

京都精華大学 基礎講義

自然科学論B

～宇宙科学と人文社会科学・芸術表現～

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

京都精華大学・非常勤講師

第5回 2010年5月18日

天体の種類

- 恒星: 自分自身で核融合反応によりエネルギーを放出して輝く星
 - 例: 太陽
- 惑星: 恒星の周りを回る、自分では光らない星
 - 例: 地球、金星、火星、木星 etc..
- コンパクト天体
 - ブラックホール、中性子星、白色矮星など
 - 恒星が死んだ跡にできる
 - 銀河の中心には巨大ブラックホールがある
- ガス状の天体
 - 分子雲、惑星状星雲、降着円盤
- 銀河: 恒星の集まり
 - 例: 銀河系、アンドロメダ銀河、

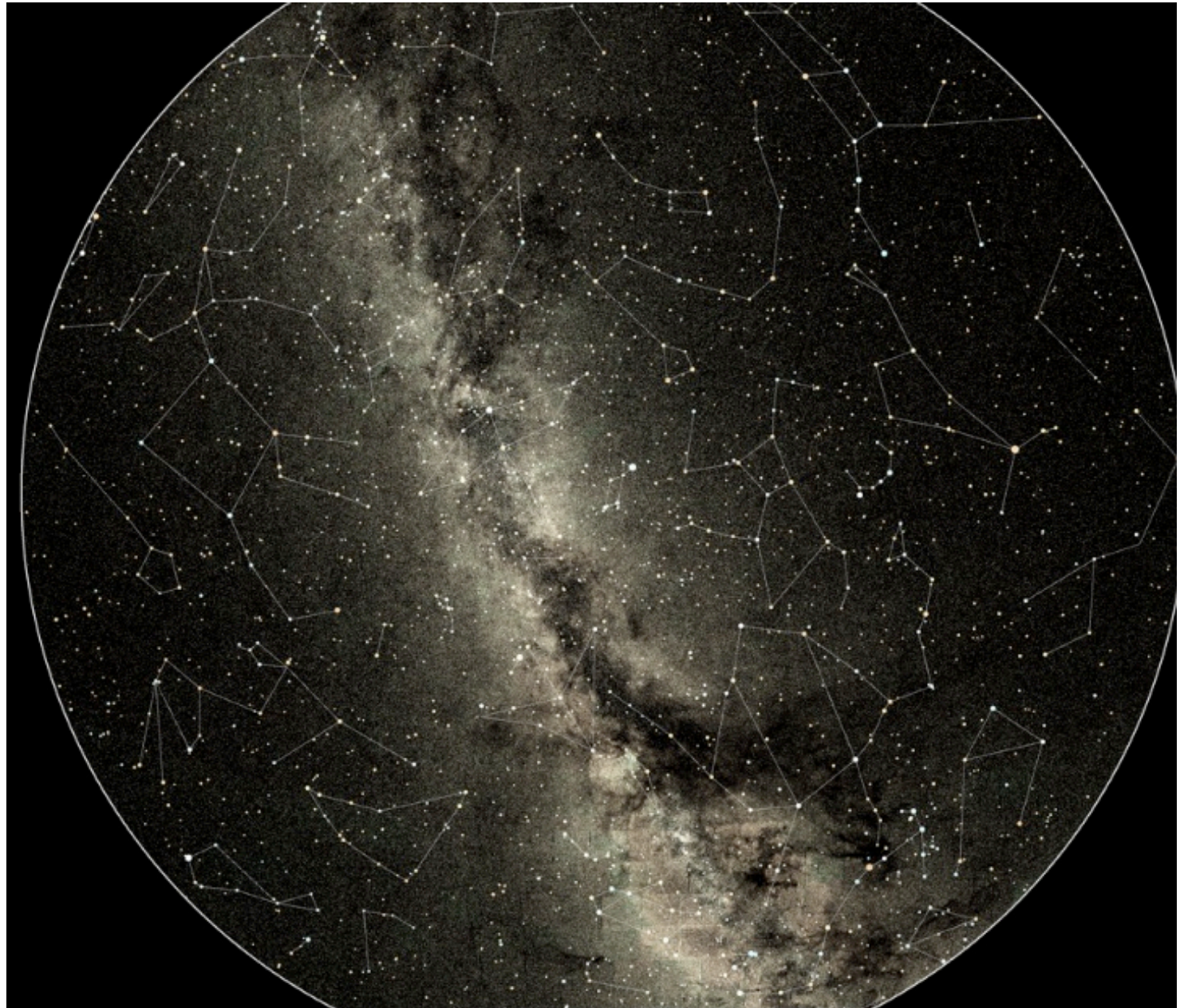
7月7日の星空

星の明るさは「等級」で表す。数が小さいほど明るく、等級が一つあがると約2.5倍明るくなる。

京都市内で肉眼で見えるのは3等星くらいまで。

太陽はマイナス27等くらい。

(京都大学・前原裕之氏より)



星の色の違い＝温度の違い

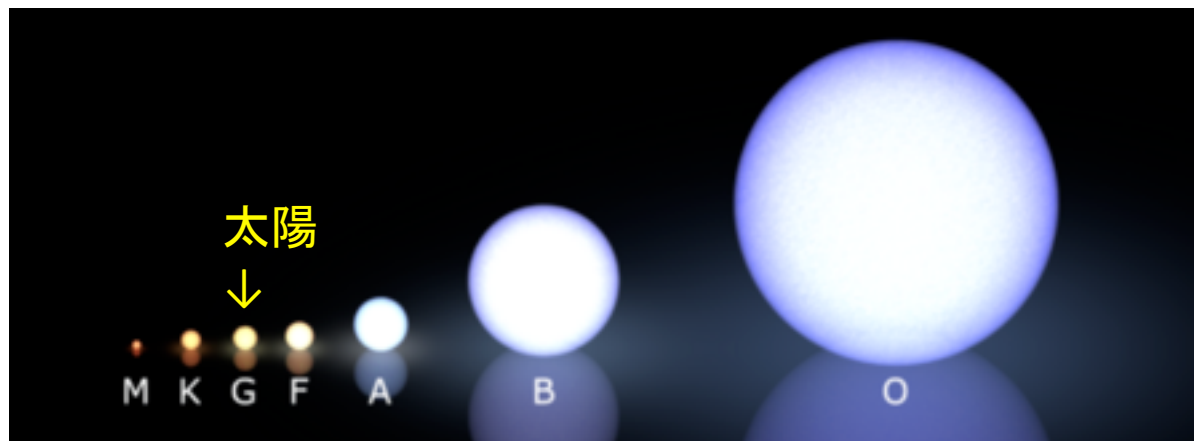


青っぽい...温度が高い(1万～数万度)



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)



↑質量は太陽の1/10

↑質量は太陽の数10倍

スペクトル型

O型
B型
A型
F型
G型
K型
M型

温度

30000 ~ 50000度
10000 ~ 30000度
7500 ~ 10000度
6000 ~ 7500度
5300 ~ 6000度
4000 ~ 5300度
3000 ~ 4000度

色
青
青
青白
白
黄 ...
橙
赤

太陽はこれ

Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me! と覚える
(覚えなくてもよい)

ヘルツシュプルング・ラッセル図(HR図)

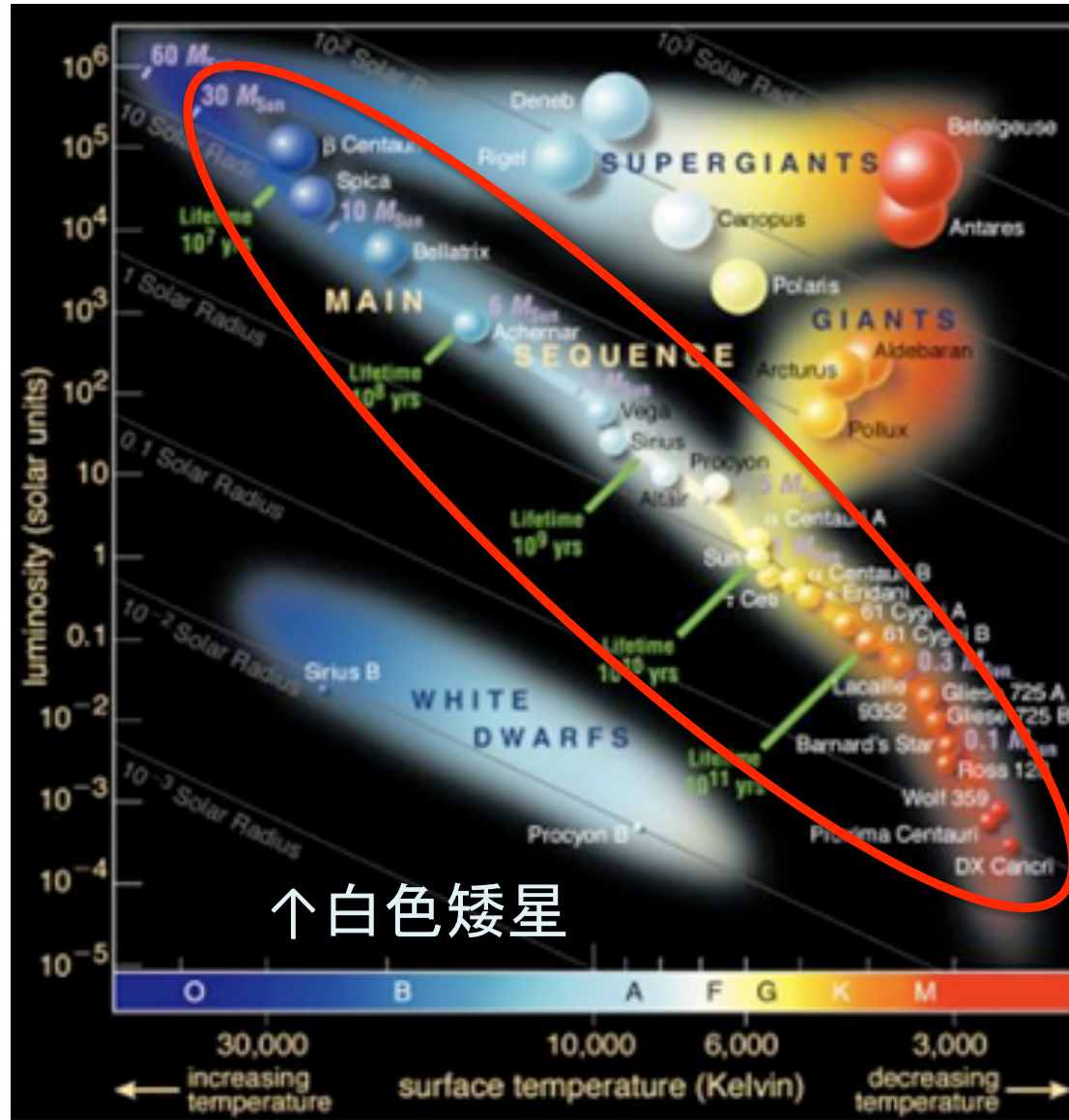
明るさ

主系列星：
水素の核融合により光る
恒星。

質量が決まれば
温度と明るさが決まる。

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

ヘルツシュプリング・ラッセル図をモチーフにした作品



2009
jewelry design
competition
ジュエリーデザイン コンペティション

京セラ（株）との共催により、ジュエリーデザインコンペティションを開催します。京セラには京セラ本社で開催する表彰式への参加および京セラ美術館での作品展示の機会があるほか、協賛賞・優秀賞受賞作品に対しプロトタイプ賞品が贈られます。自分のアイデアやデザインが実現するチャンスです。京セラの新しい文化を創造する意欲的なデザインに応募をお願いします。この企画は、本学と京セラ大学宇宙科学研究所との連携事業「宇宙とアート」プロジェクトの一環として開催します。

テーマ
「宇宙」

今年「自然文化」にあたることになり、「宇宙」をテーマとします。惑星、銀河、ブラックホール、ロケット、人工衛星、宇宙人、星雲、宇宙船など、宇宙から着想されるイメージや、実際の天体画像や科学的な知識を取り入れたもの、画家の宇宙観をイメージしてデザインなど、宇宙をテーマにした自由な発想の作品を募集します。作品には以下の1,2のいずれかの材料を選択してください。

1. 人工宝石を用いたアクセサリーのデザイン
ジュエリー、ブレスレット、ピアス、イヤリング、ブローチなど。
2. 京都オパールを用いた自由な商品デザイン
京都オパールは天然石でなく人工石であることが特徴です。素材特性を鑑み、これまでにないアクセサリーのコンセプトを打ち出せるような自由な発想で「宇宙」を表現してください。

※募集内容は募集案内の図説をご覧ください。
※人工宝石と京都オパールは京都大学のHPをご覧ください。
※京都に不在の参加希望者は以下のメールアドレスにてお問い合わせください。お問い合わせ先は京セラ大学宇宙科学研究所です。
→URL: <http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/osaka/jewelry>

【募集対象】 京都精華大学の在学生、京都大学の在学生

【表彰】
（最優秀賞）1点 副賞：プロトタイプ作品
（優秀賞）3点 副賞：プロトタイプ作品
（入選）5点 副賞：京セラミュージック商品

【審査員】 京セラ関係者、京都精華大学教員、京都大学教員

【応募方法】
A4サイズの用紙に下記内容を記載してください。1作品につき1枚使用してください。（複数作品応募可です）
《表紙》説明図（イラスト、デザイン画、アイデアスケッチ等 言葉での補足も可）
《裏紙》①人工宝石・京都オパールのどちらを選択したか
②作品タイトル
③デザイン主旨（コンセプト、ターゲット層、使用事例等）
④学種番号・氏名・携帯電話・メールアドレス

【募集スケジュール】
○募集内容説明会 9月30日（水）18:00-19:00 本館5階 H-303教室
●募集締切 10月30日（金）提出先：本館4階 募集係/企画課
○審査結果発表 11月中旬（予定）
○表彰式・展覧会 2010年1月中旬（予定）

【応募先・問合せ先】
京セラ大学/企画課（館5・西11）

京セラ×精華×京大宇宙ユニットの連携による ジュエリーデザインコンペ2009「宇宙」で優秀賞受賞

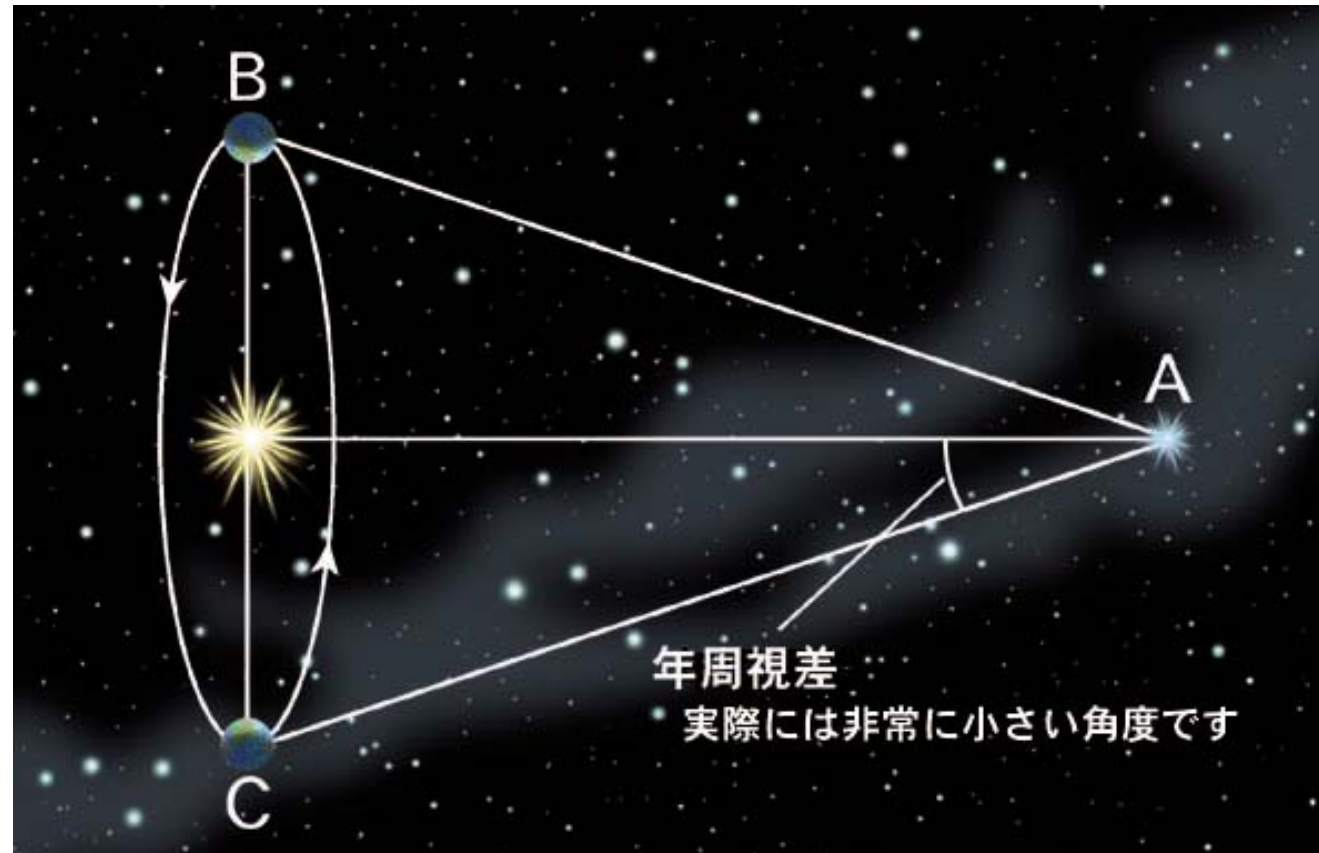


京都大学 渡邊皓子

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

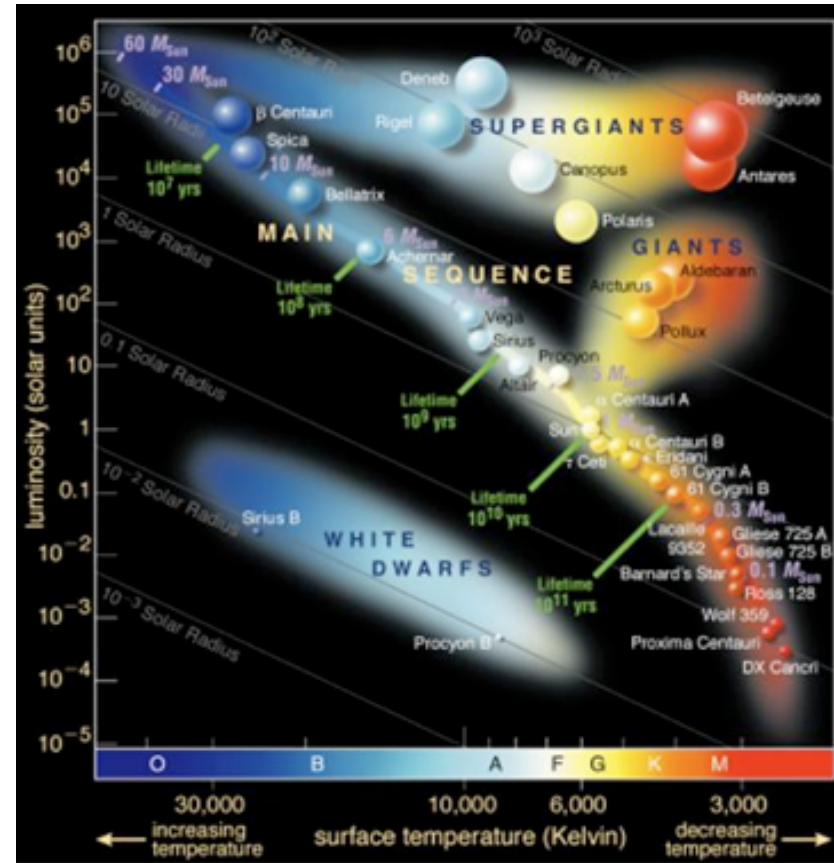
この距離は
分かっている
(約3億km)



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



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だす(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

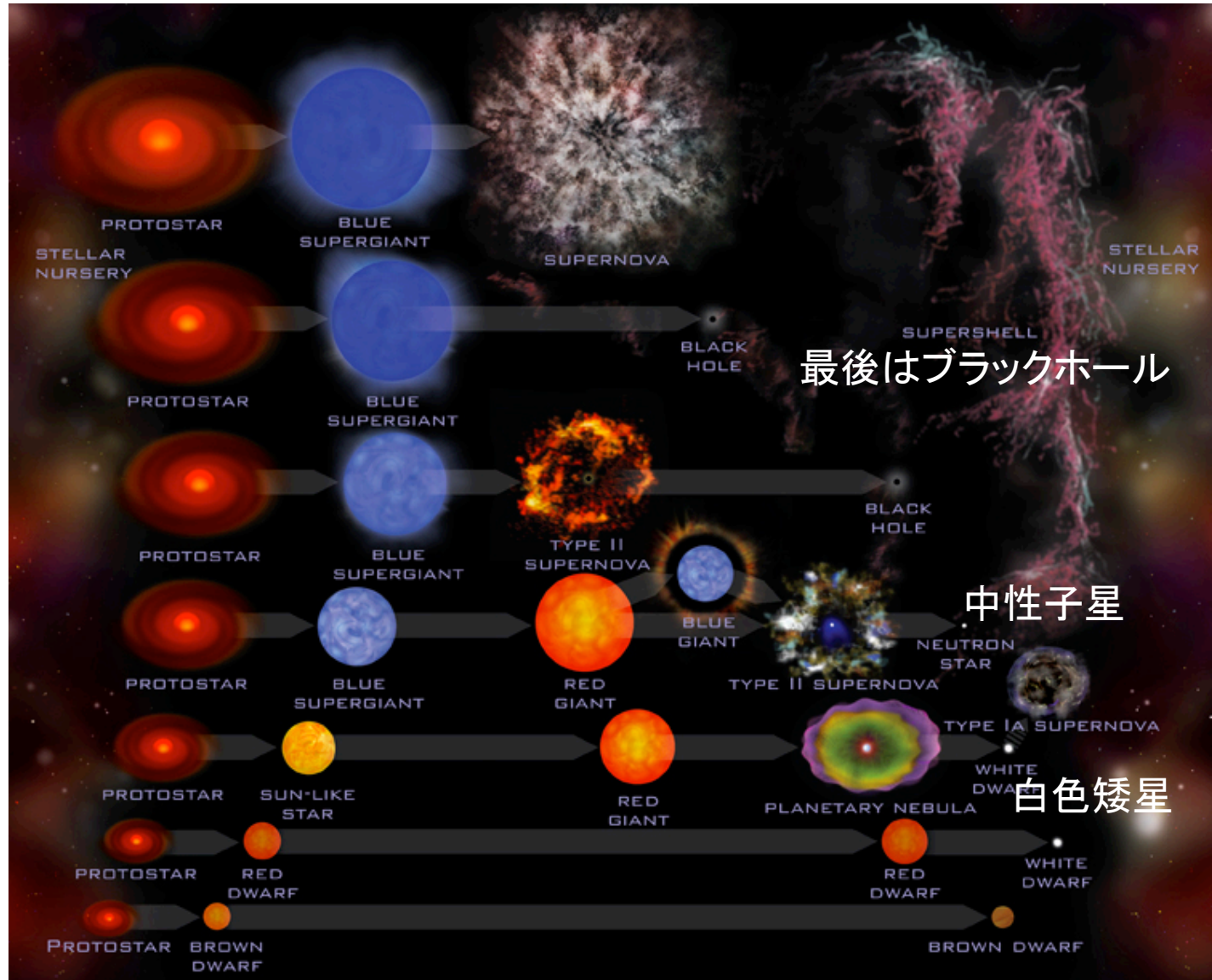


この後中心で水素の核融合が始まると、
主系列星になる。

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)

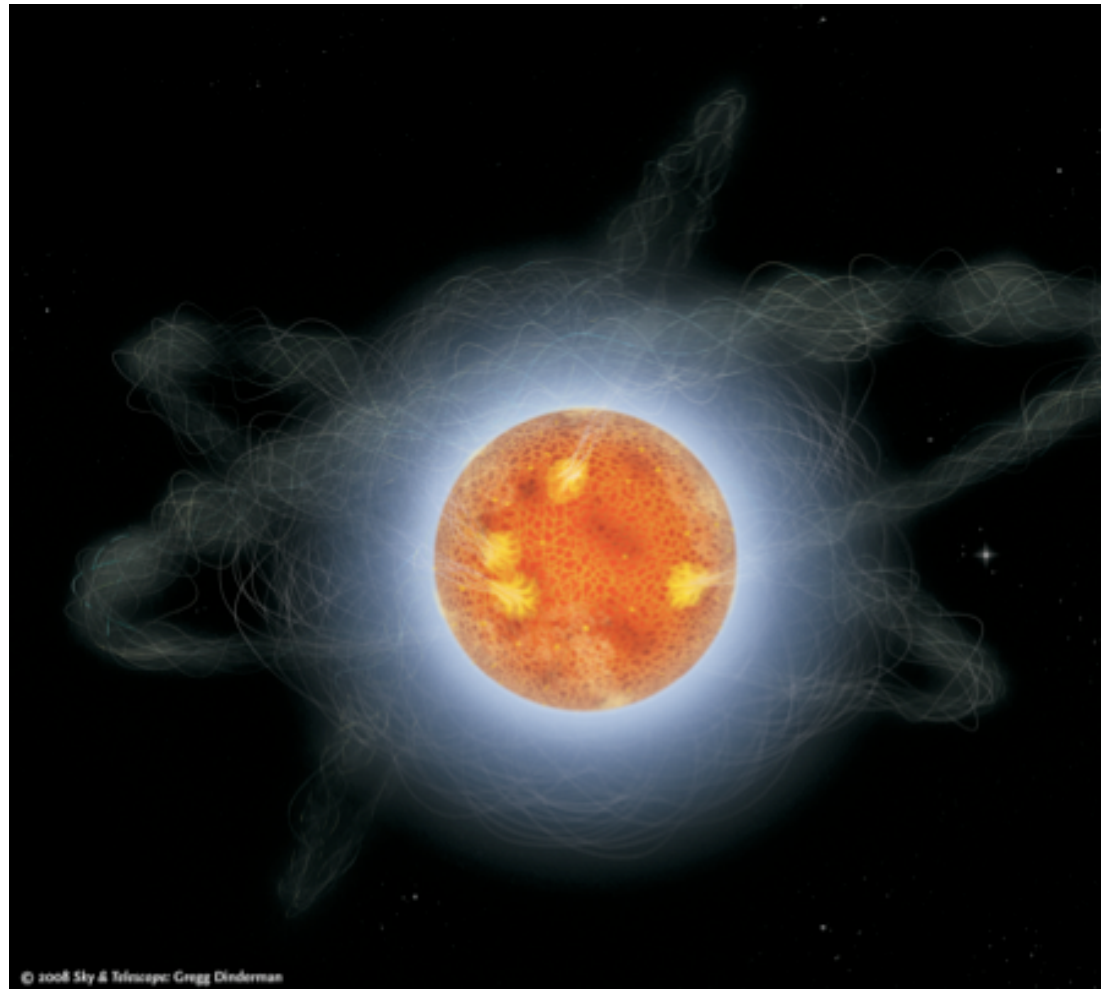


中性子星

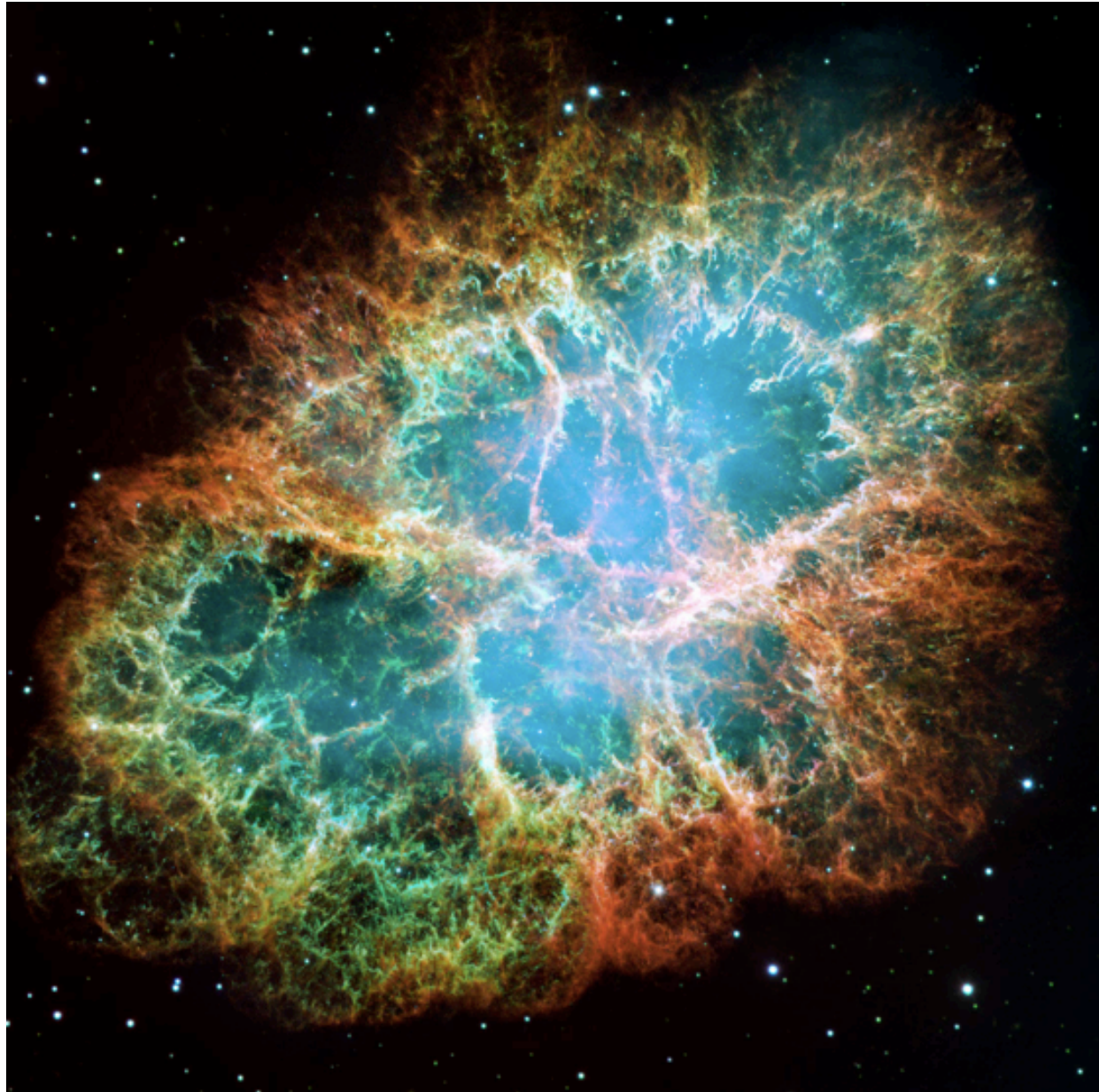
質量が太陽の数倍程度の星が最後に超新星爆発を起こし、後に残る。

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)



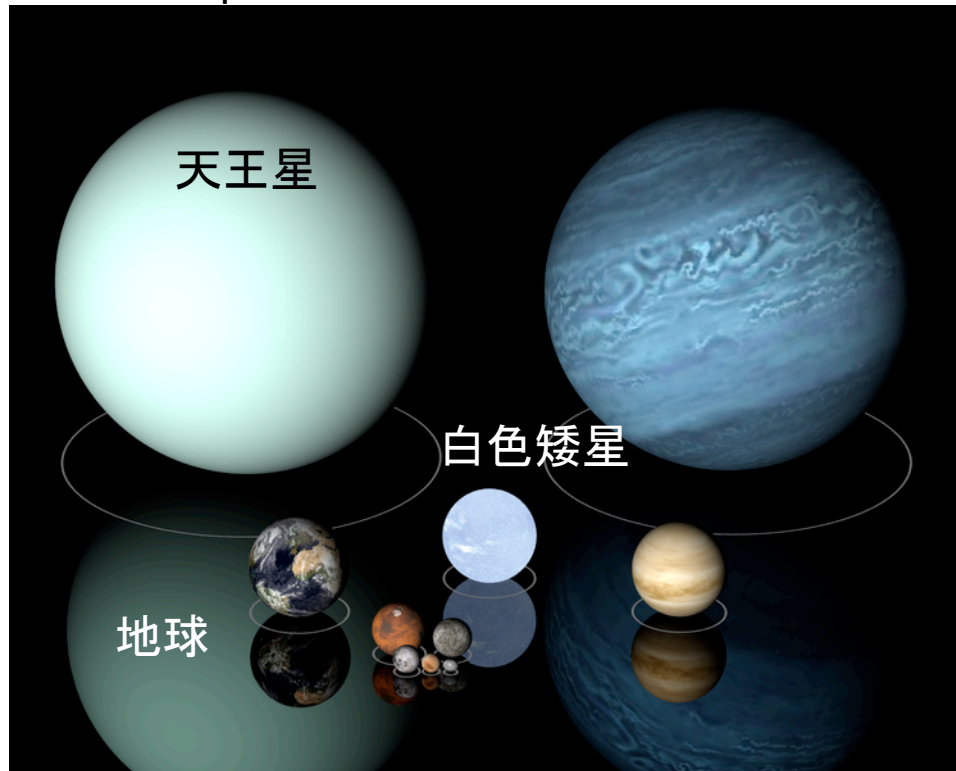
想像図(NASA)



超新星残骸(カニ星雲) 中心付近に中性子星がある。

白色矮星(はくしょくわいせい)

From wikipedia commons



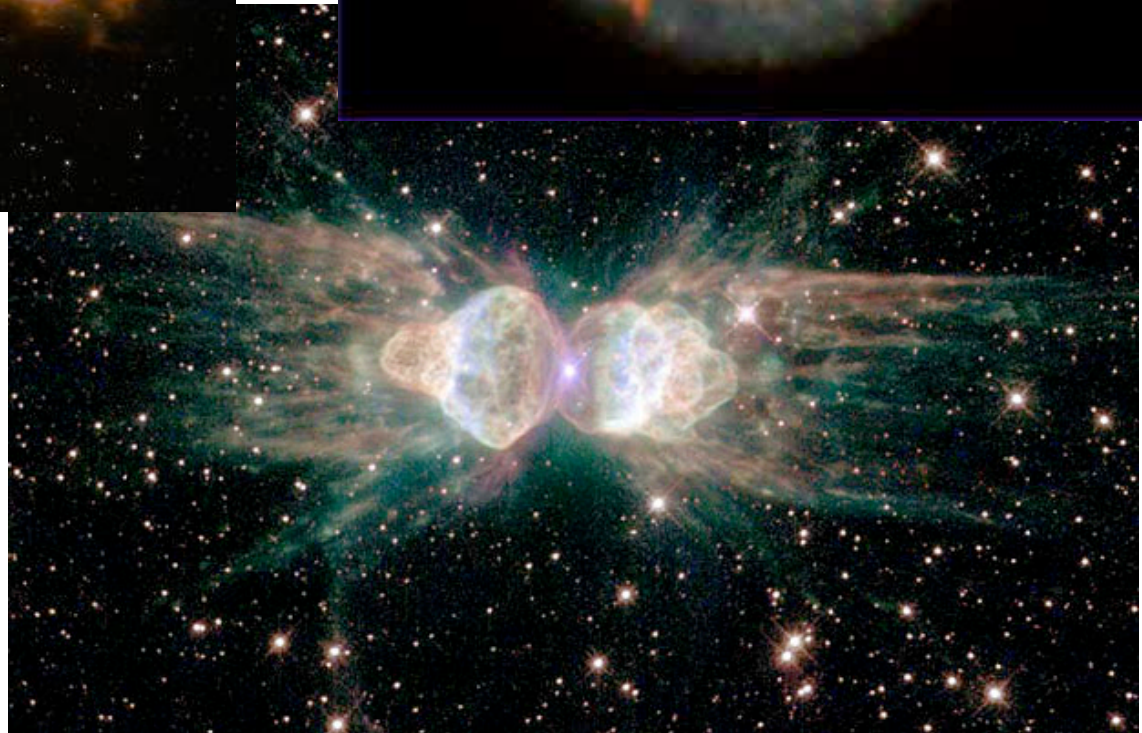
すざくが発見した白色矮星
(JAXA/ISAS)

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

惑星状星雲

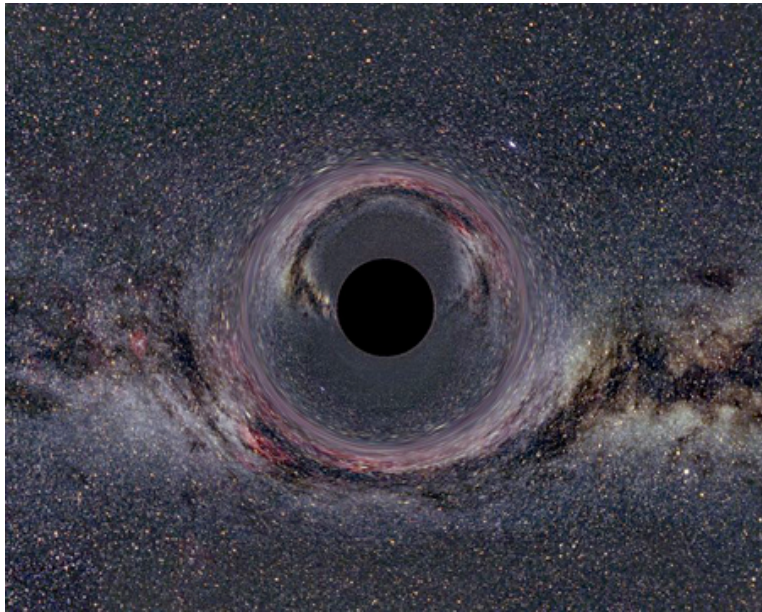


寿命を迎えつつある星から
ガスが流れ出したもの。
実は「惑星」とは関係ない。

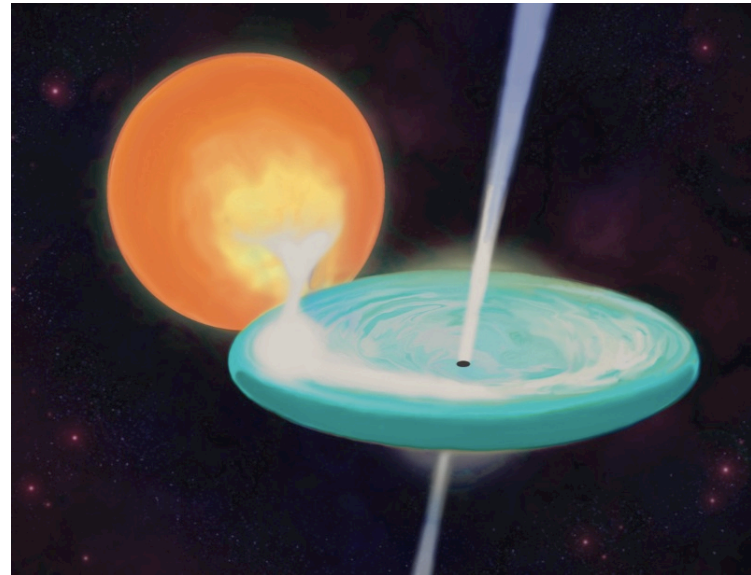


ブラックホール

- 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



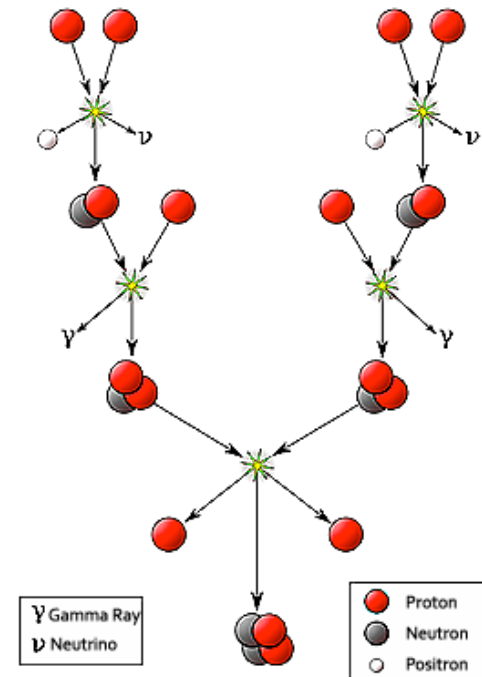
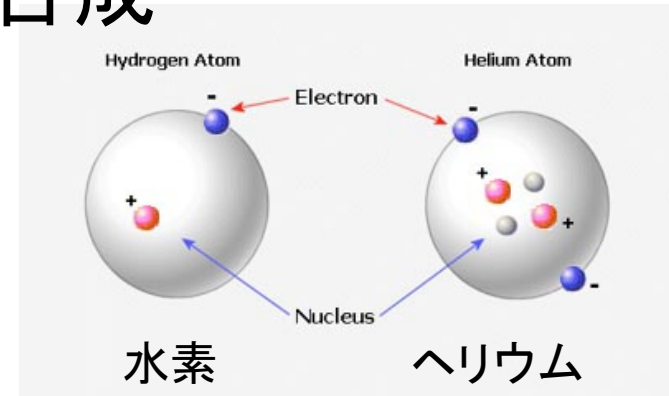
連星(お互いの周りを回る星)の一つが
ブラックホールになると、相方の星からガスが
ブラックホールに落ち込み、その時解放される
エネルギーがX線などを出して観測される。

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

星の中の元素合成

- 星のエネルギー源は核融合
- 水素原子は陽子1つ、ヘリウム原子は陽子2つと中性子2つからできている。
- 陽子と中性子はほぼ同じ質量
- 水素4つからヘリウム1つをつくと、水素4つより少しだけ軽くなる
- この軽くなった質量がエネルギーに変わる=核融合の原理
- $E=mc^2$
- 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)



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

さまざまな元素

Legend:
■ Metal
■ Semimetal
■ Nonmetal

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		

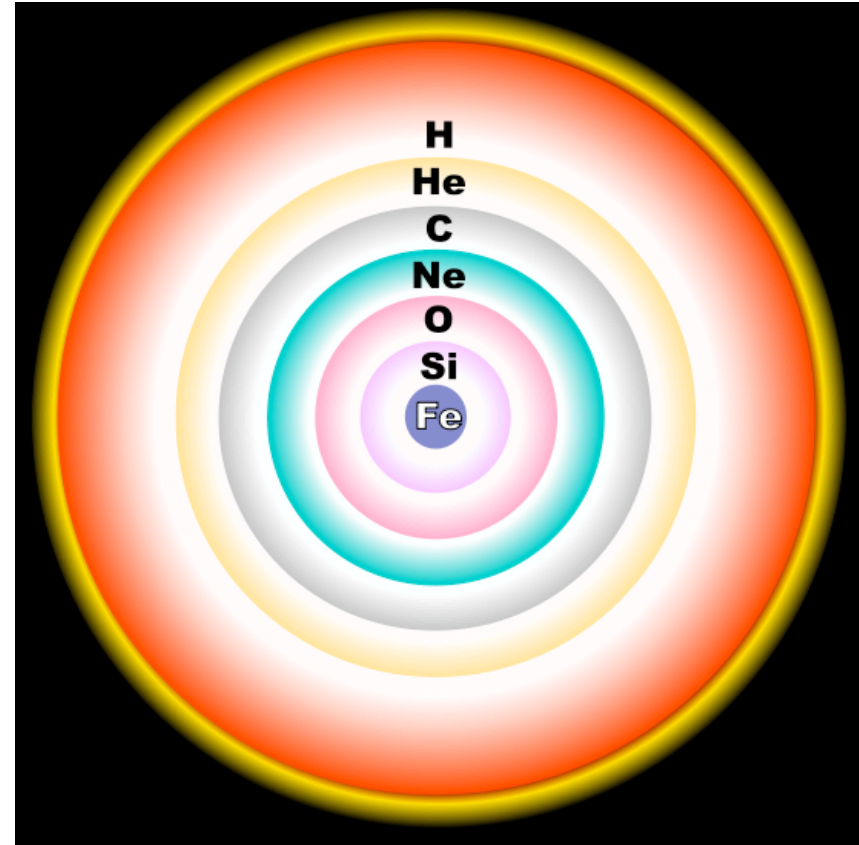
(c)1998
KramerPaul

原子番号(Atomic number)が陽子(プラスの電荷を持つ)の数、
 原子量(Atomic weight)が原子の重さ(陽子+中性子の数)を表す。

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

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、全て超新星爆発の時にできる



銀河 Galaxy

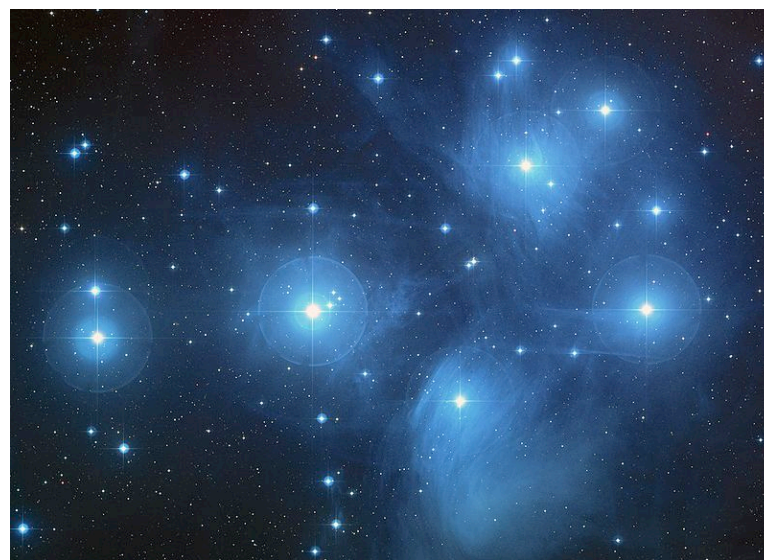


星の集団

銀河 約1000億個の星の集団

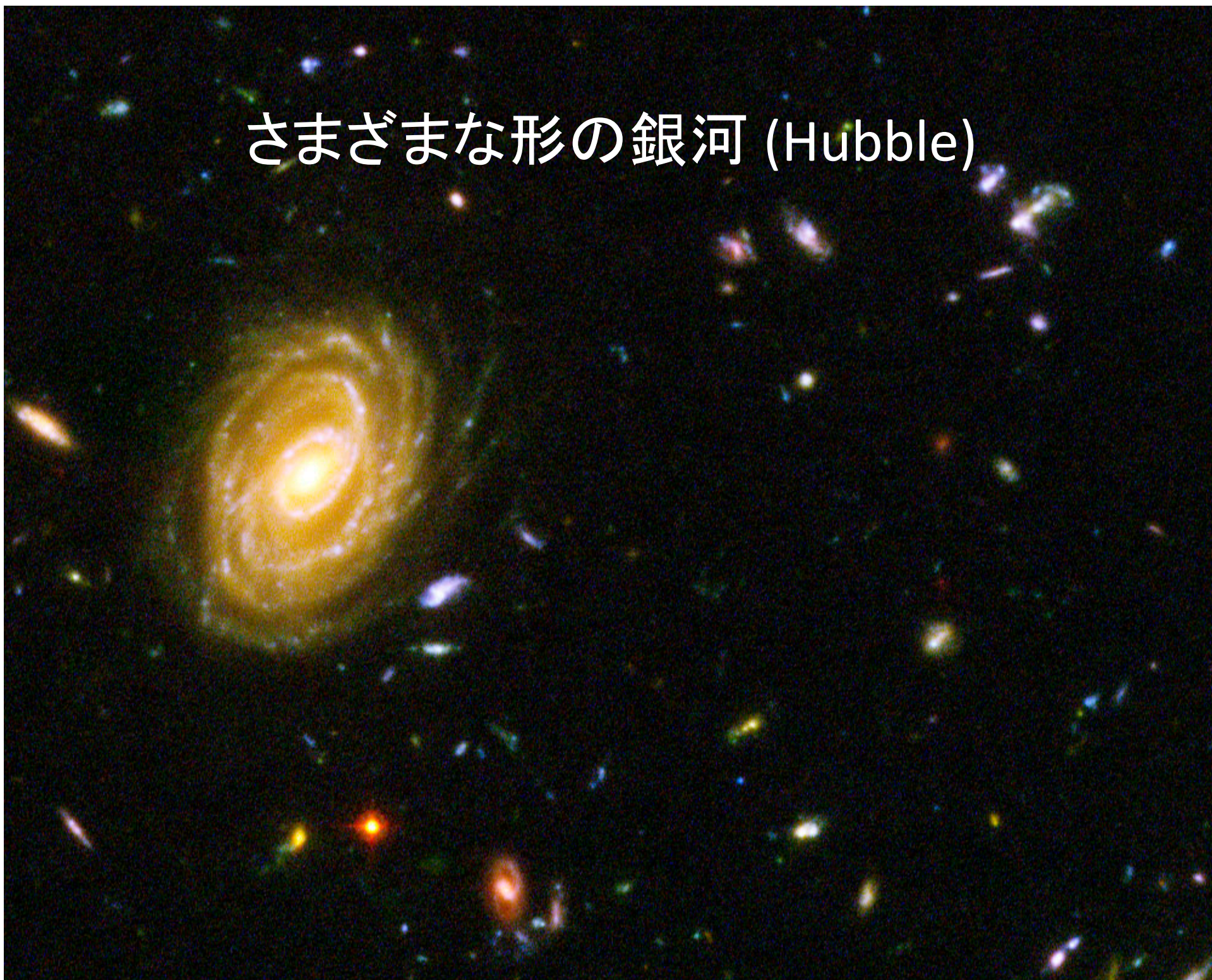


球状星団(数10万個の星の集団)



散開星団(数100程度の星の集団)

さまざまな形の銀河 (Hubble)



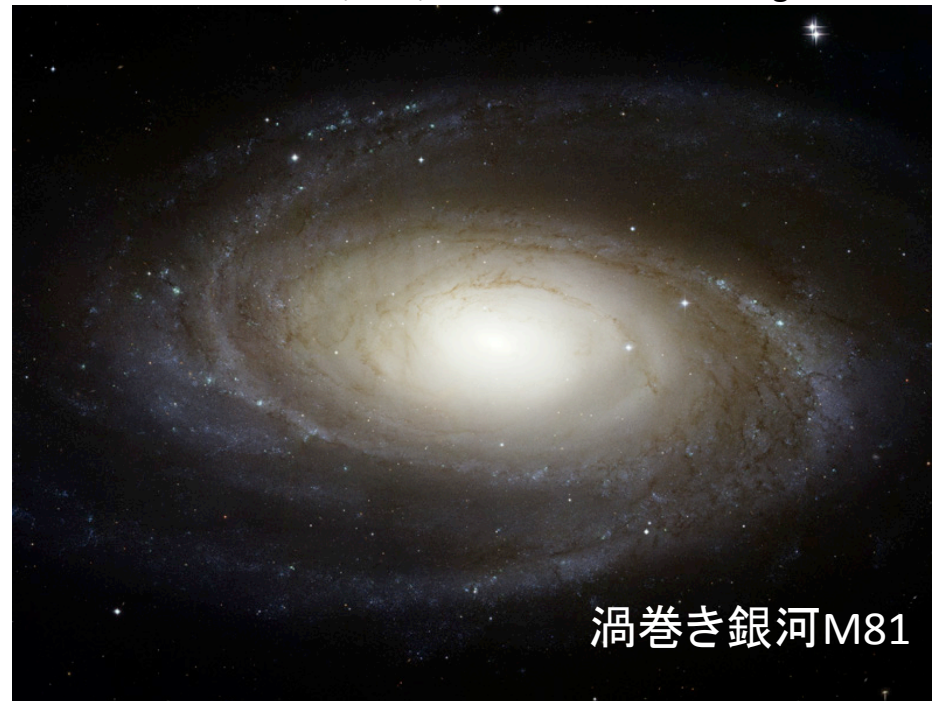


さまざまな形の銀河 (Hubble)

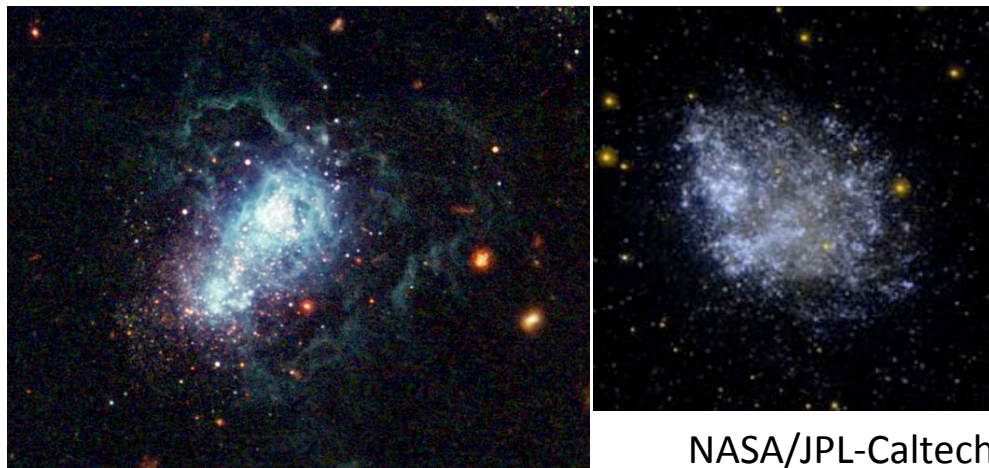
典型的な銀河の形態



NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team



不規則銀河



銀河系はこのタイプ

NASA/JPL-Caltech/SSC

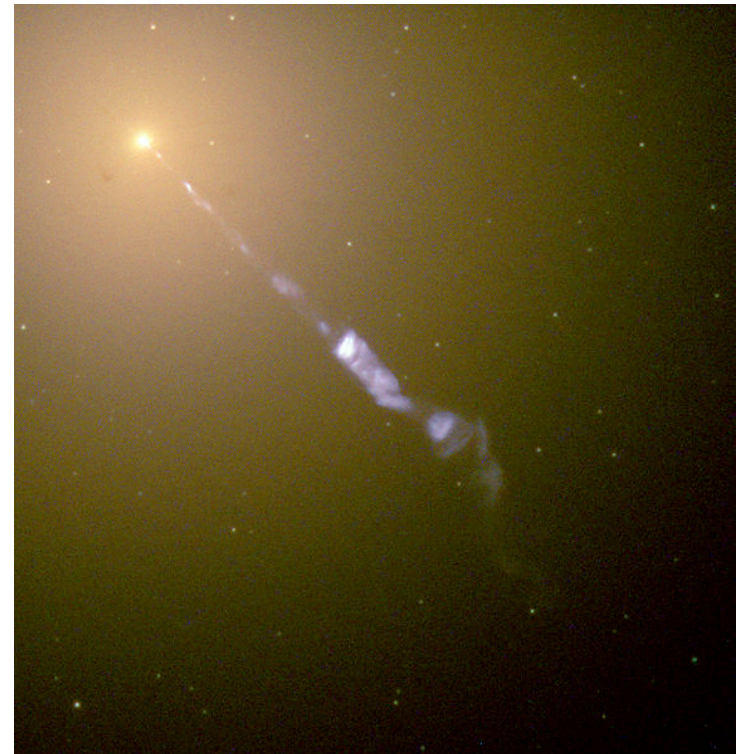
ウルトラマンの故郷について

- ウィキペディアより
 - 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
- 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。実際の銀河はずっとたくさんある。
 - <http://ja.wikipedia.org/wiki/メシエ天体の一覧>
 - M31がアンドロメダ銀河、M45はすばる

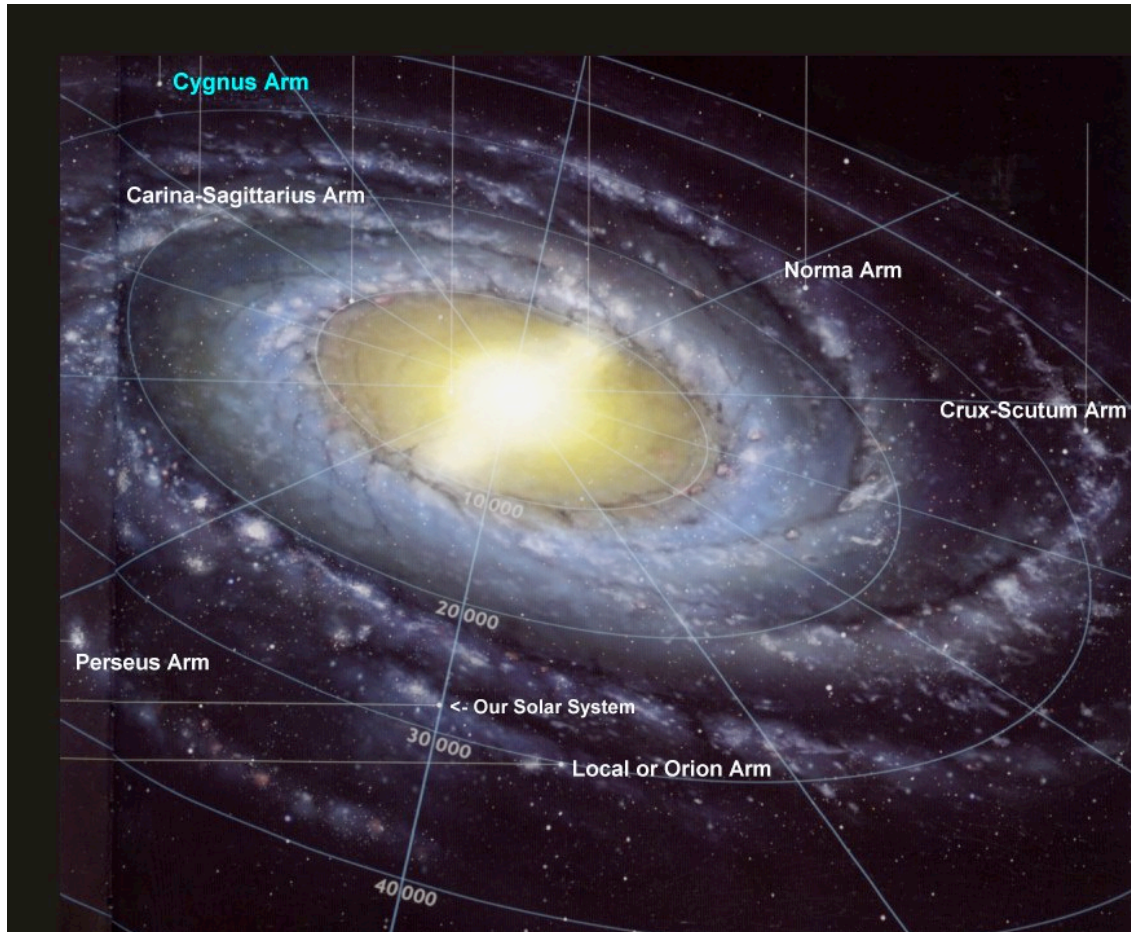


M78 ... 実は反射星雲。濃いガスが近くの星の光を反射している。ただの濃いガスの雲なので、もちろん住めない。オリオン座の近くにあり、1600光年ほど離れている。

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ている。



銀河系の中の星の運動



銀河の腕＝星の多い場所
はずっと同じ場所にあるわけではない。

腕は一種の波動現象

個々の星(太陽など)は、
数億年ごとに腕の中に出
たり入ったりする。

個々の星もお互いに動い
ている

二人の運命

個々の星が相対的に動いている=>星座の形も変わる

今の北斗七星



5万年後の北斗七星



ベガ(織女星)とアルタイル(彦星)の距離は現在15.3光年。7万年後に15.0光年まで近づきその後は永遠に離れてゆく。

大昔の夜空はこんなだった？

太陽系は他の大質量星の一緒に集団で生まれた可能性があるという最近の研究がある
(Zwart et al. ApJL 2009)

地球が生まれてすぐの星空は、今よりずっと明るい星が空一杯に輝いていたかも。



From Scientific American