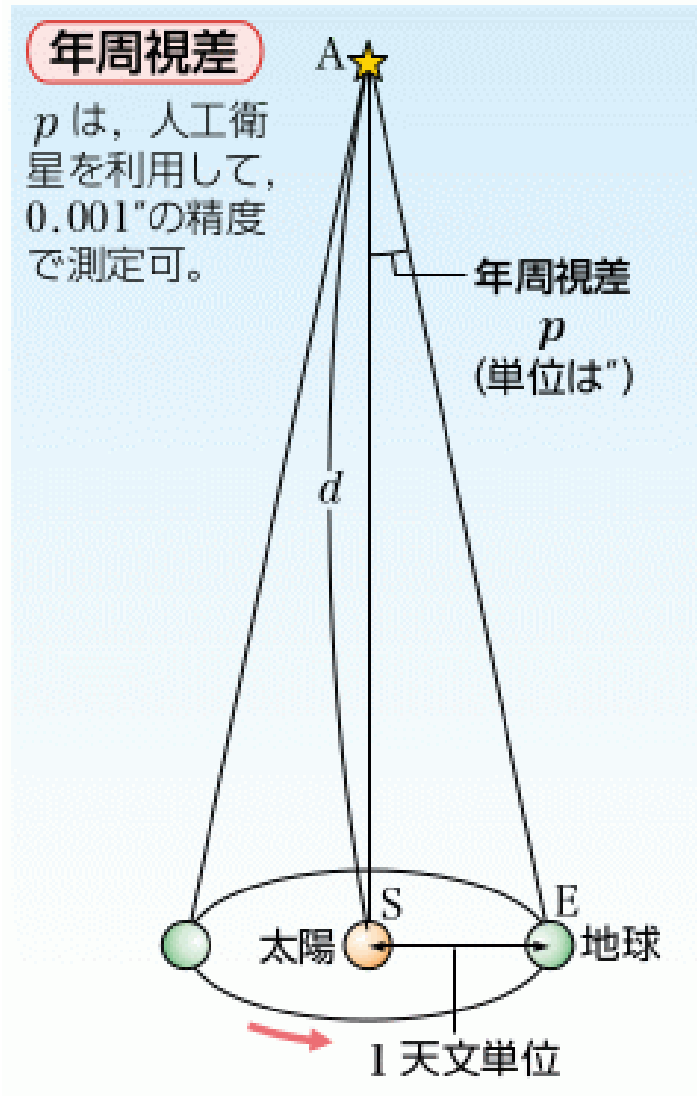
明るさ(等級)	星 数	星数累計	明るさ(等級)	星 数	星数累計
-0.5等以上	2	2	6.5~ 8.5	59000	68000
-0.5~0.5	7	9	8.5~10.5	470000	540000
0.5~1.5	12	21	10.5~12.5	3200000	3700000
1.5~2.5	67	88	12.5~14.5	19000000	23000000
2.5~4.5	900	990	14.5~16.5	100000000	120000000
4.5~6.5	7600	8600	16.5~18.5	420000000	540000000

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

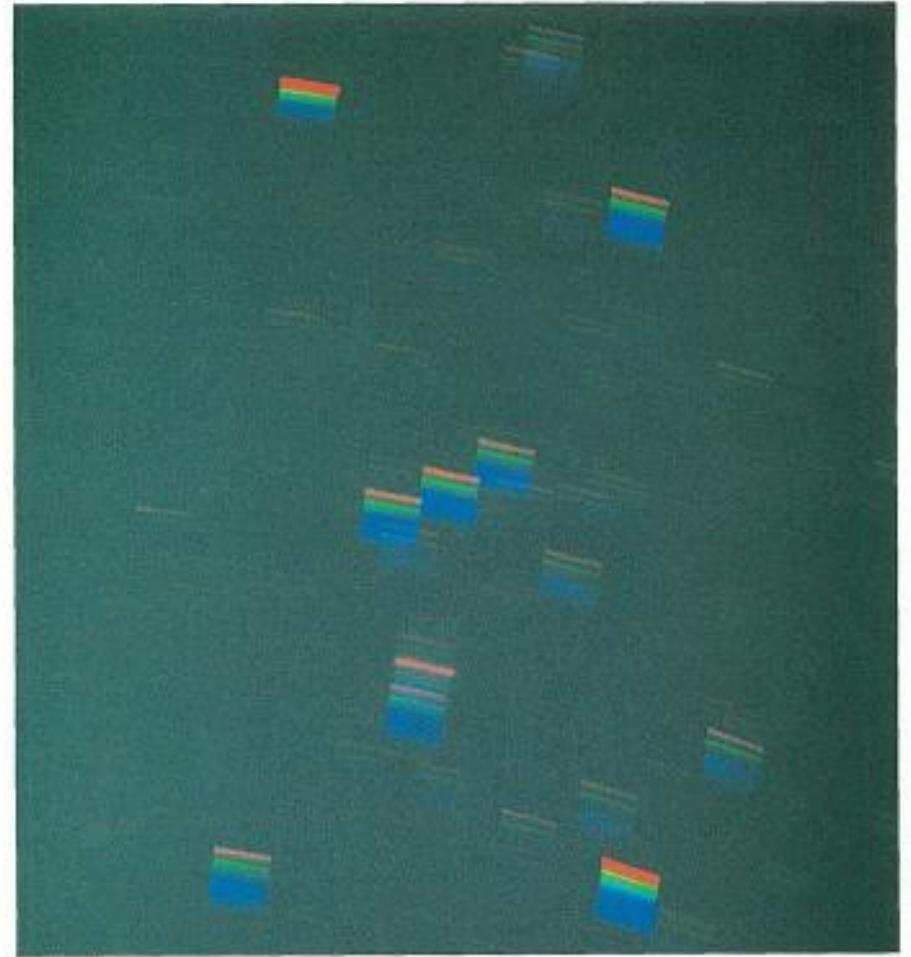
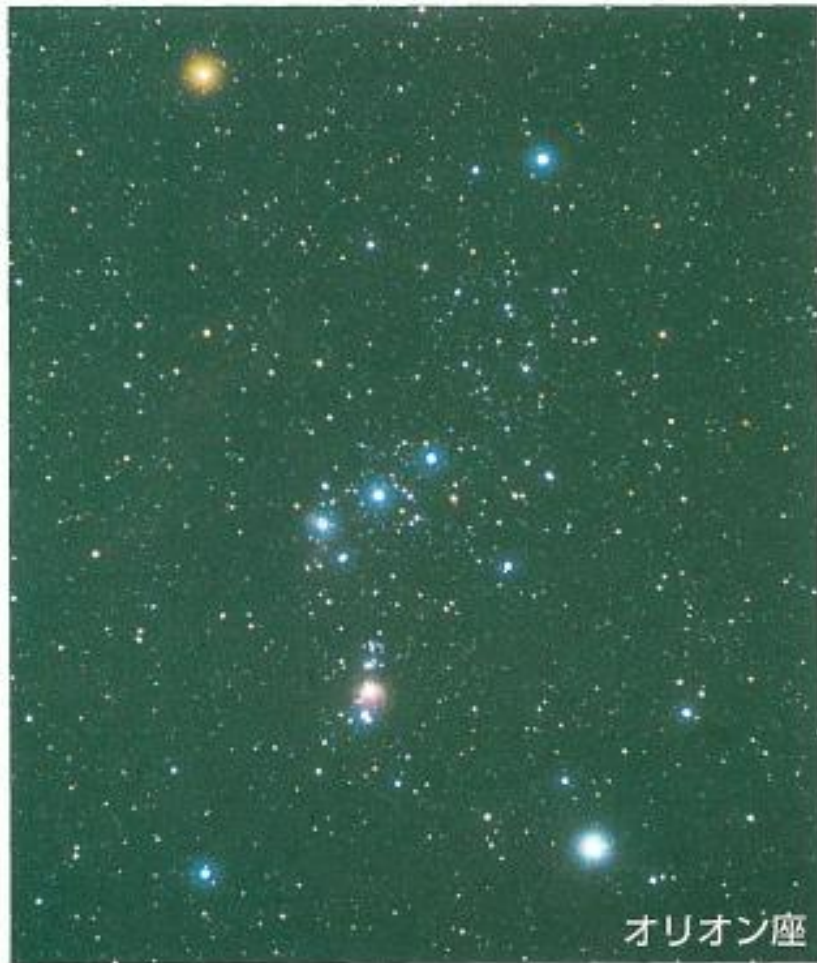
計算問題：解答例

- 太陽系の端では太陽は何等星か？

- 太陽－地球間： 1 au
- 太陽－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

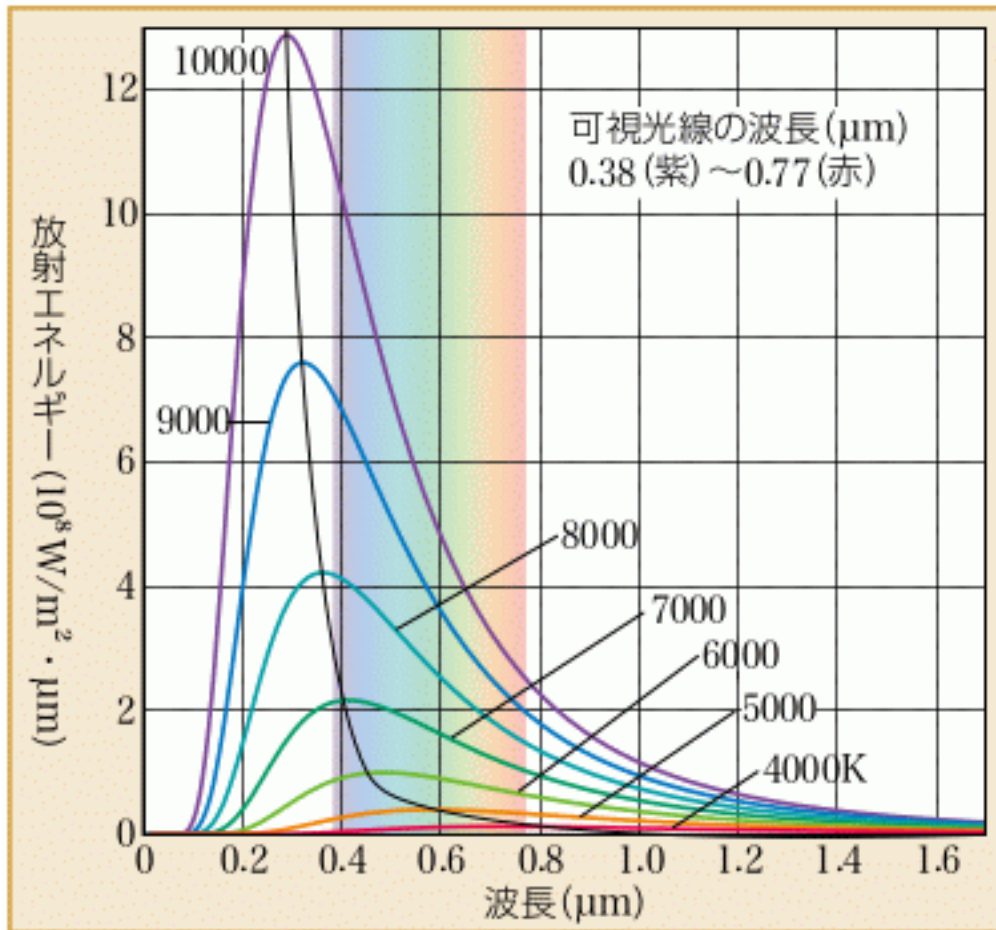
- 距離比： $\frac{10^5}{1} = 10^5$
- 明るさの比： $(10^5)^{-2} = \left(\frac{1}{100}\right)^5$
- 等級差： $5 \times 5 = 25$
- 太陽系端での太陽の等級： $-26.75 + 25 = -1.75$

恒星の色

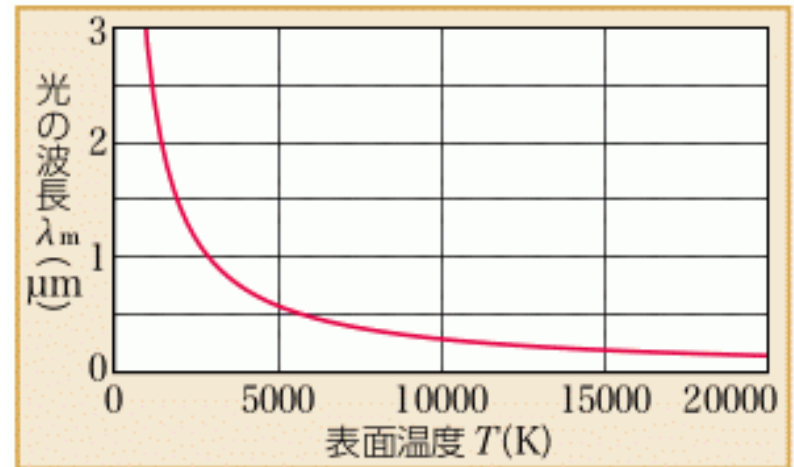


地学図表P.141

恒星の温度



地学図表P.141

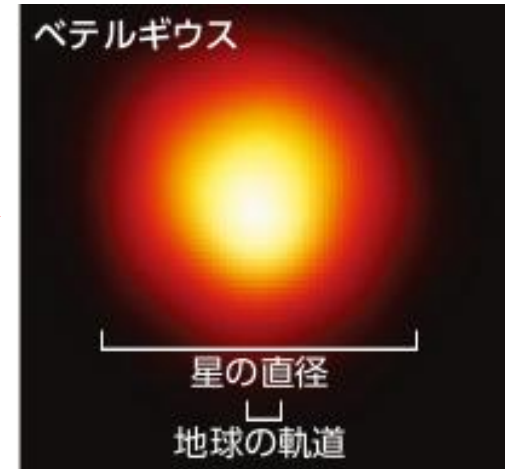
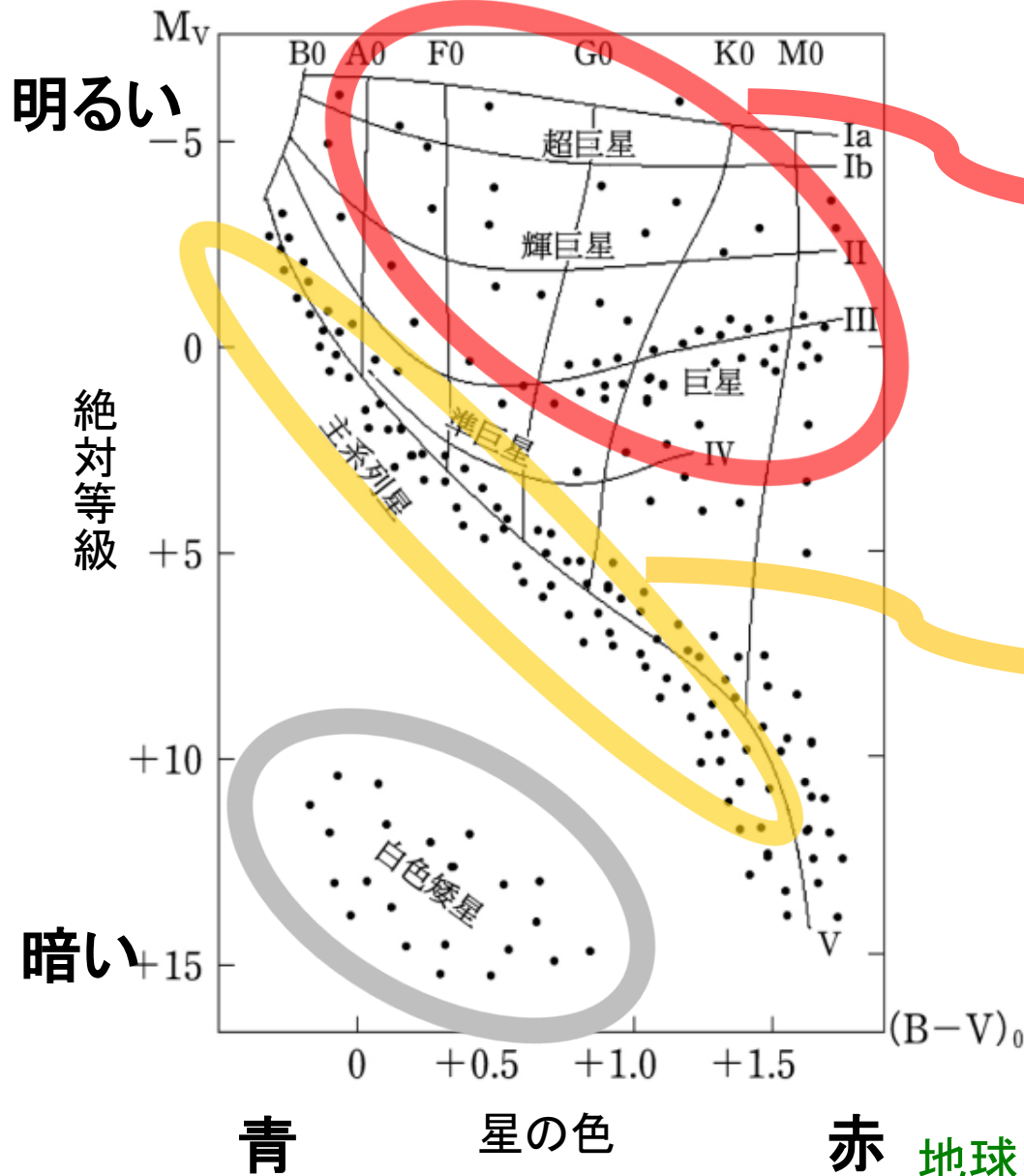


温度が高いほど

- ・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



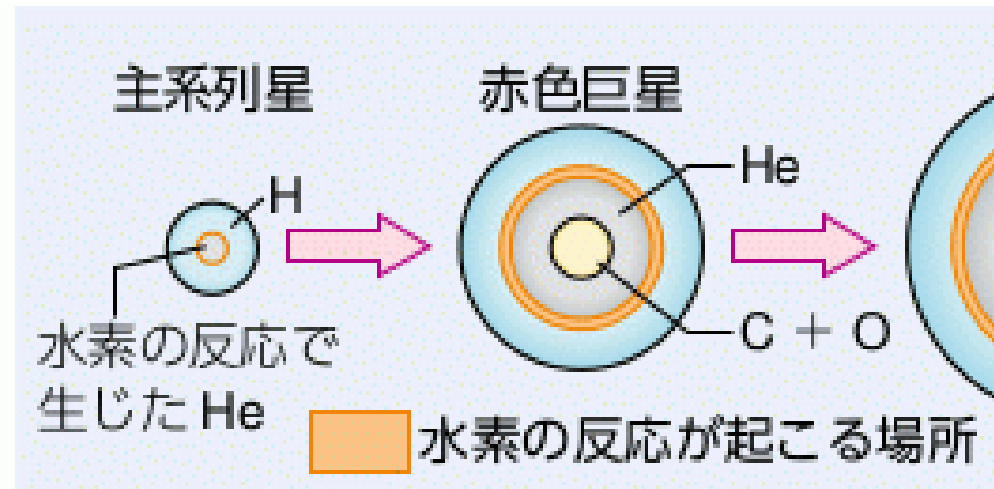
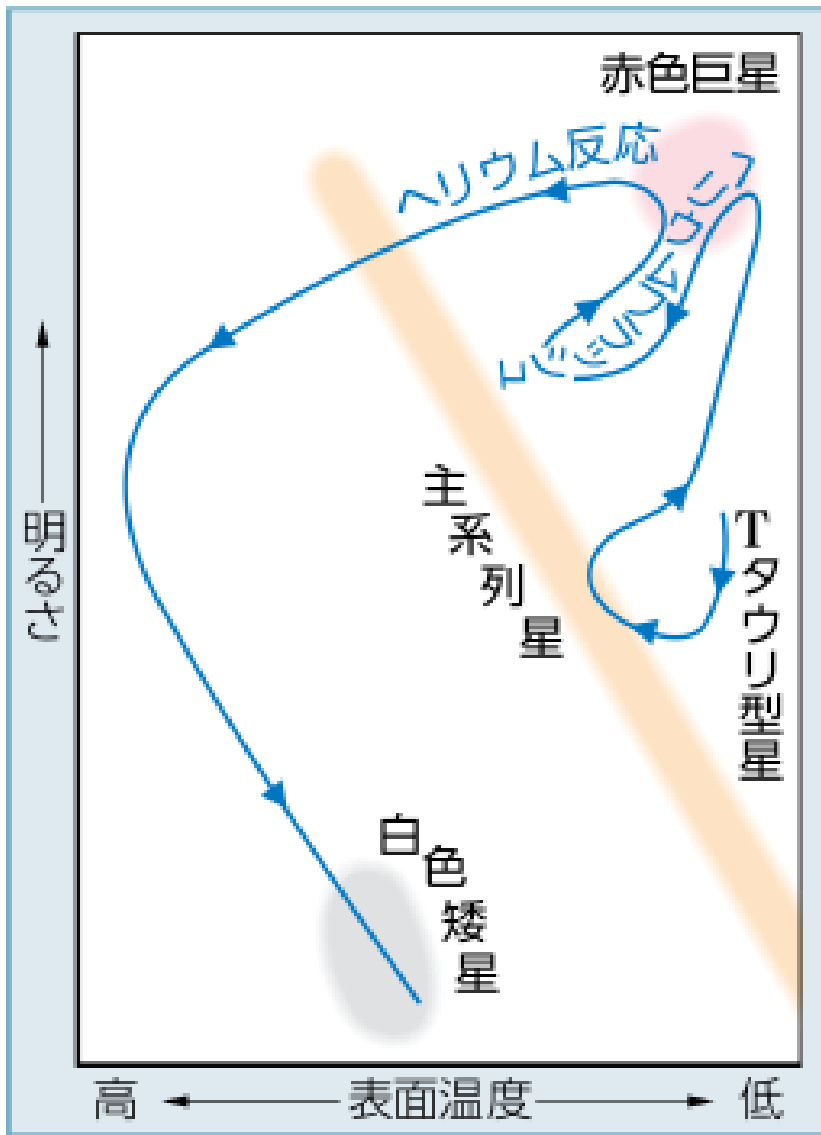
地学図表P.140



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

太陽の進化

地学図表P.142

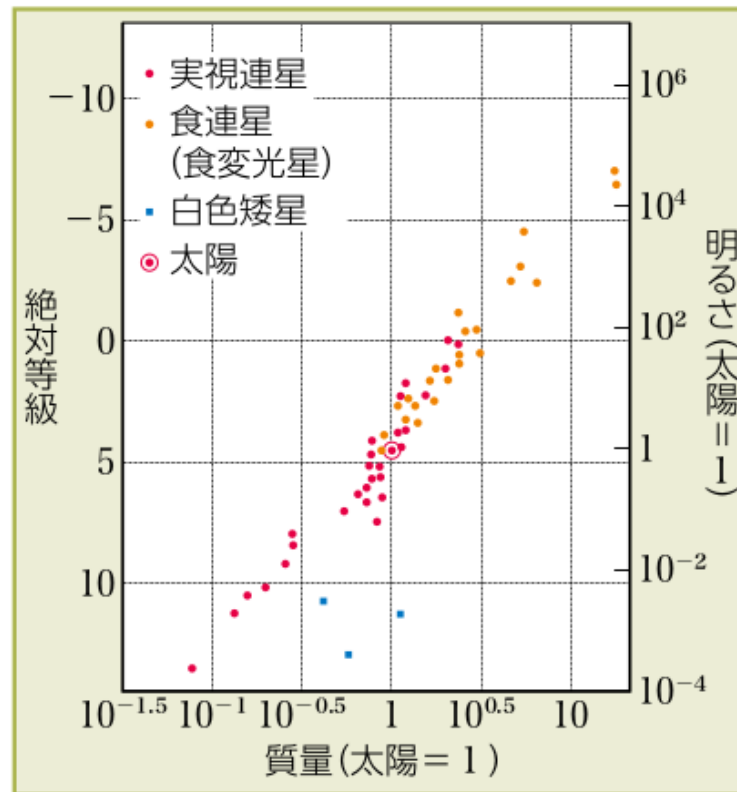


ヘリウム燃焼
(トリプルアルファ反応)
 $4\text{He} + 4\text{He} + 4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma$

地学図表P.143

恒星の性質は質量が決める

- 質量光度関係

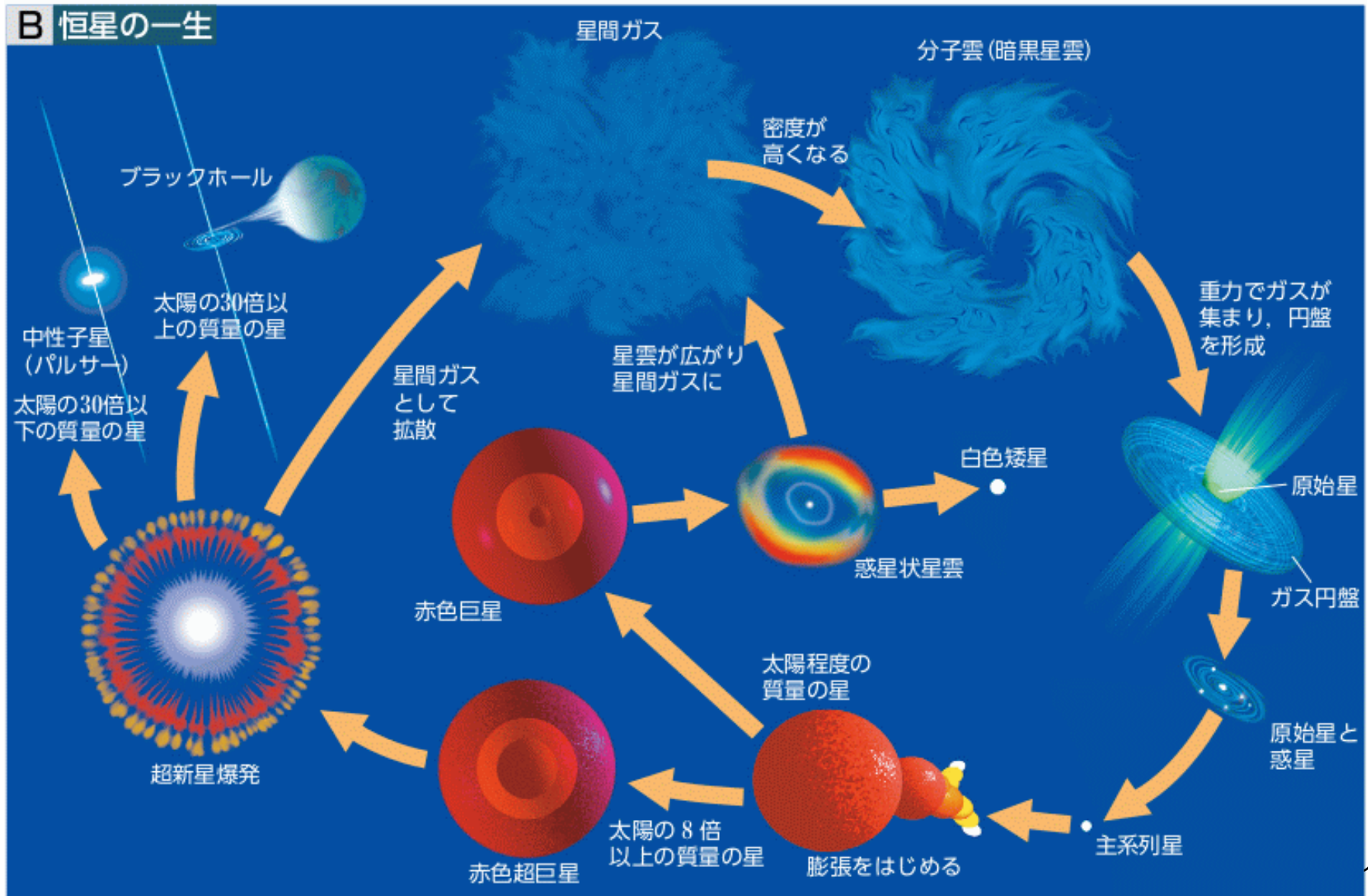


地学図表P.146

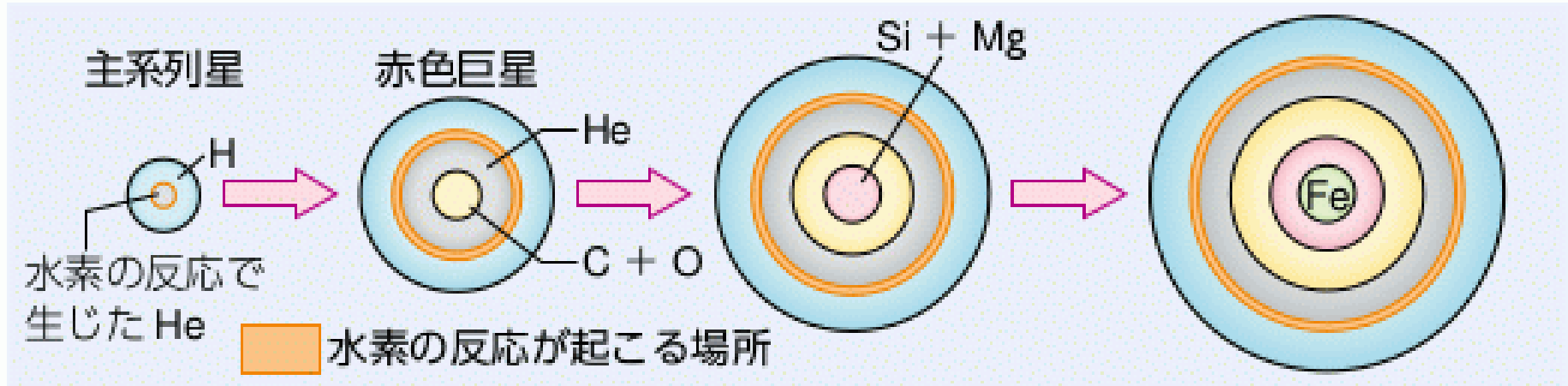
- 質量が大きい恒星ほど寿命が短い

恒星の一生

地学図表P.142



大質量星の進化 ($10M_{\text{sun}}$ 以上の場合)



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

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

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

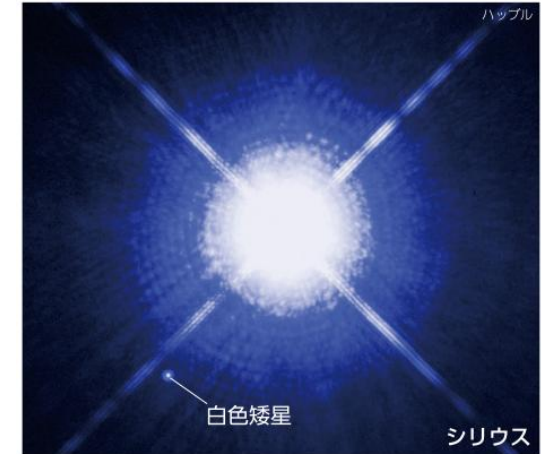
星の死

・ 小質量星の場合

惑星状星雲
の形成



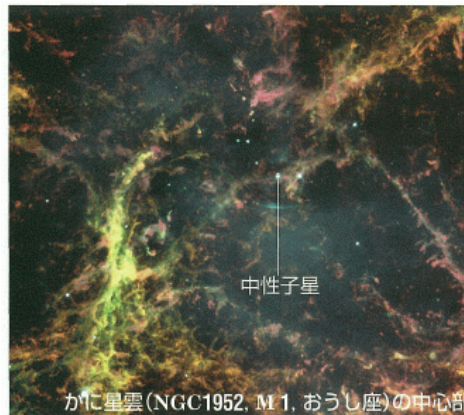
白色矮星
の形成



・ 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



恒星内部の
元素合成

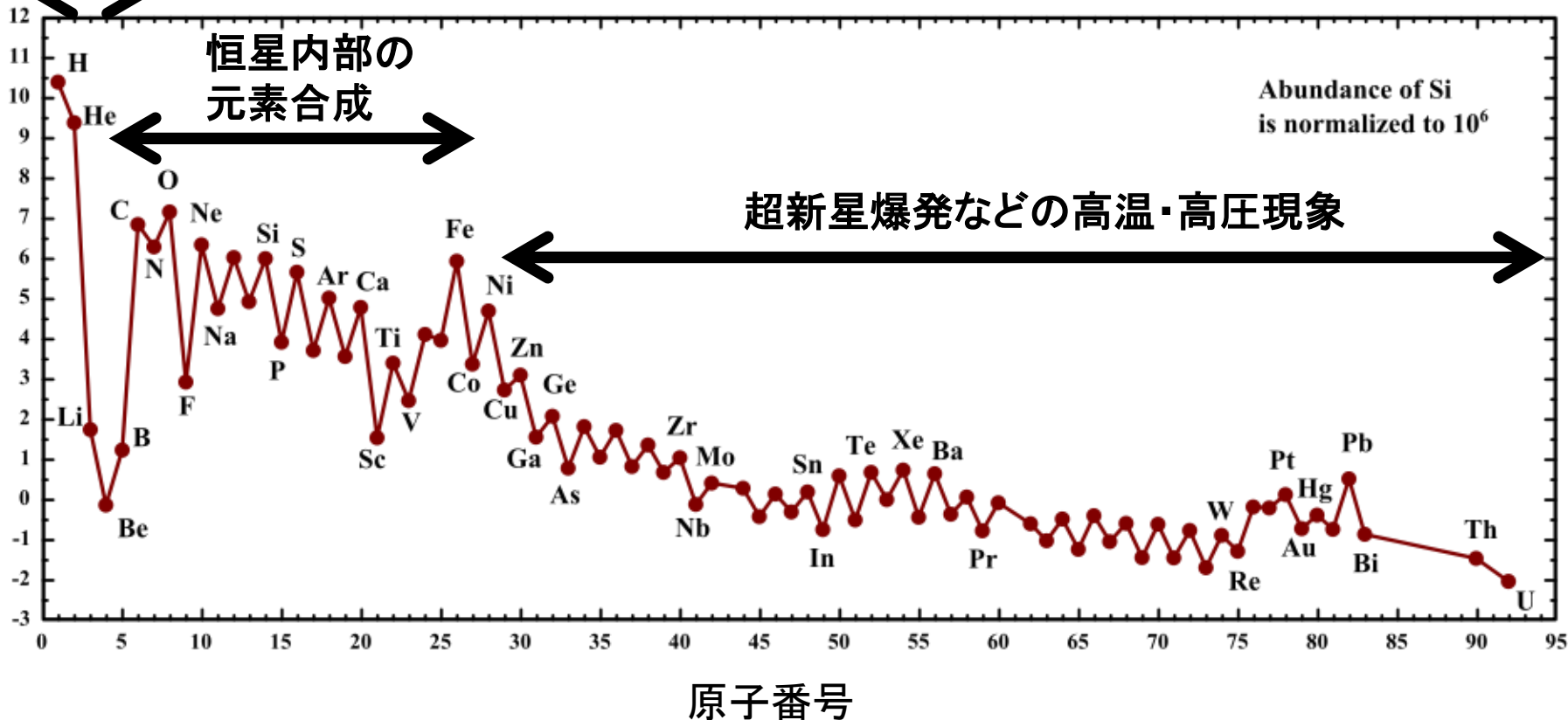


超新星爆発などの高温・高圧現象



Abundance of Si
is normalized to 10^6

存在比



https://online.science.psu.edu/astro140_fawd001/node/11779