

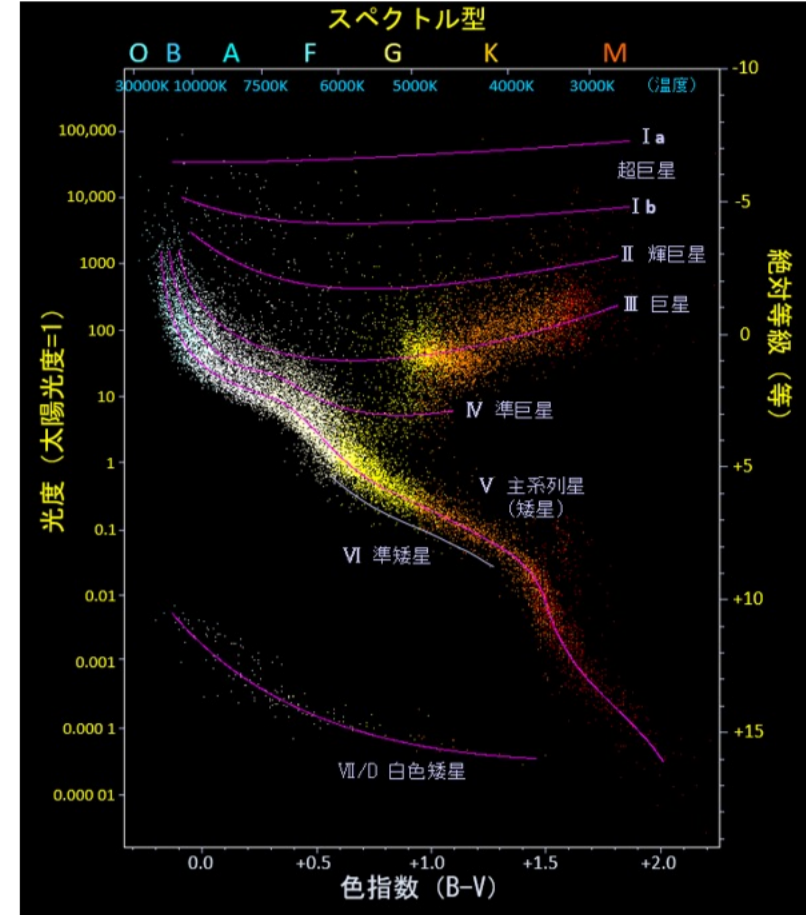
星の一生

情報ゼミ（3年次）文献紹介レポート N20-003 阿部晴斗

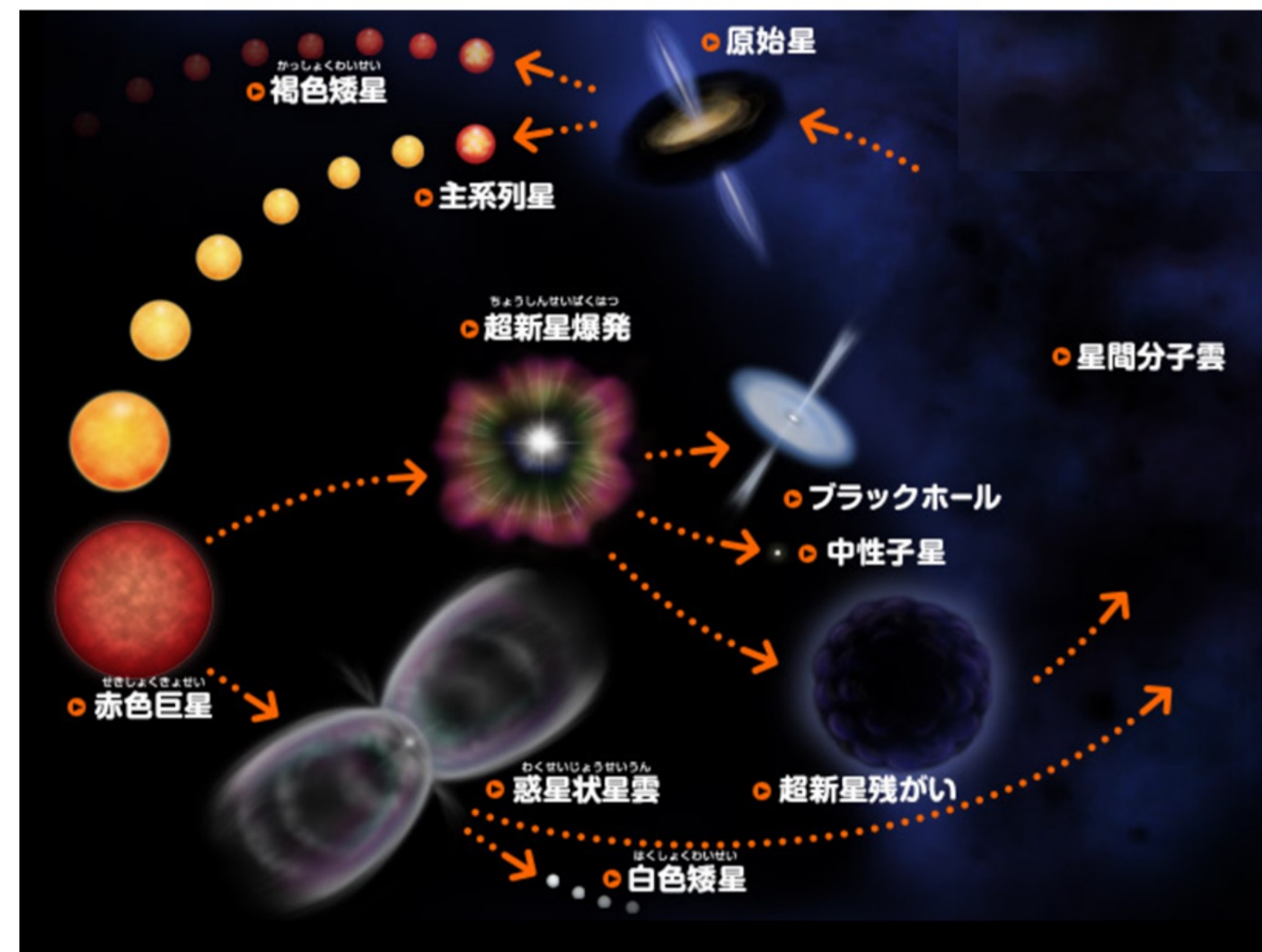
星

主系列星

左上から右下に向かって連なる星列を主系列といい、主系列な星が、星の一生の経路である。核融合により水素をヘリウムに変えている。太陽は中心に位置している。



ヘルツシュプルング・ラッセル図 (HR図) (天文学事典)



JAXAより改変

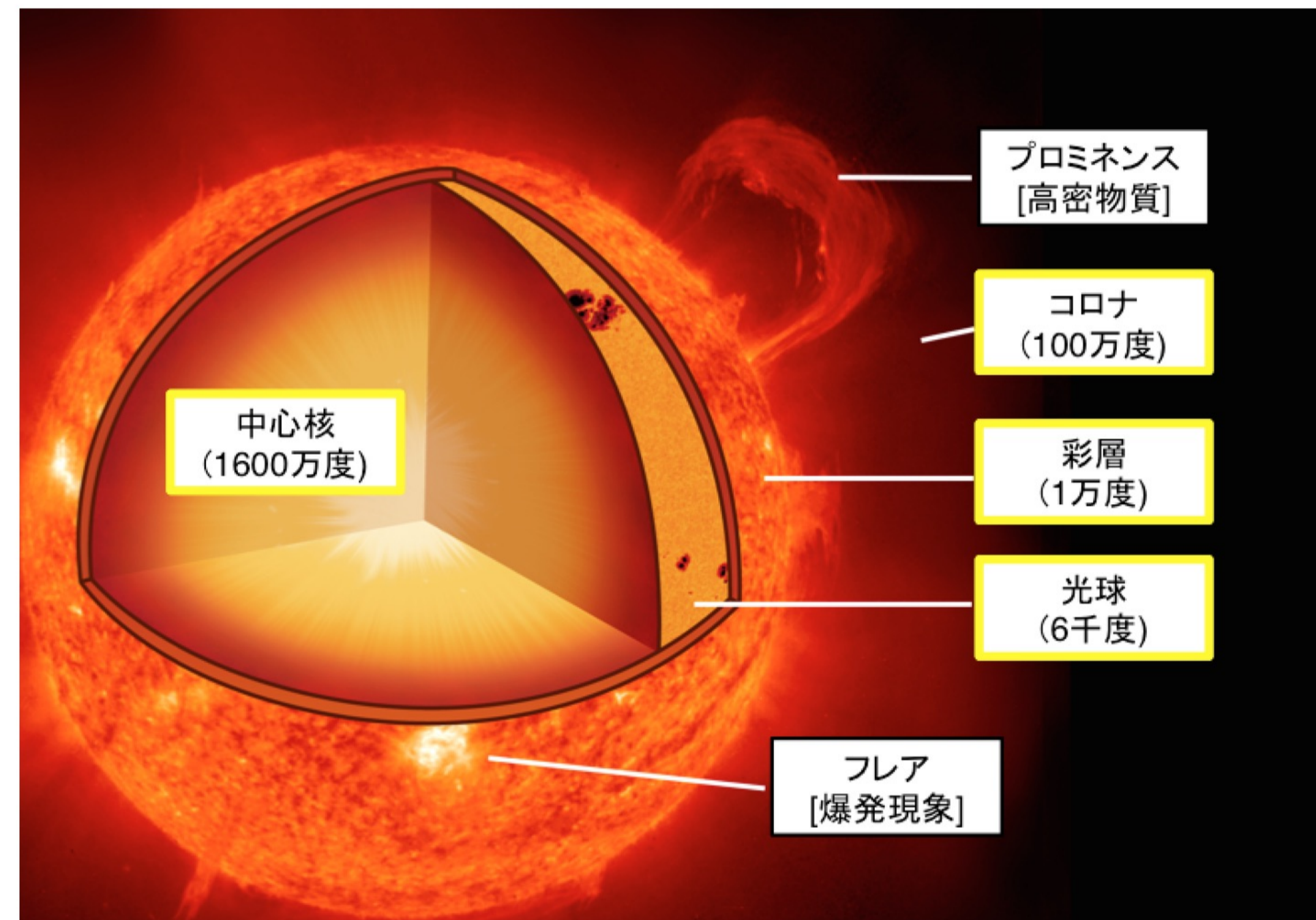
太陽

太陽は主系列星

50億年前に誕生した太陽は、50億年後には赤色巨星となる。

星の大きさはなにで決まる？
核融合反応により熱エネルギーが発生している。この熱による放射圧と重力がつり合うところで星の大きさが決まる！
太陽の半径は70万km

太陽が赤色巨星になったら？
40億年後には地球軌道を飲み込むほどに膨張すると考えられている。太陽と地球の平均距離は、1億4960万km
太陽が白色矮星になったら？
半径100万km
もし太陽が中性子星になったら？
半径10km

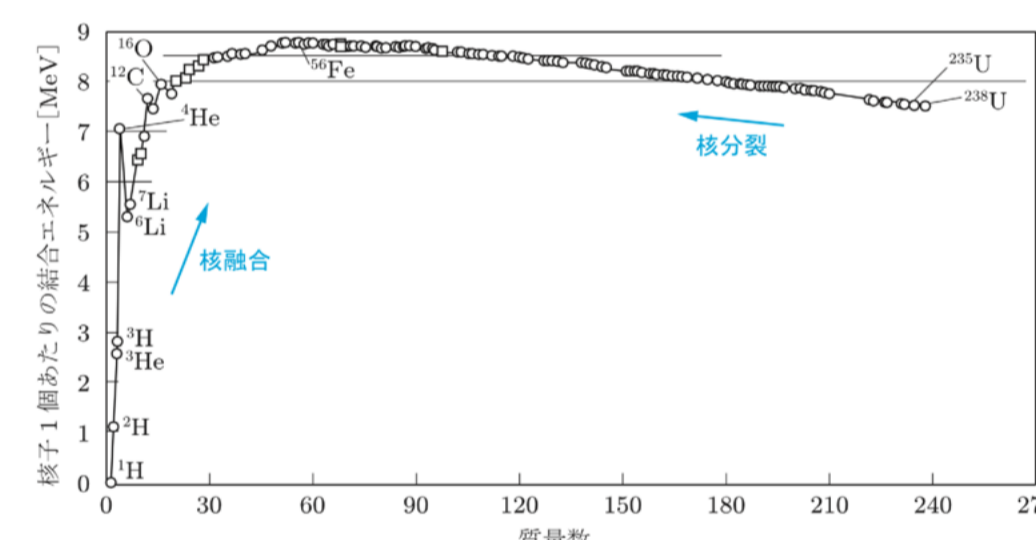


JAXA

核融合

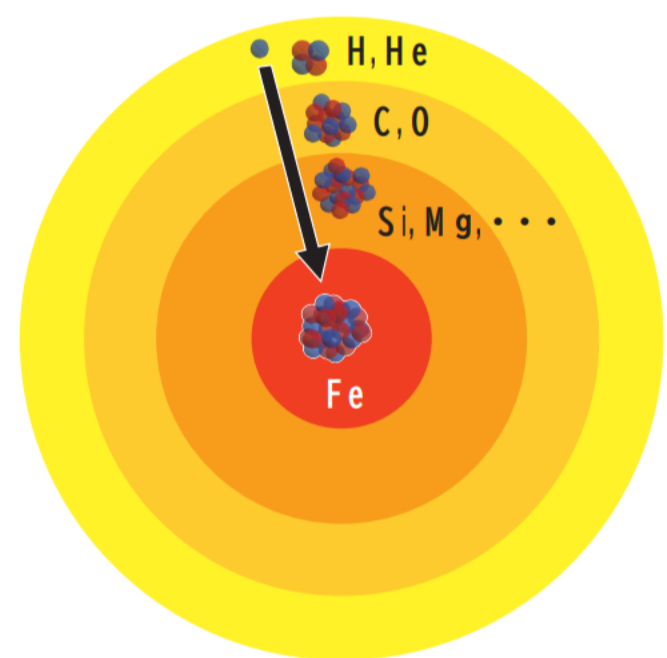
$$E = mc^2$$

鉄が一番安定な元素



日常の「なぜ」に答える物理学

核融合が進むと、最終的には鉄になる！

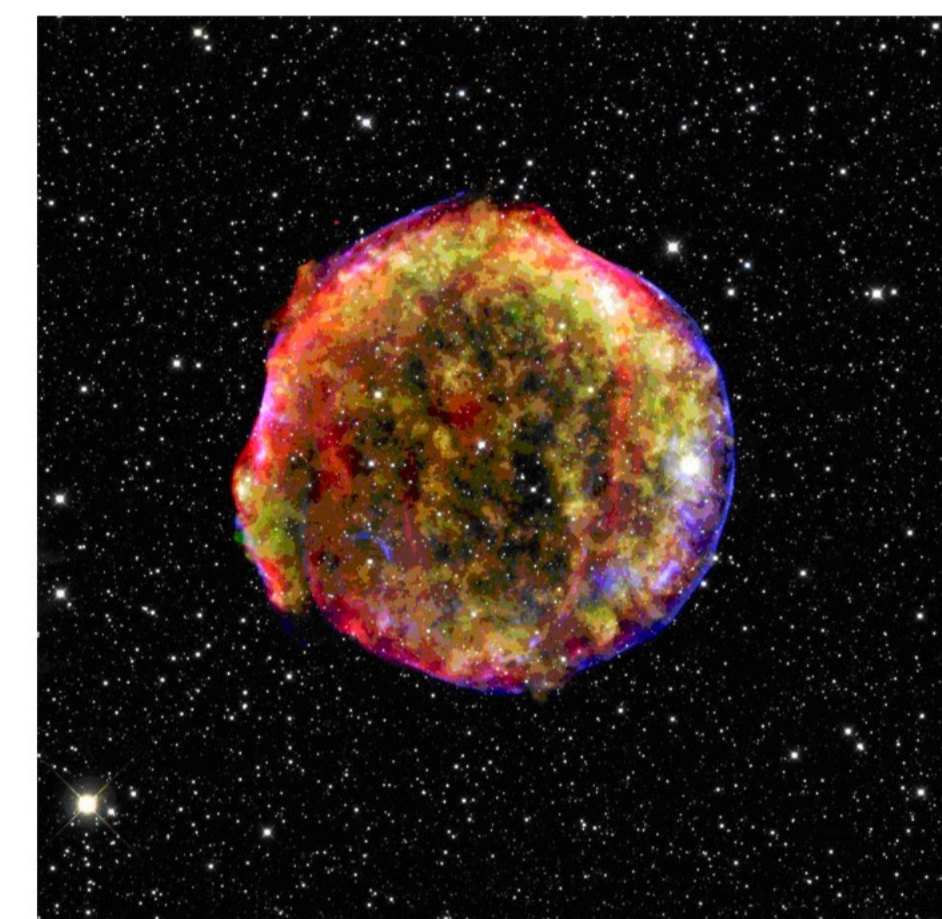


日本製鉄

超新星爆発

星の最期は質量によって決まる

- 超新星爆発
中性子の塊に物質が落ちてくると、跳ね返される。
- 重元素合成
鉄より重い元素は超新星爆発によって生み出される。
- 今後の課題
超新星爆発だけでは鉄より重い元素が今ある量まで生まれにくい
一連星中性子星の合体により重元素合成が可能というシミュレーション結果がある



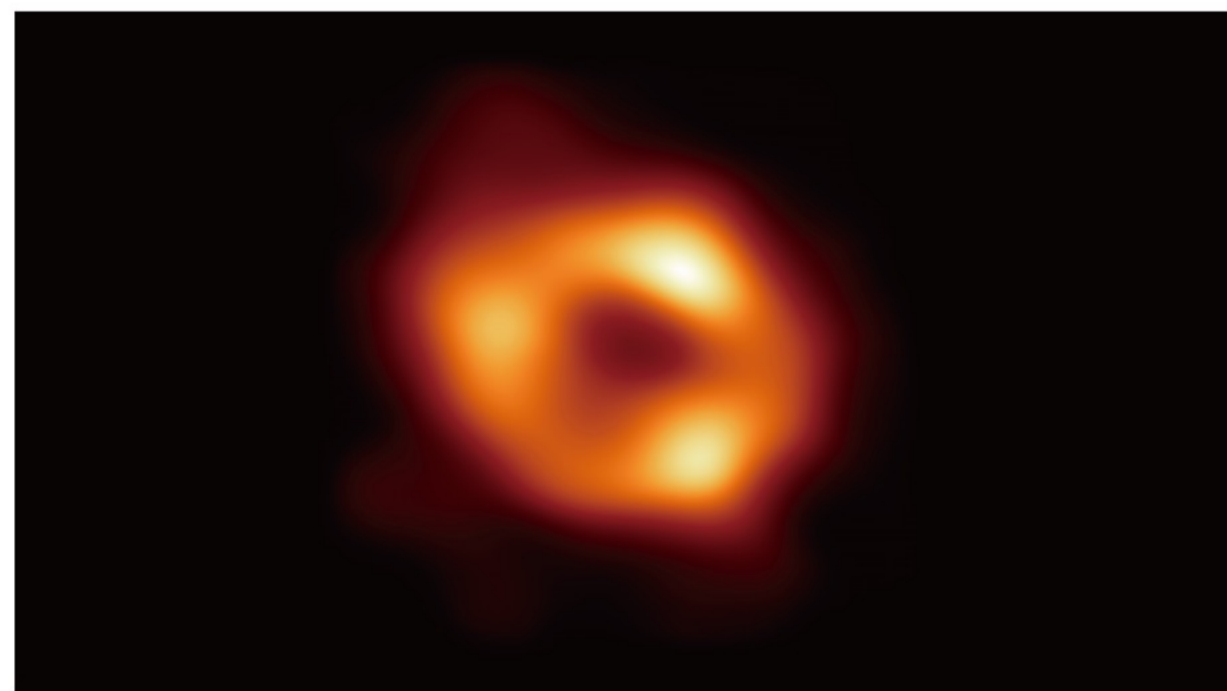
ティコの超新星残骸 国立天文台

ブラックホール

ブラックホール

超新星爆発が起こったとき、星の質量が太陽の25倍以上だとブラックホールになると計算されている。

- ブラックホールの撮影
ブラックホールの周囲のガスが高速で運動し、観測中に激しく変化する。観測データから得たさまざまな画像を平均した。
- 今後の課題
静止画から動画へと研究を進めることで、ブラックホール周囲のガスやジェットの様子を観測する！



天の川銀河の中心にある巨大ブラックホール、いて座A* 国立天文台

重力場の方程式 (アインシュタイン方程式)

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

アインシュタインによって導き出された、一般相対性理論の中核となる式
重力の正体は、時空の歪みである
左辺はリーマン幾何学にもとづいて時空がどのように曲がっているのかを表し、右辺は物体がどのように分布しているのかを表す
「物質が存在すれば時空が曲がる。時空が曲がると物質も光もそれに沿って動く」

- ブラックホールの解 (シュヴァルツシルト解)
 $ds^2 = -\left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)c^2 dt^2 + \frac{dr^2}{1 - \frac{2GM}{c^2 r}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$
アインシュタイン方程式を、球対称・静的・真空のもとで解くと得られる
ブラックホール時空を表す

もし太陽がブラックホールになったら？

$$r_{Sch} = \frac{2GM}{c^2}$$

より、
万有引力定数
 $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
光速 $c = 299792458 \text{ m/s}$
太陽質量 $M = 1.9891 \times 10^{30} \text{ kg}$ を代入して
 $r_{Sch} = \frac{2 \times G \times M}{c^2} = 2.95 \text{ km}$

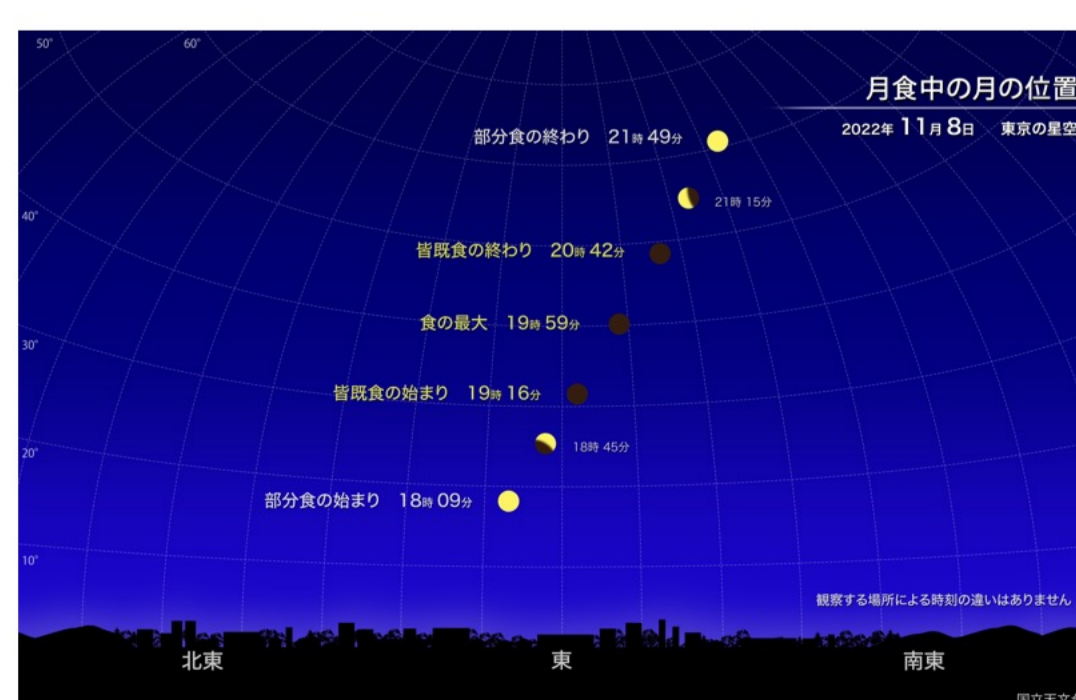
シュヴァルツシルト半径は、事象の地平面と呼ばれるブラックホールの境界面を表す。地球がブラックホールになると、8.9mmになる。

参考文献

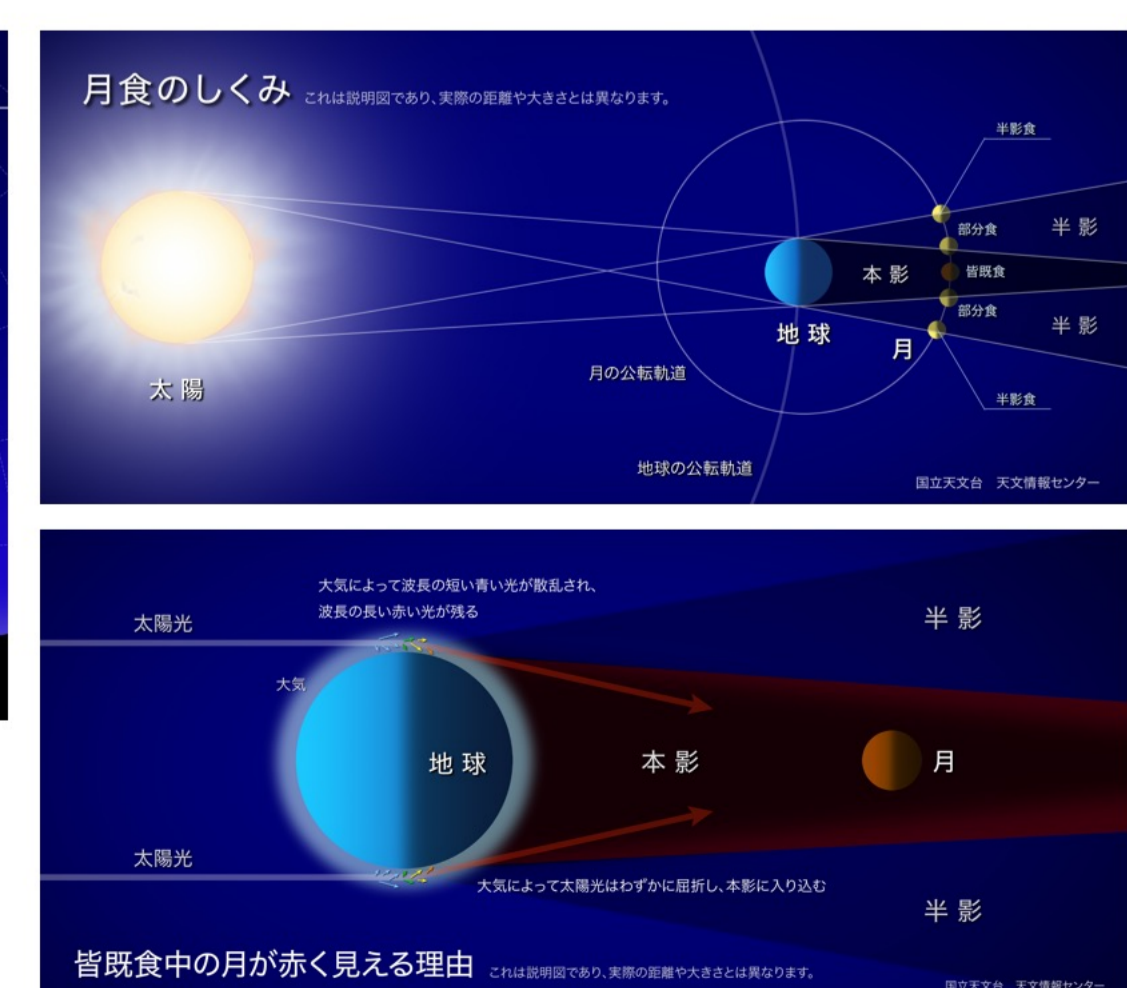
- 佐藤彦彦編『別冊日経サイエンス196 宇宙の誕生と終焉 最新理論でたどる宇宙の一生』、日経サイエンス、2013
- 水谷仁編『Newton別冊 みるみる理解できる 太陽と惑星 新訂版』ニュートンプレス、2009
- 宇宙航空研究開発機構、<https://www.jaxa.jp/>
- 国立天文台、<https://www.nao.ac.jp/>
- 日本天文学会 天文学事典、<https://astro-dic.jp/>
- 日本製鉄、<https://www.nipponsteel.com/company/nssmc/science/pdf/V15.pdf>
- 真貝寿明著『日常の「なぜ」に答える物理学』、森北出版、2017
- 真貝寿明著『現代物理学が描く宇宙論』、共立出版、2018

皆既月食・天王星食

今後の月食予報
2022年11月08日 皆既月食 日本で見える
2023年10月29日 部分月食 日本で見える
2025年03月14日 皆既月食 日本で見える
2025年09月08日 皆既月食 日本で見える



太陽・地球・月が一直線上に並び、月が地球の影に隠されると、月食が起こる
地球が太陽のまわりを公転する軌道面と、月が地球のまわりを公転する軌道面の角度には約5度の傾きがある
皆既月食は赤く光る満月となる



国立天文台