

京都精華大学 2016年前期

# 自然科学論

担当教員:磯部洋明

京都大学大学院総合生存学館 准教授

京都精華大学・非常勤講師

第3回「宇宙の様々な天体」

2016年4月26日

# デジタル宇宙旅行

デジタル宇宙ビューア”mitaka”を使った宇宙旅行

mitakaは以下からダウンロードできます。

<http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>

# 今日の話

- 電磁波って？
- 宇宙の様々な天体
- 星の一生

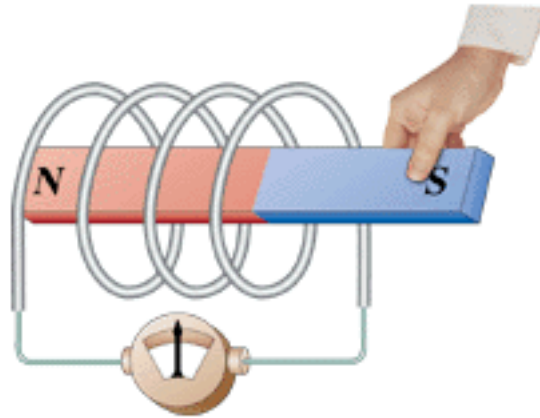
# 宇宙(天体)から届くもの

- 電磁波
- 粒子
  - 宇宙線(高エネルギーの陽子や鉄イオンなど)、ニュートリノなど
- 重力波
  - あると思われているが非常に弱いのでまだ検出されていない

問題：電磁波って何？

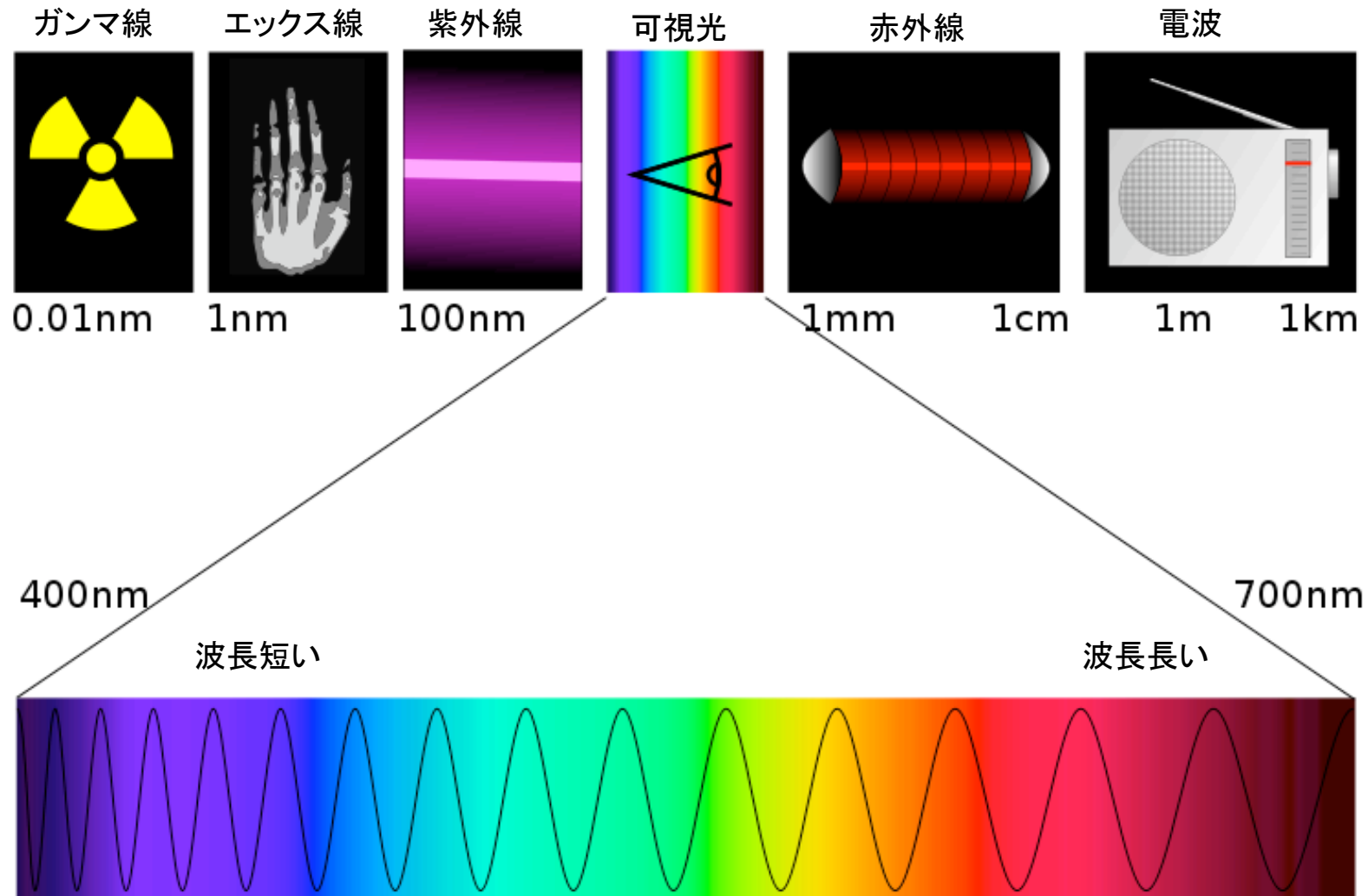
# 電磁波 = 電気と磁気の波

- 電磁石 : コイルに電流を流すと磁場ができる
  - 電 = > 磁
- 電磁誘導 : コイルに磁石を近づけると電流が流れる
  - 磁 = > 電



電場が磁場を作り、磁場が電場を作り、その電場がまた磁場を作り、、、と伝わってゆく。これを電磁波と呼び、その伝わる速さを光速と呼ぶ

# 目に見える光(可視光)も電磁波の一種

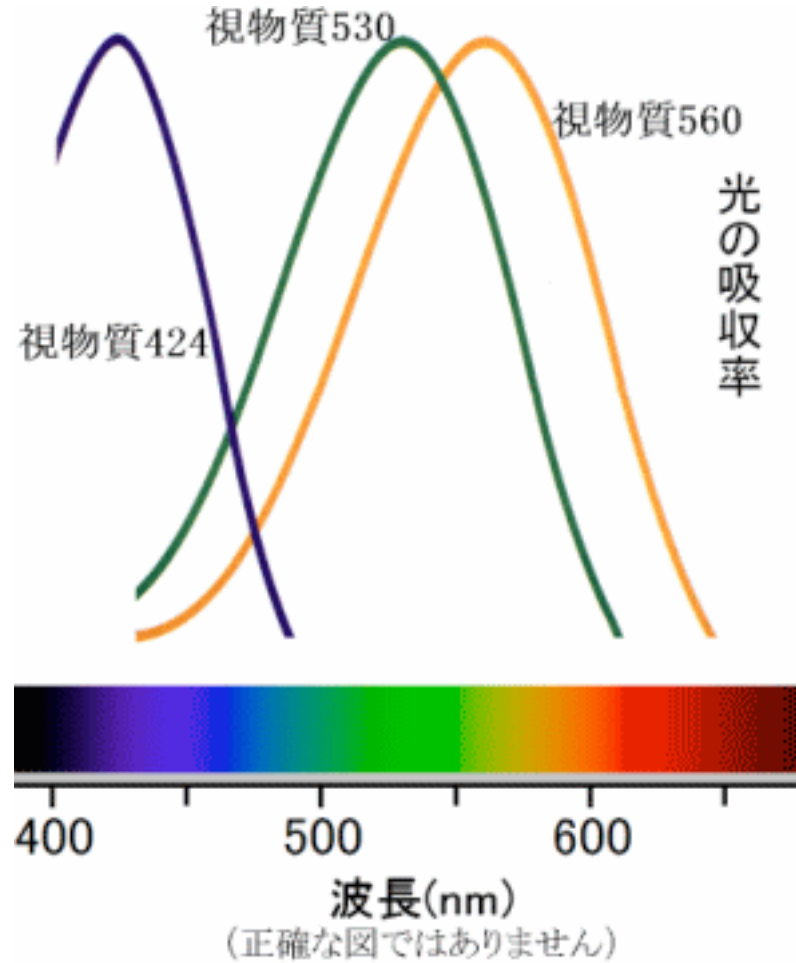


1nm(ナノメートル) = 10億分の1メートル

From wikipedia commons

# 色を感じるメカニズム

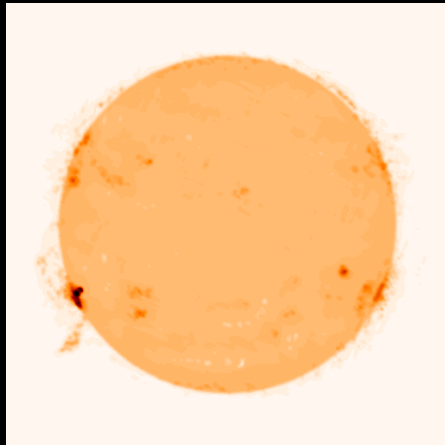
- 眼の中には青、緑、赤に感度の高い3種類のセンサー(視細胞)がある
- 3つのセンサーが感じる光の相対的な強さで、脳が色を判断する
- センサーを一つしか持たなければ、世界は白黒





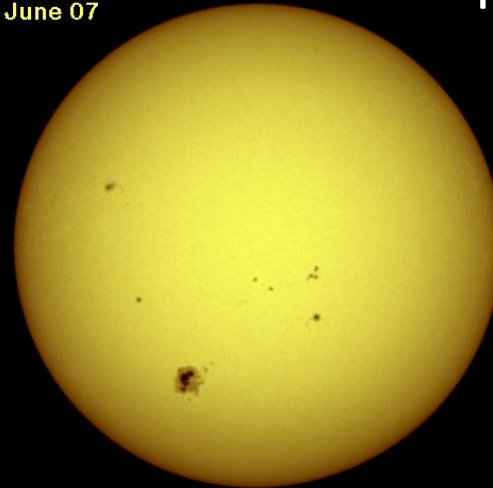
# 様々な波長で見た太陽

電波

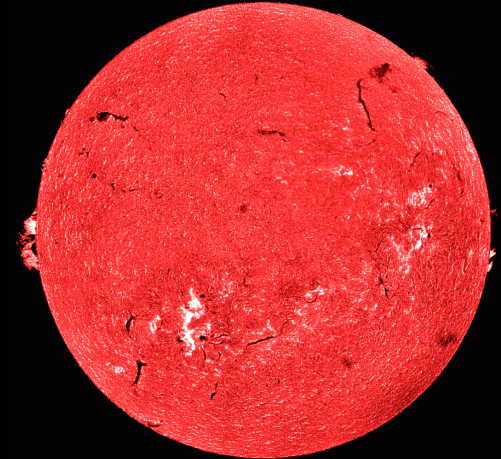


可視連続光

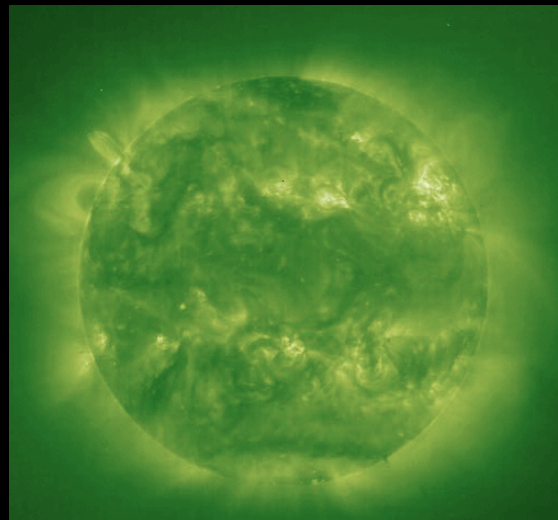
1992 June 07



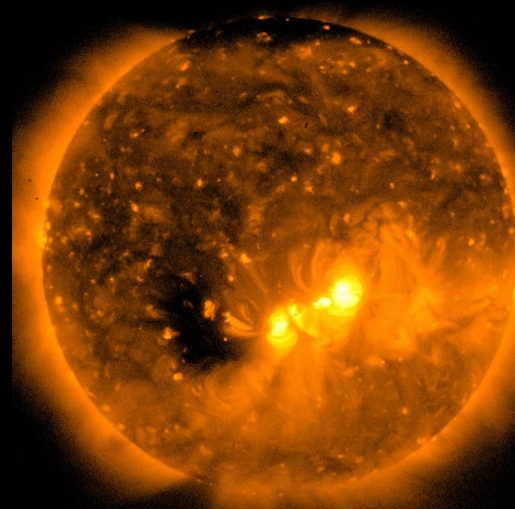
H $\alpha$ 線(水素の出す赤い光)



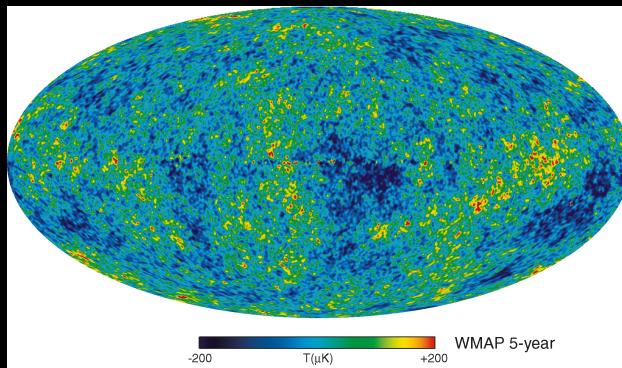
紫外線



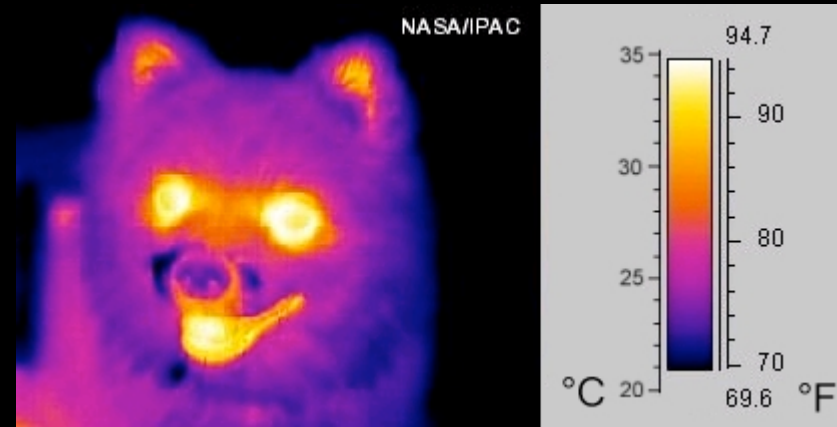
X線



# 物体はその温度に応じた電磁波を出している

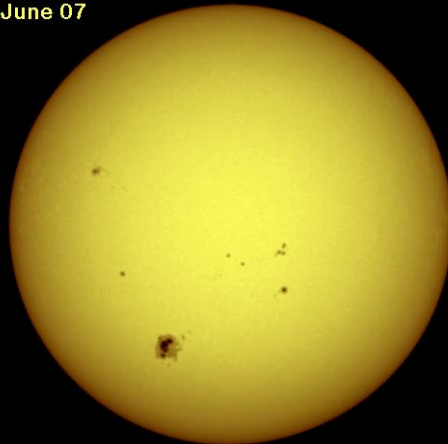


宇宙全体~-270度=>電波

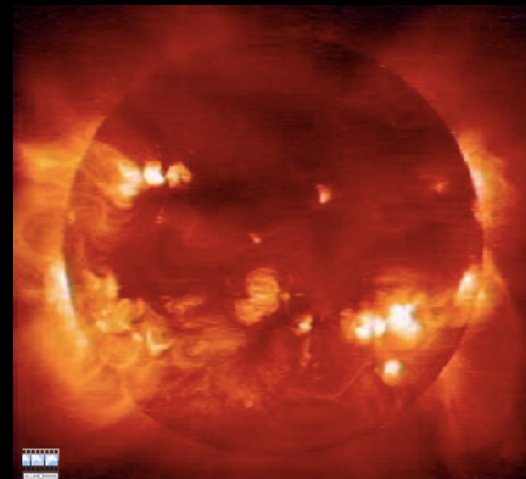


人や動物~40度=>赤外線

1992 June 07



太陽表面~6000度=>可視光



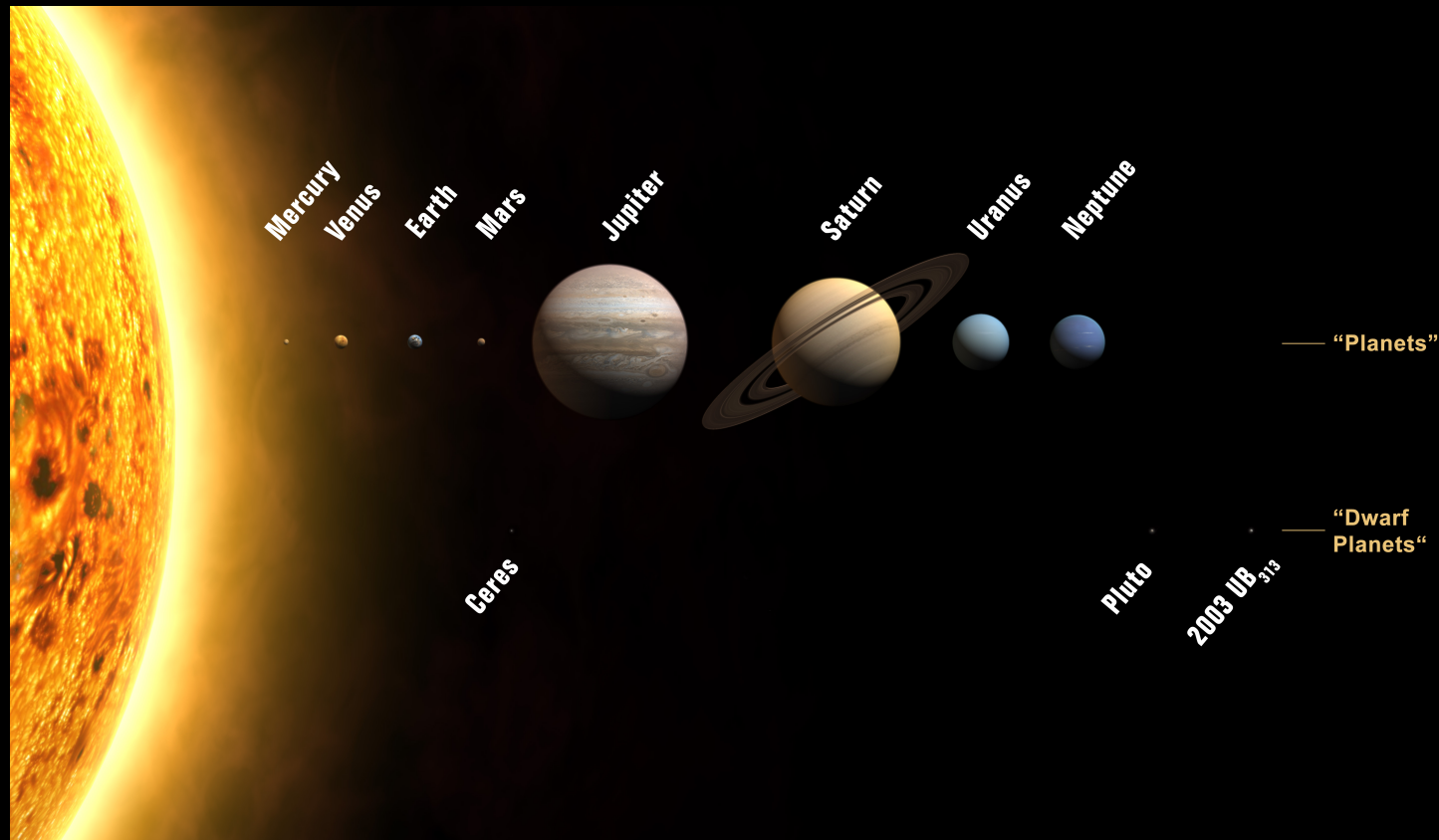
太陽コロナ~100万度=>X線

# 問題1:温度って何？

- 80度のサウナに入れるのに、80度のお湯には入れない理由を考えてみてください

様々な天体

# 惑星

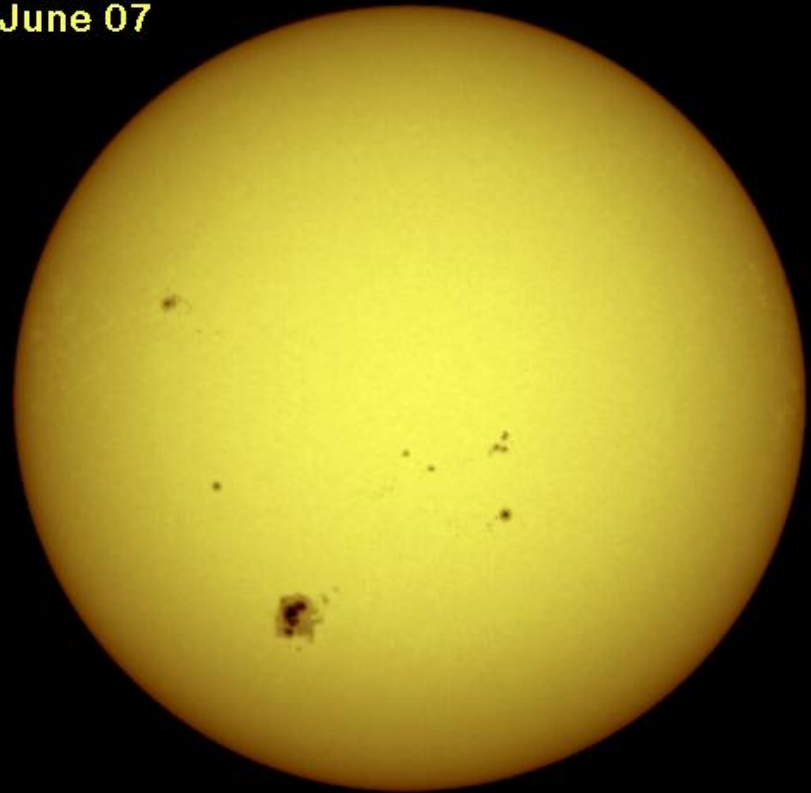


- 自分では光らず、恒星の周りを回る星
- 岩石(水、金、地、火)、ガス(木、土)、氷(天、海)などでできている
- 太陽系以外でも見つかっている(詳細は後日)

# 恒星

- 太陽のように自ら光る星
- エネルギー源は核融合
- 夜空に見える星はほとんどが恒星

1992 June 07



# 星の色の違い＝温度の違い



レグルス しし座の1等星  
30cm反射望遠鏡 (f=1650mm) Fujichrome400 5min.exp. 1984 Feb.10 No.3392

津村光則 (和歌山市)



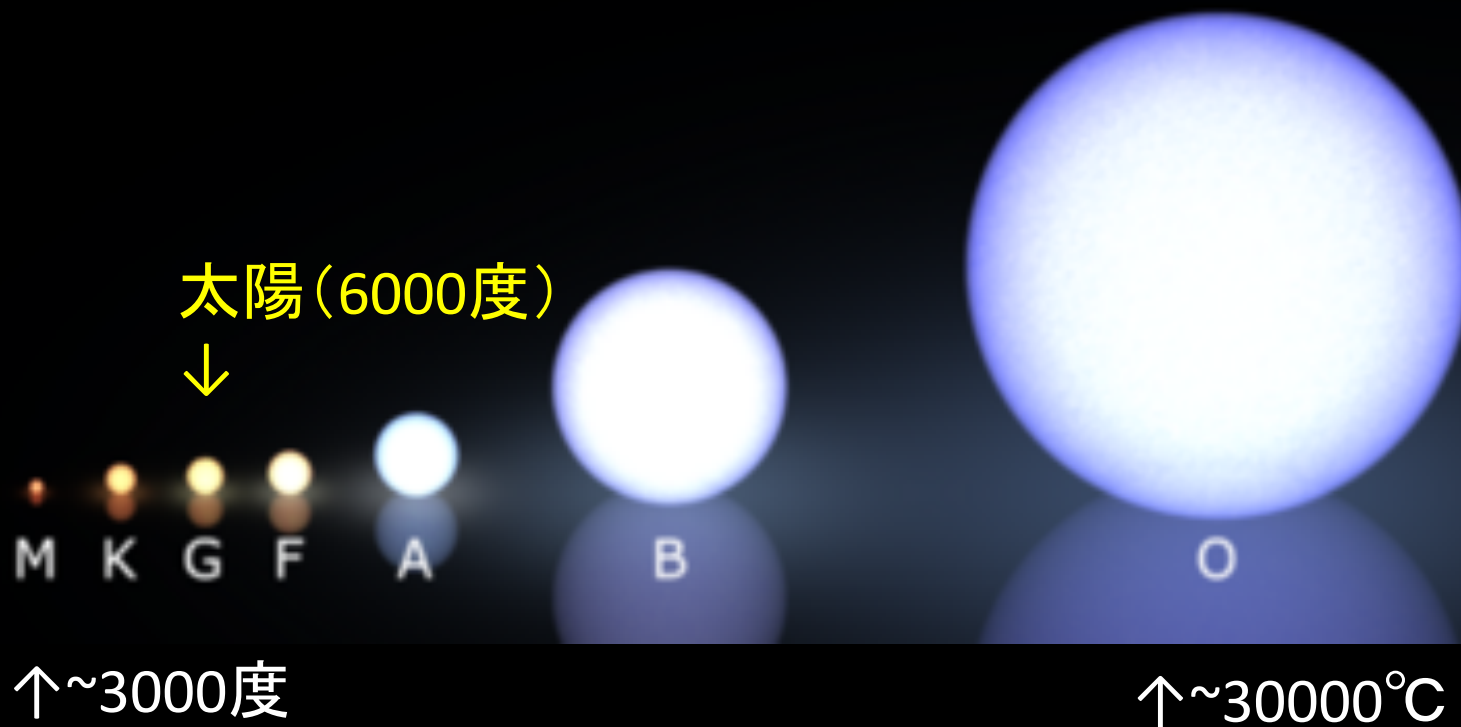
アルクトゥールス オレンジ色に輝くうしかい座の1等星  
30cm反射望遠鏡 (f=1650mm) Fujichrome400 3.5min.exp. 1984 Feb.10 No.3393

津村光則 (和歌山市)

青っぽい...温度が高い  
(1万～数万度)

赤っぽい...温度が低い  
(約4000度)

# 星の色（温度）と大きさは質量だけで決まる （主系列星の場合）



重くて大きい=>青っぽく、温度が高い  
軽くて小さい=>赤っぽく、温度が低い



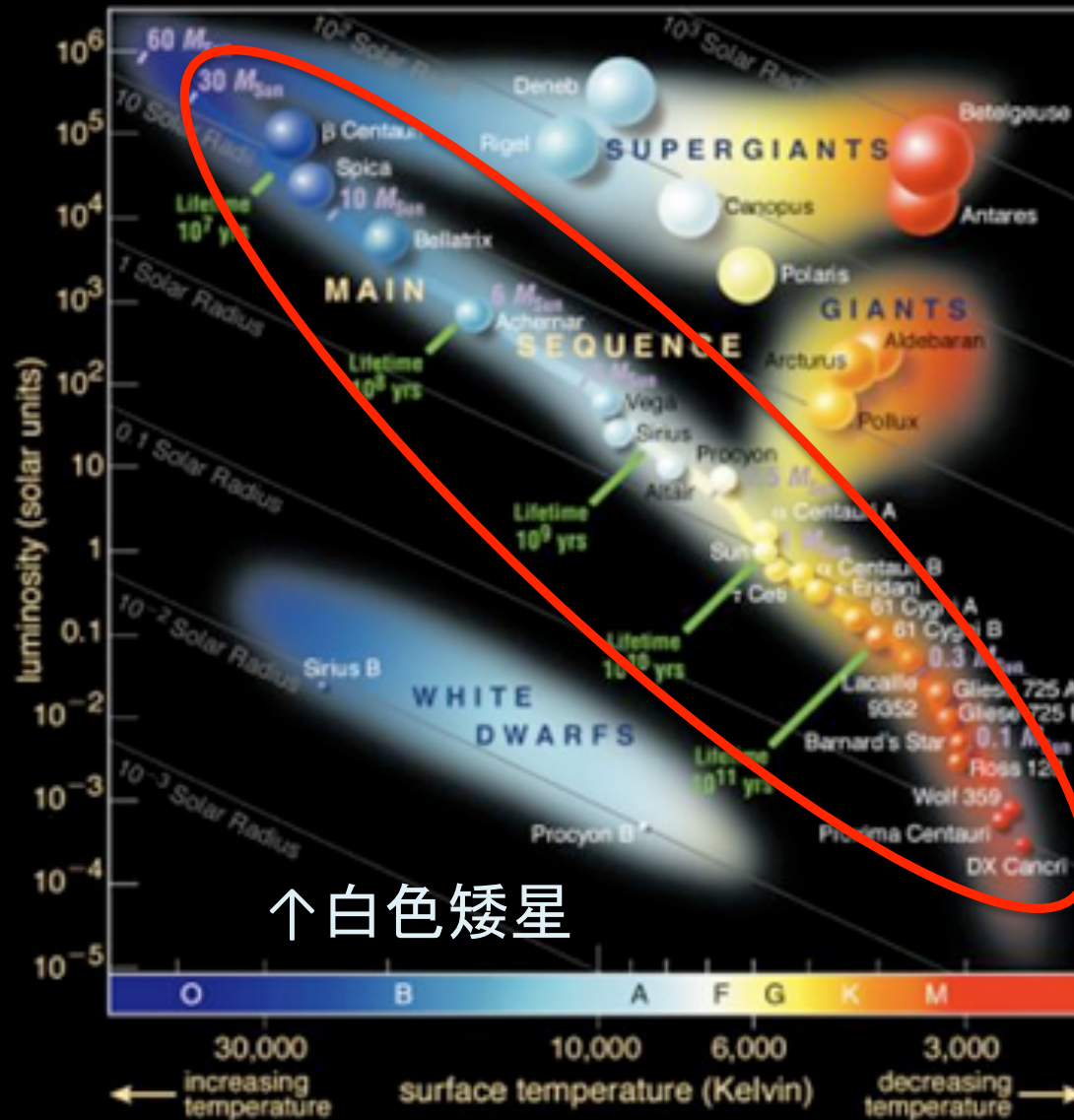
# ヘルツシュプルング・ラッセル図(HR図)

明るさ

主系列星：  
水素の核融合により光る恒星。

赤色巨星：  
死ぬ直前に赤く膨れ上がった星

白色矮星：  
主系列星が死んだ後に残る小さくて熱い星



←赤色巨星

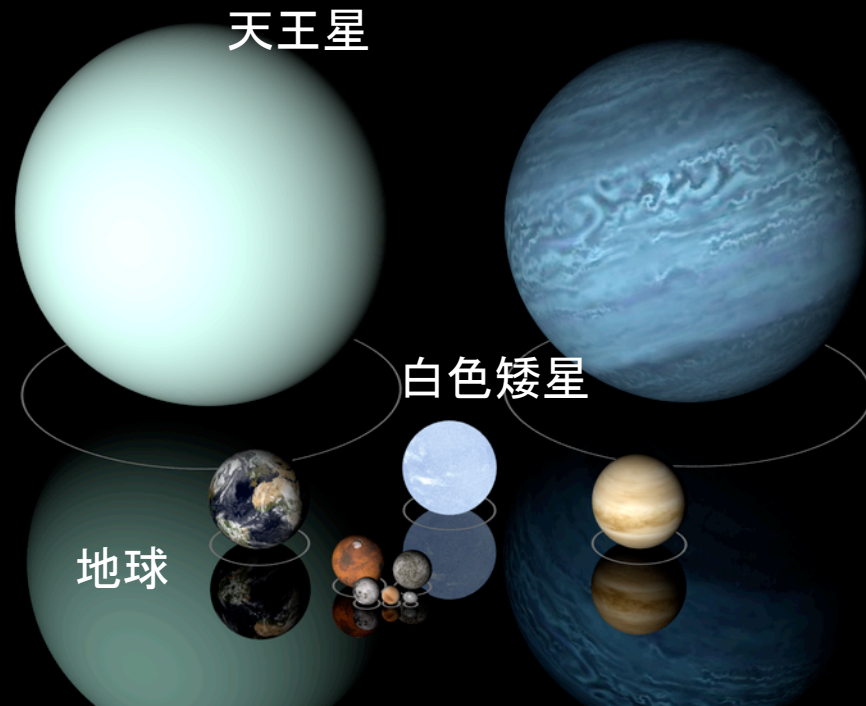
主系列星

↑白色矮星

温度

# 白色矮星(はくしょくわいせい)

From wikipedia commons



すざくが発見した白色矮星  
(JAXA/ISAS)

太陽程度の質量の星が寿命を迎えると、星の外層が流れでて惑星状星雲を作り、最後に小さくて密度の高い星が残る。

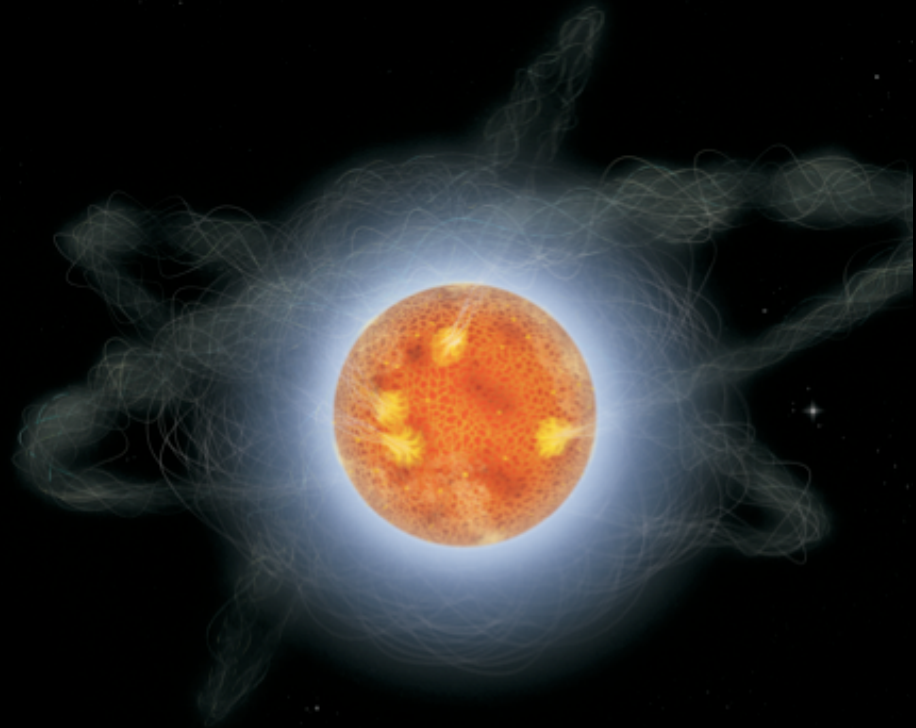
=> **白色矮星**

# 中性子星

質量が太陽の数倍程度の星が最後に超新星爆発を起こし、後に残る星。

全て中性子でできた、巨大な原子核。半径10km程度。

重力めちゃくちゃ強い。人が中性子星の上に降り立ったら、重力で立っておられず、人の形もしておられず、かつてその人を構成していた粒子が薄い膜になって星の表面を覆う(たぶん)

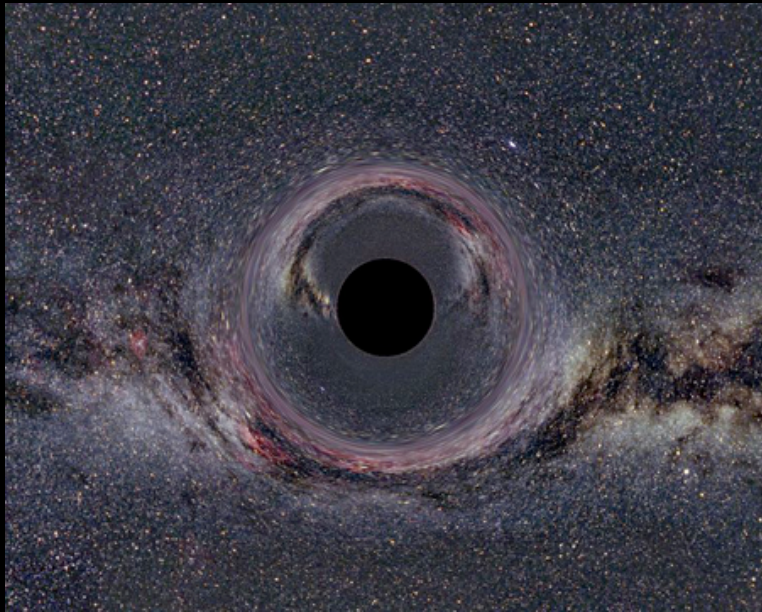


© 2008 Sky & Telescope; Gregg Dinderman

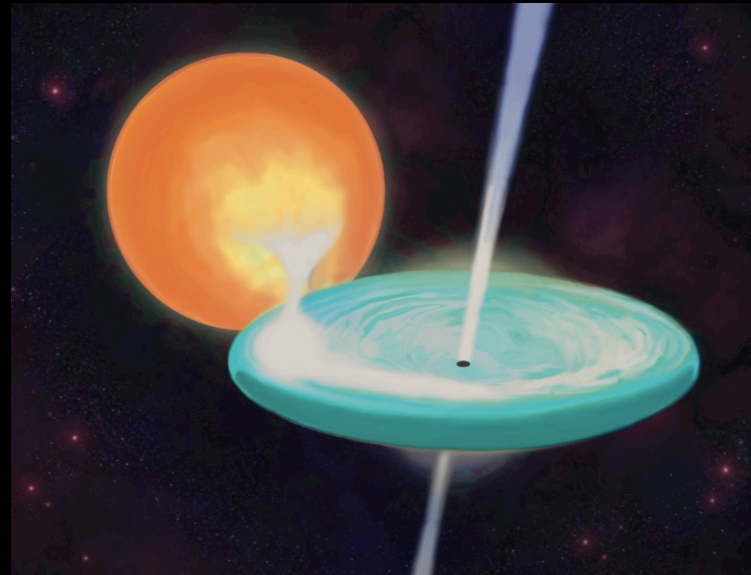
想像図(NASA)

# ブラックホール

- 重力が強すぎて光すらも出てこられなくなった領域。
- 太陽の8倍以上重い星が死んだ後にできる。
- 銀河中心にも巨大なブラックホールがある



天の川(銀河系の中心方向)の手前にブラックホールを「置いて見た」ら、周囲の時空が歪んでこんな風に見えるはず、という図



連星(お互いの周りを回る星)の一つがブラックホールになると、相方の星からガスがブラックホールに落ち込み、その時解放されるエネルギーがX線などを出して観測される。

## 問題2

- 「星の数ほど多い」というが、(我々に見ることのできる)宇宙の中に星はいくつあるか？

# 星の集団

銀河 約1000億個の星の集団



球状星団(数10万個の星の集団)



散開星団(数100程度の星の集団)

# 典型的な銀河の形

NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team

楕円銀河



M 87 (NGC 4486)

Ultra-high-sensitivity HDTV I.I. color camera (NHK)  
Exp. 8 sec. (8 frames coadded) January 16, 1999

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan  
Copyright © 1999, National Astronomical Observatory of Japan, all rights reserved

不規則銀河

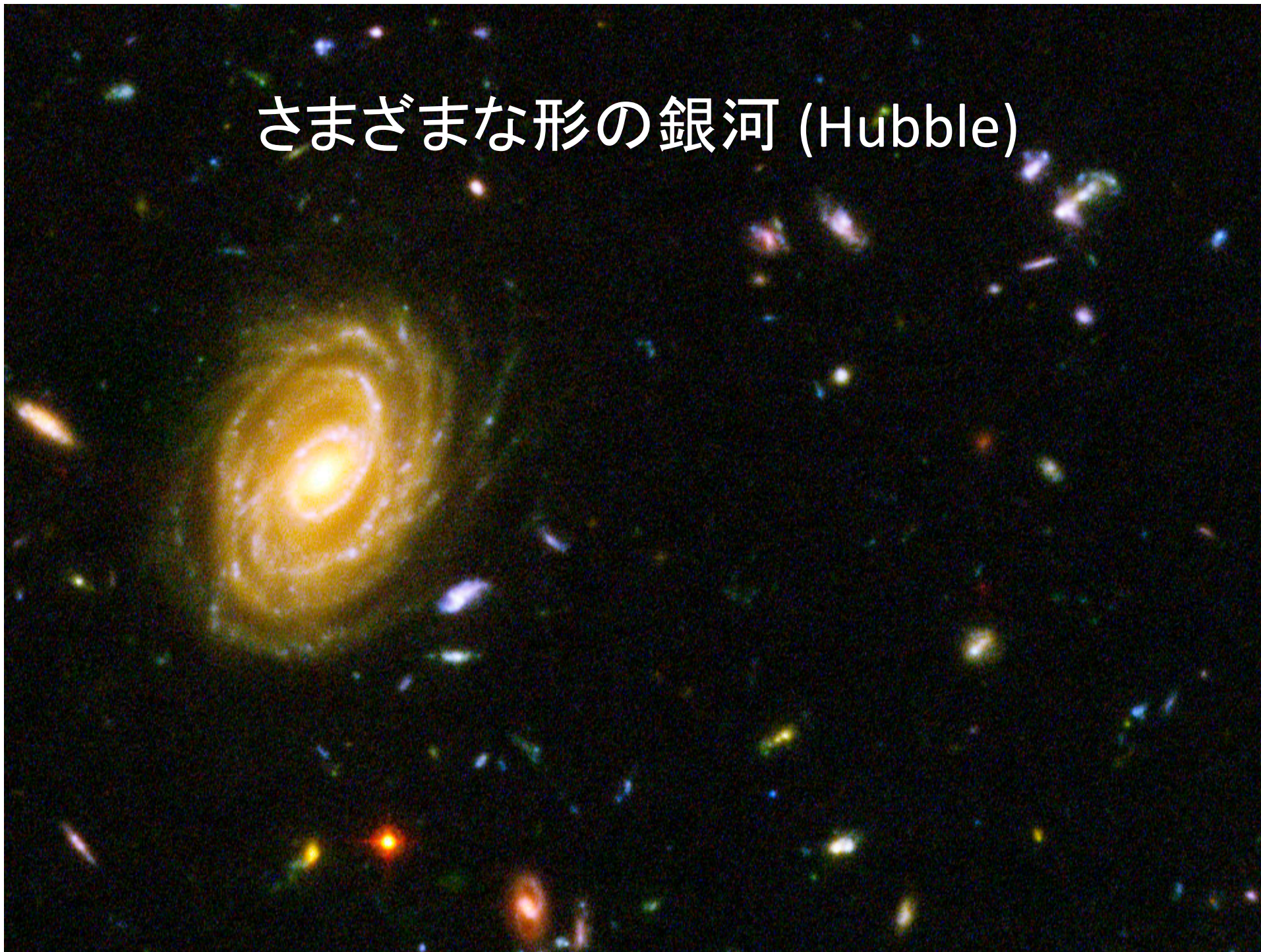


NASA/JPL-Caltech/SSC

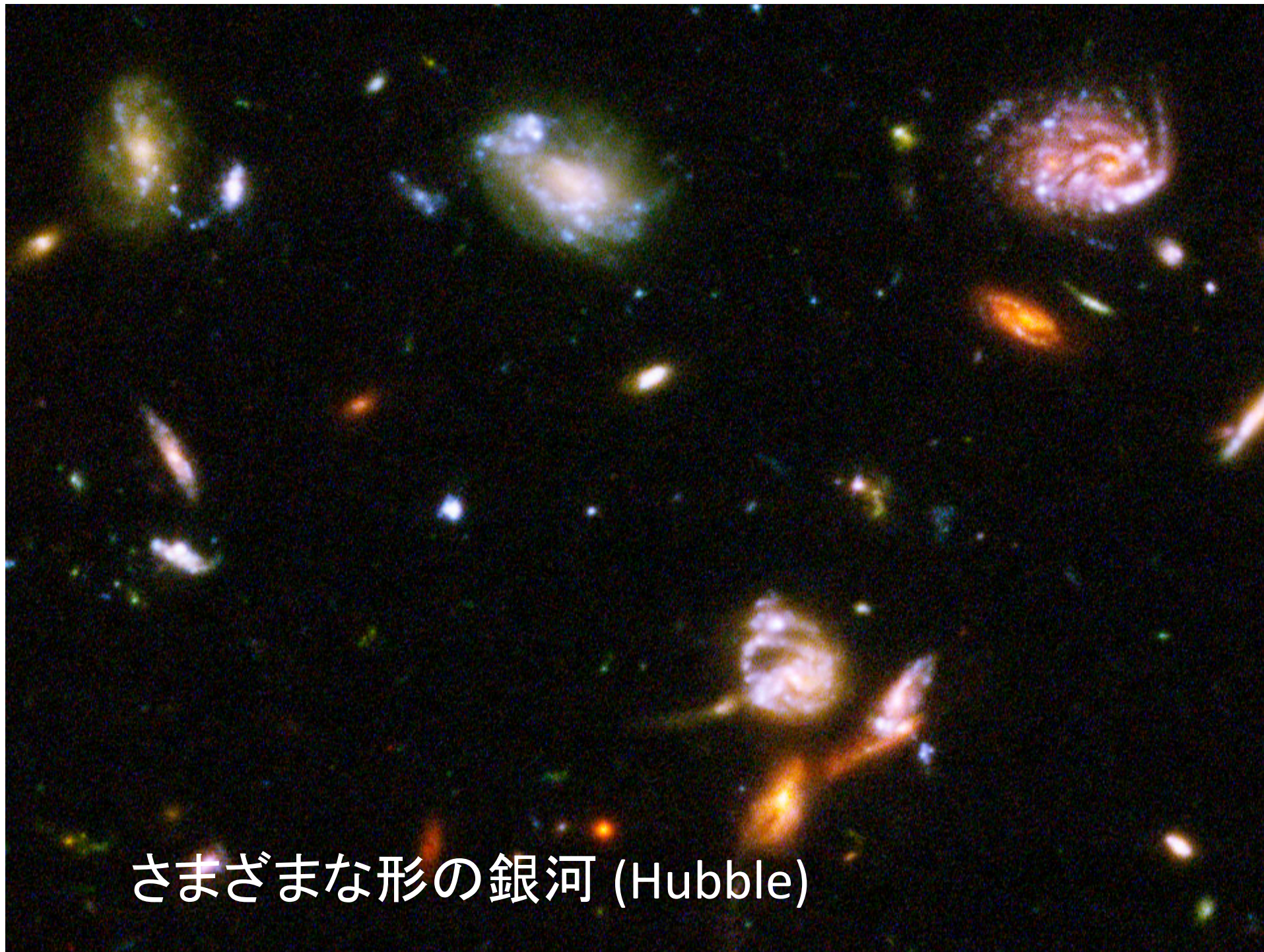
渦巻き銀河  
銀河系はこのタイプ



# さまざまな形の銀河 (Hubble)







さまざまな形の銀河 (Hubble)

# 星の一生と人間

\*授業ではここから後の話は割愛しました。

# さまざまな元素

水素

ヘリウム

リチウム

Legend:

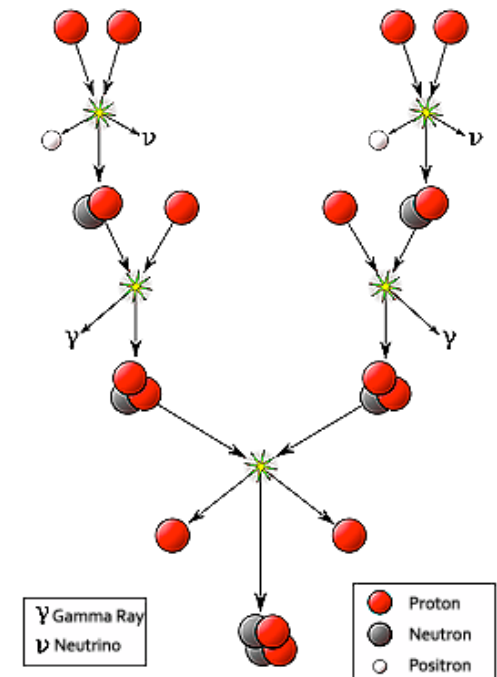
- Metal (Red)
- Semimetal (Green)
- Nonmetal (Yellow)

1	2											13	14	15	16	17	18
1 H 1.008												5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3 Li 6.941	4 Be 9.012											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po 209.0	85 At 210.0	86 Rn 222.0
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	71 Lu 175.0	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	113 Uut	114 Uuq 289	115 Uup	116 Uuh 289	117 Uus	118 Uuo 293
87 Fr 223.0	88 Ra 226.0	103 Lr 262.1	104 Rf 261.1	105 Db 262.1	106 Sg 263.1	107 Bh 264.1	108 Hs 265.1	109 Mt 268	110 Uun 269	111 Uuu 272	112 Uub 277						
		57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm 146.9	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0		
		89 Ac 227.0	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np 237.0	94 Pu 244.1	95 Am 243.1	96 Cm 247.1	97 Bk 247.1	98 Cf 251.1	99 Es 252.0	100 Fm 257.1	101 Md 258.1	102 No 259.1		

宇宙ができた時は、水素(H)とヘリウム(He)とほんのちょっとのリチウム(Li)しかなかった

# 核融合と元素合成

- 恒星のエネルギー源は**核融合**
- 核融合＝軽い原子をくっつけて重い原子を作ること(後日詳述)
  - 水素爆弾や核融合発電の原理も同じ
  - 原子爆弾、原子力発電所は「核分裂」なので注意

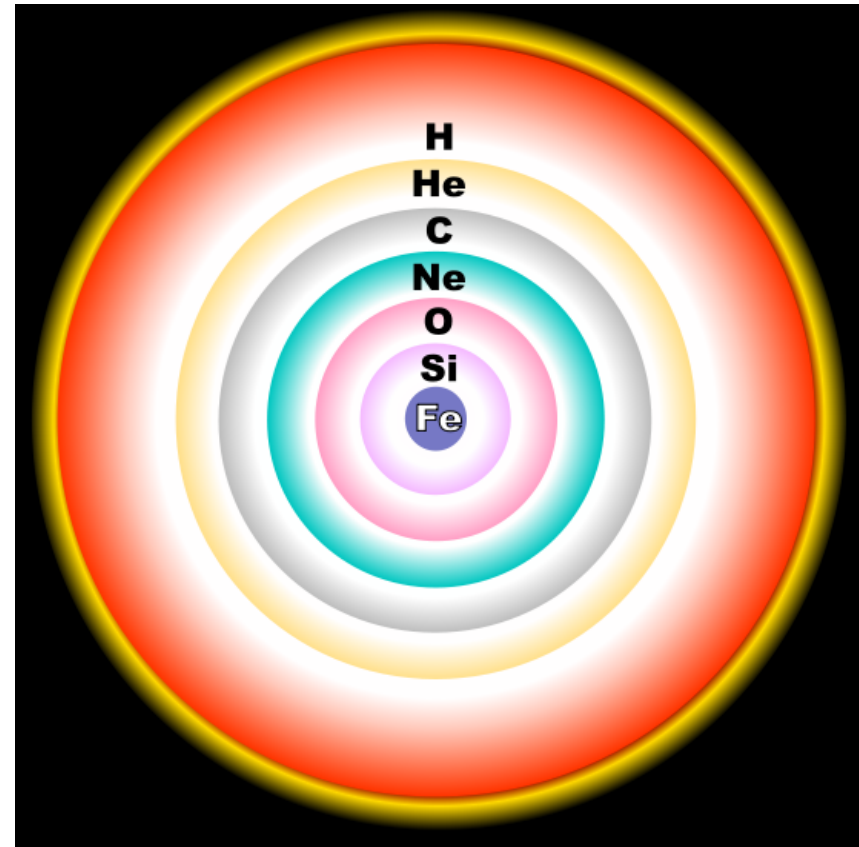


- **星の中で、軽い元素(水素、ヘリウム)から重い元素が作られる**

図は<http://www.ngawhetu.com/Resources/StellarEvolution/index02.html>から借用

# 重い元素は全て星の中でできた

- 宇宙で最初の星は水素とヘリウム(と少しだけリチウム)のみ
- 星の中で核融合が進み、炭素(C)、酸素(O)などの元素が合成される
- 鉄より重い元素(金、銀、プラチナ、鉛など)は、超新星爆発の時にできる



# ということは、

- みなさんの身体を作っている水素とヘリウム以外の原子(炭素、酸素、窒素、鉄、カルシウム...)は全て、遠い昔、太陽系ができる前にどこかの星の中で作られ、その星が死ぬ時に宇宙にばらまかれたもの。

# 星の誕生

分子雲(銀河の中の、冷たくて濃いガス)が自分自身の重力で収縮を始める



・収縮して明るく輝き出す(核融合はまだ)。周囲にガスの塵の円盤ができ、その中から惑星が生まれる

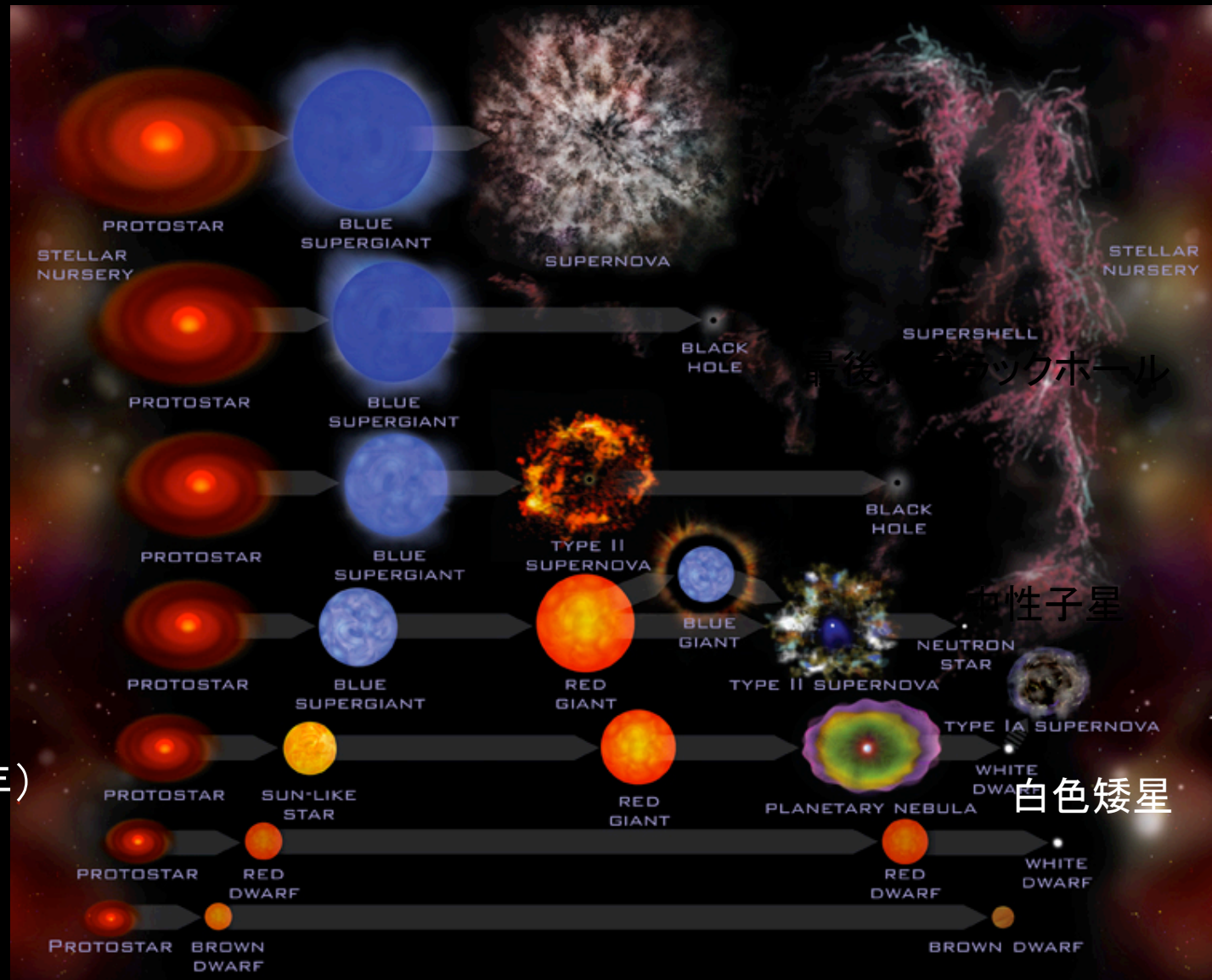


この後中心で水素の核融合が始まると、主系列星になる。

# 星の一生は体重で決まる

重い星  
(寿命～数百万年)

太陽くらい  
(寿命～百億年)





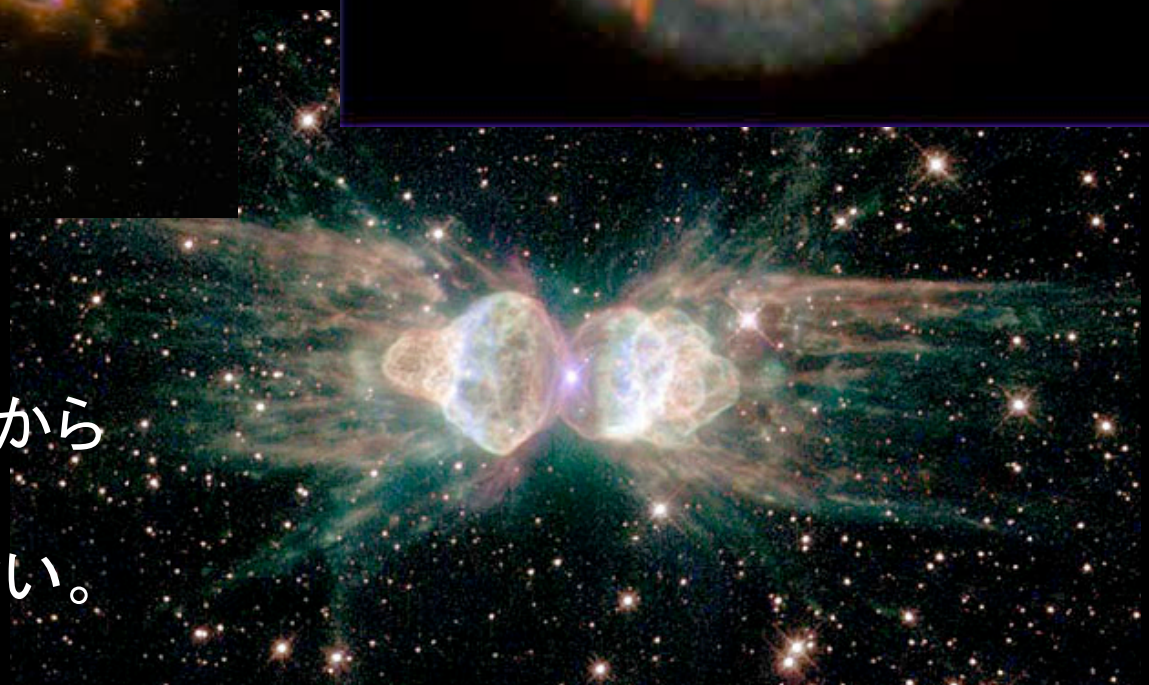


超新星残骸(カニ星雲) 中心付近に中性子星がある。

# 惑星状星雲



寿命を迎えつつある星から  
ガスが流れ出したもの。  
実は「惑星」とは関係ない。

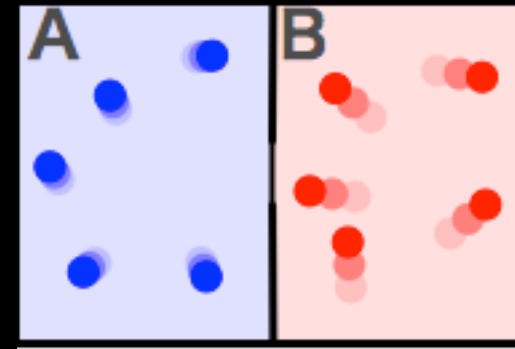


# 太陽の将来

- 今は寿命のちょうど真ん中あたり(46億歳)
- あと50億年くらいはほとんど変化なし
  - ただし、少しずつ明るくなる
- 約50億年後、中心部分の水素の核融合が終わり、急速に膨らんで赤色巨星になる
  - この時点で地球は(おそらく)飲み込まれる
- やがて外層が流れ出て惑星状星雲を作り、中心には白色矮星が残る
- かつて太陽や地球だったガスやチリから、やがて新しい星が生まれる

# 問題1の答え

- 温度＝物質を構成している分子の平均の運動エネルギー(速さ)
- 温度が高い物質(A)は、分子が速く動き回っている。温度が低い物質(B)は、分子がゆっくり動いている
- エネルギーの高い(=速い)粒子が当たると痛い＝熱い



サウナとお湯の違いは、密度＝分子の数の違い。

サウナは1日1発ビンタされて、お湯は1秒間に100発ビンタされるようなもの(\*)。1発で受けるダメージは一緒だが、数が全然違う。

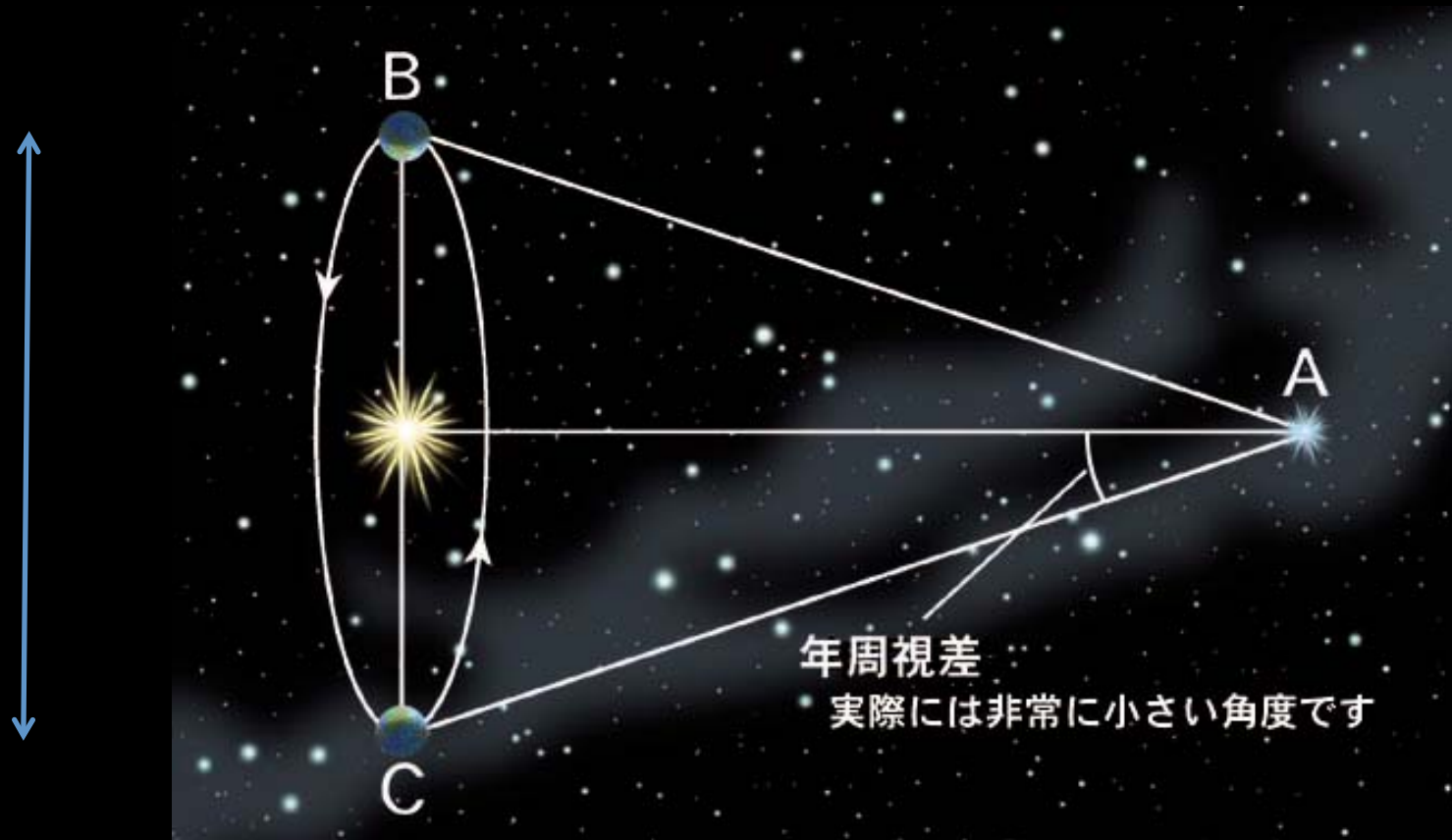
\*実際には、空気と水の密度差は1000倍くらい。



# 星までの距離の測り方

1. 三角測量: ある時間とその半年後に星を見た時の角度の差(年周視差)を利用する

この距離は  
分かっている  
(約3億km)



この方法は比較的近くの星にしか使えない。

# 星までの距離の測り方

- 2.みかけの明るさと本当の明るさを比べて測る
  - 主系列星は温度(色)が決まれば(絶対的な)明るさも決まる  
=> 見かけの明るさと本当の明るさを比べれば、距離が分かる
  - 明るさの変動する時間周期と絶対的な明るさの間に関係がある星なども使うことができる

