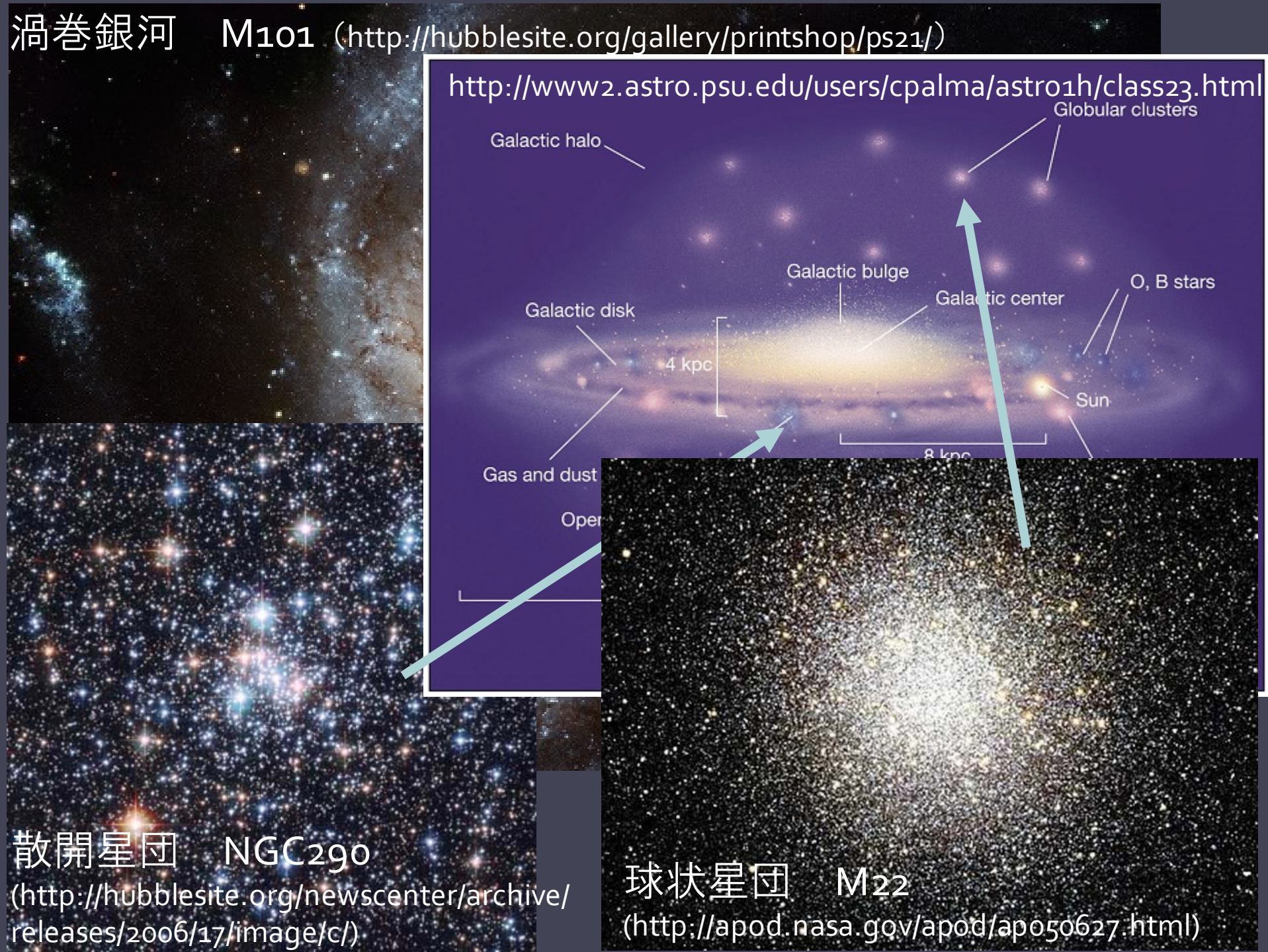


恒星2

HR図と太陽の一生



渦巻銀河 M101 (<http://hubblesite.org/gallery/printshop/ps21/>)

<http://www2.astro.psu.edu/users/cpalma/astro1h/class23.html>

Galactic halo

Globular clusters

Galactic bulge

Galactic disk

Galactic center

O, B stars

4 kpc

Sun

8 kpc

Gas and dust

Open

散開星団 NGC290

(<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/17/image/c/>)

球状星団 M22

(<http://apod.nasa.gov/apod/ap050627.html>)

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)

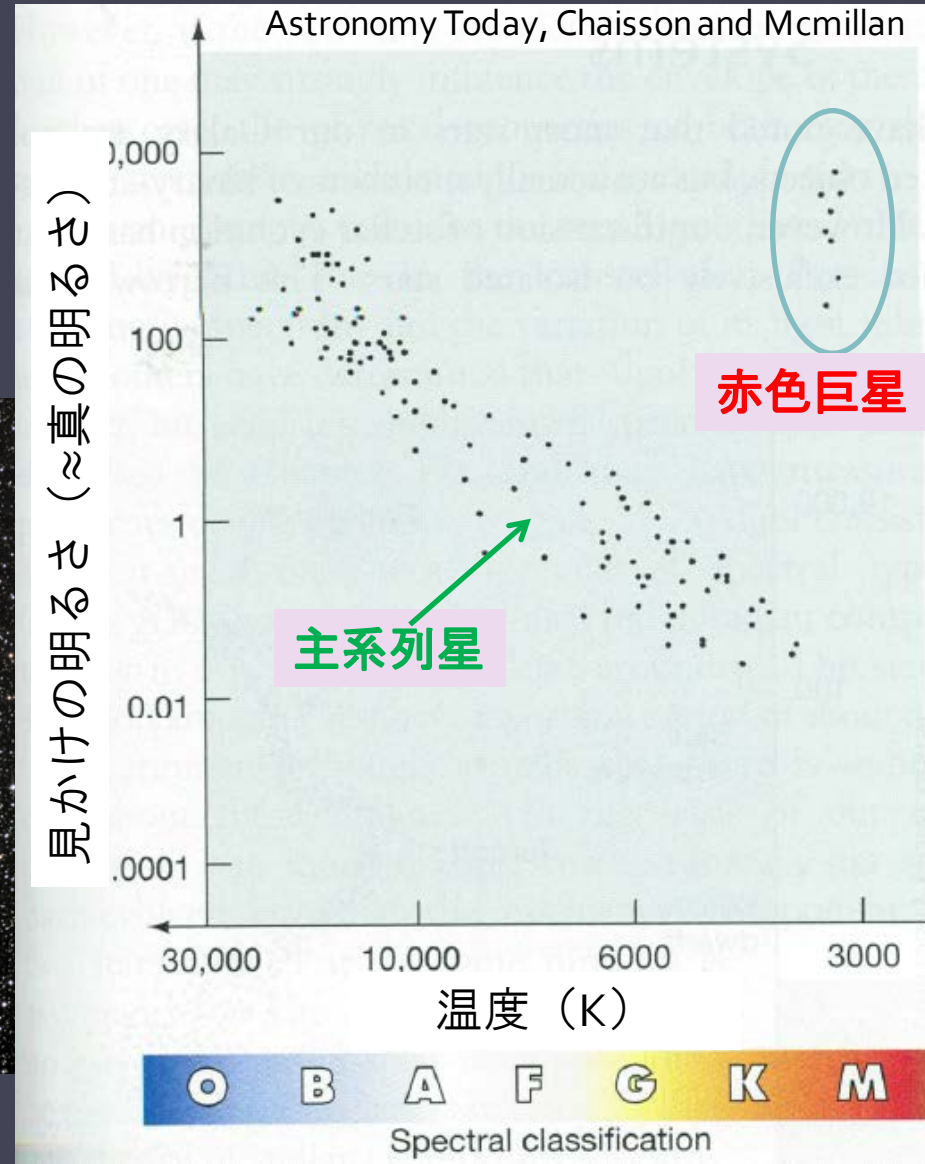
散開星団のHR図

- 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/>



なぜ星団を調べるのか？

- 1. 星団の星は、地球からの距離が大体同じと思ってよい
 - つまり、見かけの明るさの違いが、そのまま真の明るさの違い
 - 星団の中で明るい星は、本当に明るい星
- 2. 星団の星は、ある一つのガス雲からほぼ同時期に生まれた星（魚の卵のふ化のようなもの）
 - つまり、年齢がほぼ同じと思ってよい
 - これは、星の進化を調べるのに好都合



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



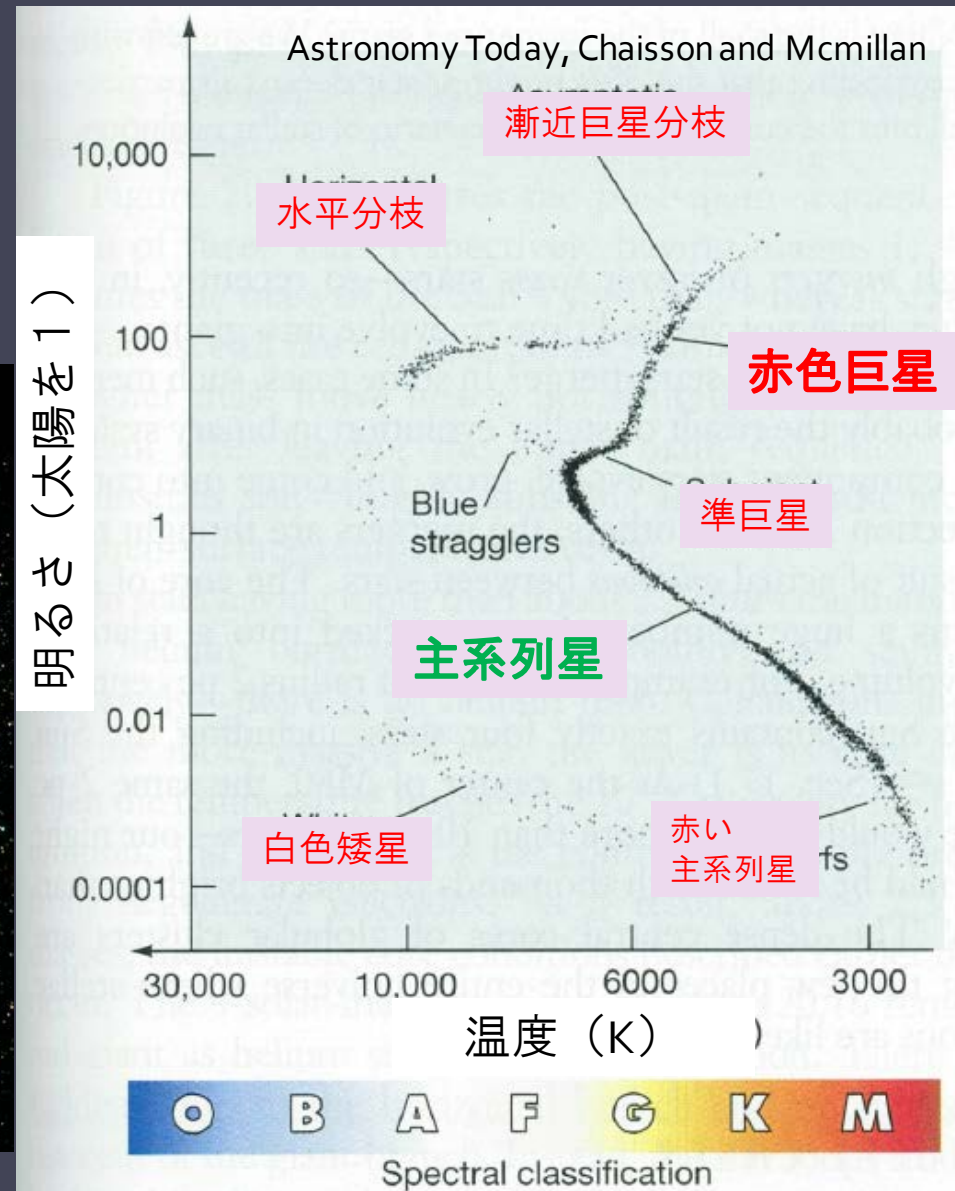
りょうけん座の球状星団M₃（80億年）
Robert Gendler <http://www.robgendlerastropics.com/>

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。

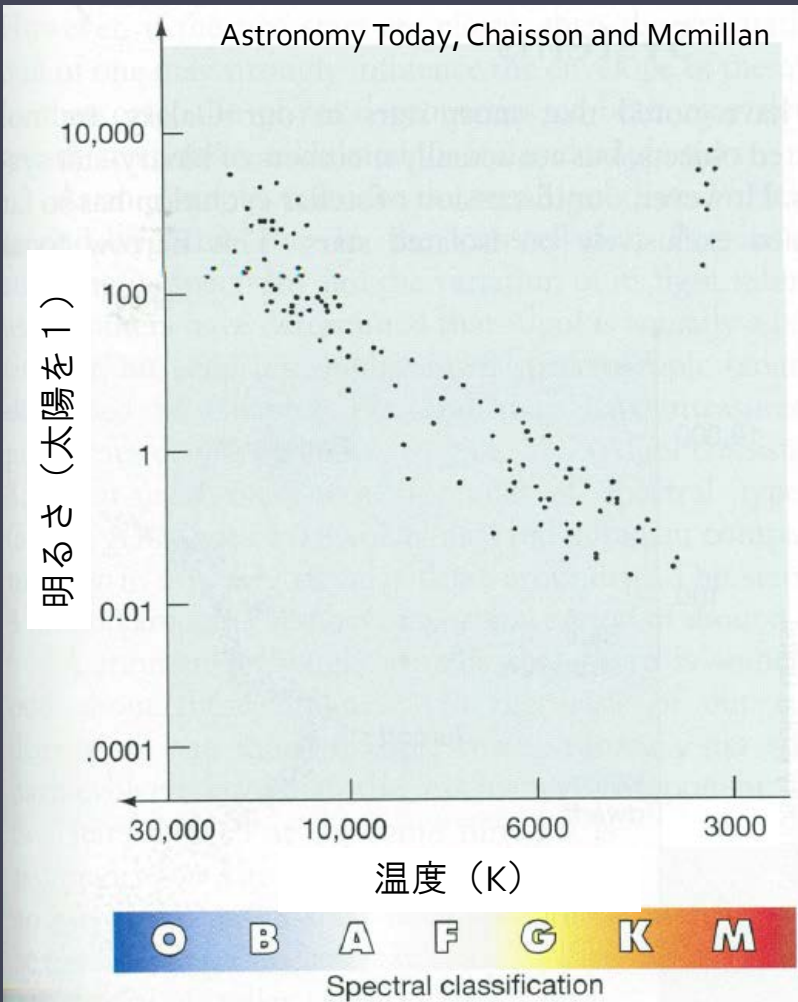


M80 (120億年 HUBBLESITE <http://hubblesite.org/>)

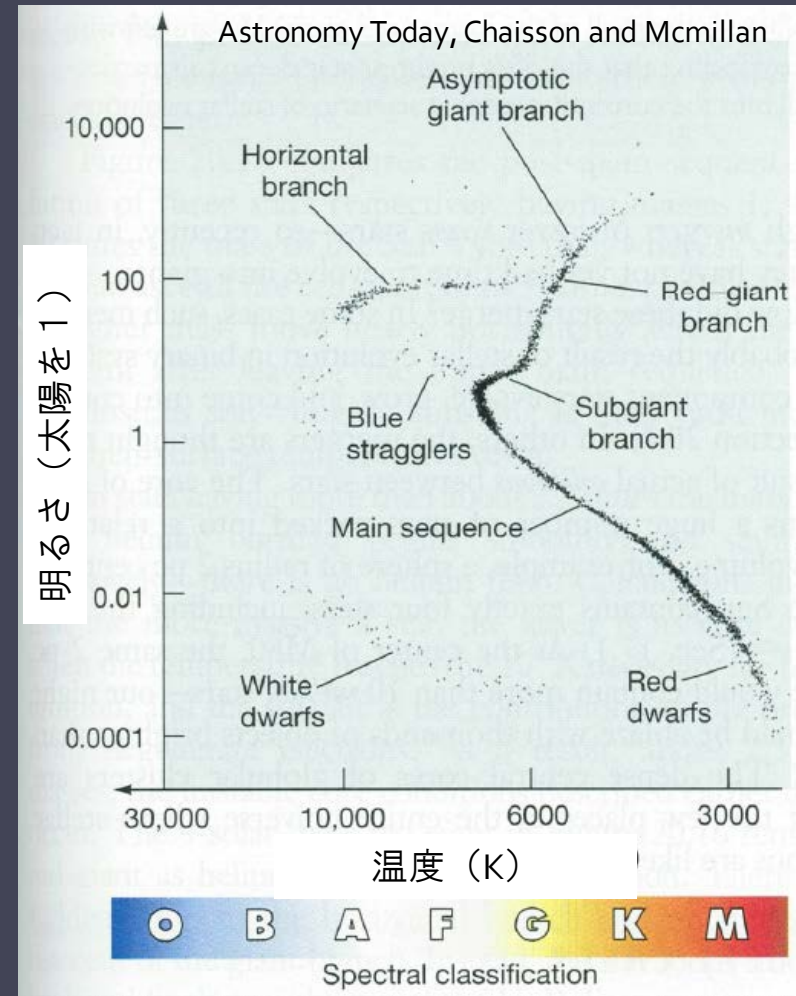


年齢の違う星団を比べる

- 星の進化の様子がわかる

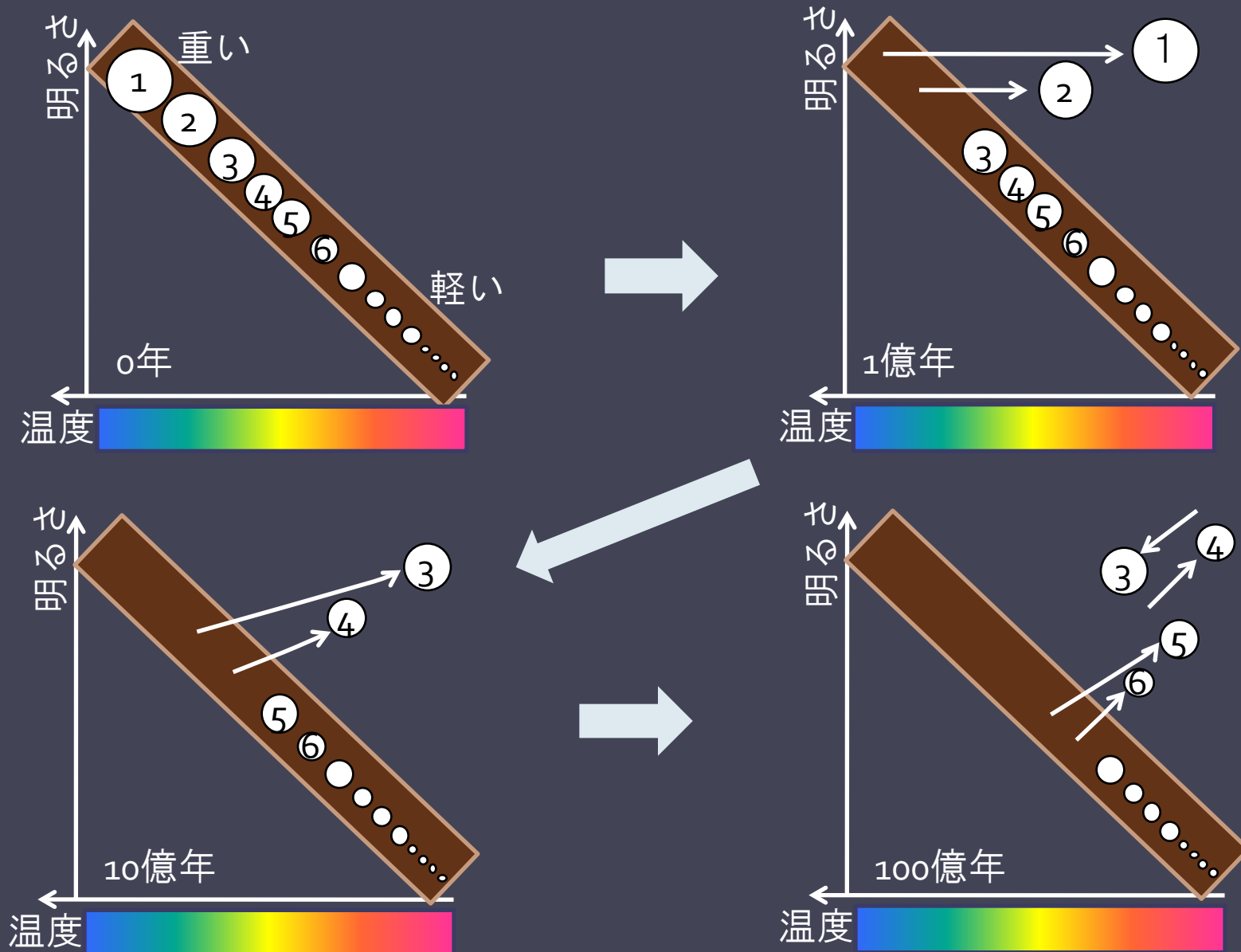


散開星団 (1000万年)



球状星団 (120億年)

HR図上での進化

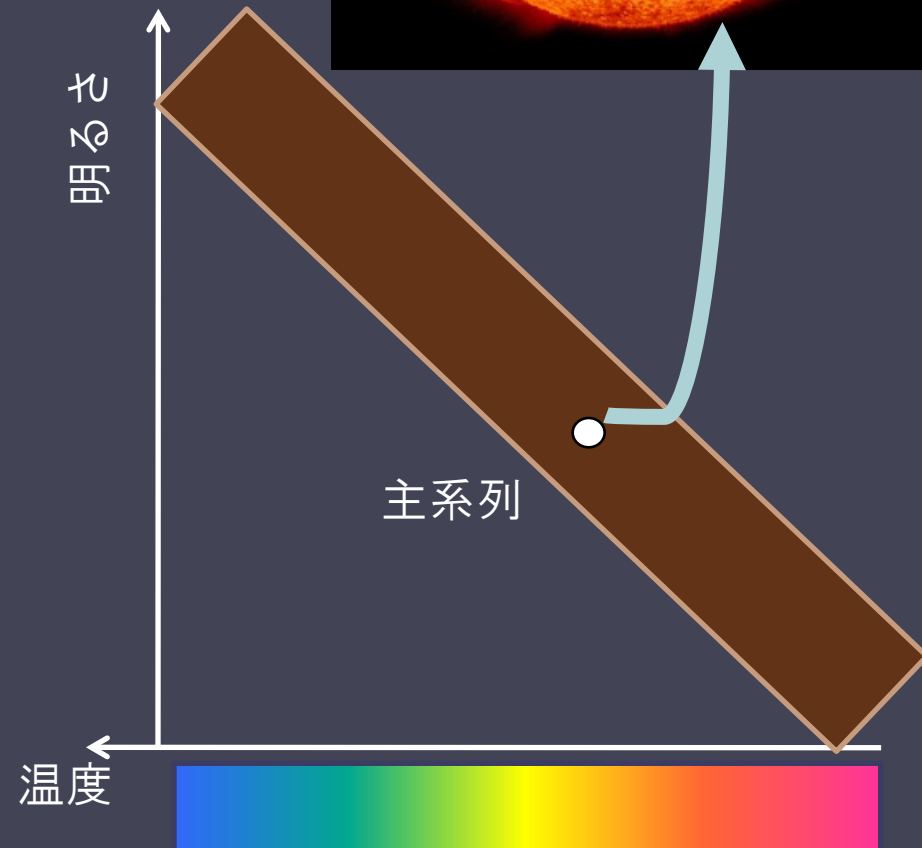
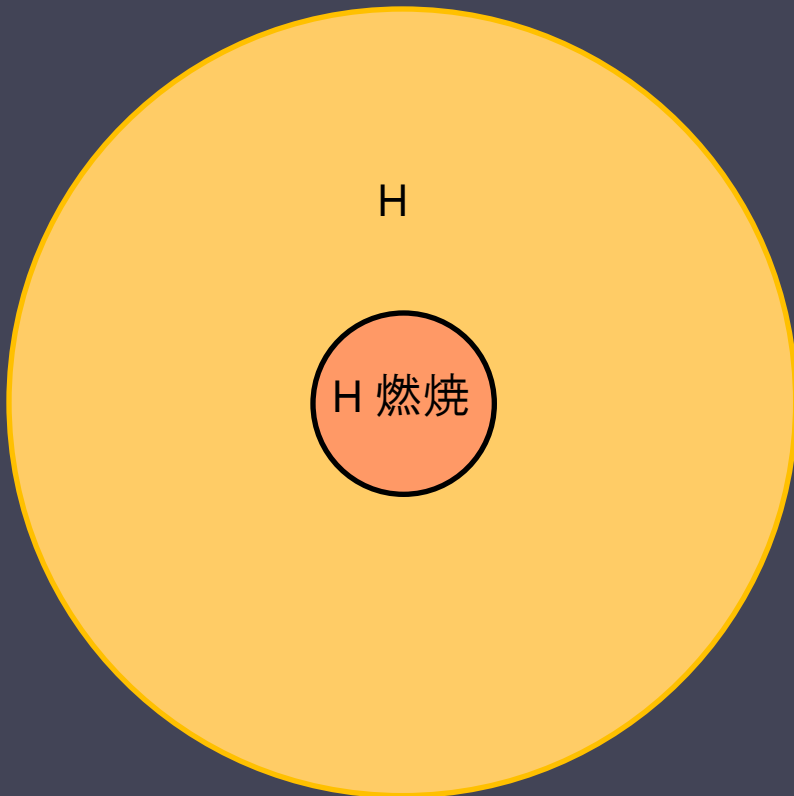


星の進化

- 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。

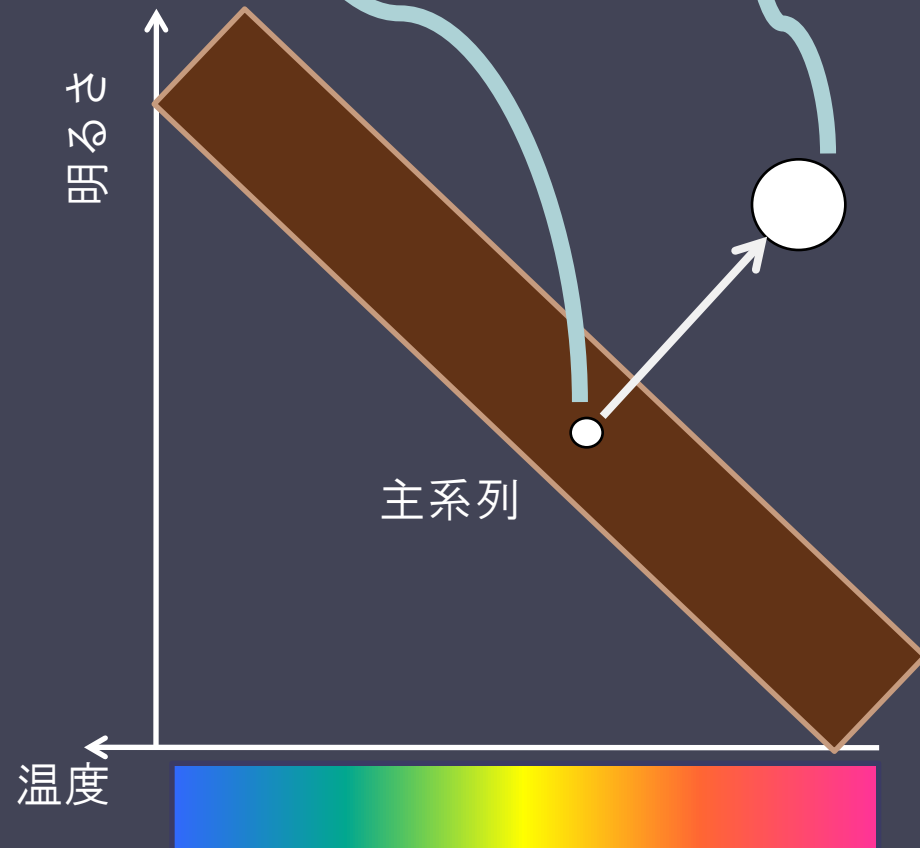
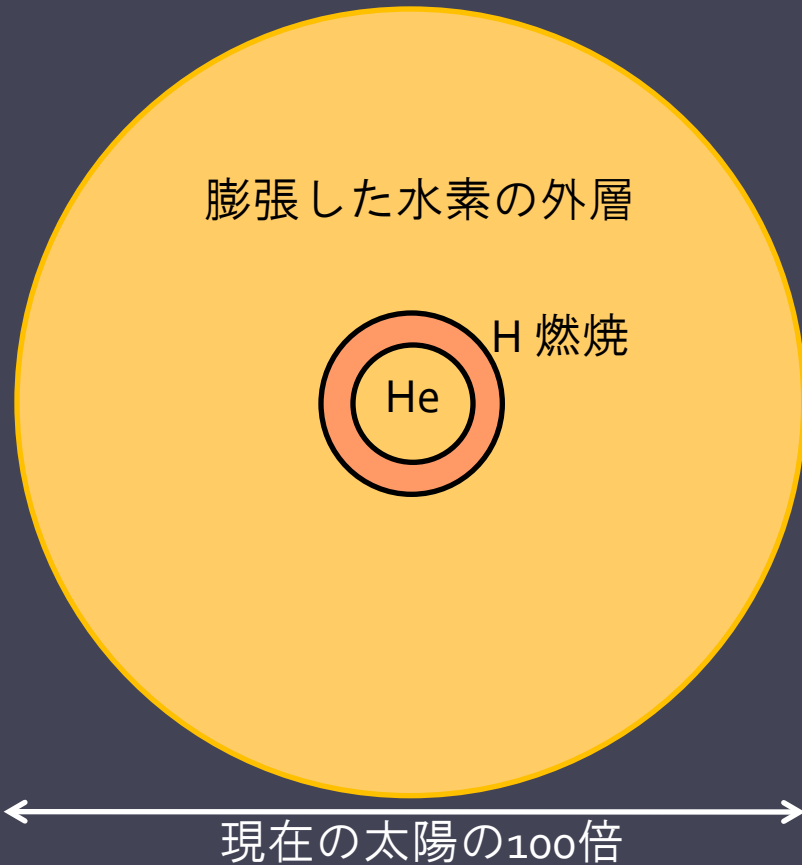
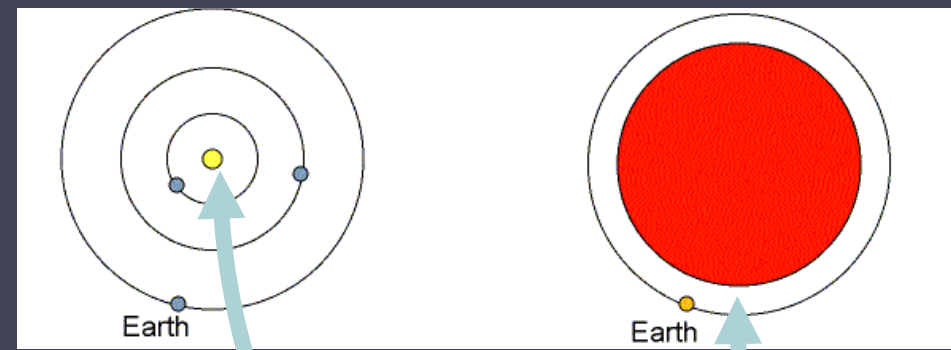
太陽の進化

- 水素73%, ヘリウム25% で生まれる
- 主系列星
- 100億年



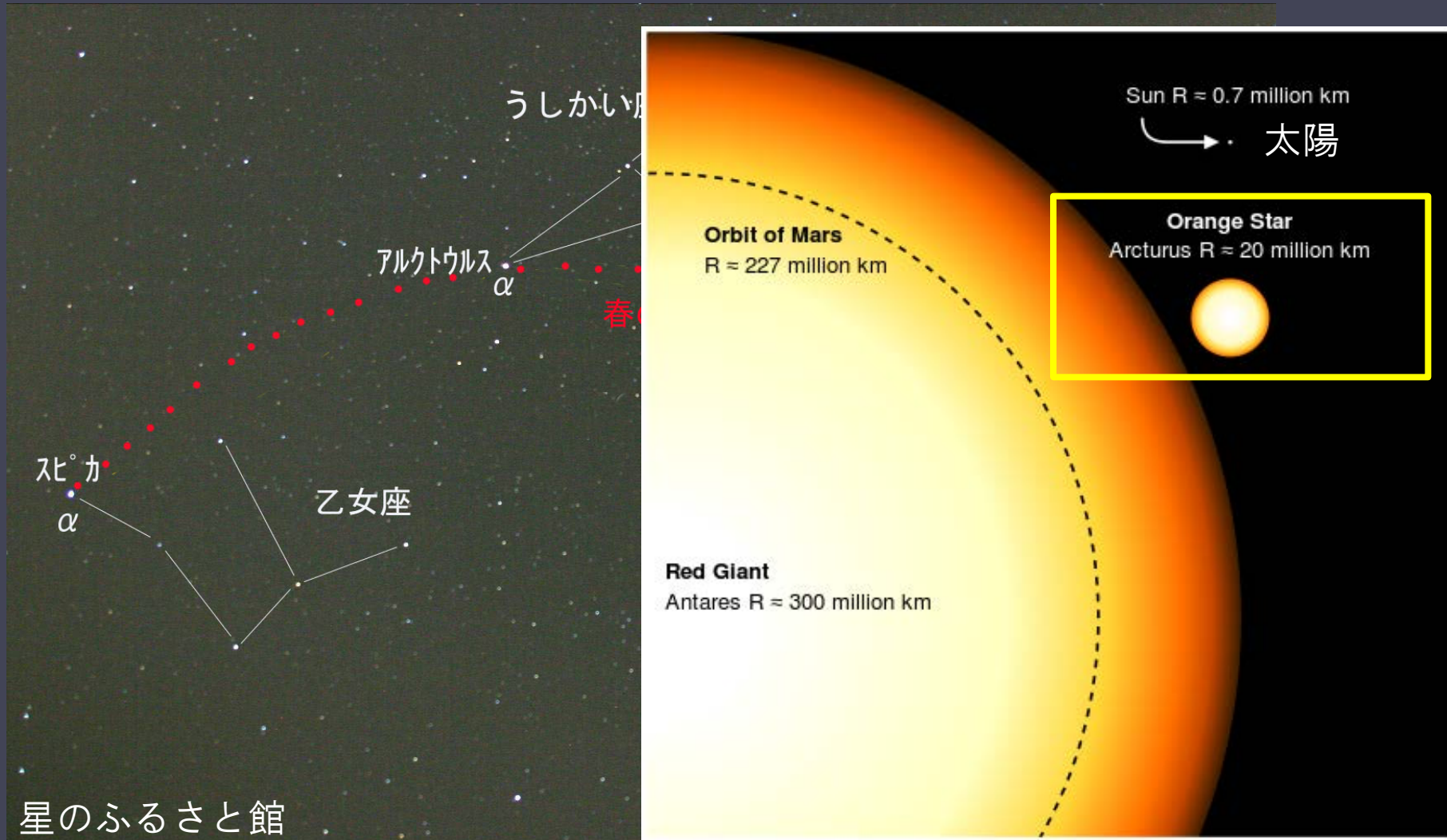
太陽の進化

- 準巨星 → 赤色巨星
 - 水星軌道くらいまで膨れ上がる
- 1億年



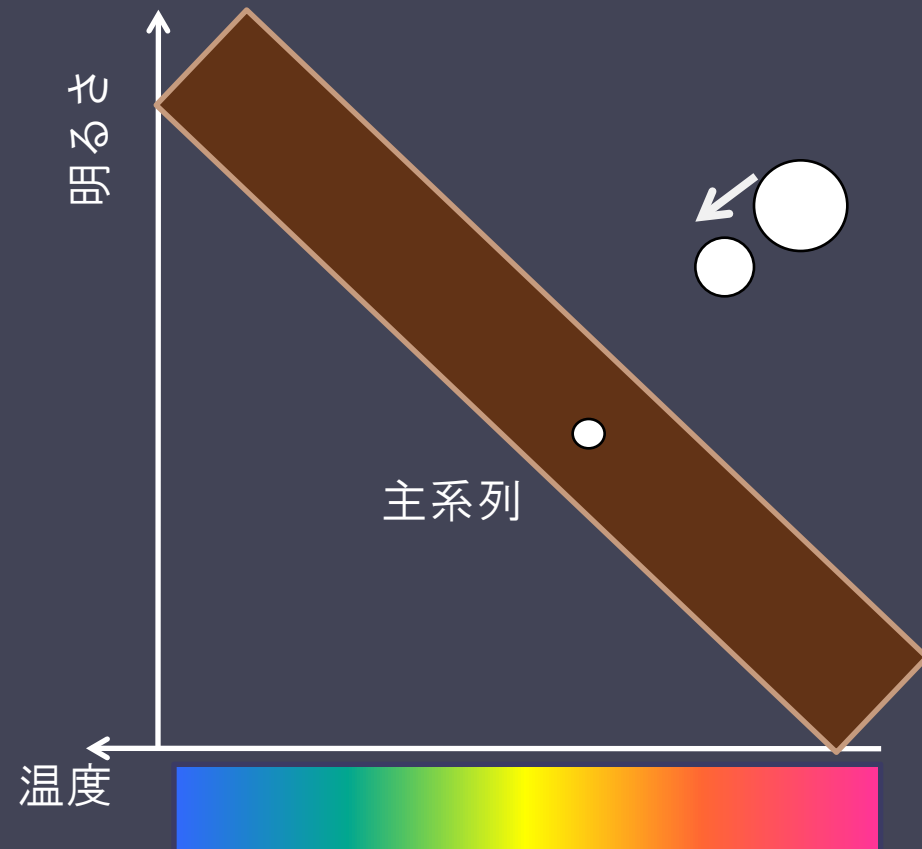
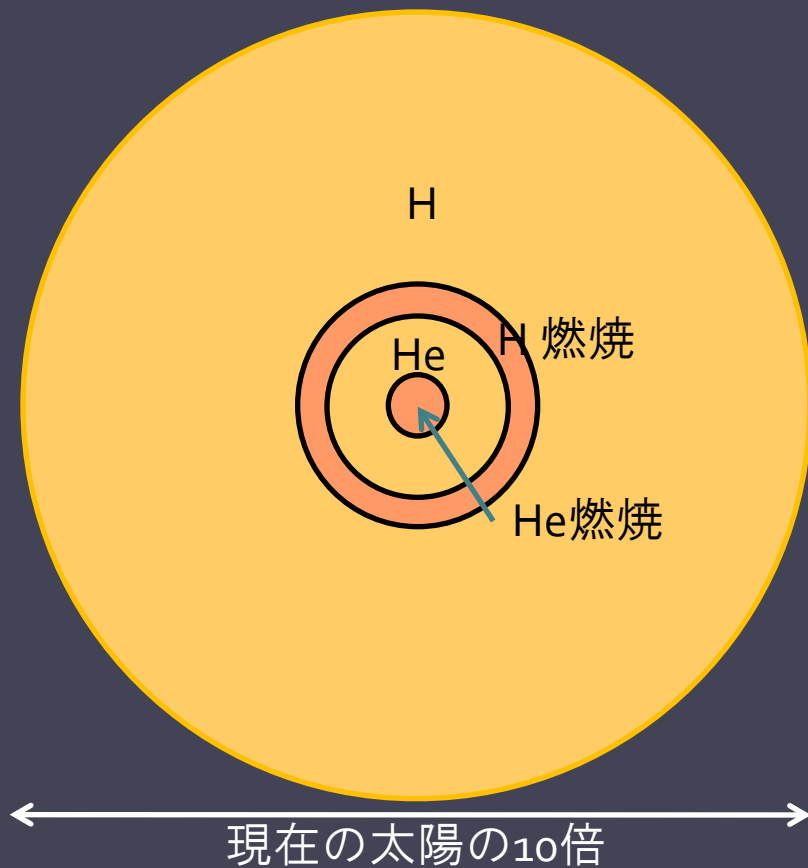
赤色巨星の例：アークトゥルス

- うしかい座の一等星



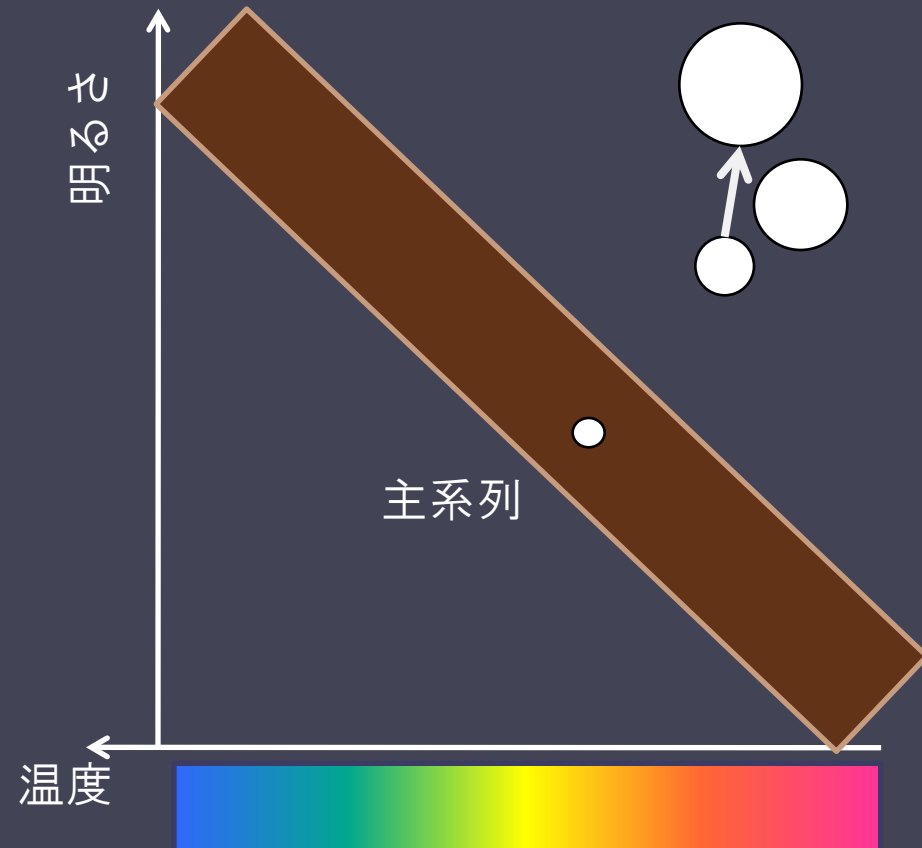
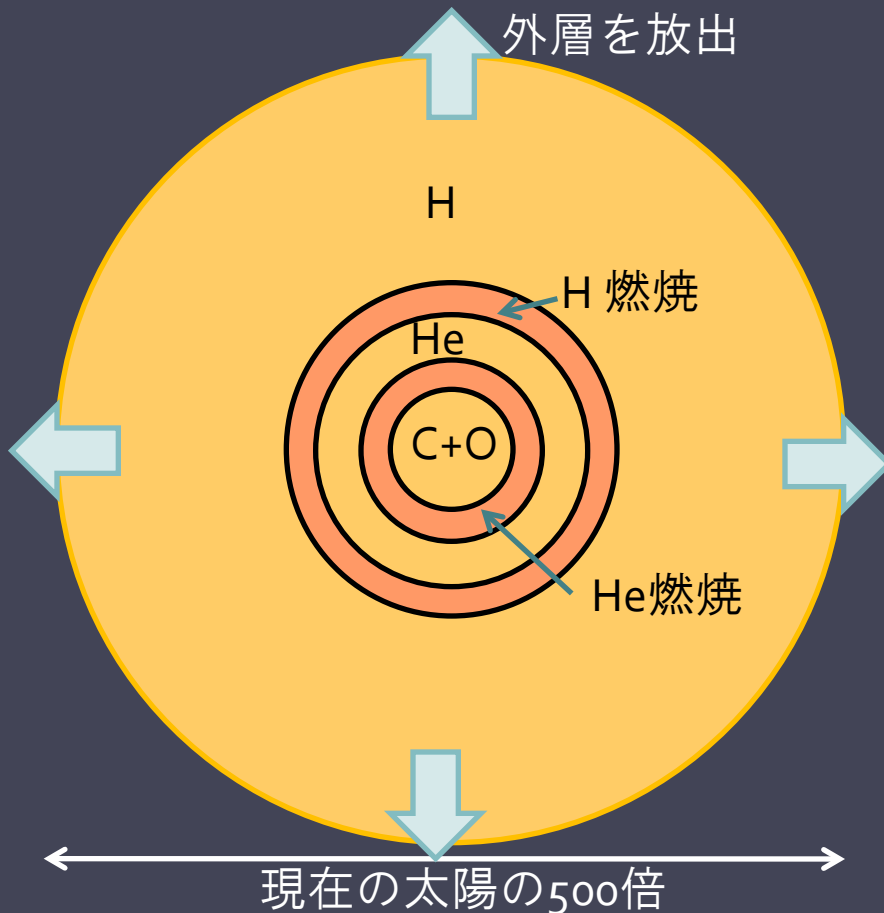
太陽の進化

- 水平分枝星
- 1億年



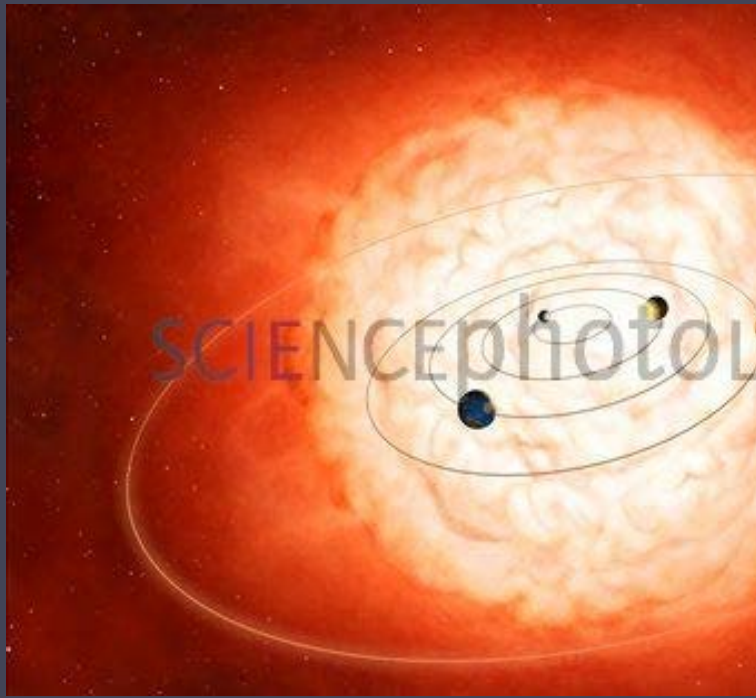
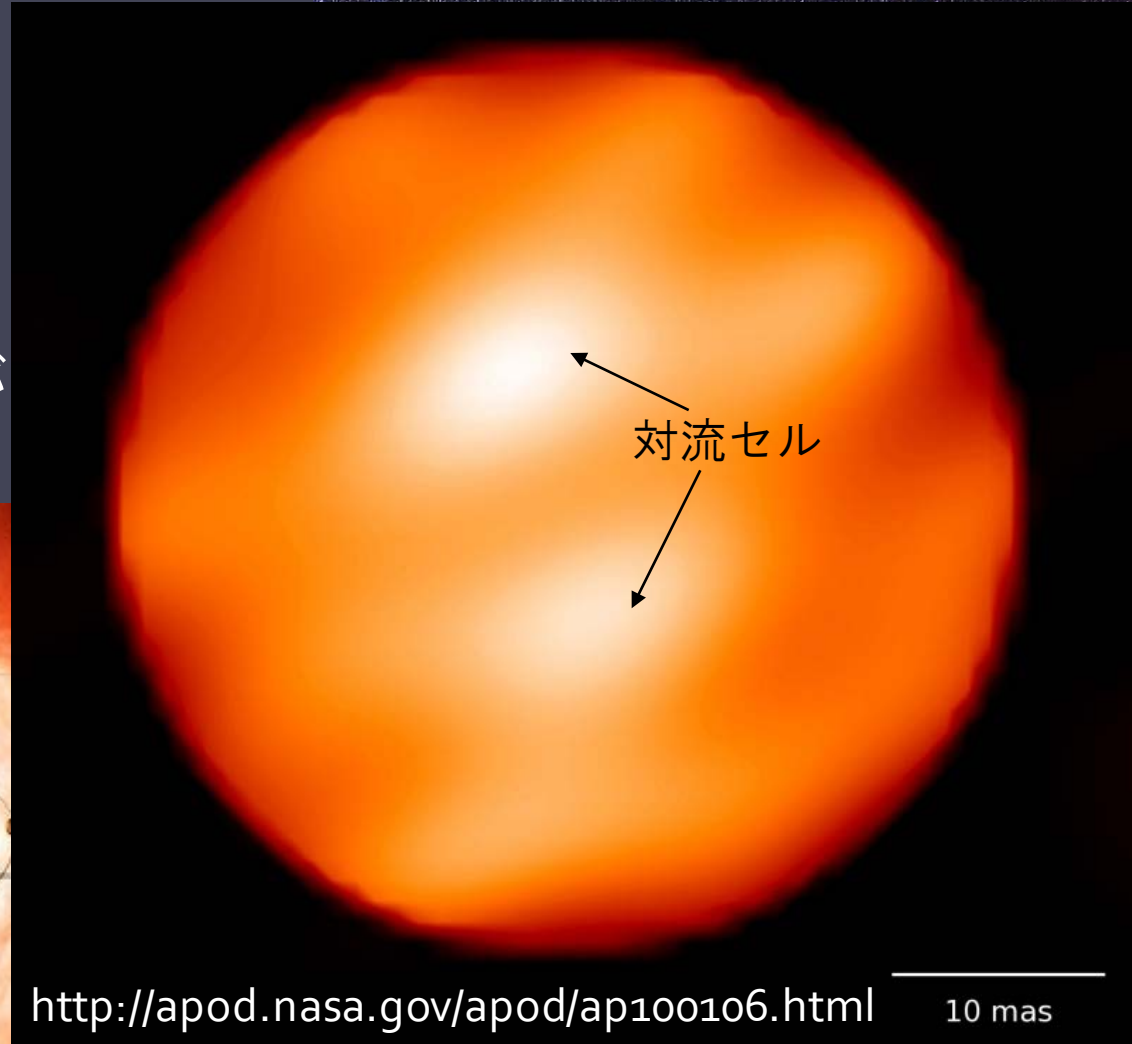
太陽の進化

- 漸近巨星枝星（AGB型星）
- 10万年



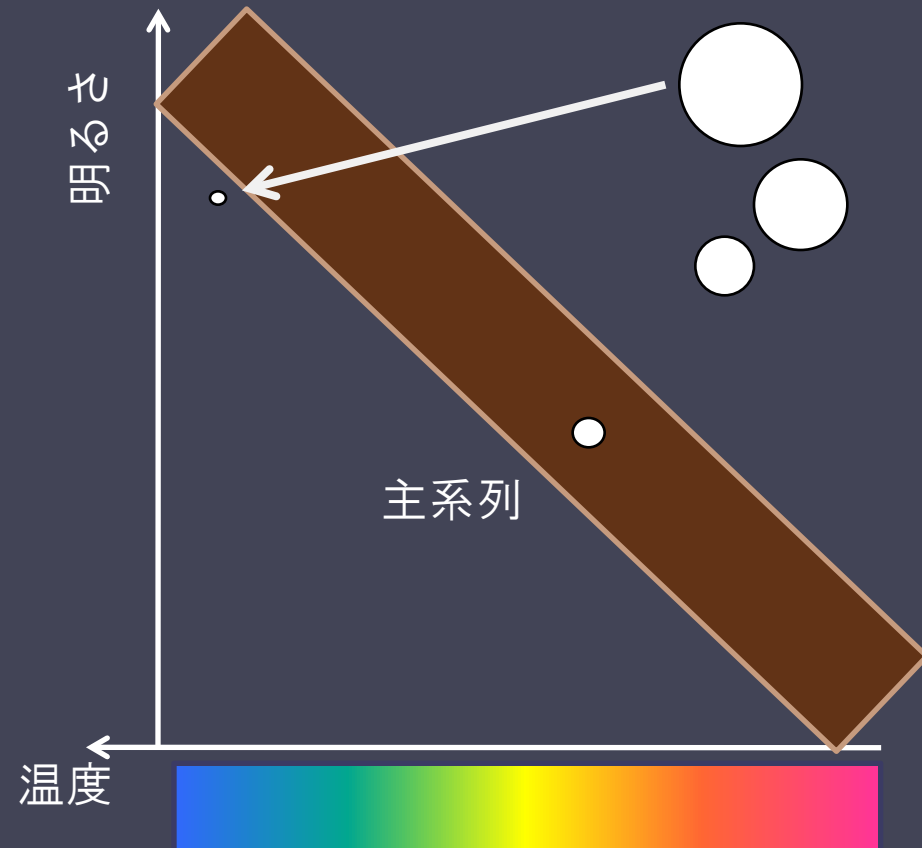
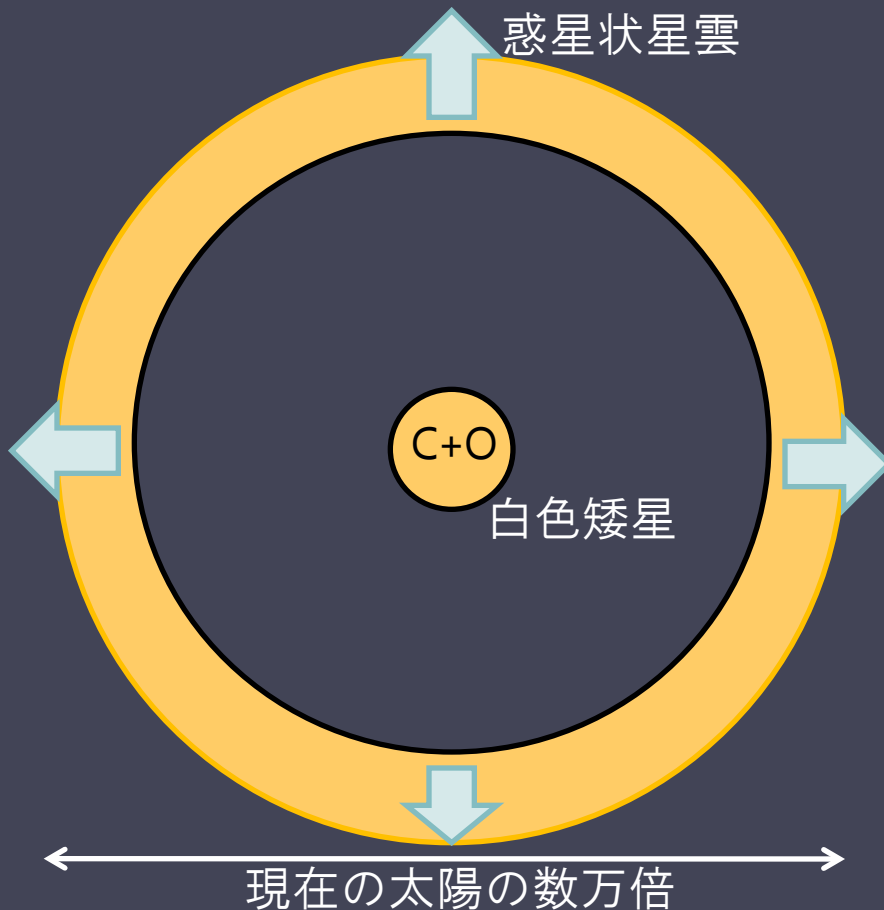
AGB星ではないですが 赤色超巨星の例

- ベテルギウス
 - 太陽の20倍の重さ
 - 太陽の900倍の大きさ
 - 火星軌道より大きい
- 望遠鏡で表面の様子が見える



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



Cat's eye 星雲（可視光とX線）
(<http://chandra.harvard.edu/photo/2001/1220/>)



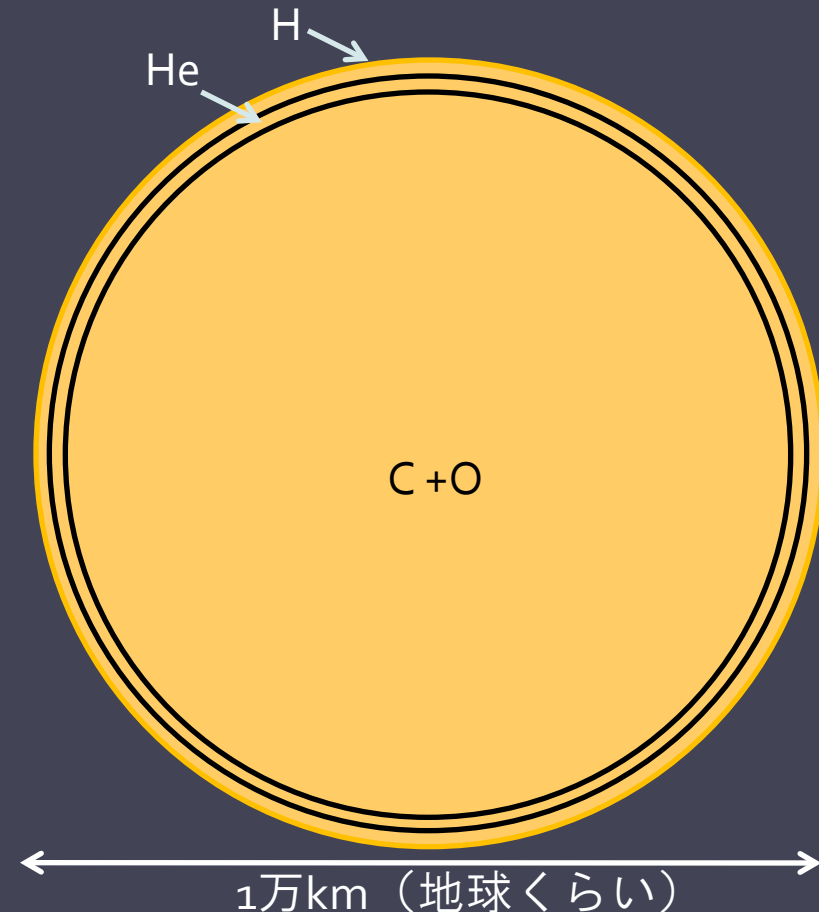
Abell 39 (WIYN/NOAO/NSF)



M2-9 (U. Washington/NASA)

白色矮星

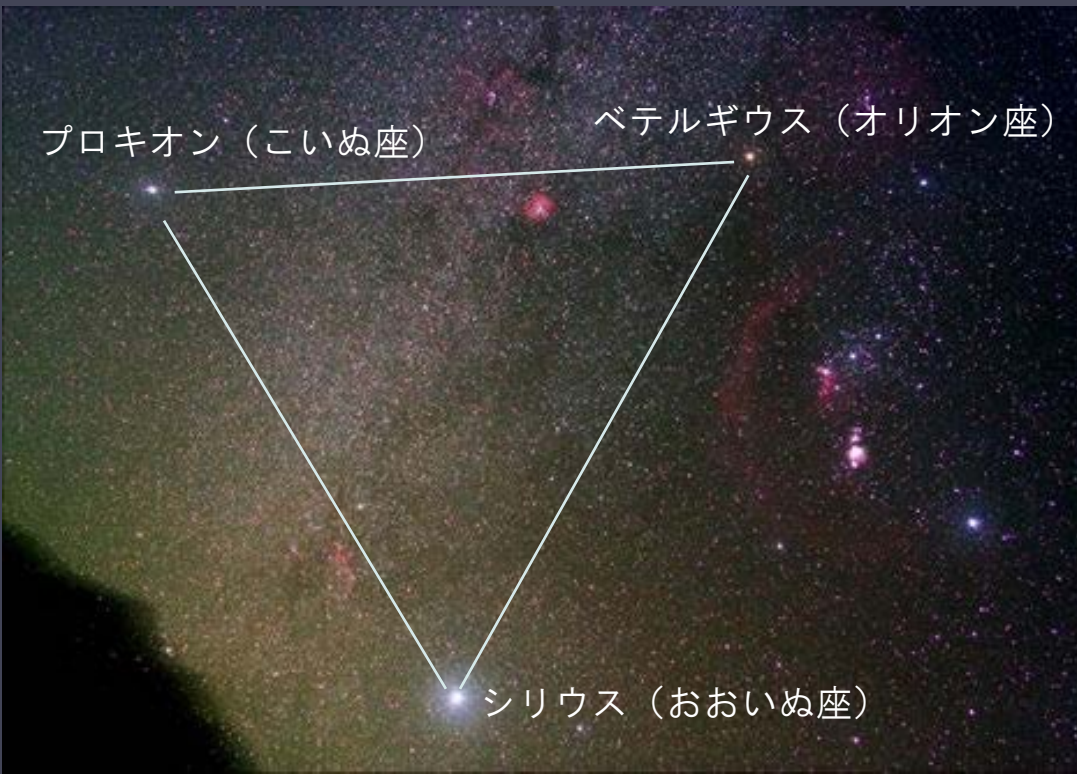
- 地球と同じくらい大きさ
- 重さは太陽と同じくらい
- 核融合していない
 - 冷えゆくのみ
- 密度 10^6 g / cm^3
- 炭素原子核でできているとすると
 - 原子核間の距離 $3 \times 10^{-10} \text{ m}$
 - 原子核の大きさ $3 \times 10^{-15} \text{ m}$
 - まだ、すかすか



白色矮星の例：シリウスB

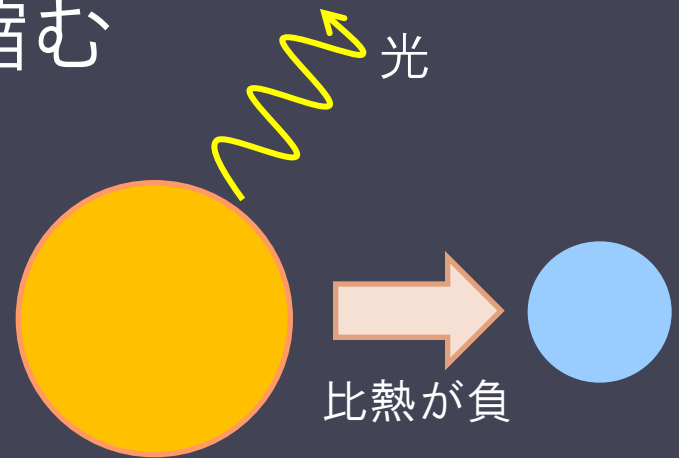
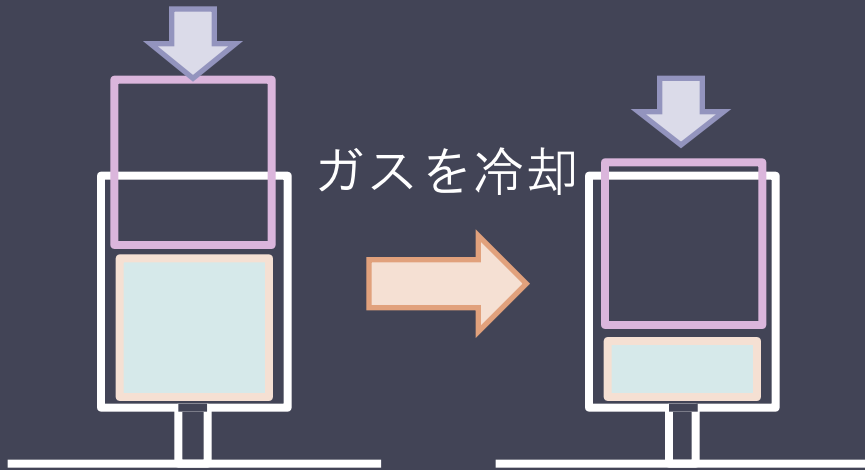
- シリウス（おおいぬ座）の伴星

冬の大三角



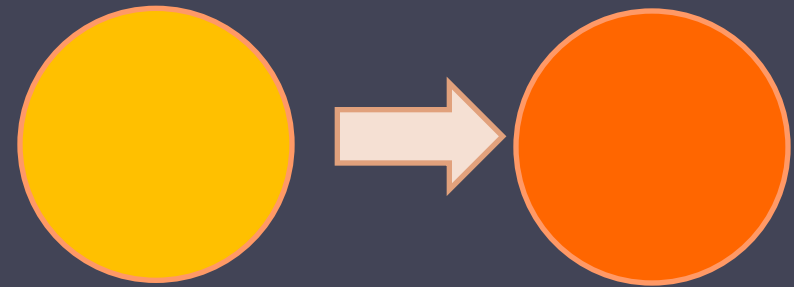
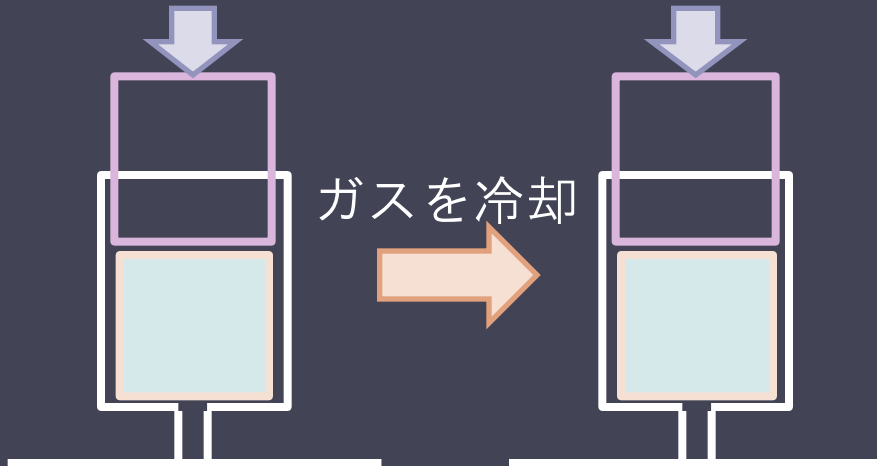
電子の縮退

- 普通のガスは冷却すると縮む



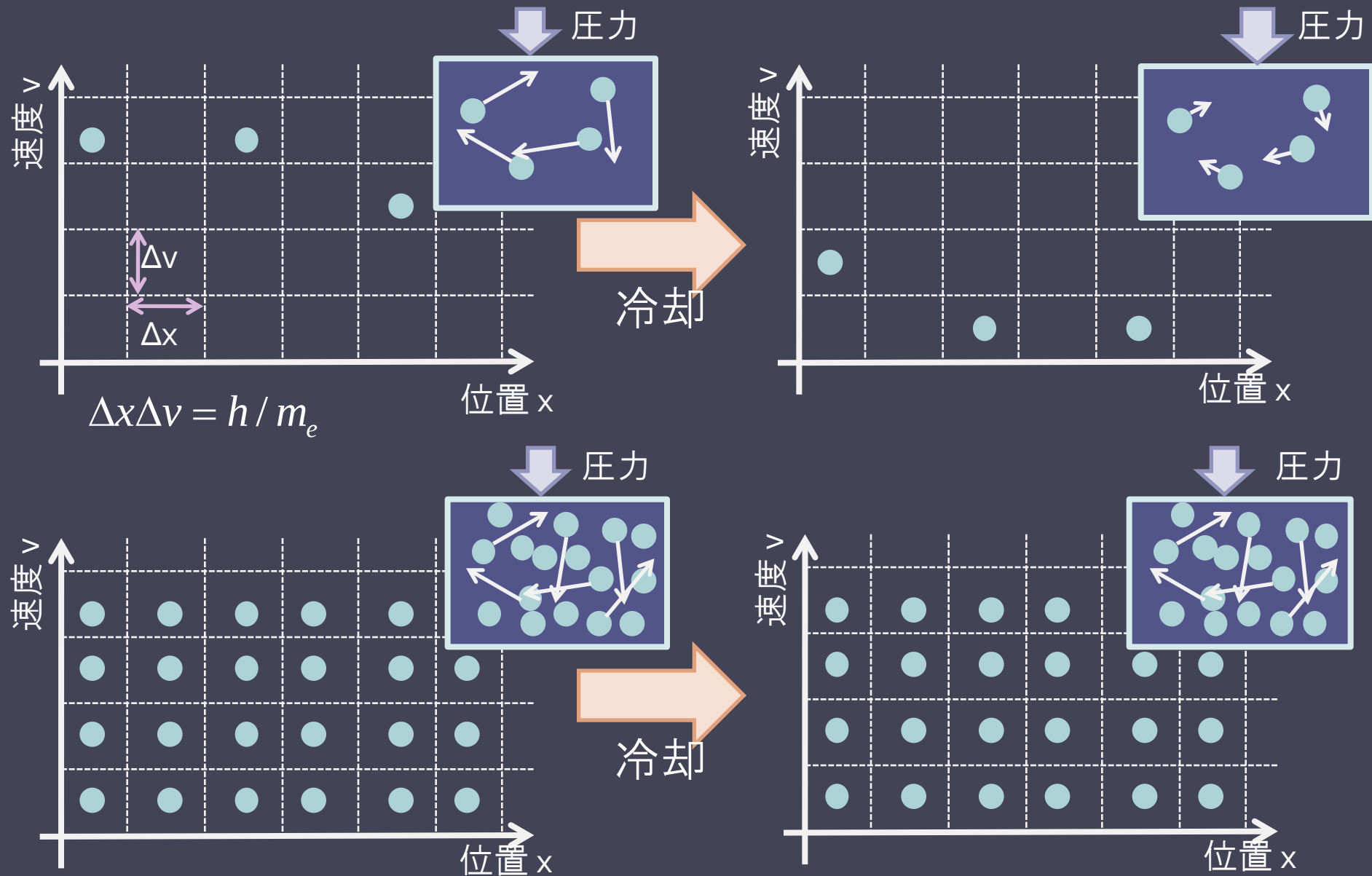
星は、冷えて縮む → 温度が上がる

- 縮退した電子ガスは冷却しても縮まない



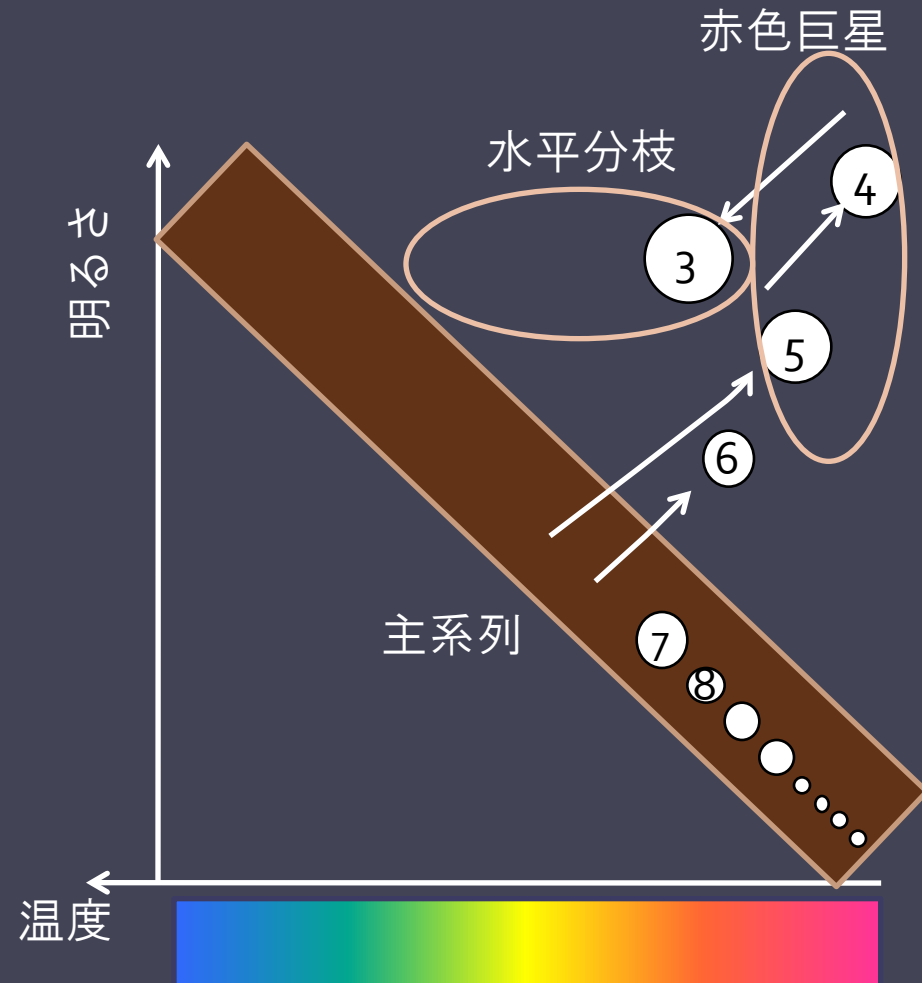
白色矮星は
冷えても縮まない → 温度が下がる

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