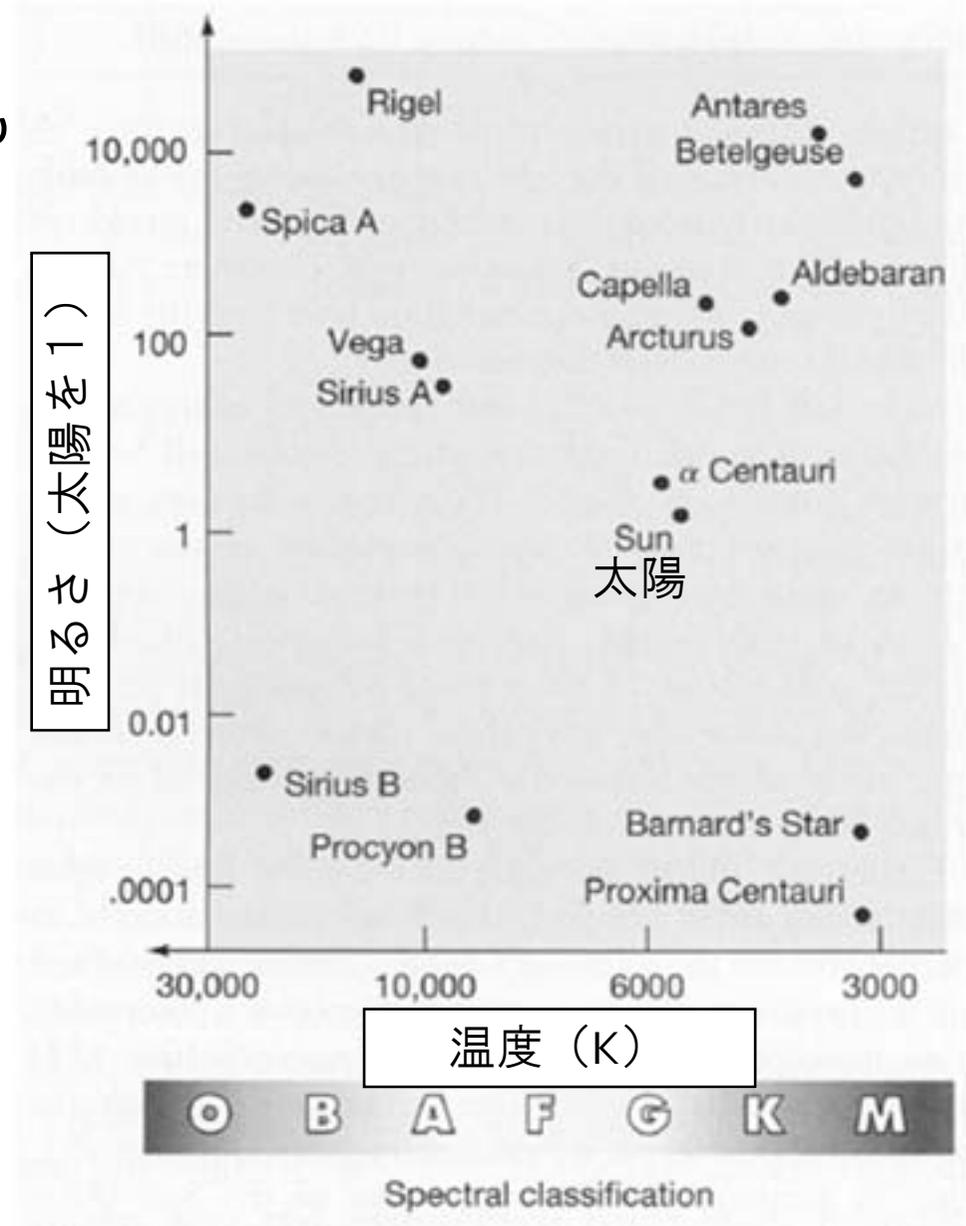


恒星2

HR図と太陽の一生

ヘルツシュプルング-ラッセル図 (HR図)

- 天文学において、とても重要な図
 - 星の温度 (色) と明るさの関係を示す
 - 星の観測量は、温度と明るさ

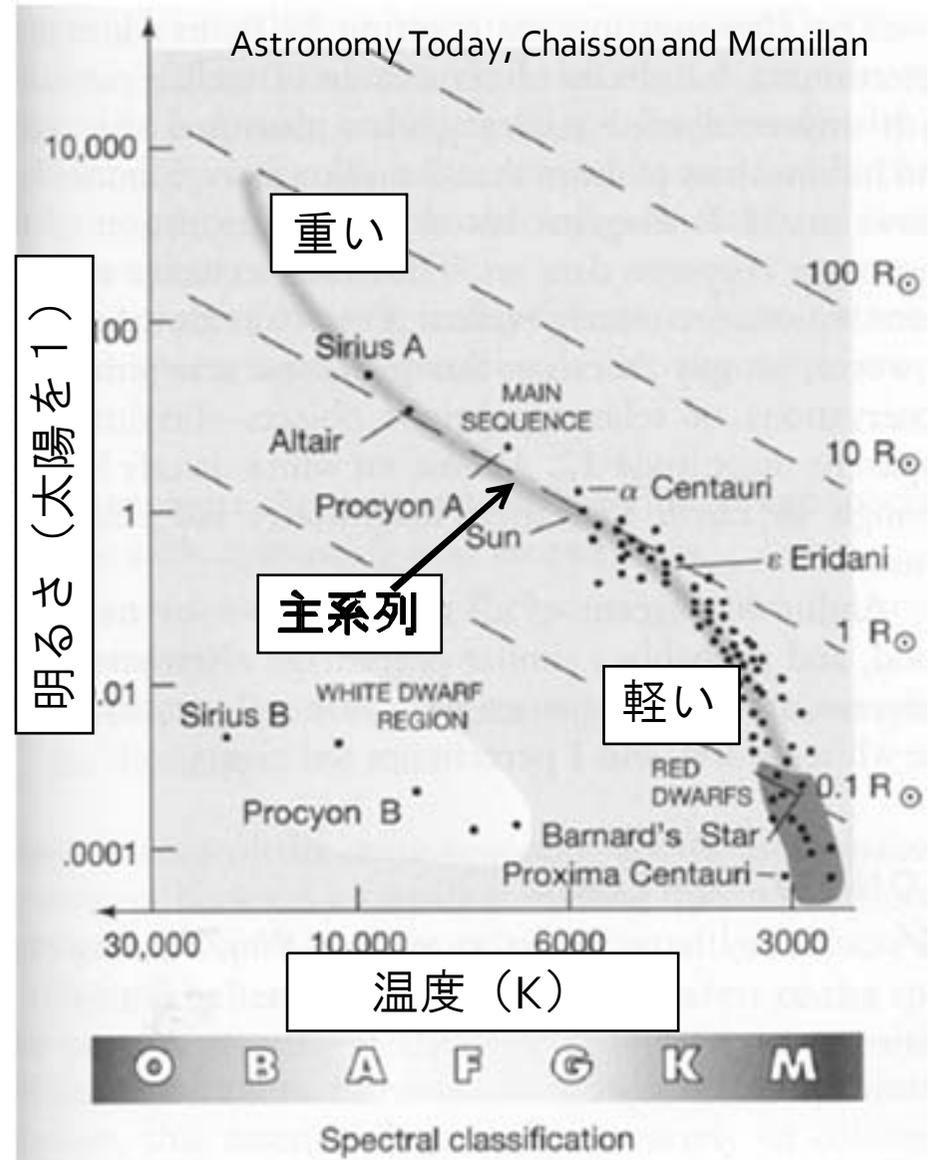


有名な星のHR図

Astronomy Today, Chaisson and Mcmillan

太陽近傍5pcの星のHR図

- 無名な星のほうがたくさんある
 - 有名な星は、普通でない星が多い
- 一本の帯に並ぶ
 - 主系列星
- 星の温度と明るさには関係がある
 - 高温 \leftrightarrow 明るい \leftrightarrow 重い
 - 低温 \leftrightarrow 暗い \leftrightarrow 軽い



太陽近傍5pcの星のHR図

散開星団

- 100~10,000個の星の集まり
 - 同じガス雲から、ほぼ同時に生まれた兄弟星たち
 - 比較的若い 1000万—数億年



プレアデス星団（すばる、5000万年）
Robert Gendler <http://www.robgendlerastropics.com/>



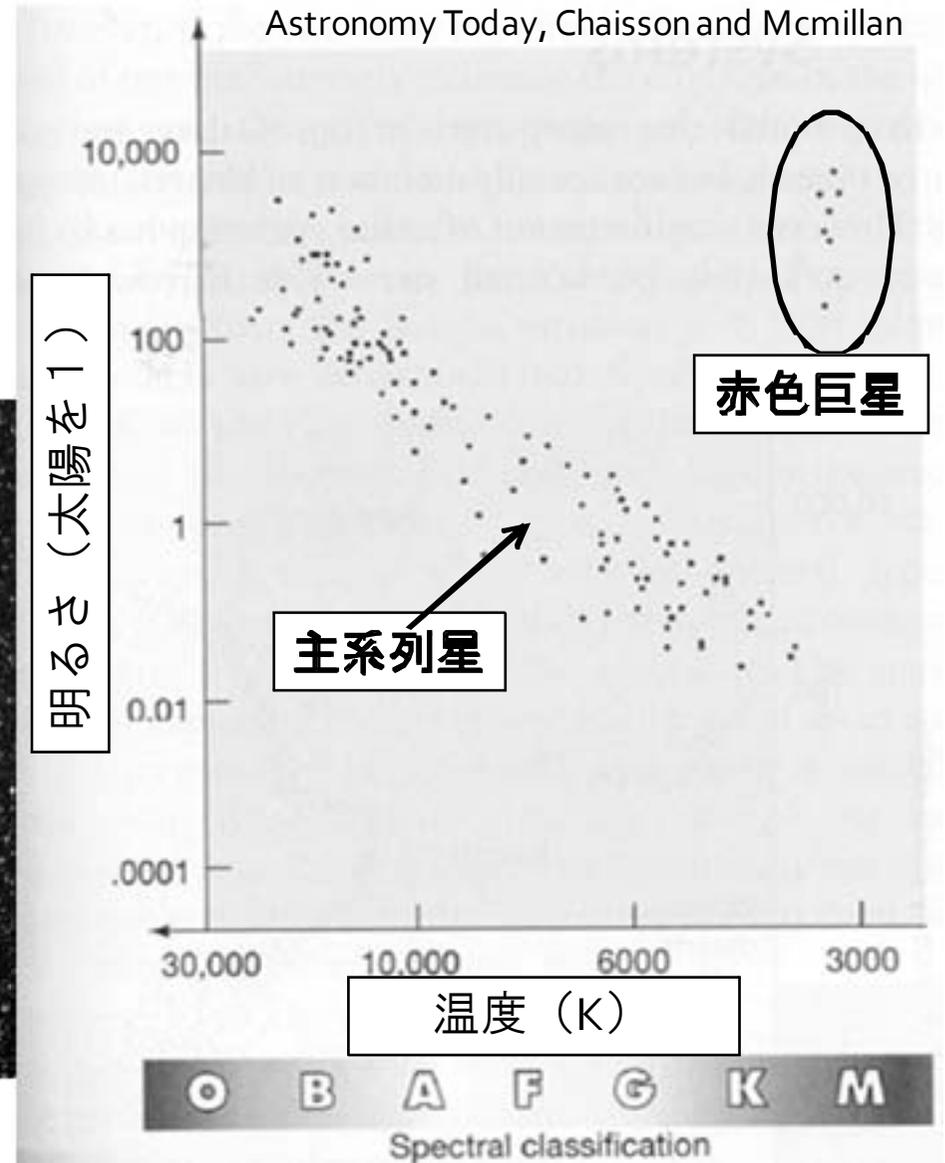
バラ星雲（散光星雲）
星団NGC2244
バラ星雲と星団NGC2244(300万年)

散開星団のHR図

- 1000万歳の星たち
 - 主系列星
 - 赤色巨星



ペルセウス座2重星団 (1000万年)
Robert Gendler <http://www.robgendlerastropics.com/>



球状星団

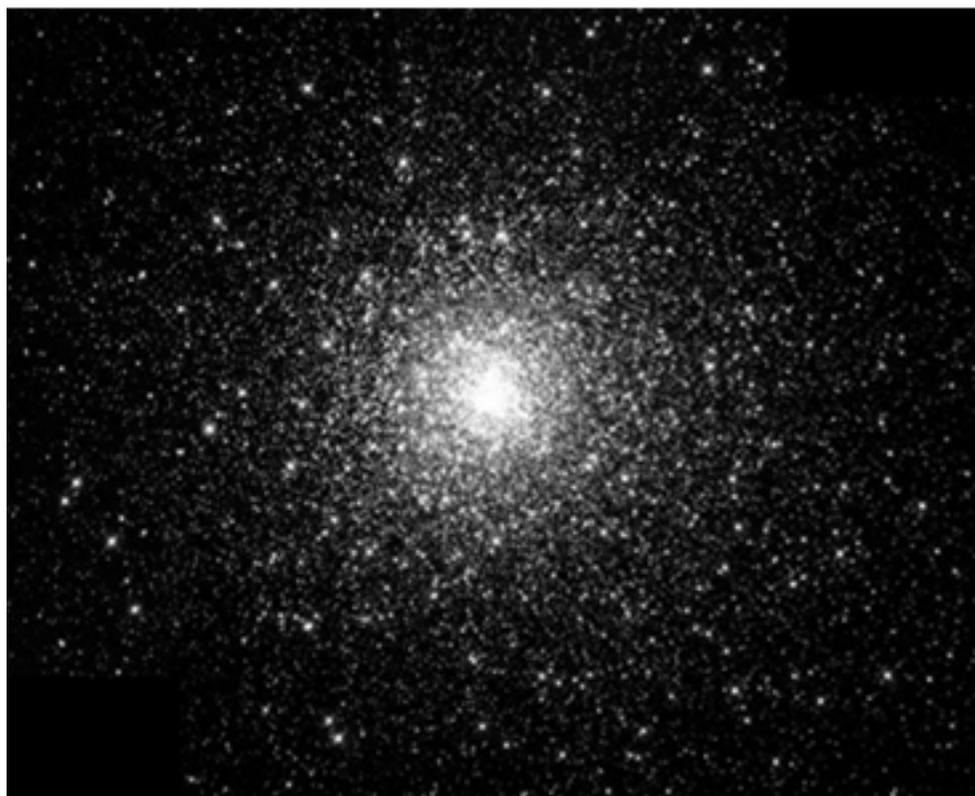
- 数万—100万個の星の集まり
 - 銀河系の歴史の初期に、同じガス雲から、ほぼ同時に生まれた兄弟星たち
 - 古い 100億年程度



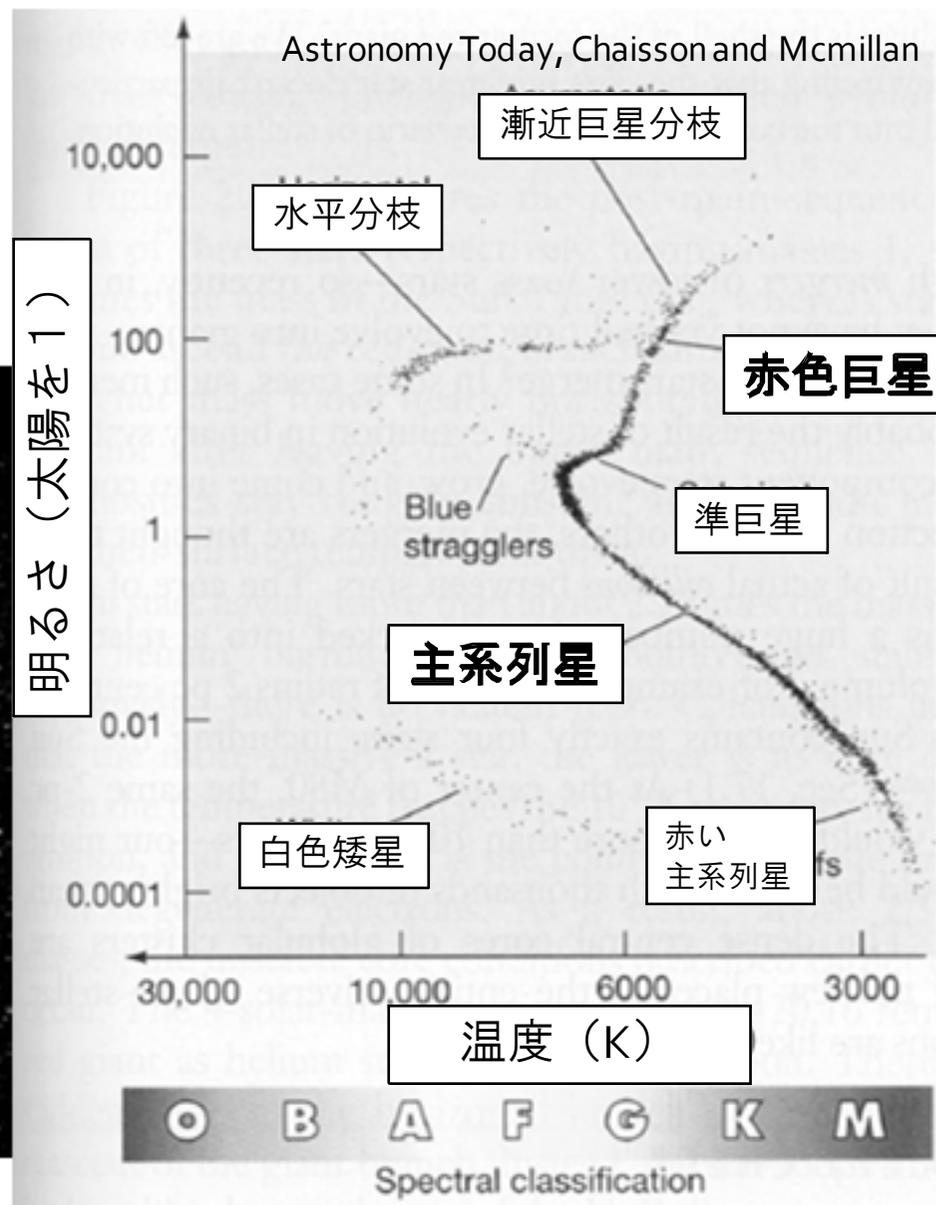
りょうけん座の球状星団M5 (80億年)
Robert Gendler <http://www.robgendlerastronics.com/>

球状星団のHR図

- 軽い（赤い）星
 - 主系列星
- 重い（青かった）星
 - さまざまに進化している。

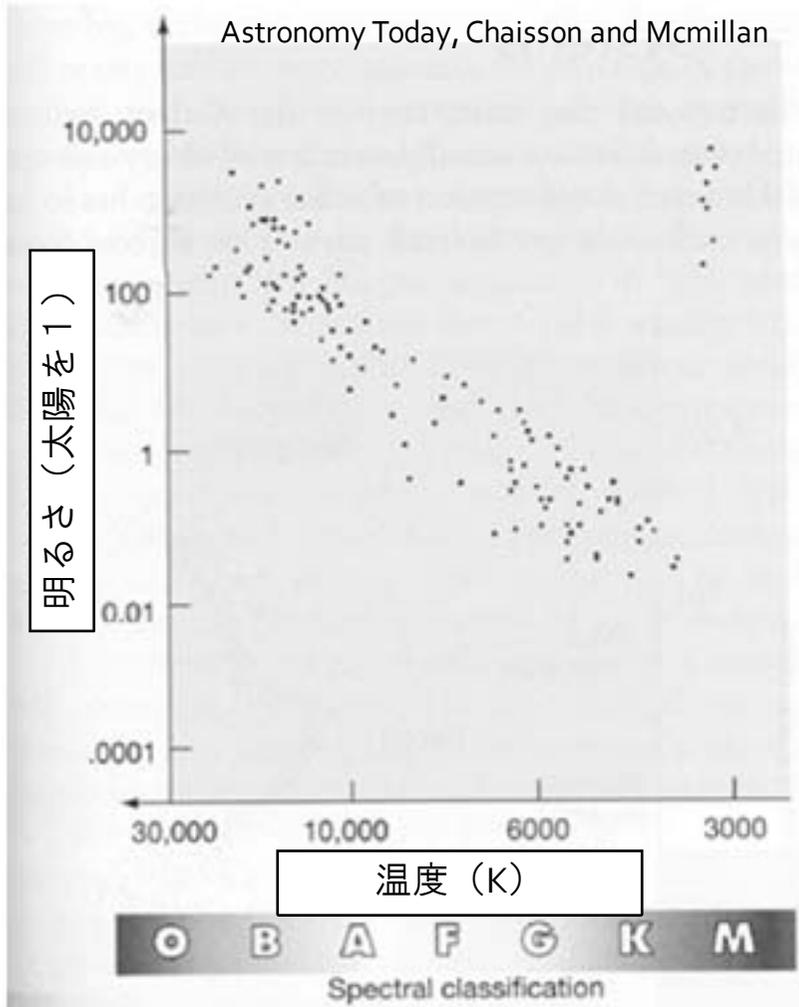


M80 (120億年 HUBBLESITE <http://hubblesite.org/>)

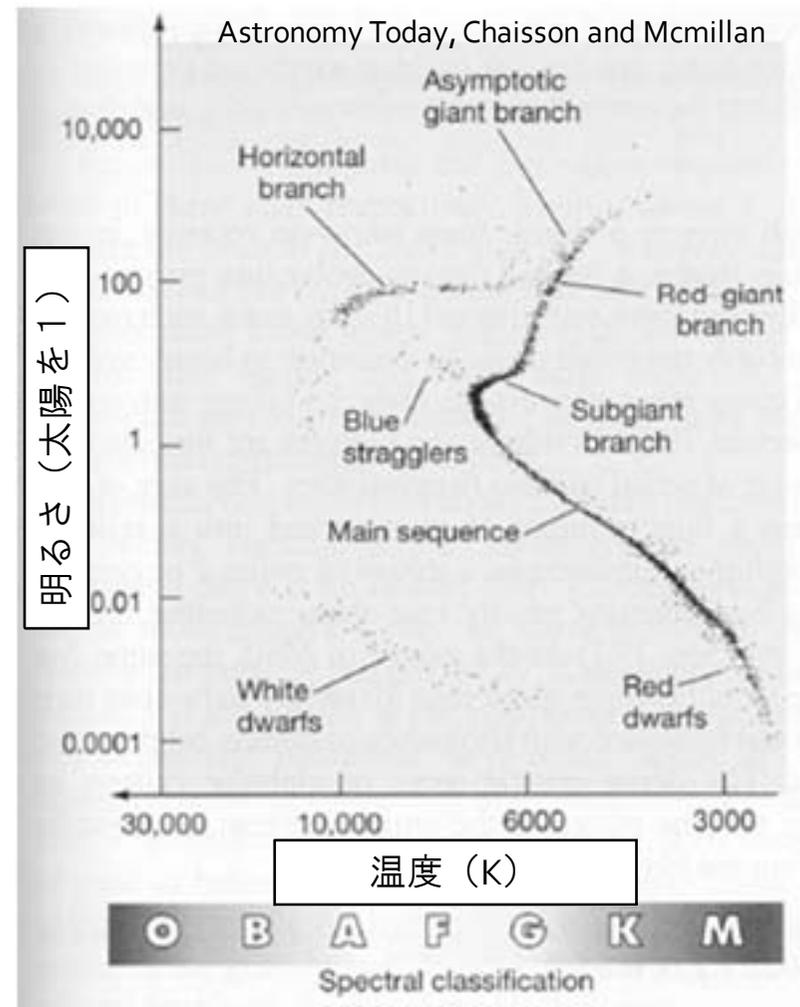
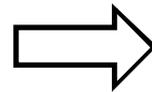


年齢の違う星団を比べる

- 星の進化の様子がわかる

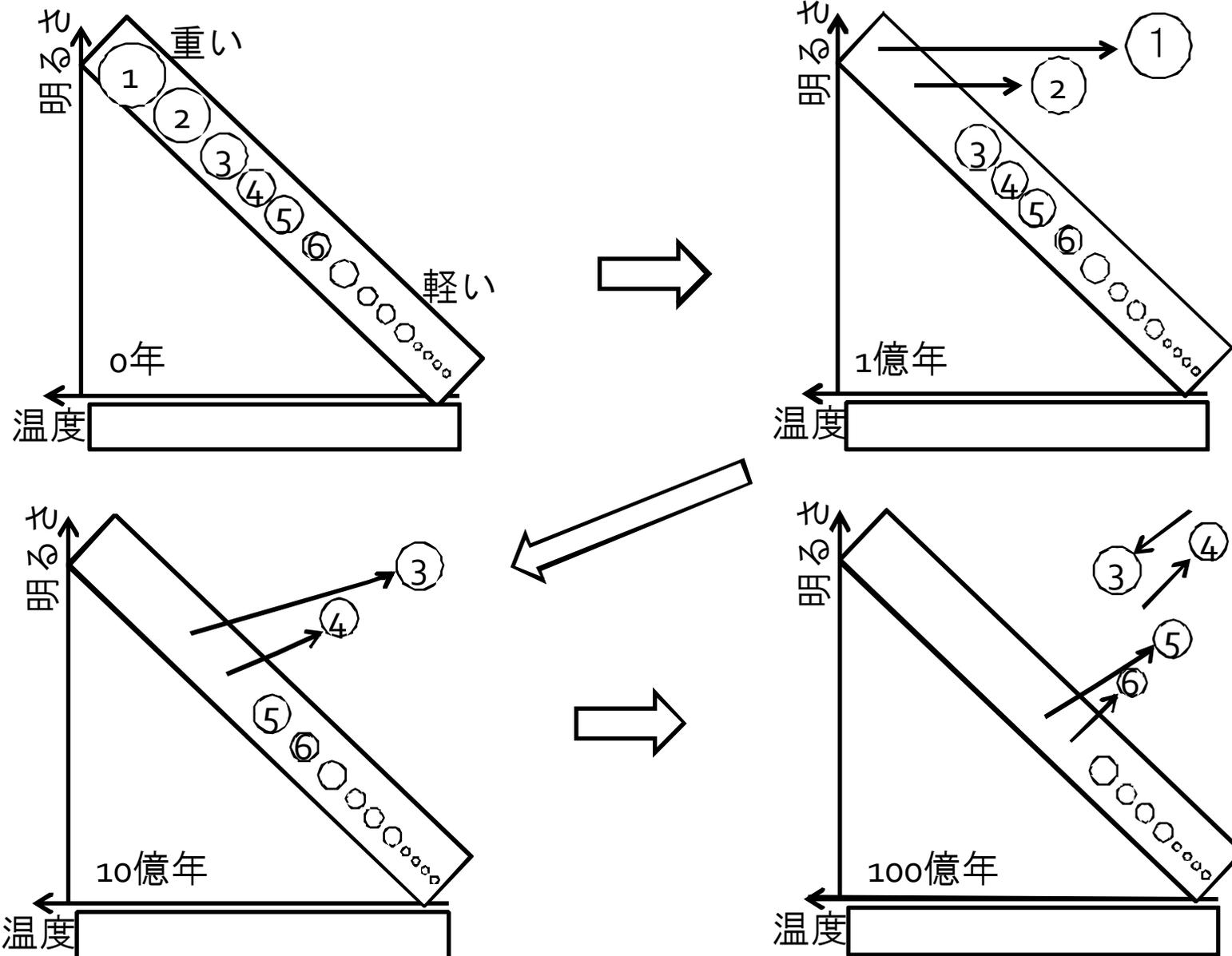


散開星団 (1000万年)



球状星団 (120億年)

HR図上での進化



星の進化

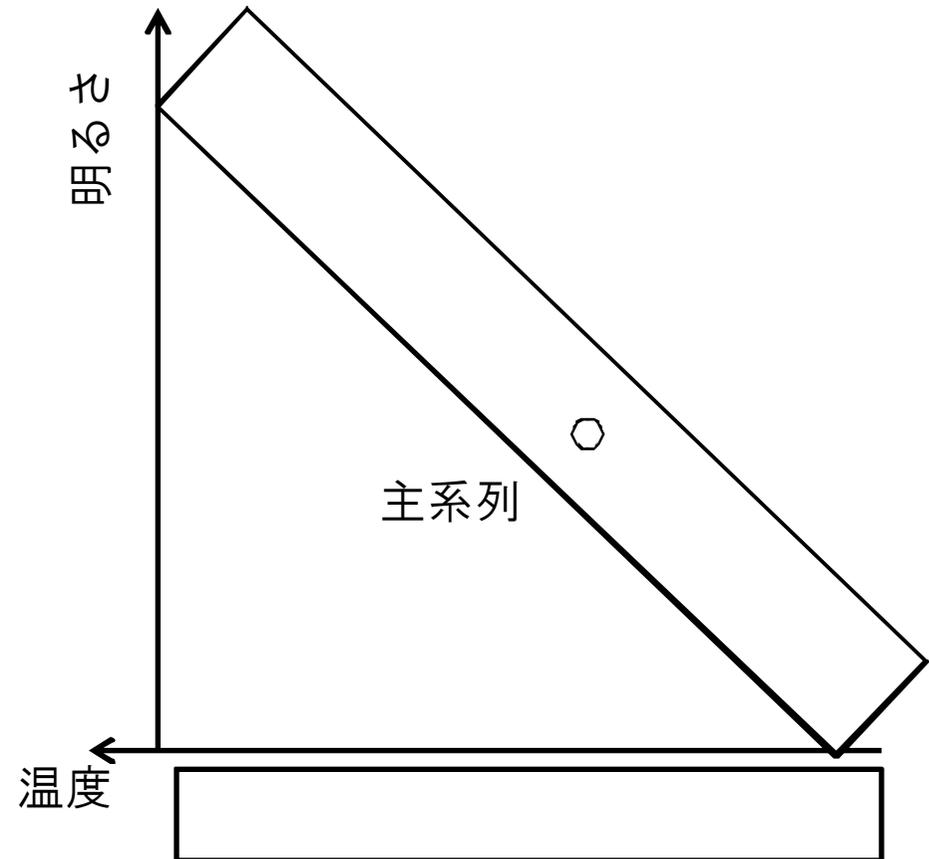
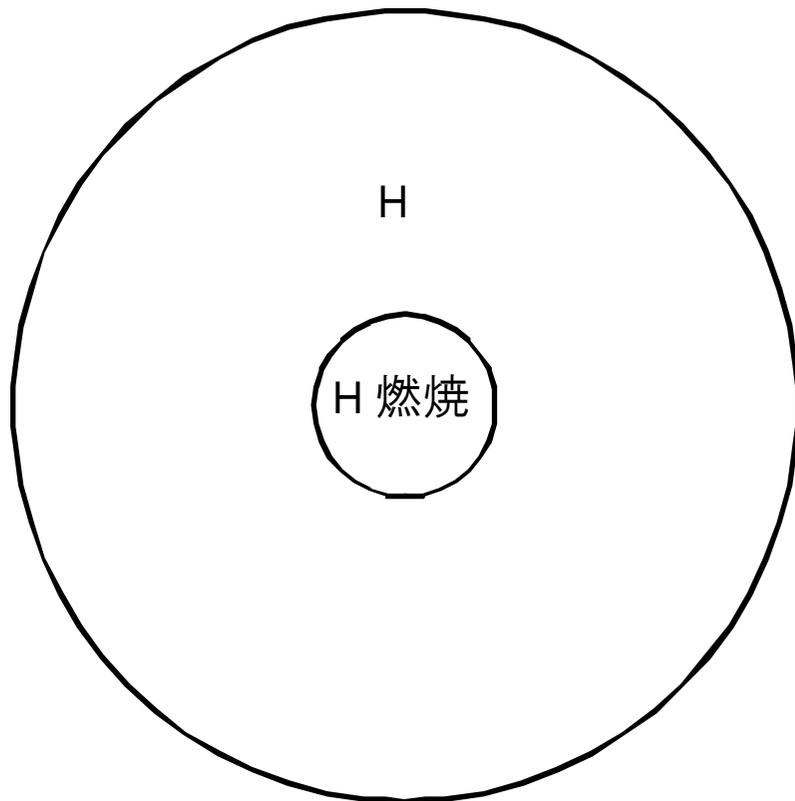
- 星は、年をとるとHR図上での位置を変える
- この位置の変化は、どうして起こるのだろうか？

- 原子核物理学の進展（1930年代）
 - 星は水素を燃やす核融合炉
- コンピューターの発明（1946年）
 - 星の内部を「計算」できるようになった。

- 燃料の水素がなくなっていくと、星は進化する。
 - 1950年代に、星の進化の計算が行われ、HR図の進化を見事に説明した。
 - これは、原子核物理学と天文学の大勝利であった。

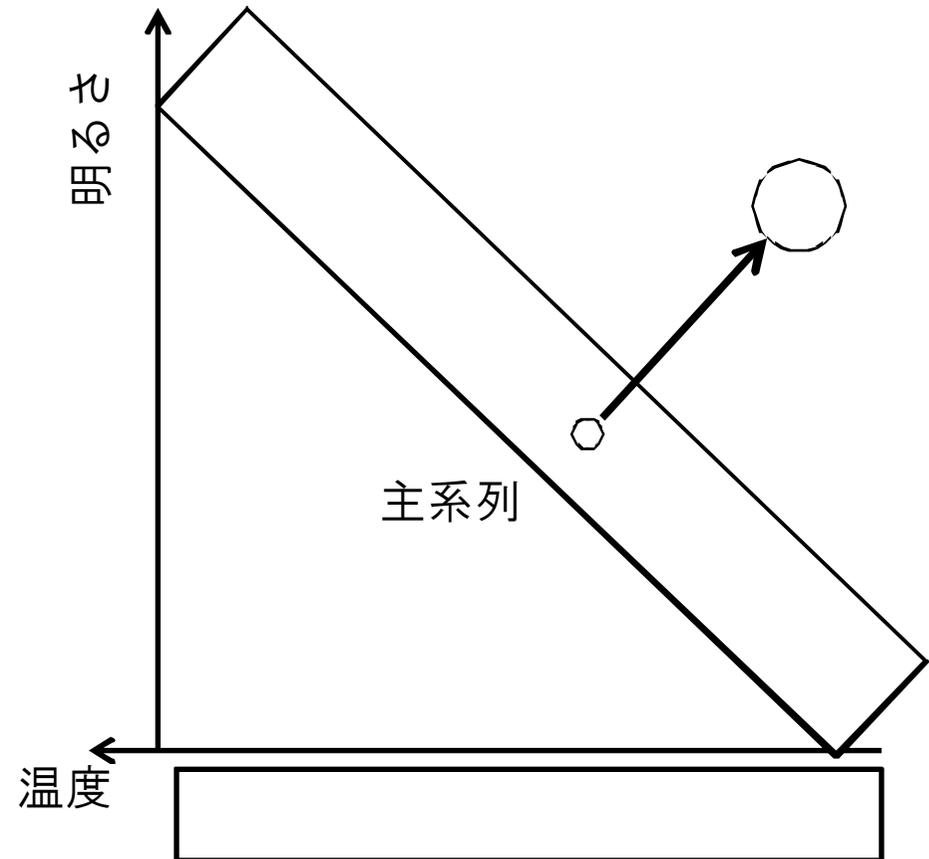
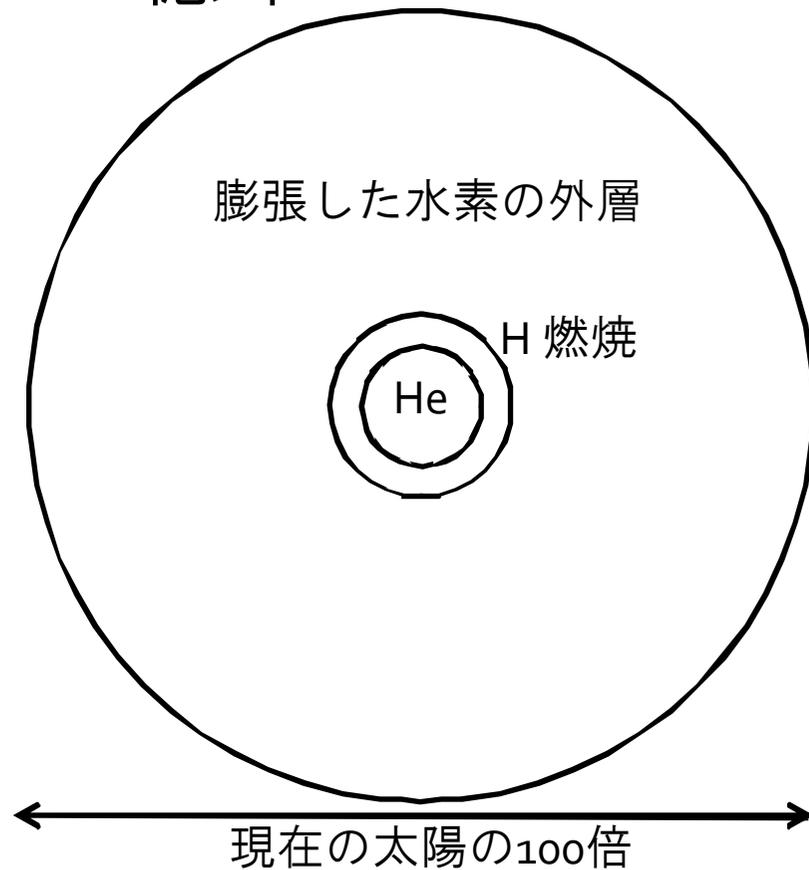
太陽の進化

- 水素73%, ヘリウム25% で生まれる
- 主系列星
- 100億年



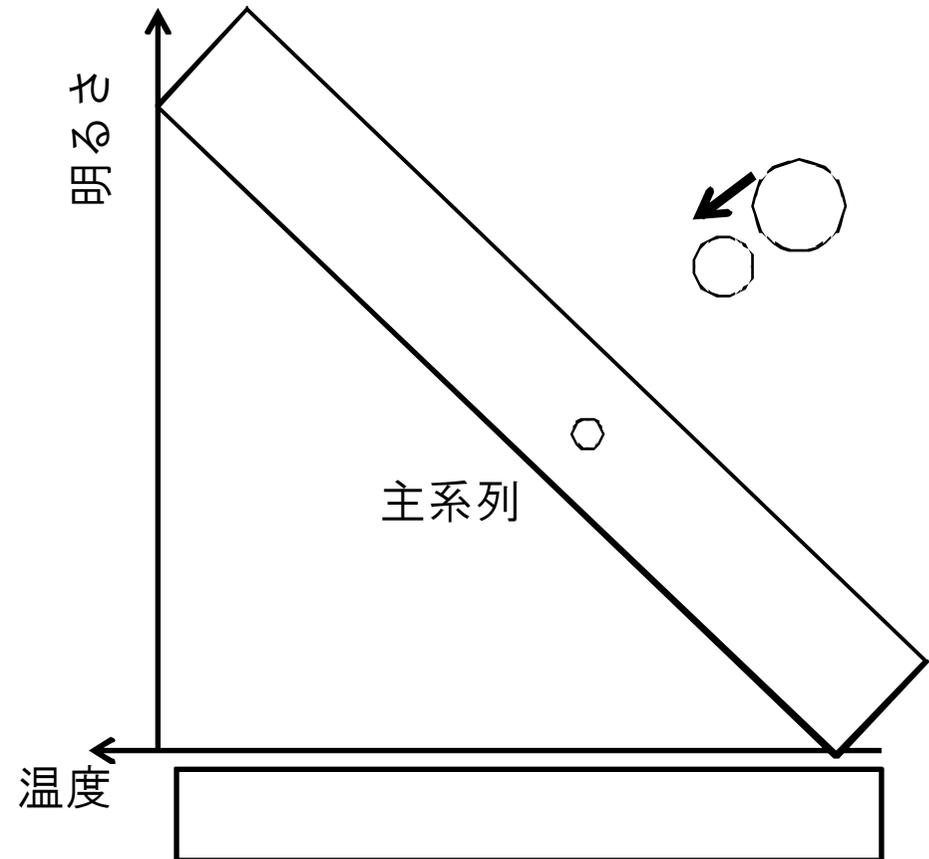
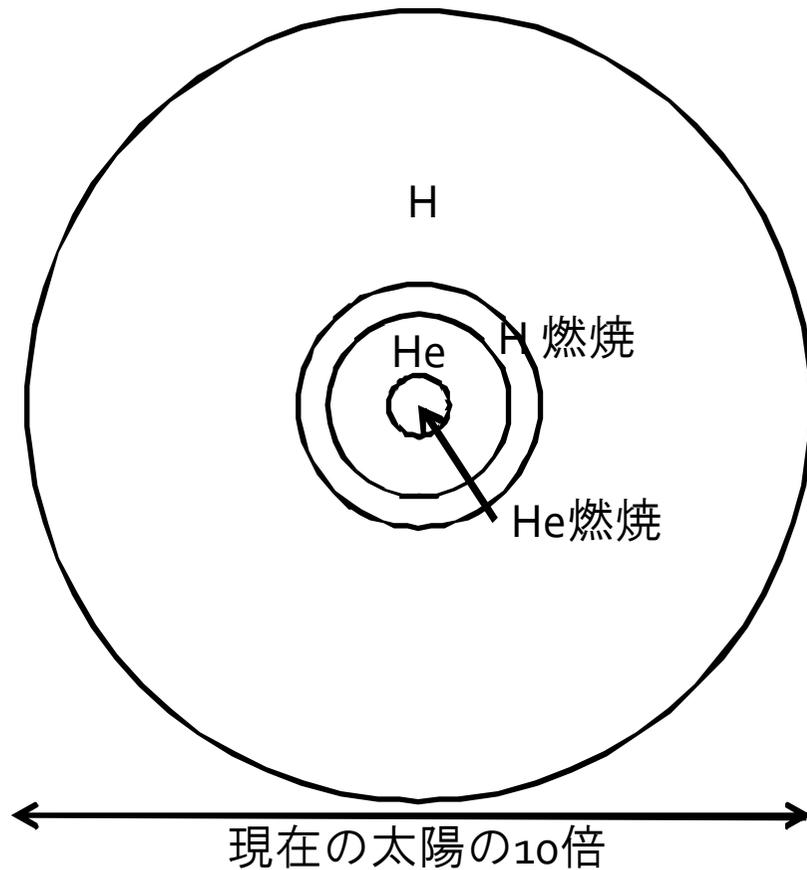
太陽の進化

- 準巨星 → 赤色巨星
 - 水星軌道くらいまで膨れ上がる
- 1億年



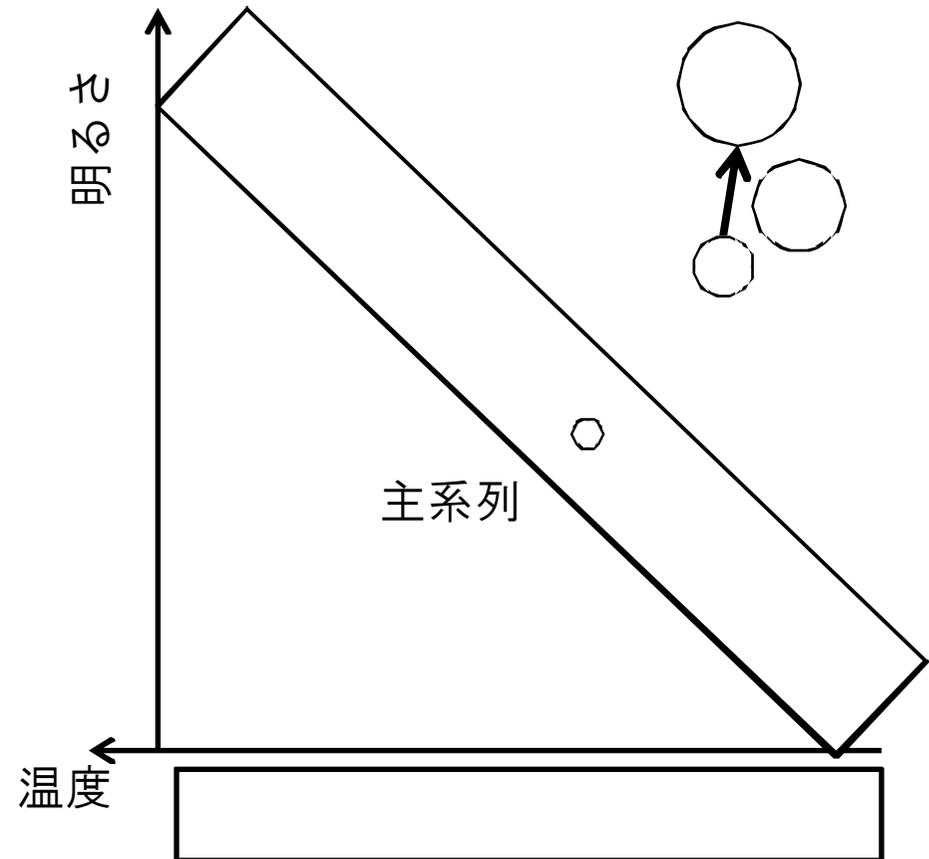
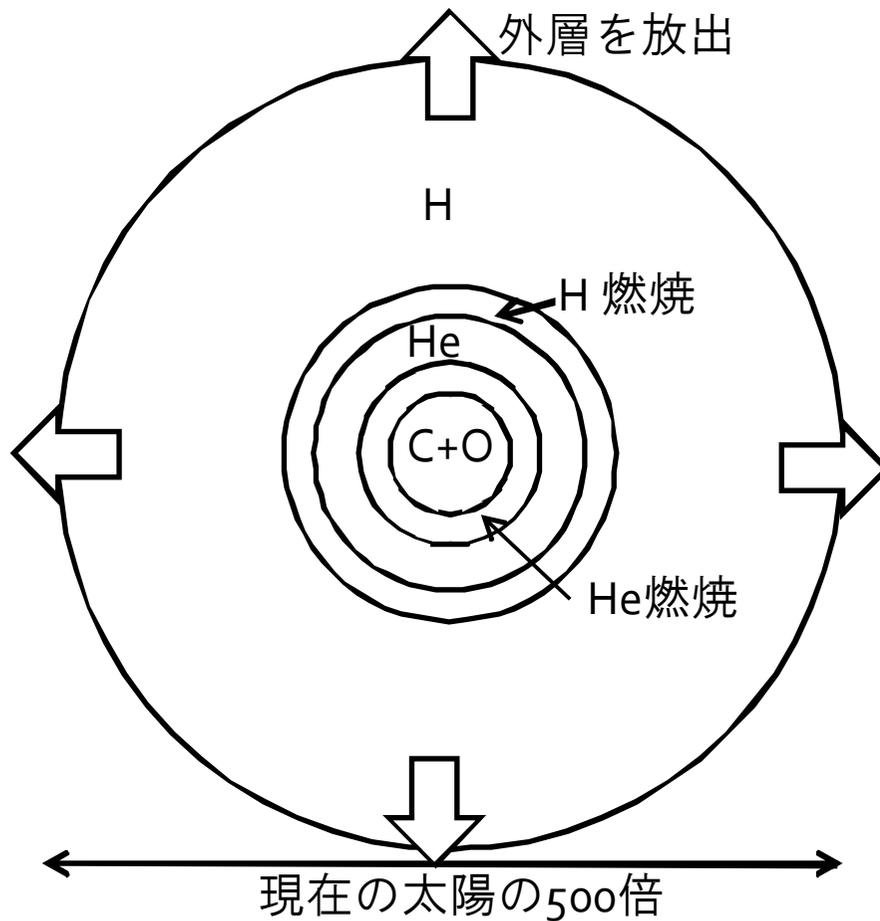
太陽の進化

- 水平分枝星
- 1億年



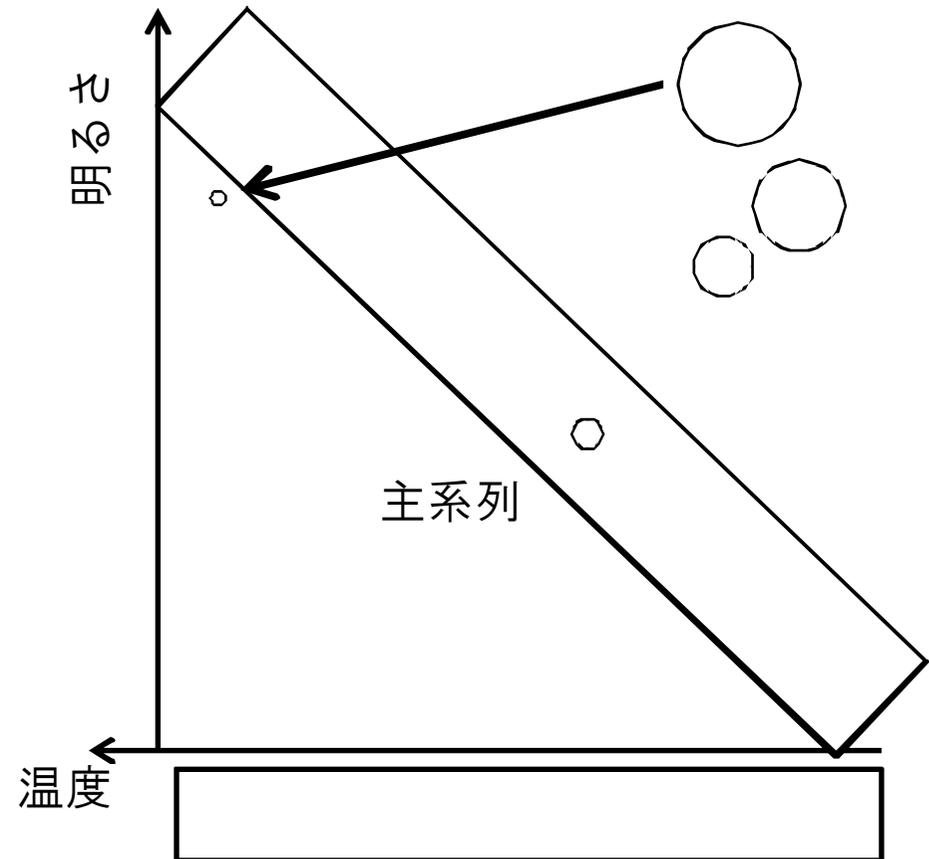
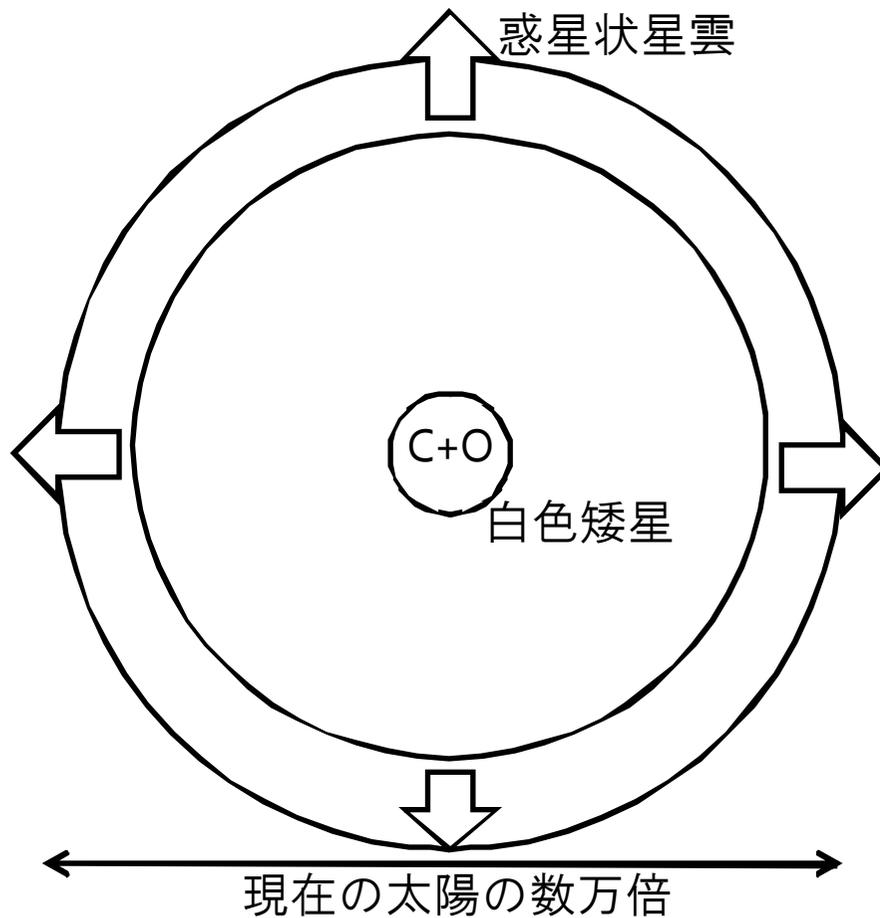
太陽の進化

- 漸近巨星枝星（AGB型星）
- 10万年



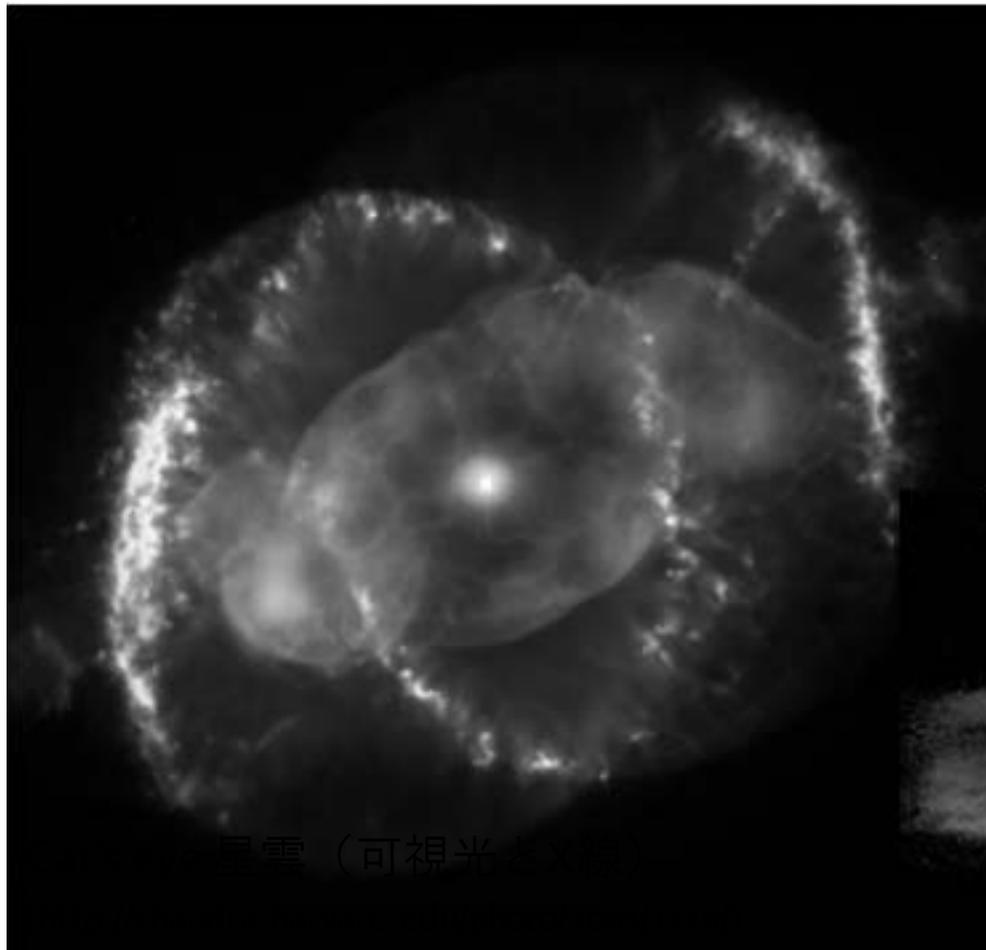
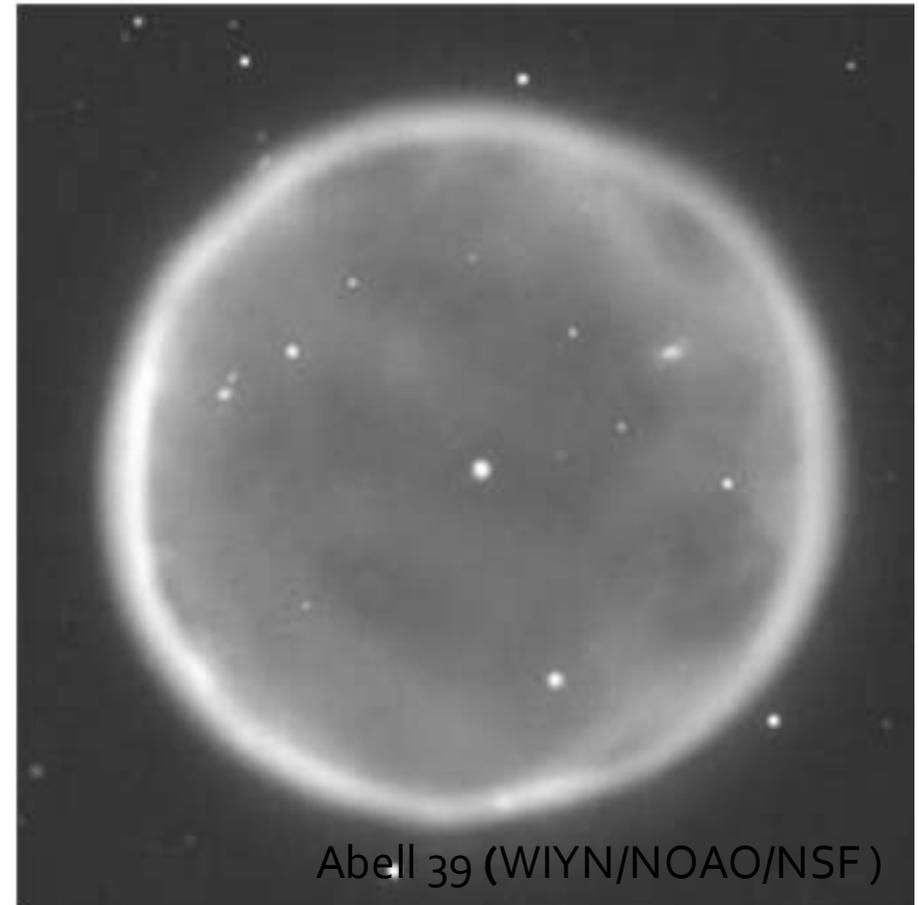
太陽の進化

- 白色矮星と惑星状星雲



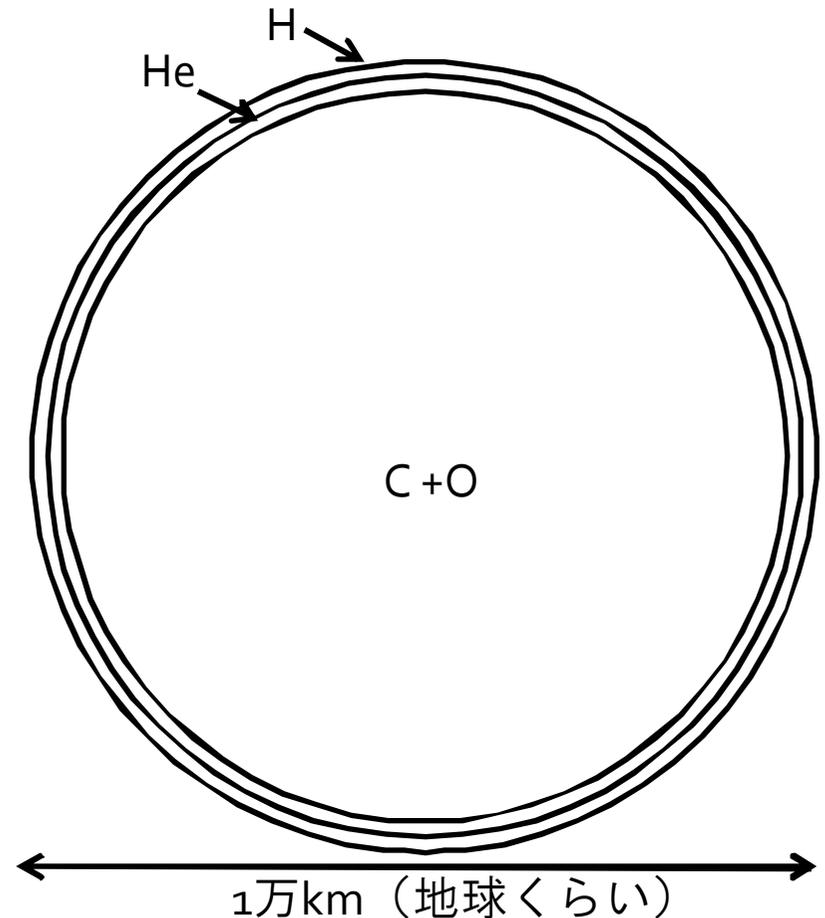
惑星状星雲

- 中心に白色矮星
- さまざまな形



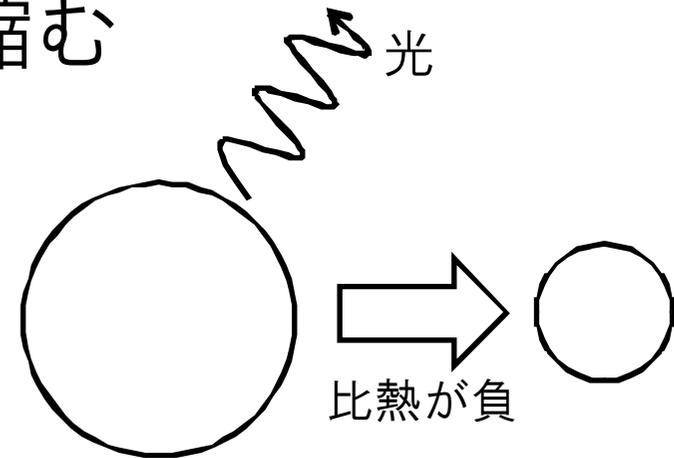
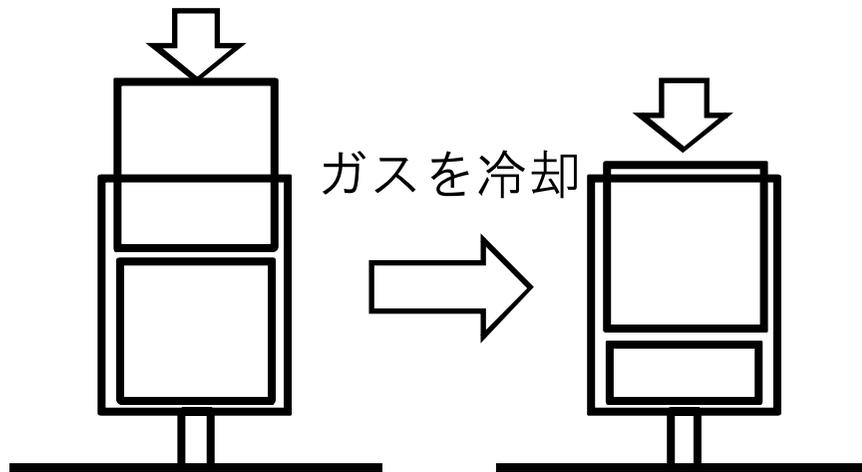
白色矮星

- 地球と同じくらい大きさ
- 重さは太陽と同じくらい
- 核融合していない
 - 冷えゆくのみ
- 密度 10^6 g/cm^3
- 炭素原子核できているとすると
 - 原子核間の距離 $3 \times 10^{-10} \text{ m}$
 - 原子核の大きさ $3 \times 10^{-15} \text{ m}$
 - まだ、すかすか



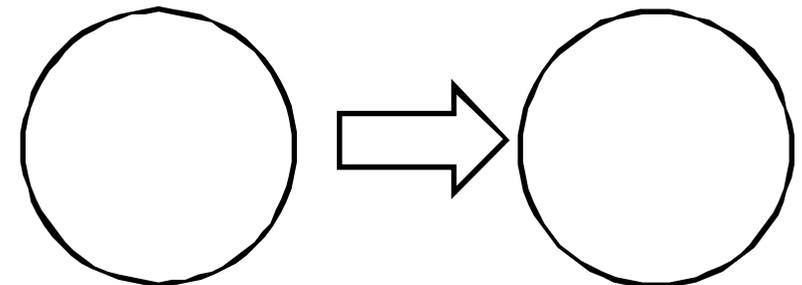
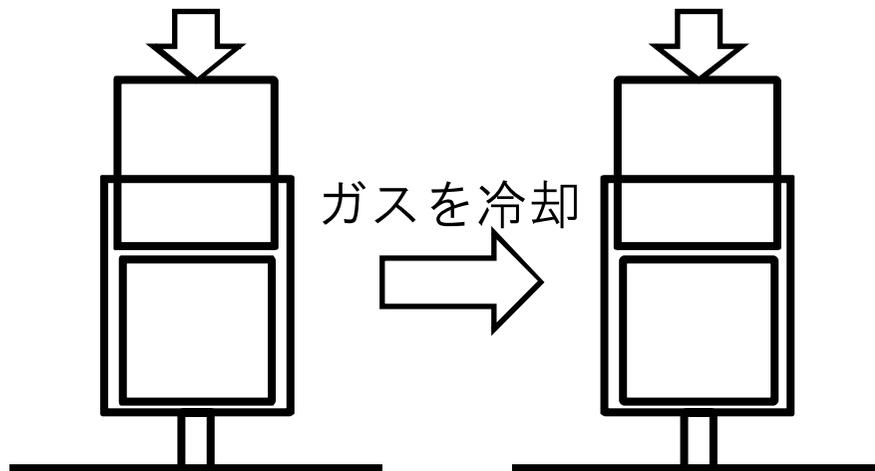
電子の縮退

- 普通のガスは冷却すると縮む



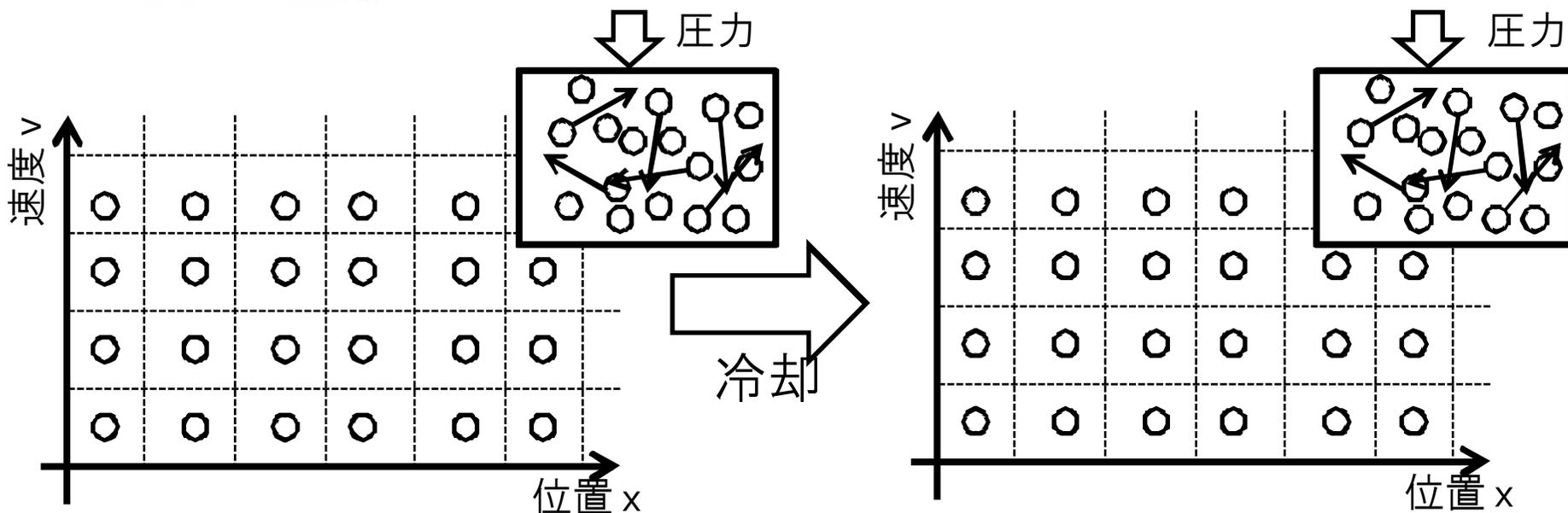
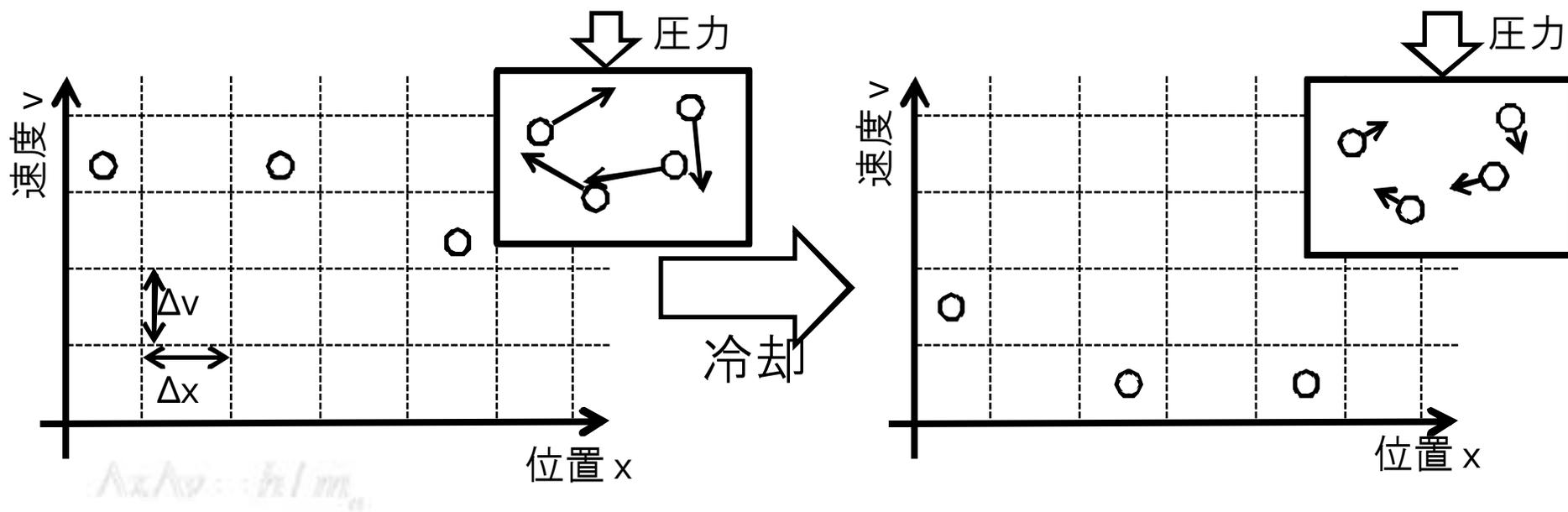
星は、冷えて縮む → 温度が上がる

- 縮退した電子ガスは冷却しても縮まない



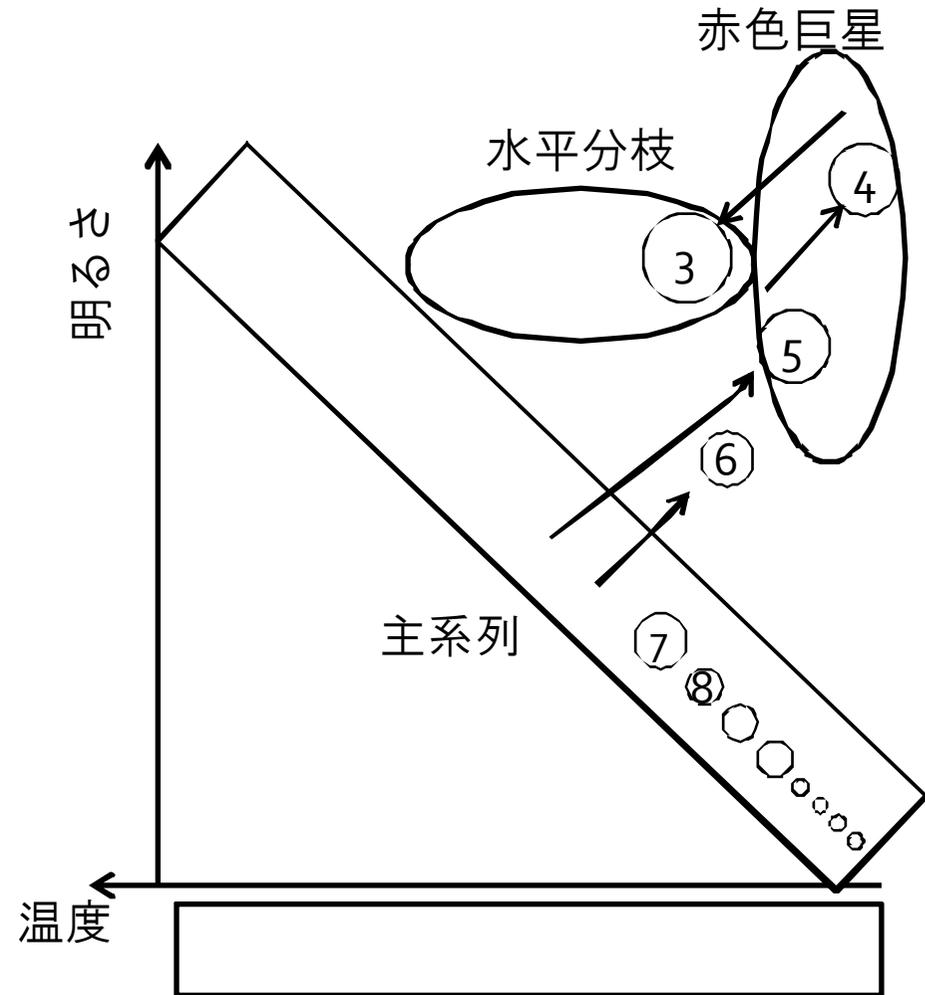
白色矮星は
冷えても縮まない → 温度が下がる

普通のガスと縮退したガス



星の進化のまとめ

- 主系列(7,8,...)
 - 中心核で水素が燃焼
- 赤色巨星(4,5)
 - ヘリウム中心核の外で、水素が燃焼
- 水平分枝(3)
 - 中心核でヘリウムが燃焼
- 重い星ほど速く進化
 - 水素の燃焼が激しい
 - 明るい → すぐに燃料切れ



参考文献

- Astronomy Today, Chaisson and Mcmillan 著, Pearson
- 「現代の天文学7 恒星」、野本憲一ほか編、日本評論社
- 「現代天文学講座7 星の進化と終末」、杉本大一郎編、恒星社