

京都文教大学 2011年秋学期

宇宙の科学

担当教員：磯部洋明

京都大学宇宙総合学研究ユニット・特定講師

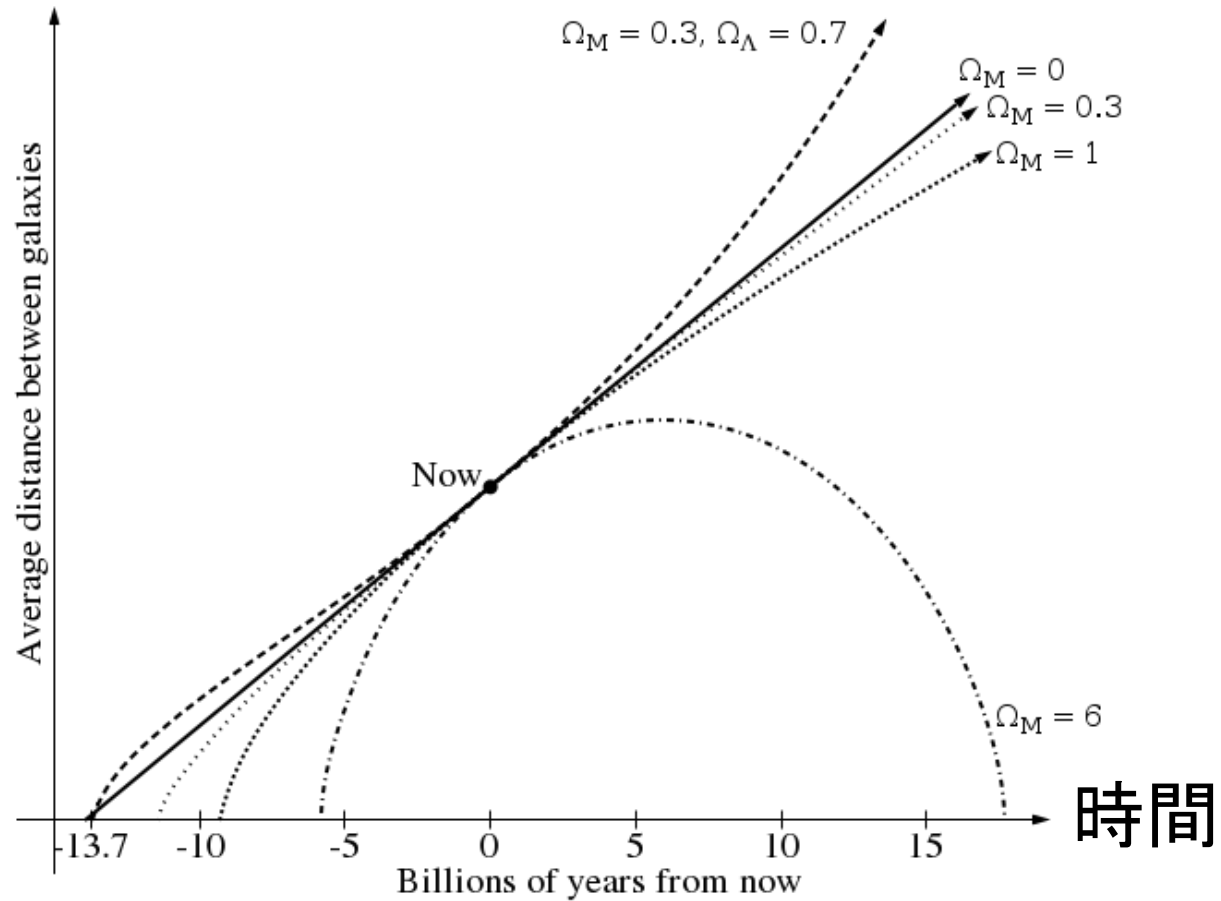
京都文教大学・非常勤講師

第3回「宇宙の様々な天体」

2011年10月18日

先々週の講義より

宇宙の大きさ



宇宙は加速的に膨張している！

2011年ノーベル物理学賞受賞！

サイエンス

文字サイズ変更 小 中 大



0

ツイートする

18

B!

おすすめ

15

チェック

この記事を印刷

ノーベル賞：物理学は米豪3氏 宇宙の加速度的膨張発見

スウェーデンの王立科学アカデミーは4日、11年のノーベル物理学賞を、米カリフォルニア大パークリー校のソール・パールマター教授（52）、オーストラリア国立大のブライアン・シュミット特別教授（44）、米ジョンスホプキンス大のアダム・リース教授（41）の3氏に授与すると発表した。遠くにある星が寿命を迎えた時に起きる「超新星爆発」の観測から、宇宙が加速度的に膨張していることを98年に発見した。授賞式は12月10日、ストックホルムで開かれ、賞金1000万スウェーデン・クローナ（約1億1500万円）の半分がパールマター氏に、他の2氏に4分の1ずつが贈られる。

毎日.jpより

内容をもう少し詳しく知りたい人は、科学未来館のブログに分かりやすい解説があります
<http://blog.miraikan.jst.go.jp/topics/201110047305>

今日の話

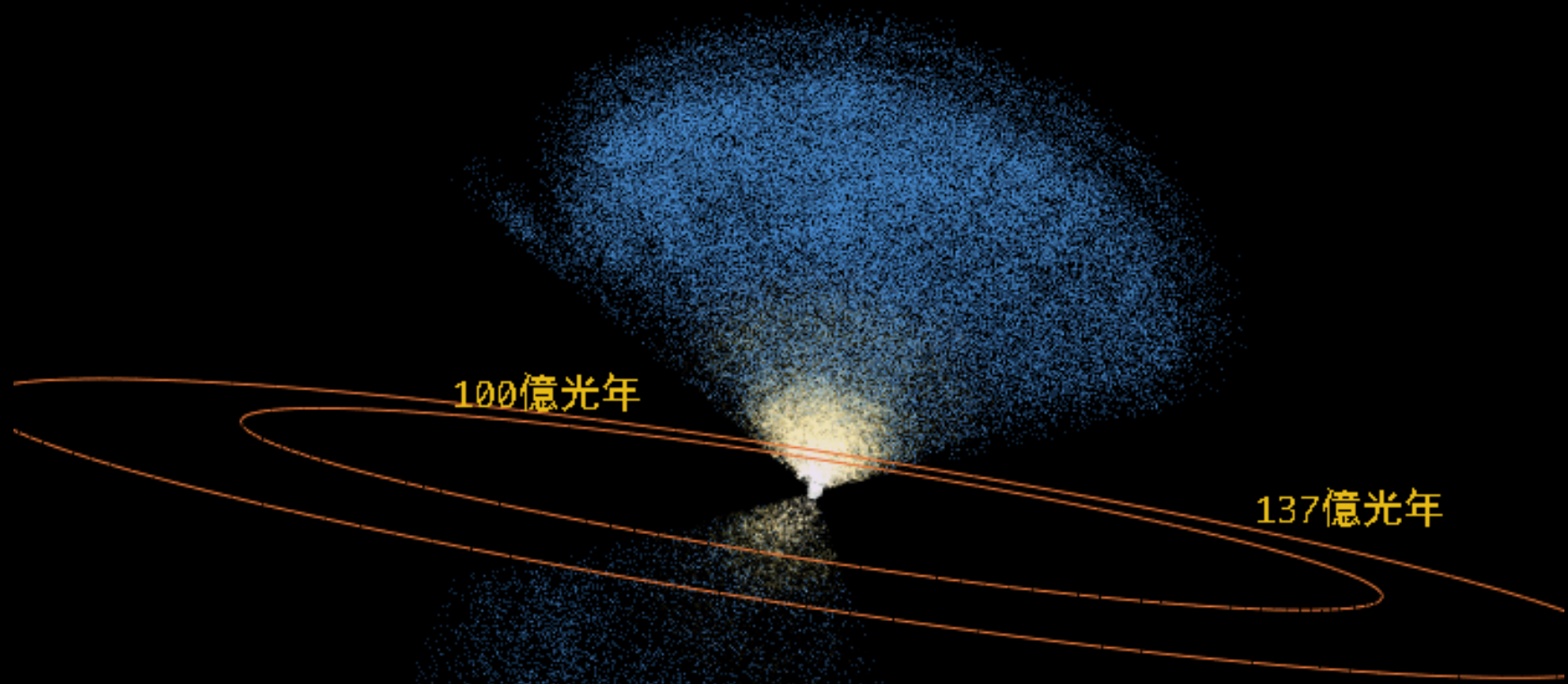
- 私たちはどこに住んでいるか
- 宇宙を「見る」って？電磁波って？
- 宇宙の様々な天体

我々はどこから来たのか？我々は何者か？
我々はどこに行くのか？



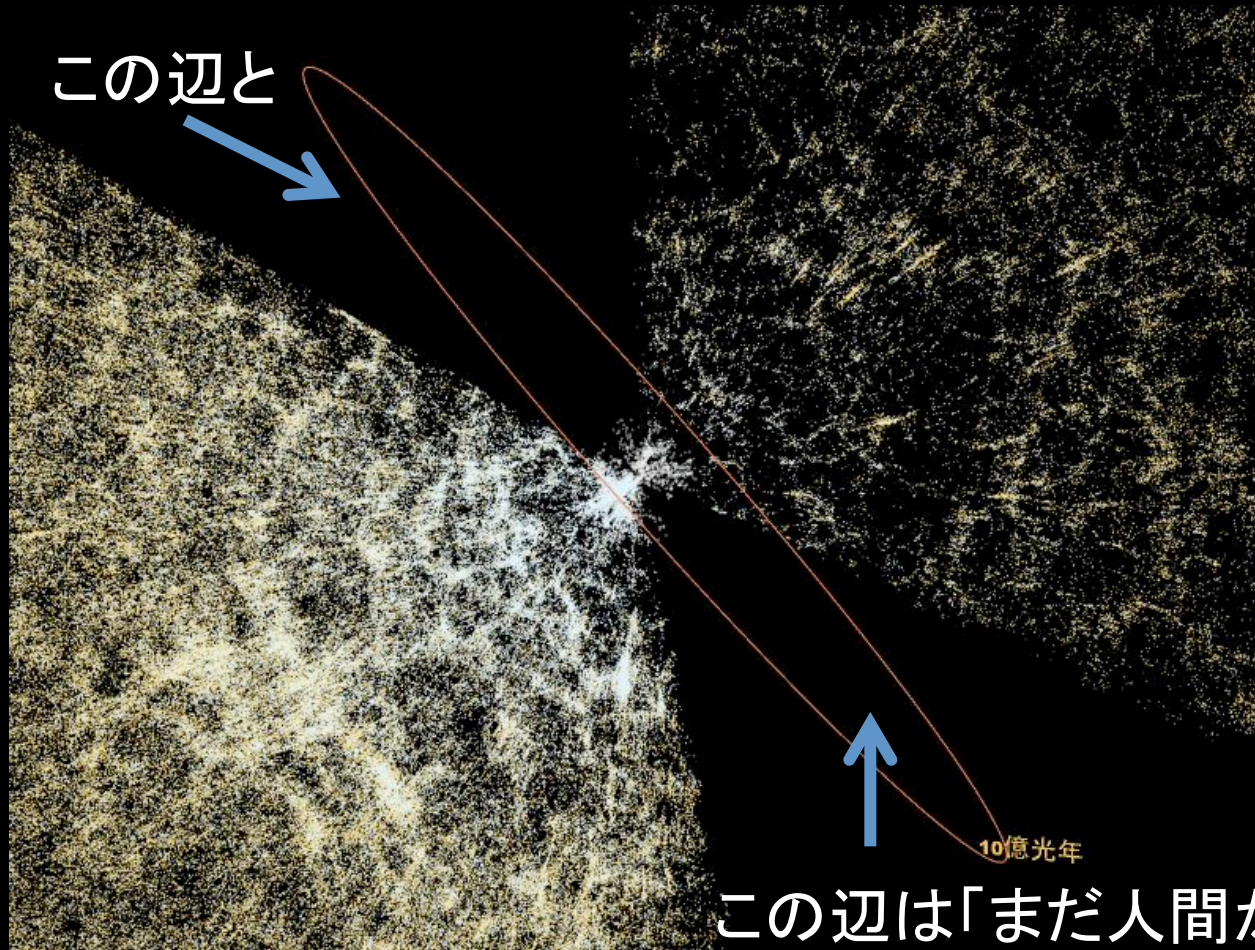
Paul Gauguin, ボストン美術館所蔵

私たちはどこに住んでいるか？



宇宙の大規模構造

銀河は宇宙に一様に分布しているのではなく、まるで泡のように、銀河が集中している場所と全く銀河がない場所がある。

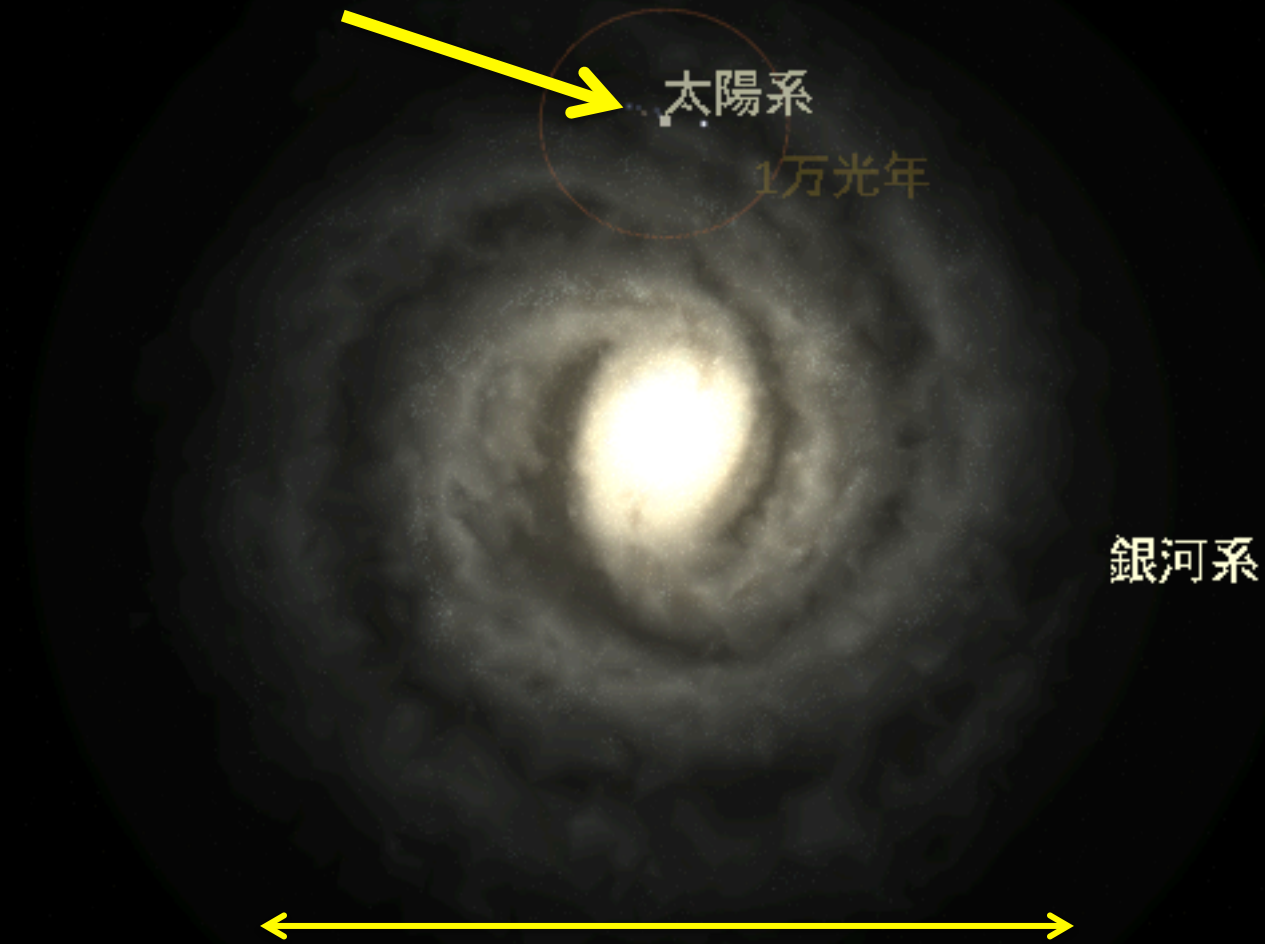


この辺は「まだ人間が観測してない」のであって銀河がないわけではない

局所銀河団（銀河系のご近所）



銀河系の中の太陽の位置

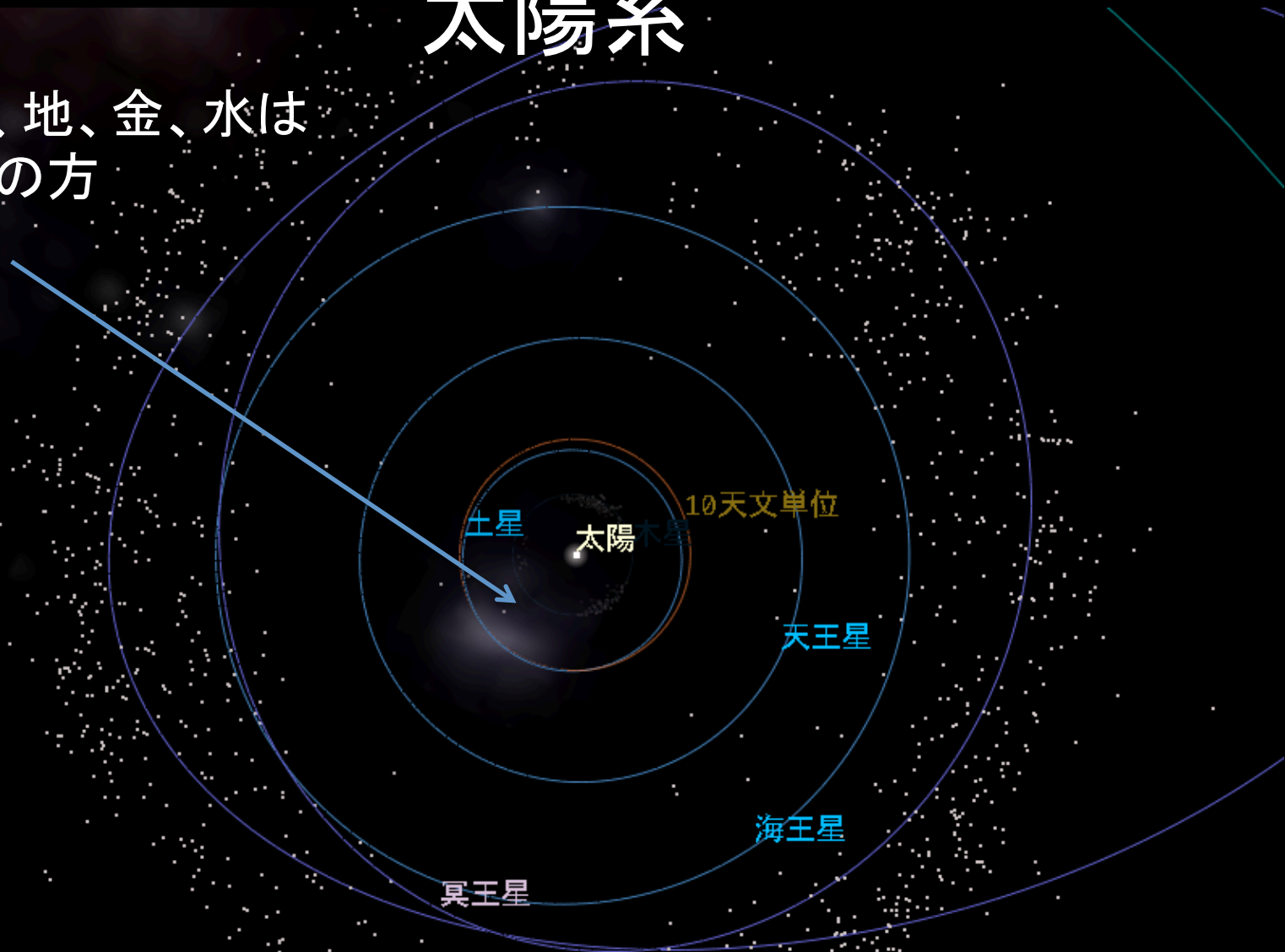


太陽系のご近所の星々

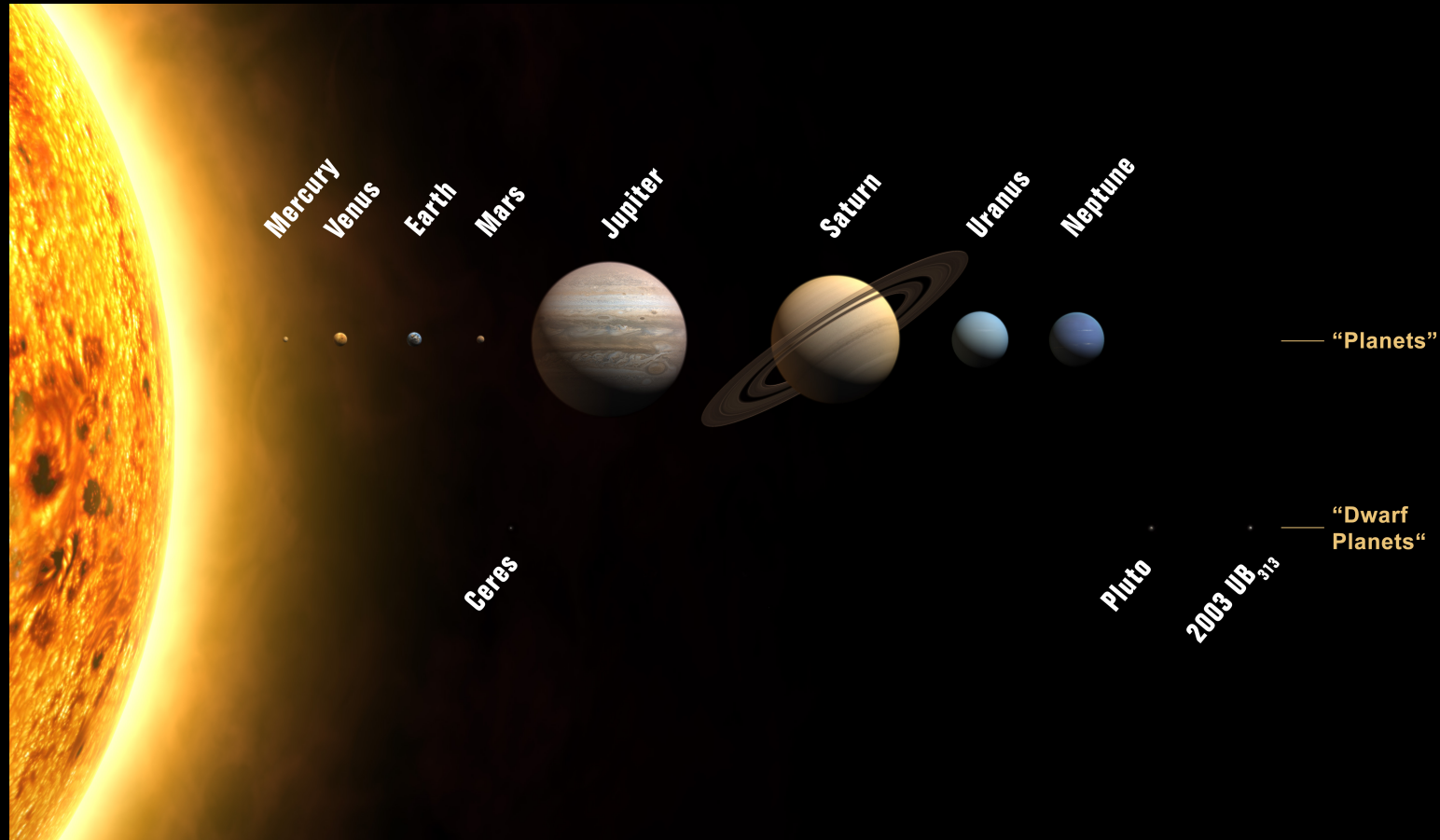


太陽系

木、火、地、金、水は
この中の方



太陽系の天体たち



恒星...自分自身でエネルギーを放出して輝く星。太陽や夜空に見える星がそう
惑星...自分では光らず、恒星の周りを回る星
太陽系内には、これ以外にも"準惑星"や小惑星、彗星などの小天体がある
惑星、太陽系内天体の話は次回以降。

宇宙をどうやって知るか？

- 宇宙は広い＝直接行って調べられない
 - 人間の送り込んだ物体で現在最も遠くまで行っているのはボイジャー1号。現在太陽系の端を越えて100億km以上離れている。が、隣の星は約4光年(~10兆km)先。まだ隣の星までの1/1000も進んでいない
- 宇宙は大きい＝地上で実験できない
- 天体から届く限られた情報から調べるしかない

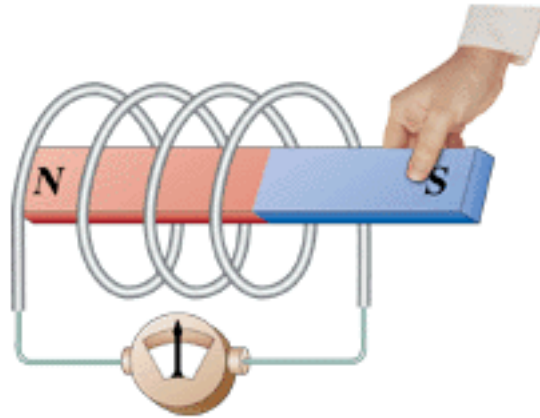
宇宙(天体)から届くもの

- 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？

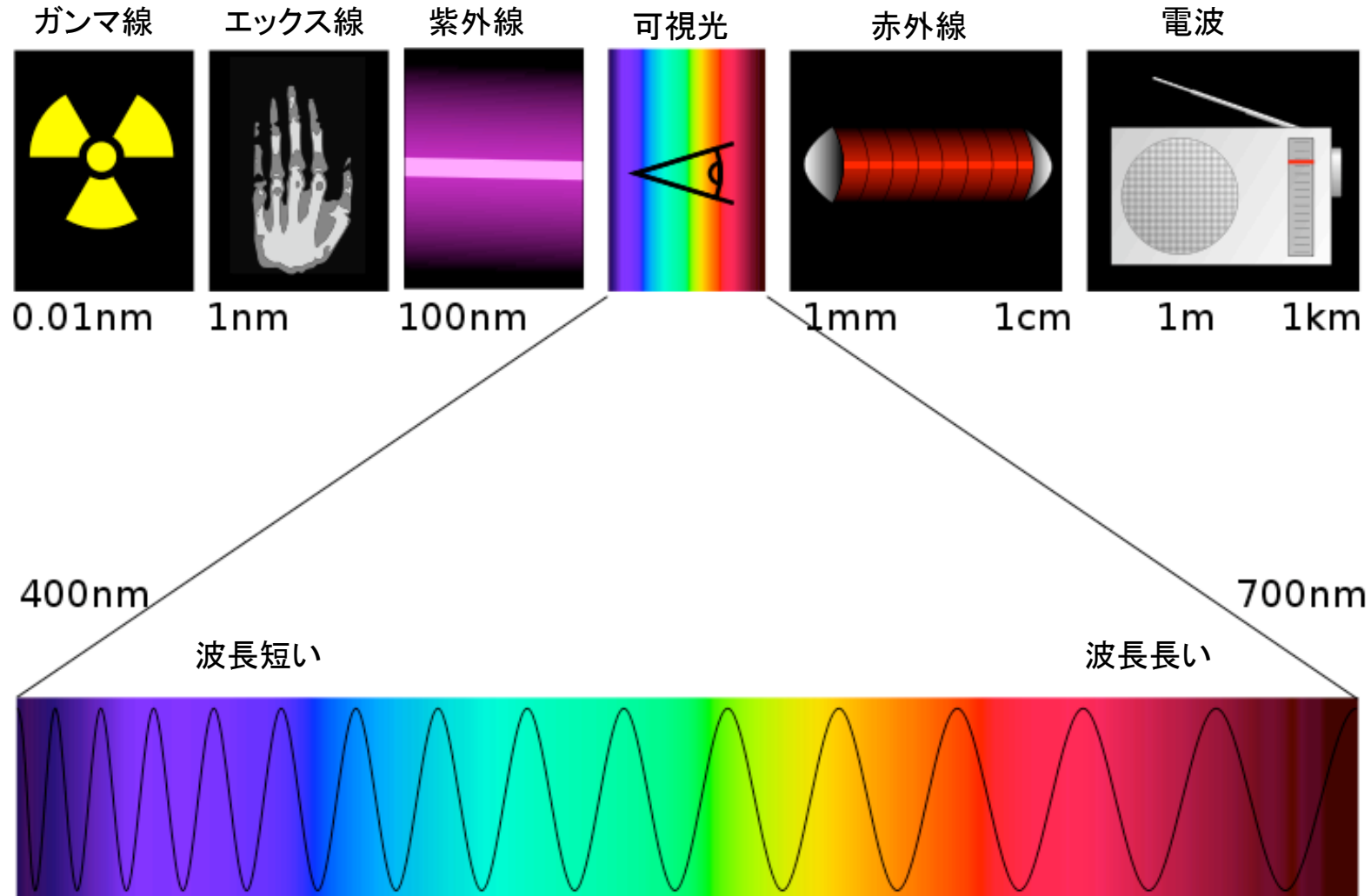
電磁波 = 電気と磁気の波

- 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

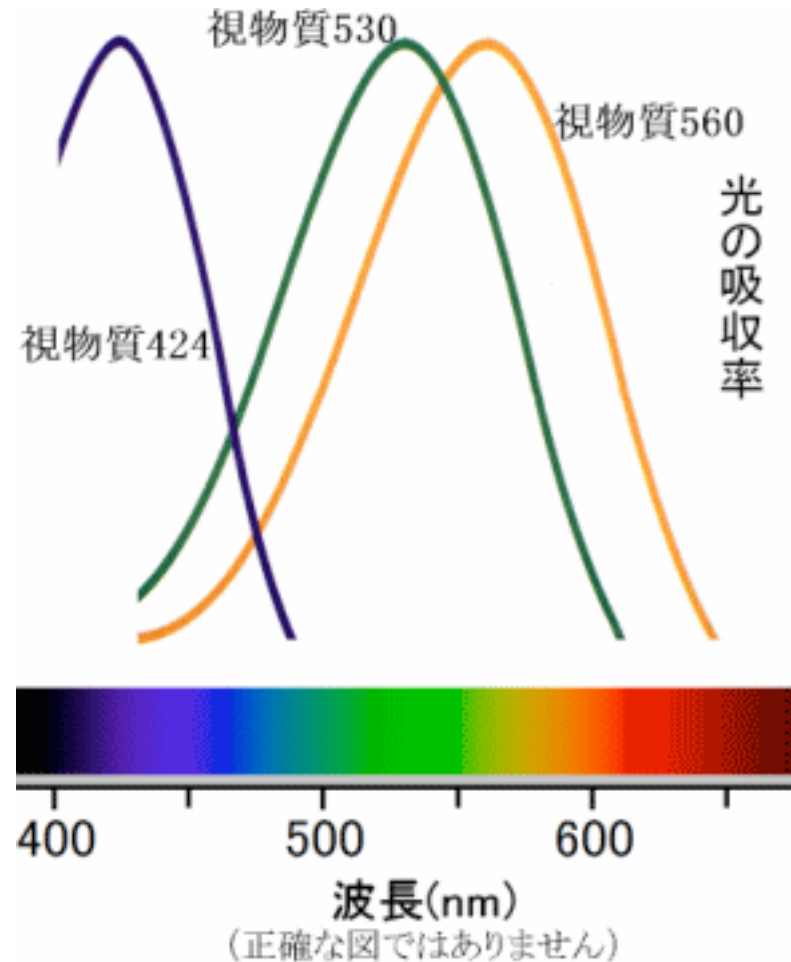


1nm(ナノメートル) = 10億分の1メートル

From wikipedia commons

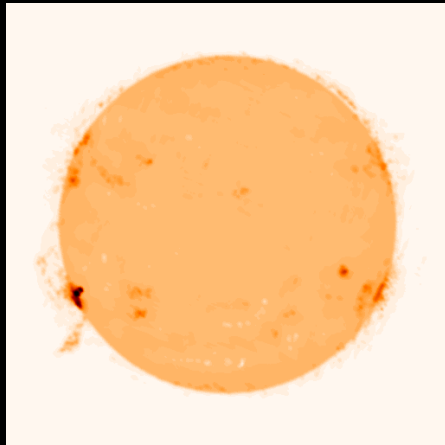
色を感じるメカニズム

- 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



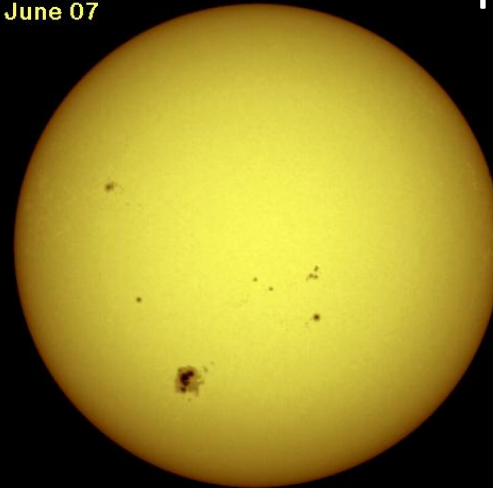
様々な波長で見た太陽

電波

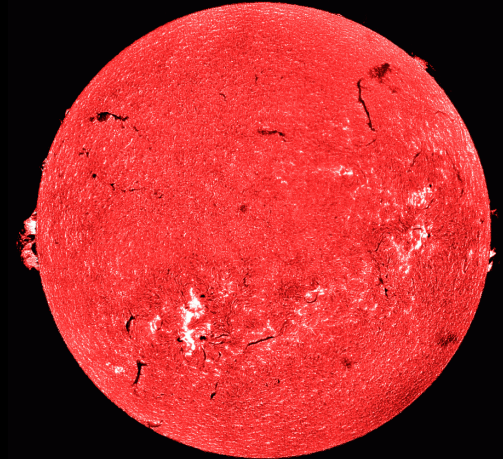


可視連続光

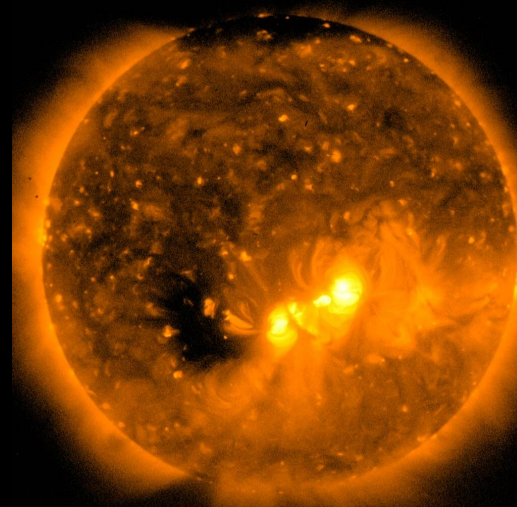
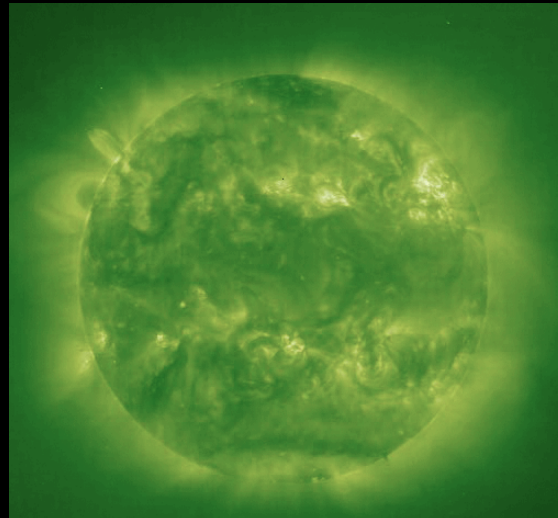
1992 June 07



H α 線(水素の出す赤い光)

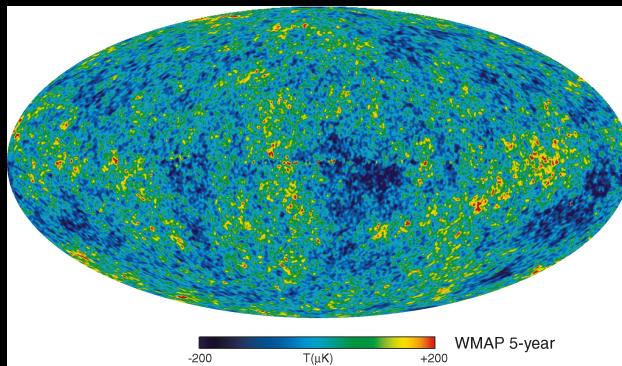


紫外線

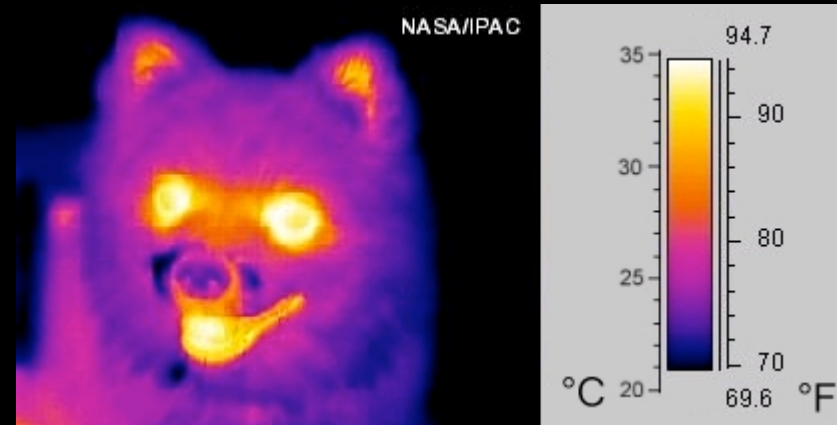


X線

物体はその温度に応じた電磁波を出している

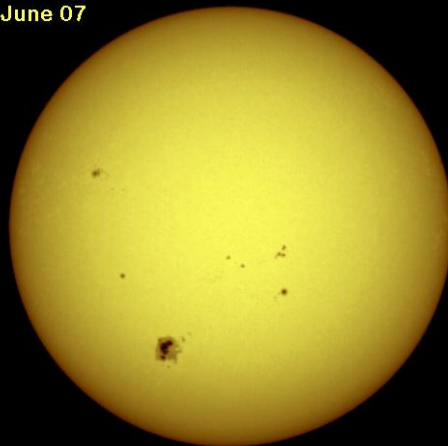


宇宙全体~-270度=>電波

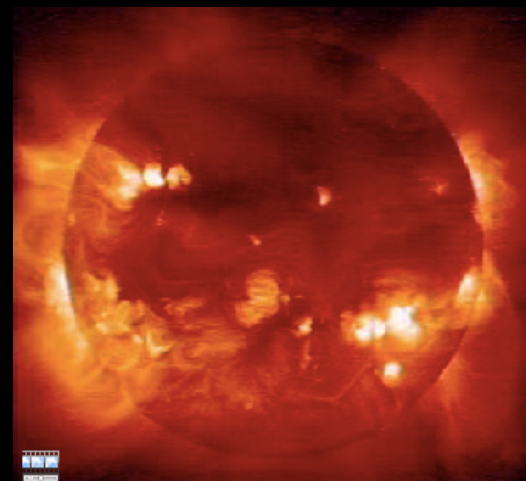


人や動物~40度=>赤外線

1992 June 07



太陽表面~6000度=>可視光



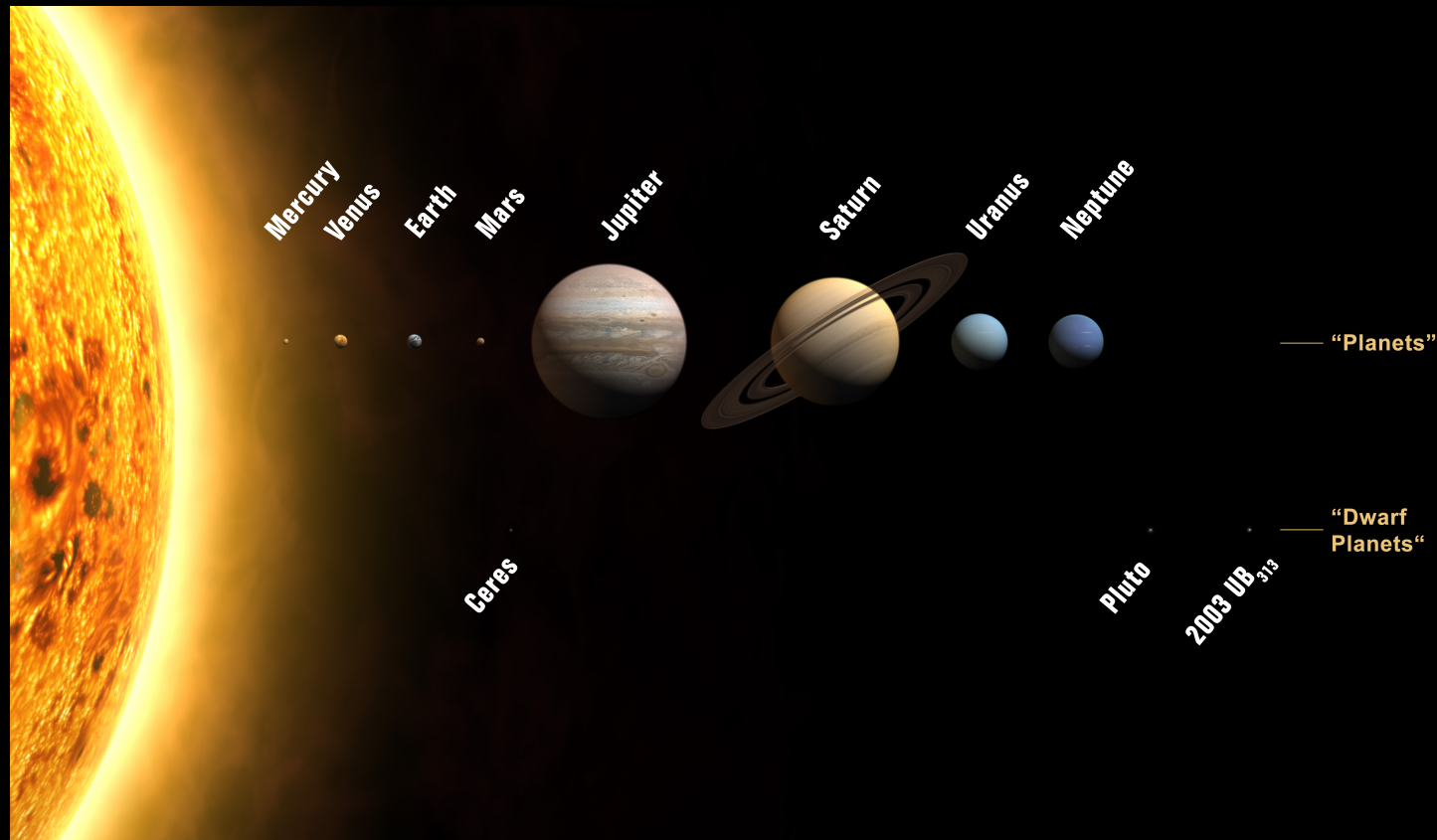
太陽コロナ~100万度=>X線

問題: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

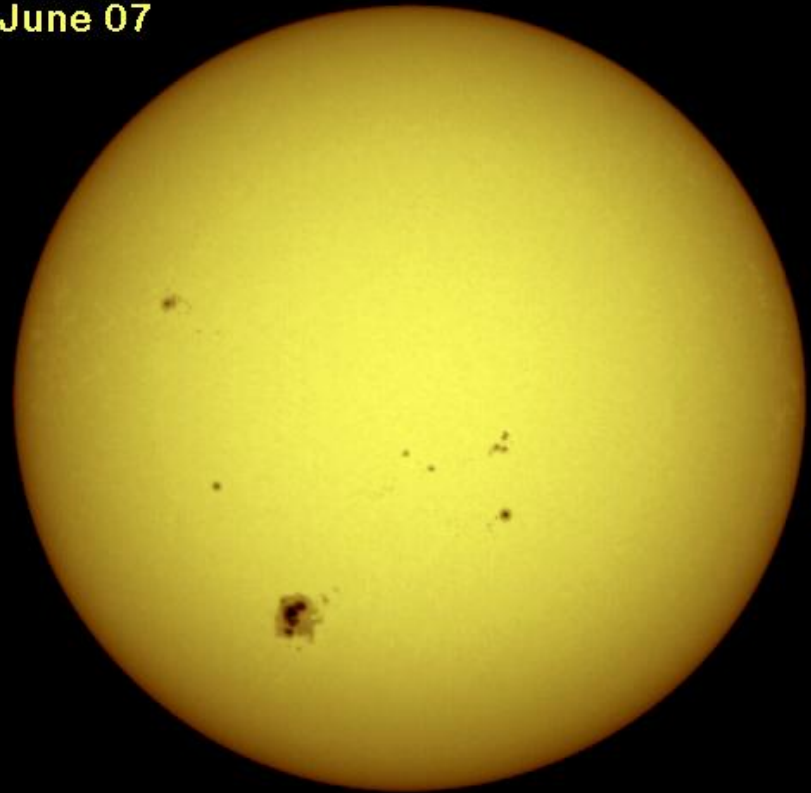


- 自分では光らず、恒星の周りを回る星
- 岩石(水、金、地、火)、ガス(木、土)、氷(天、海)などでできている
- 太陽系以外でも見つかっている(詳細は後日)

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)



アルクトゥールズ 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)

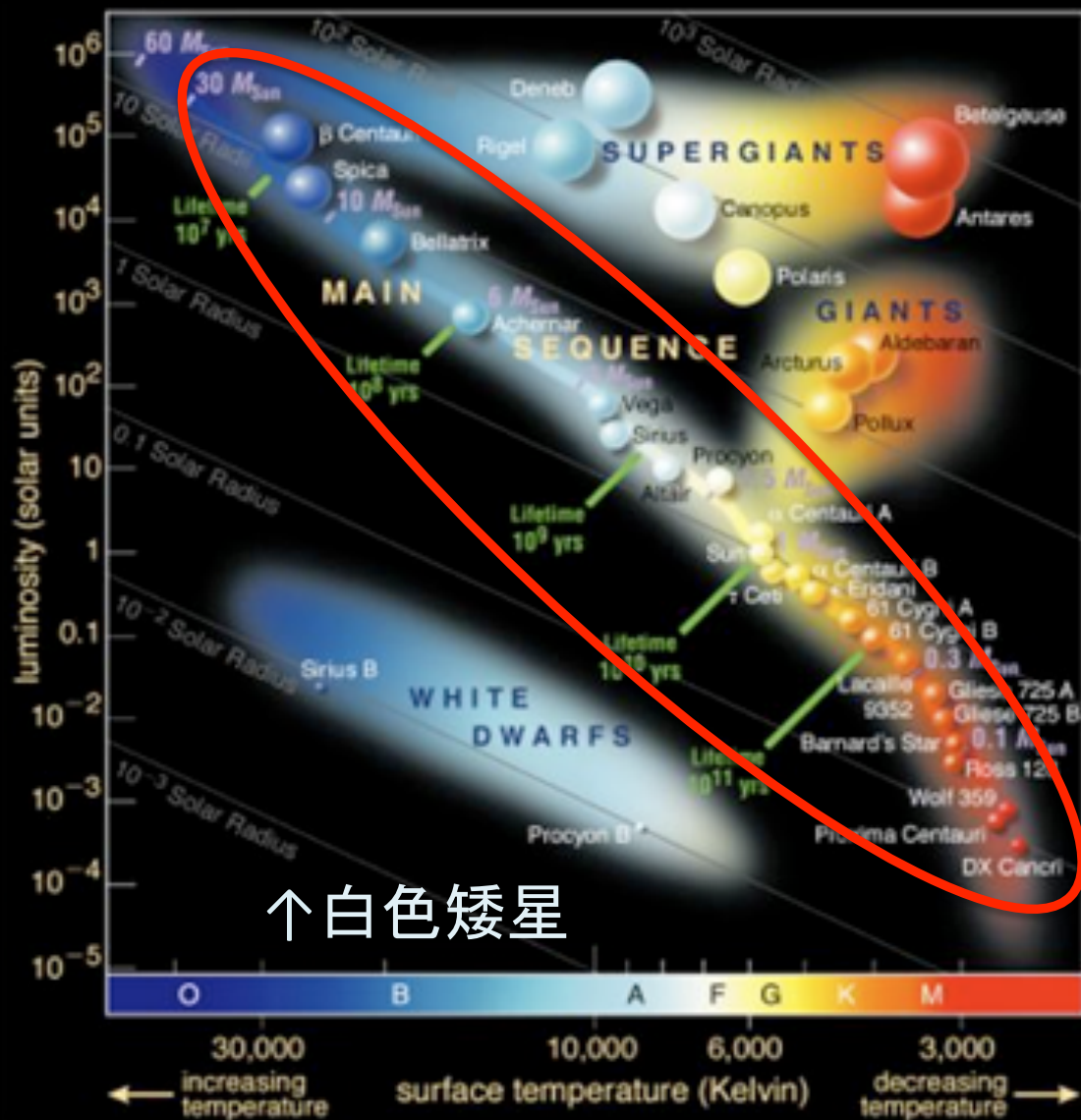
ヘルツシュプルング・ラッセル図(HR図)

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

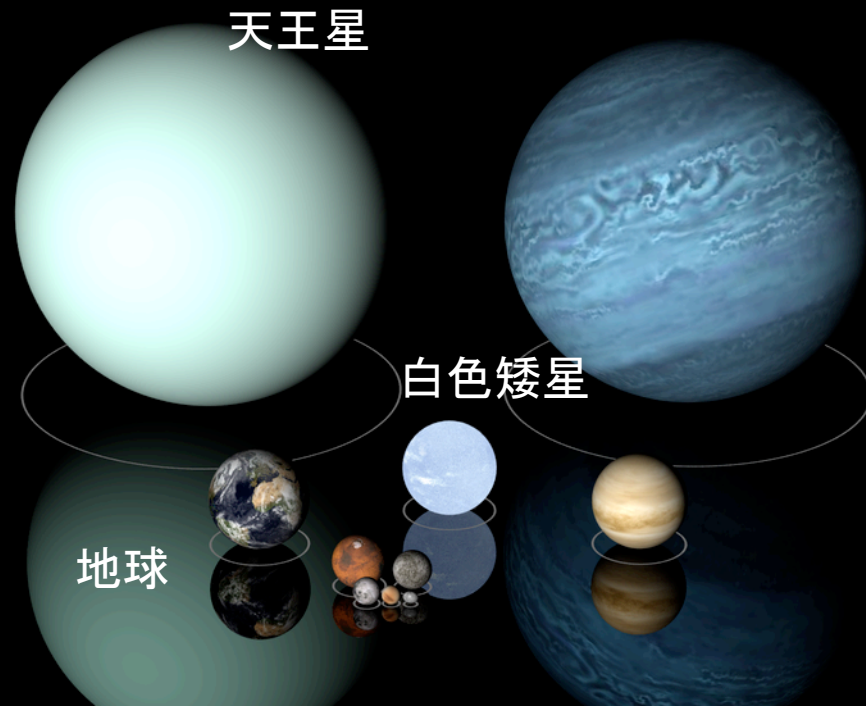
主系列星

↑白色矮星

温度

白色矮星(はくしょくわいせい)

From wikipedia commons



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。

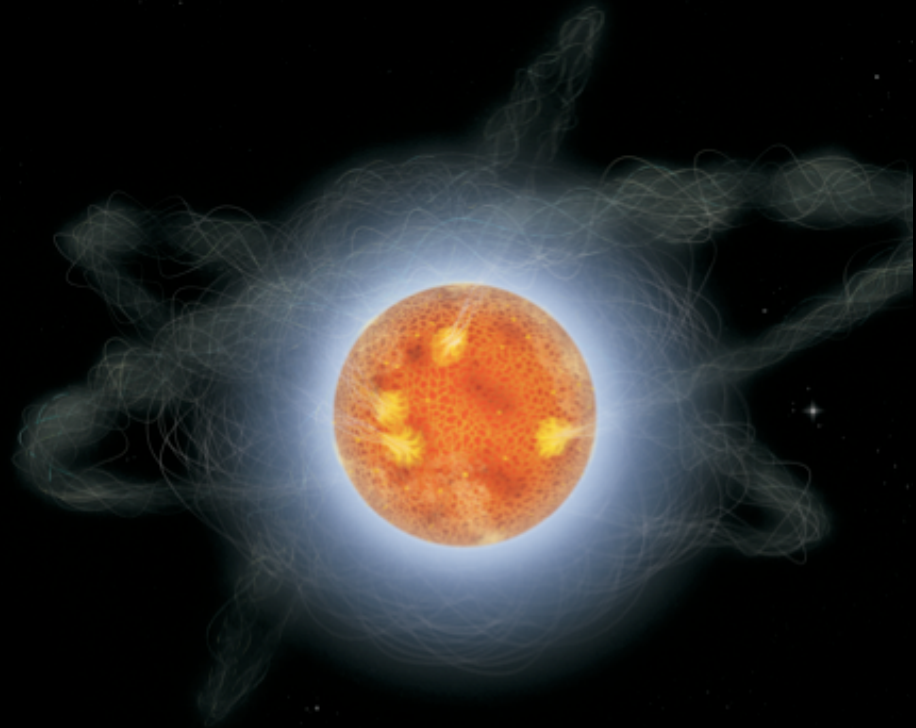
=> **白色矮星**

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。

重力むちゃくちゃ強い。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)

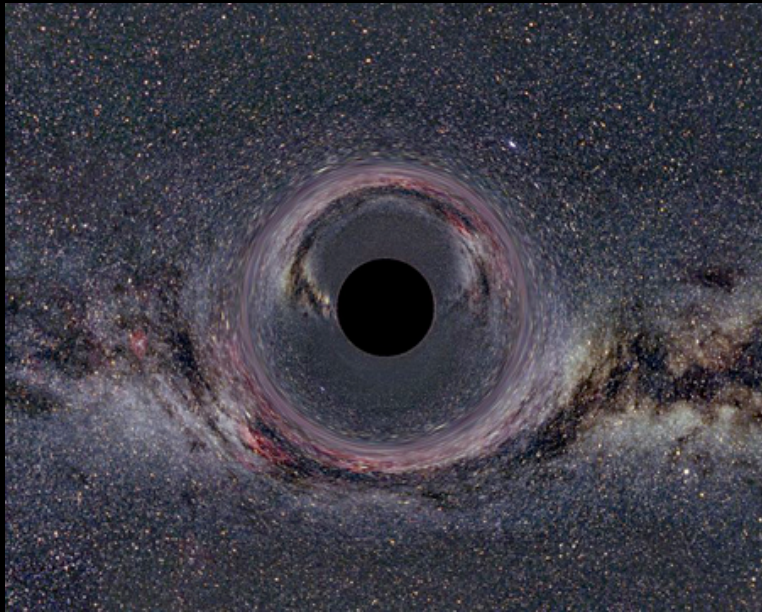


© 2008 Sky & Telescope; Gregg Dinderman

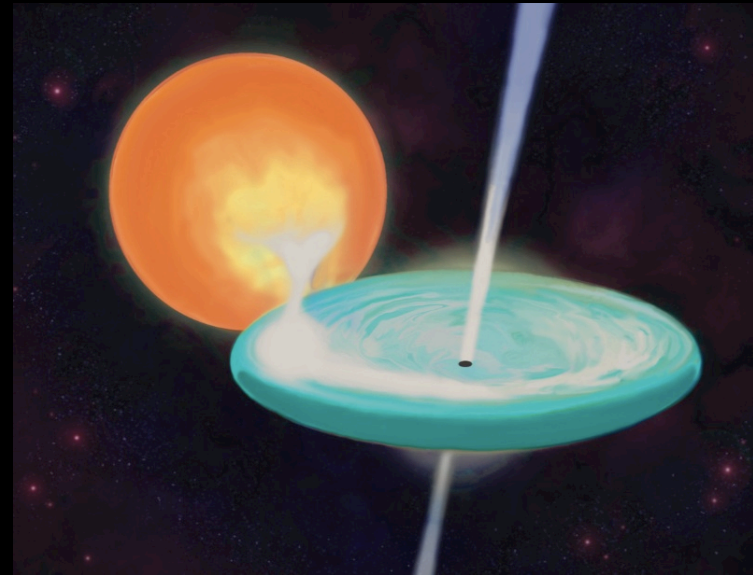
想像図(NASA)

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

- 「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

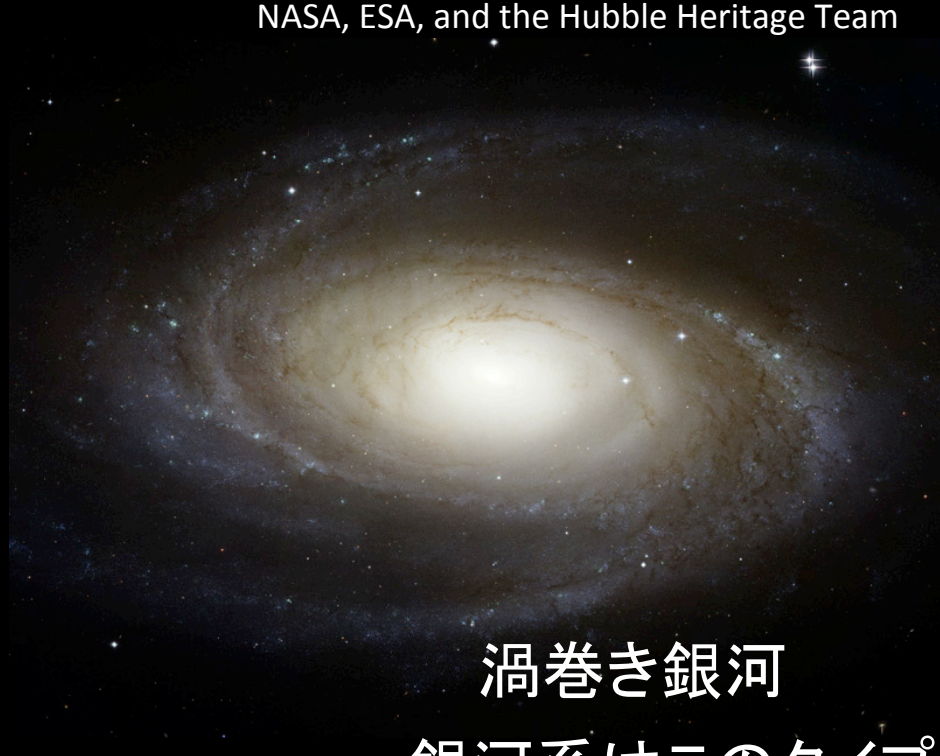
Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan
Copyright © 1999, National Astronomical Observatory of Japan, all rights reserved

不規則銀河



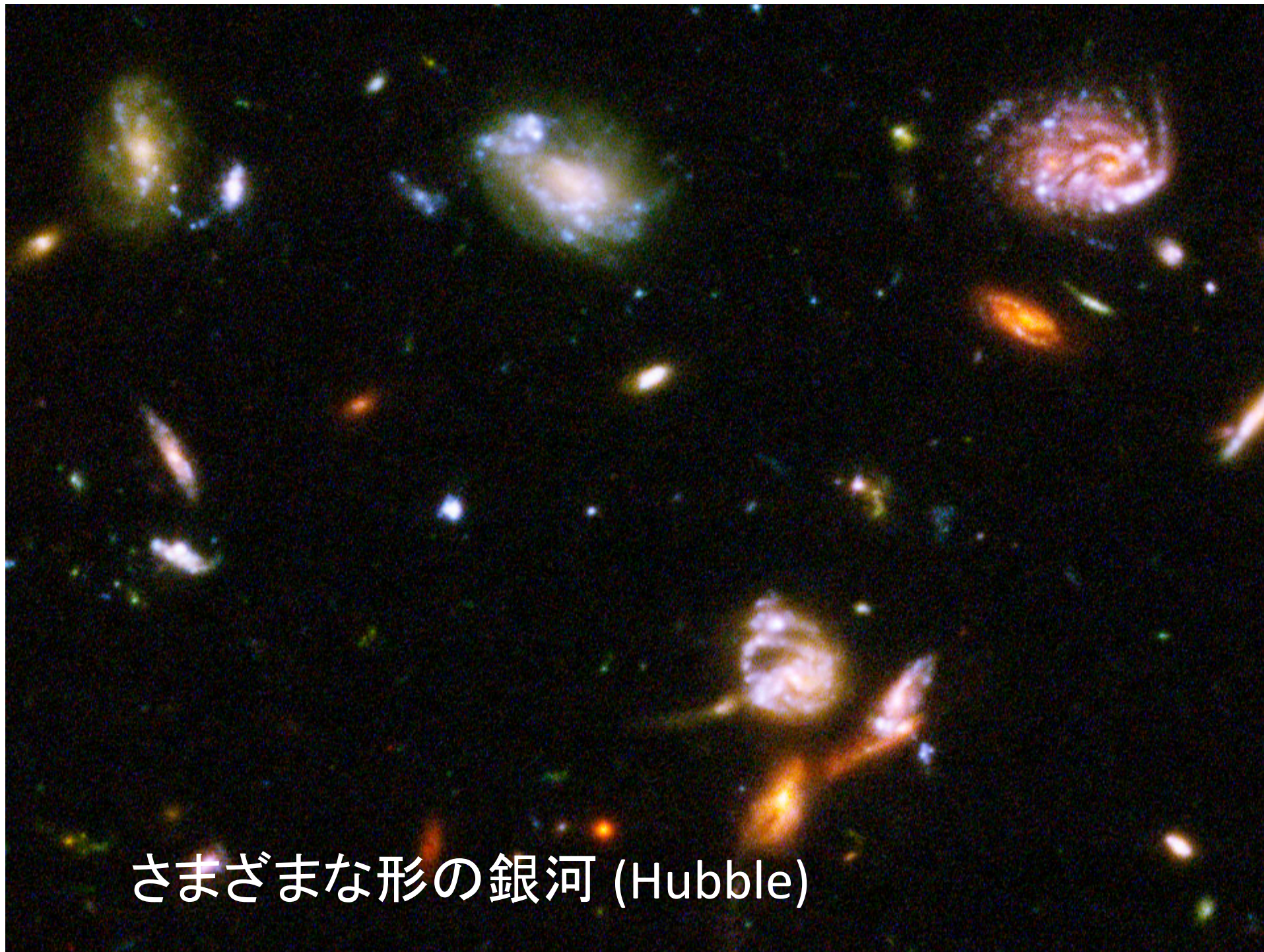
NASA/JPL-Caltech/SSC

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

さまざまな元素

水素

ヘリウム

リチウム

Legend:

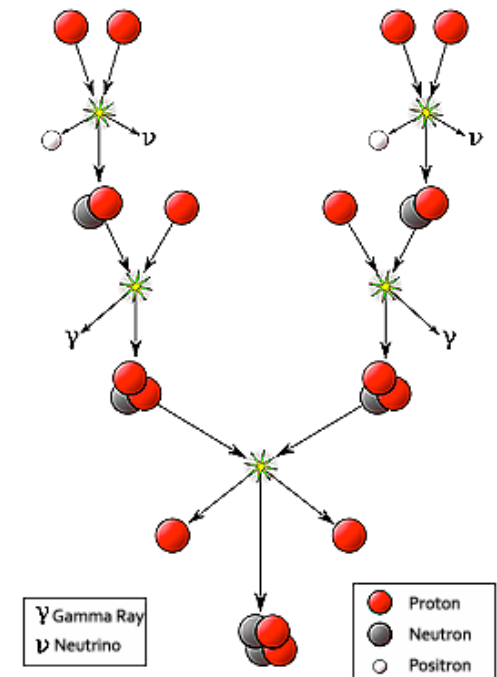
- Metal (Red)
- Semimetal (Green)
- Nonmetal (Yellow)

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

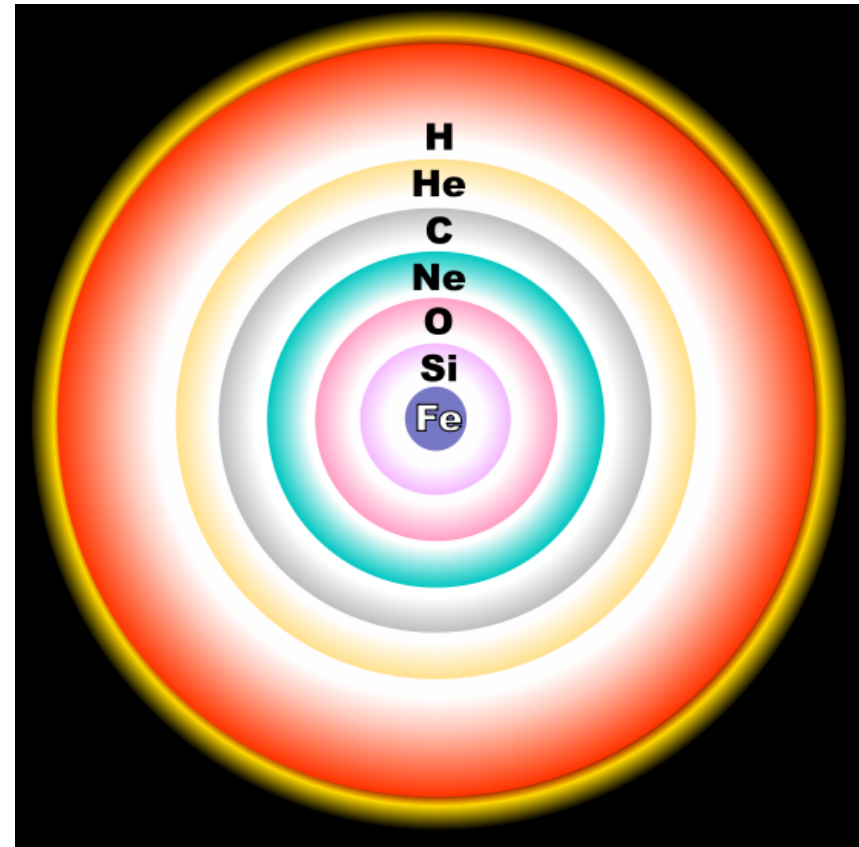


- **星の中で、軽い元素(水素、ヘリウム)から重い元素が作られる**

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

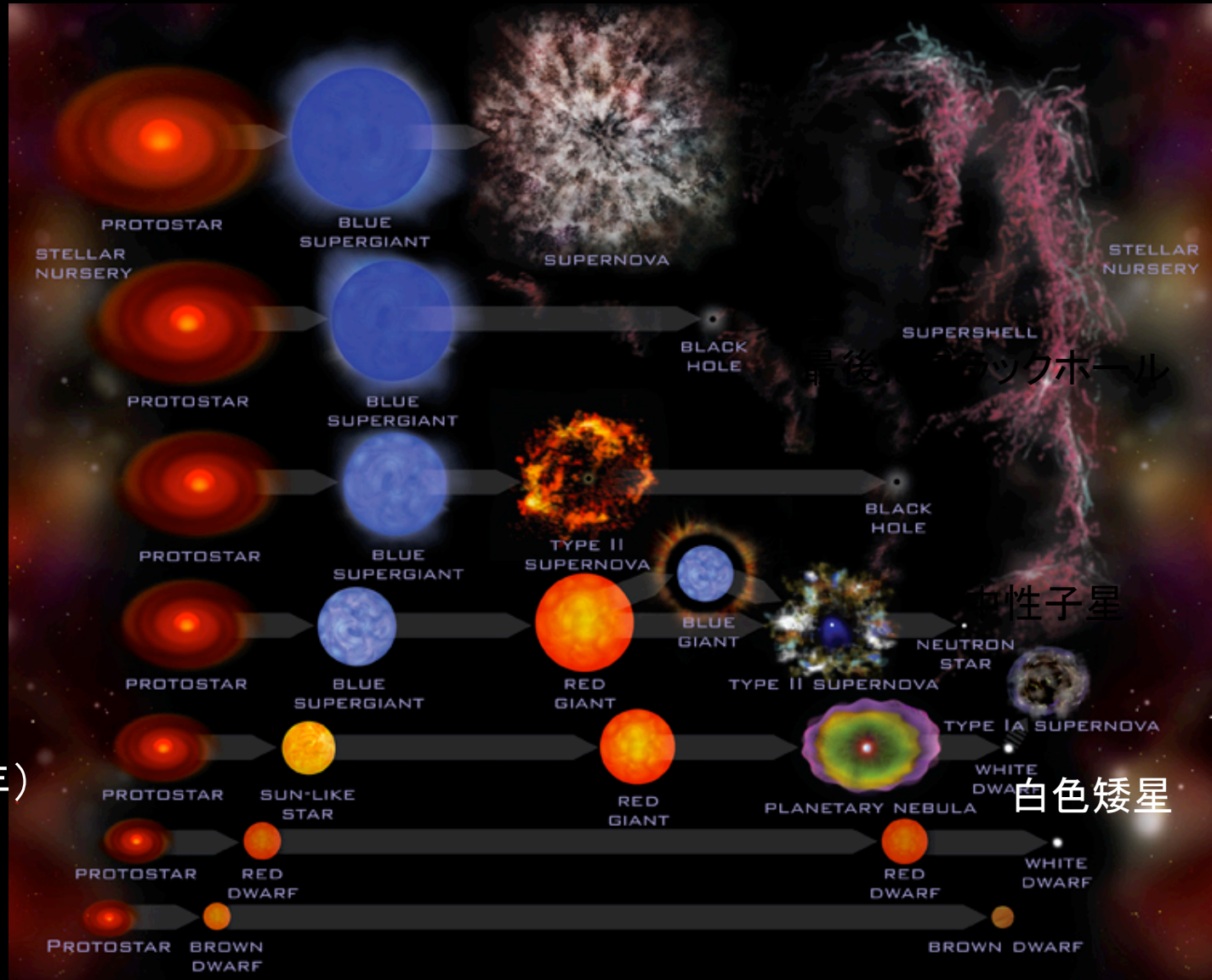


この後中心で水素の核融合が始まると、主系列星になる。

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)



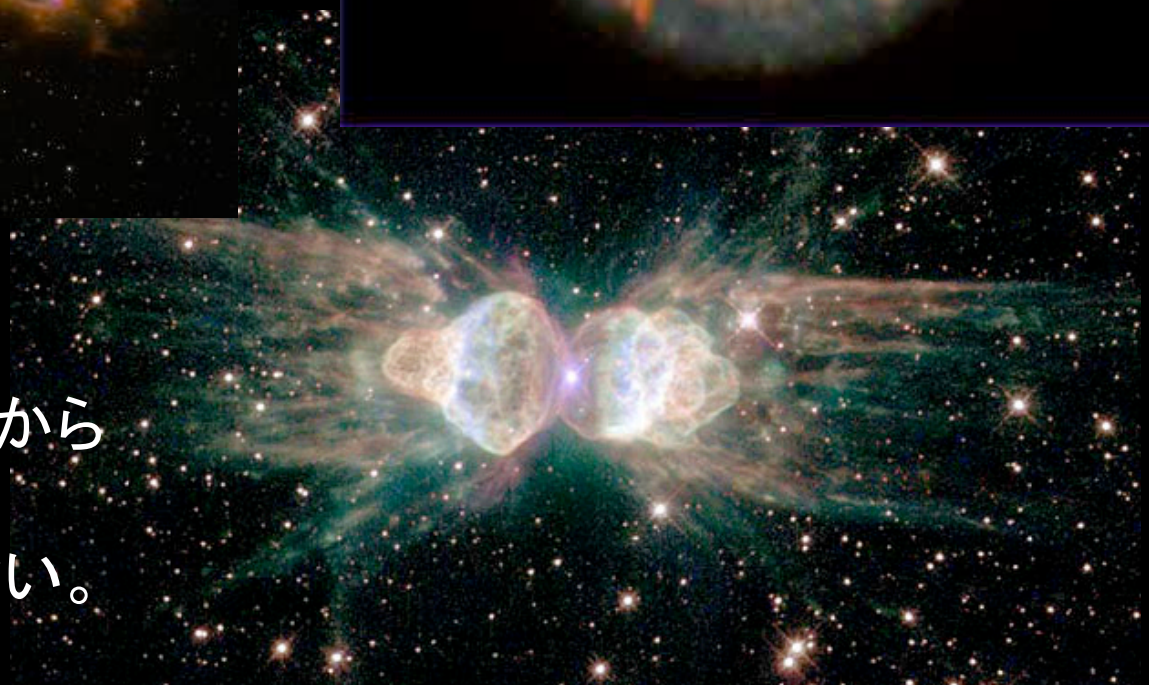


超新星残骸(カニ星雲) 中心付近に中性子星がある。

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

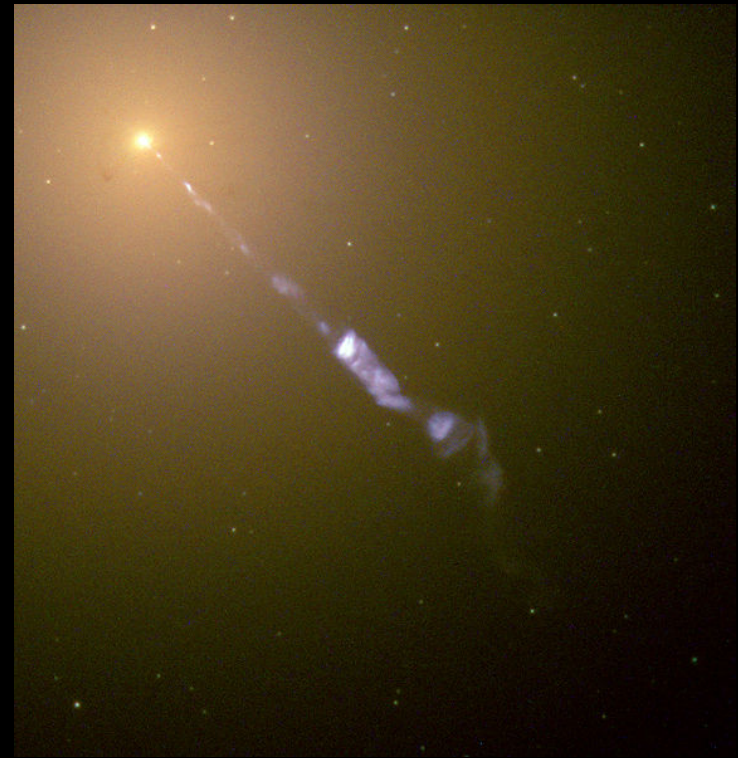
- 今は寿命のちょうど真ん中あたり(46億歳)
- あと50億年くらいはほとんど変化なし
 - ただし、少しずつ明るくなる
- 約50億年後、中心部分の水素の核融合が終わり、急速に膨らんで赤色巨星になる
 - この時点で地球は(おそらく)飲み込まれる
- やがて外層が流れ出て惑星状星雲を作り、中心には白色矮星が残る
- かつて太陽や地球だったガスやチリから、やがて新しい星が生まれる

ウルトラマンの故郷について

- M78星雲がウルトラマンの故郷であることは、ウルトラマン第1話においてウルトラマン自らが語っている。当初は「M87星雲」という設定だったが、脚本印刷時に「M78星雲」と誤植されてそれがそのまま放映され、現在に至っている(ウィキペディアより)
- 星雲とは、(肉眼や解像度の低い望遠鏡だと)ぼんやりと広がりを持って見える天体のこと。
 - 正体は銀河(星の集まり)、星団(小規模な星の集まり)、超新星残骸(星が死ぬ時の大爆発のなごり)、寿命が近い星から流れ出たガスなど。
 - 昔は区別がついていなかったなので、全て星雲(nebula)と呼んだ
- Mナントカというのは、18世紀の天文学者、シャルル・メシエが作成した星雲のカタログに載っている天体のこと。M1からM110までである。



M78 ... 実は反射星雲。濃いガスが近くの星の光を反射している。ただの濃いガスの雲なので、もちろん住めない。オリオン座の近くにあり、1600光年ほど離れている。



M87 ... 楕円銀河。恐らく中心に巨大ブラックホールがあり、そこからジェット（高速で飛び出すガスの流れ）が噴出しているのが見つかった。

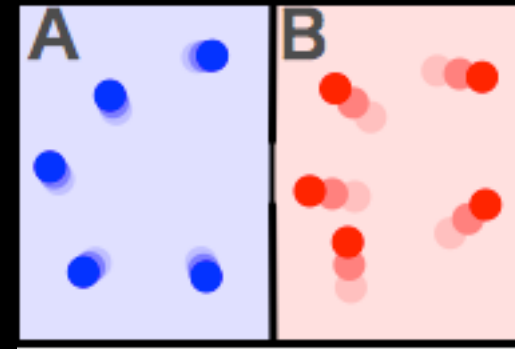
おしまい

- 次回は、太陽と地球の関係についてです。

補足スライド

温度って何？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



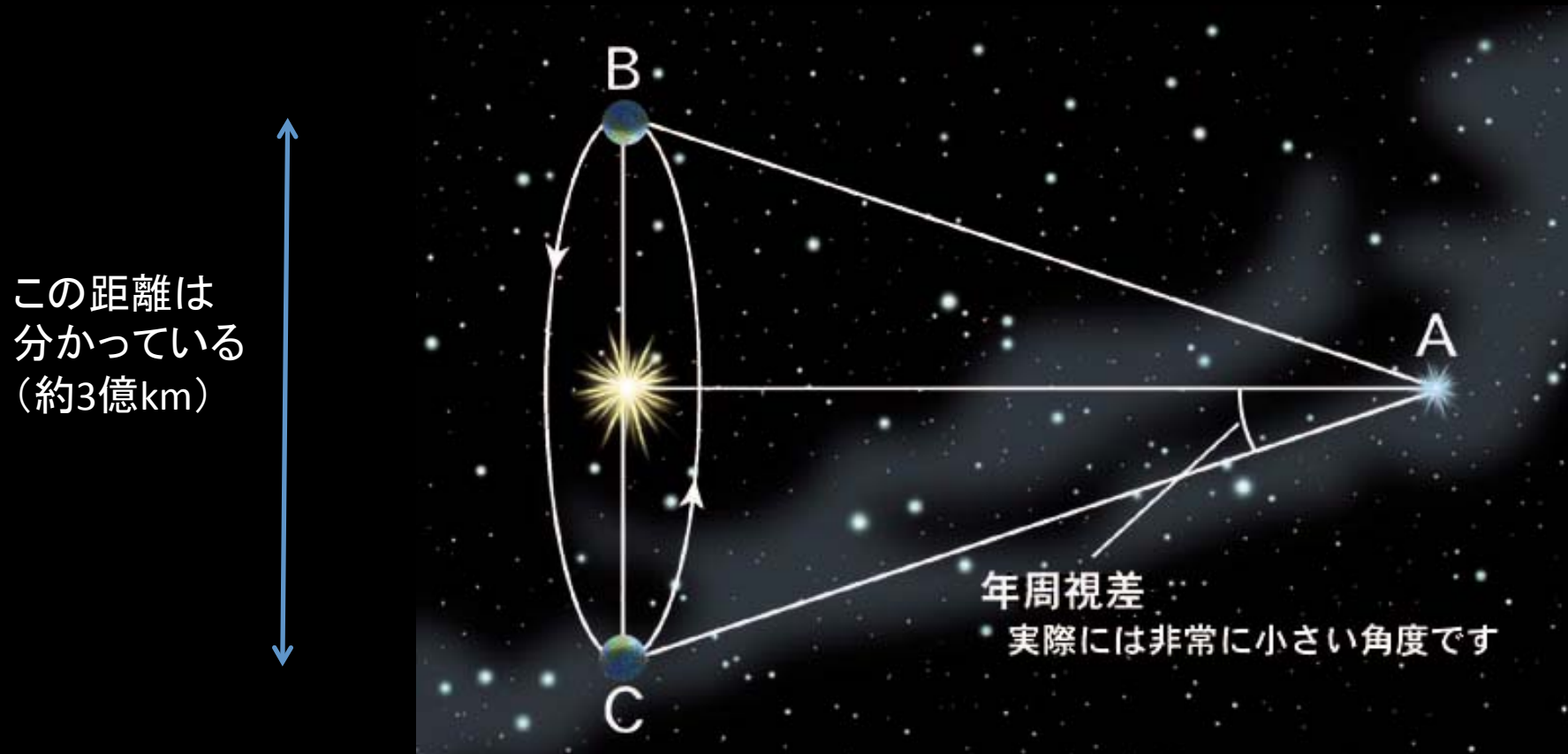
サウナとお湯の違いは、密度＝分子の数の違い。

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

