

【I】宇宙視を楽しむ（その1）

皆の広場

素人の宇宙考⑤

【E】私達の宇宙

Riv1 2024年12月13日

ドラフト 2018年8月22日

永野 徹

【E】私達の宇宙

- * (1) 宇宙の歴史
- * (2) 地球と月誕生
- * (3) 太陽系誕生
- * (4) 天の川銀河
- * (5) 銀河
 - 1) 局所銀河群 (3~4) 銀河
 - 2) 銀河団 (銀河 ≥ 100 個)
 - 3) 超銀河団 (銀河団 ≥ 10 個)
- * (6) 大規模構造

(1) 宇宙の歴史

宇宙誕生～太陽誕生～地球誕生 宇宙誕生(137億年前)～地球誕生(46億年前)

宇宙誕生(137億年前)～天川銀河(85)～太陽(47)～地球誕生(46億年前)

- * (宇宙誕生後の主な出来事)
- * 137 ビッグバンで宇宙誕生
- * 135 第一世代恒星誕生
- * 133 最古の銀河誕生(4億年後)
- * 85 天の川銀河誕生(52億年後)
- * 48 超新星爆発 (第一世代恒星)
- * 47 太陽誕生(星間物質の重力集合)
- * 46 地球誕生

※48億年前の超新星爆発により星間物質が重力集合して高温高圧下でH2とHeが核融合を開始して主系列星となり原始太陽が形成された。

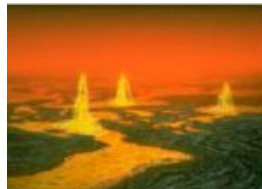


(2) 地球と月誕生(46億年前):

1) 岩石型惑星(水星・金星・地球・火星)

第一世代超新星の爆発後、爆風でガス・塵が渦を巻き、太陽を中心に渦部がやや冷えて細かい粒子が重力集合して微惑星を造り更に何回も衝突合体して大きくなり地球のような惑星が誕生した。

地球誕生初期(小惑星衝突)
マグマ地球

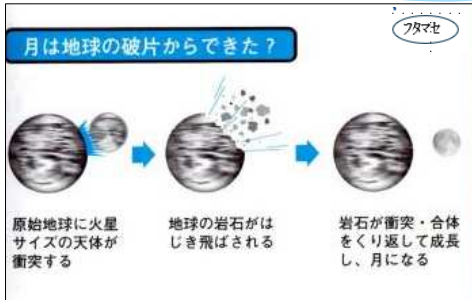


ジャイアント・インパクト(想像図)
地球に微惑星テイア衝突して月が誕生(45億年前)



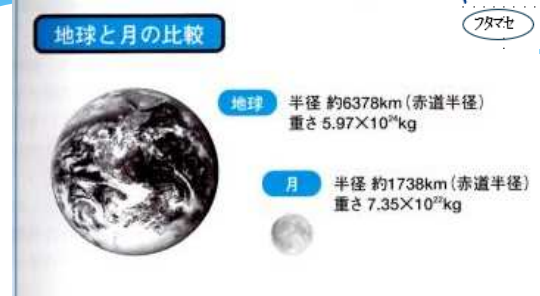
2) 月の誕生 (有力説)

地球誕生4000万年後・火星大微惑星 ~ 17 が衝突
(大きさ)地球の径の1/4 (1738km)、
(重量)地球の重さの1/100 (7.35×10^{22} kg)



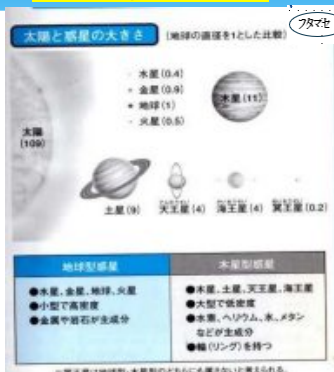
3) 地球と月の大きさ

(大きさ: 径 $\approx$ 4倍、重量 $\approx$ 100倍)



(3) 太陽系誕生 (47億年前)

1) 太陽系の惑星



2) 太陽の誕生

(47億年前: 寿命100億年、余命約50億年)
主系列星: 水素をヘリウムに変換する核融合反応で自らエネルギーを放出する星

第一世代恒星が超新星爆発で崩壊
(宇宙誕生後2億年内誕生した恒星)

(超新星爆発の塵を再集結して太陽系を形成)
H₂・Heガスと微粒子ダストによる分子雲形成。
分子雲の密度が高い部分に重力集積で初期太陽が誕生。周辺部分のガスとダストによる円盤雲により太陽系惑星が誕生

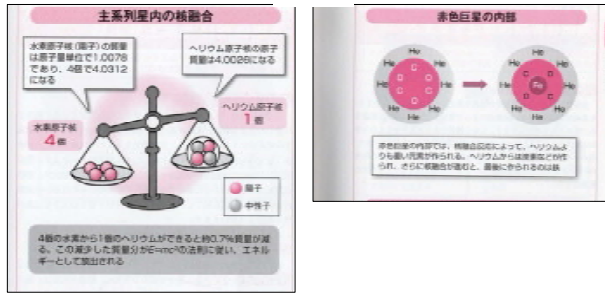


3) 太陽は主系列星 (核融合→赤色巨星→白色矮星)

② 水素の核融合でヘリウムが誕生する時期

主系列星(水素⇒ヘリウム) 赤色巨星(ヘリウム⇒鉄)

タケウチ



(4) 天の川銀河

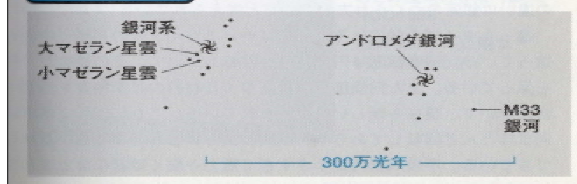
① 天の川銀河系は銀河群の一員

(300万光年以内に30数個の銀河)

② 天の川銀河系の15~20光年以内に大・小マゼラン星雲 (銀河) がある。

③ 300万光年以内にアンドロメダ大銀河・M33銀河など約30個の銀河がある。

局所銀河群



1) 天の川銀河の姿 (85億年前~)

① 天上から見た天の川銀河 (棒状渦巻銀河)

銀河系中心部はバルジと呼ばれ、中心部に巨大なブラックホールがある。銀河円盤を取り囲むように約200個の球状星団 (半径数十万光年以内に100万個の星) がある。



フタマセ

天上から見た天の川銀河 (棒状渦巻銀河)：直径10万光年。2000億個もの星が渦巻く星の大集団で、われわれの太陽系はその中心から2万8000光年も離れたところに位置している。中心がいて座の方向にあたるため、夏の天の川がとくに明るく幅広い。外側方向の冬の天の川が狭く見えるというわけだ。

② 横から見た天の川銀河 (半径≒5万光年)

・天の川銀河は半径5万光年、厚み1000光年で2000億個の恒星集団
・恒星は円盤状分布で太陽系は天の川銀河中心から2.6万光年の位置
銀河円盤を取り囲むように約200個の球状星団 (半径数十万光年以内に100万個の星) がある。銀河系の周囲を半径30万光年程度の暗黒物質が取り巻いていると考えられている。



フタマセ

2) 天の川銀河の中心部

① 銀河系中心部の巨大ブラックホール。

(銀河系中心の構造)
1. 中生水素円盤
・ 銀河中心から半径3000光年の範囲で存在する水素円盤
2. ドーナツ状の構造
・ 半径20光年 (分子構造)
3. サジタリウスA*
・ ドーナツ内側に渦巻状電波源
4. 膠着円盤
・ ブラックホール周囲のガス層

銀河系中心の強い電波源

銀河系中心部の構造

中性水素の円盤

200光年

3000光年程度

中心部の様子

さらに中心部の様子

電波

ブラックホール

電波

② 天の川銀河ブラックホール画像

日米欧国際研究チーム (観測2017～解析2022) : 地球規模連動望遠鏡

撮影されたブラックホールの影

M87のブラックホールの影

天の川銀河のブラックホールの影

地球からの距離	5500万光年	2万7000光年
質量	太陽65億個分	太陽400万個分
直径	400億km	2400万km
活動性	活発的でジェットを持つ	非常に弱い
明るさや構造	ゆっくりと徐々に変化	短い時間で変化

M87

天の川銀河

棒渦巻銀河

棒渦巻銀河

棒渦巻銀河

(5) 銀河

1) 局所銀河群の例

2) 銀河団 (10個以上の銀河)

3) 超銀河団 (数十個の銀河団)

1) 局所銀河群 (数個の銀河集団)

銀河系

大マゼラン星雲

小マゼラン星雲

アンドロメダ銀河

M33 銀河

300万光年

大小マゼラン星雲

アンドロメダ銀河

2) 銀河団

(銀河は**プラズマガス**の空間に浮んでいる)
銀河団は**100以上の銀河**と**プラズマガス**で構成。

1. 銀河団は**熱いガス**の海(**プラズマ状態**)に浮かぶ
2. **ガス温度は数千百度～1億度**
3. **ガスの質量は銀河団の質量を超える**
4. **高温ガスは H^+ ・ H_2^+ の原子核が電離されて**プラズマ状態**となりX線を放出している**

高温ガスの海に浮かぶ銀河

銀河団の構造

銀河団内のすべての銀河の質量と同じ程度(あるいはそれ以上)の質量をもつ高温プラズマガス

⊕ プラズマとは電離した荷電粒子(原子核と電子)が自由に飛び回っている状態

① 銀河団の例 (おとめ座・かみのけ座)

銀河群: 銀河数十個程度の集団
銀河団: **100個以上の銀河**の集団

おとめ座銀河団
2000個以上の**繊維状銀河**集団、

おとめ座銀河団
(4000万～9000万光年)

かみのけ座銀河団
数千個の**球状銀河**集団

かみのけ座銀河団 (約3億光年)

3) 超銀河団

(銀河団**10個以上**の集団)

超銀河団とは**10個以上の銀河団の集合**
超銀河団大きさ: **3億光年**
周囲は**ボイド**と呼ばれる銀河のない**1億光年空間**からなる。

(具体例)
①**局所超銀河団**
(おとめ座銀河団を中心)
②**かみのけ座超銀河団**
(かみのけ座を中心)

蜂の巣状に分布する銀河

宇宙の大構造

ボイド

超銀河団

6) 大規模構造

- * 1. **大規模構造とは**
- * 2. **大規模構造は何故存在する?**
- * 3. **大規模構造誕生プロセス**
- * 4. **現在宇宙誕生プロセス**
- *
- *

2. 大規模構造は 何故存在する

宇宙誕生時にゆらぎ 空間が有った証拠

1. (大規模構造原因)

宇宙は銀河・銀河団・超銀河・ボイドで構成される宇宙初期密度(物質)分布にゆらぎがあったため。

2. (インフレーション)

インフレーション膨張では全体が一緒に膨張する事になるが量子論では膨張時にもエネルギーゆらぎが有る。このゆらぎがインフレーション膨張で引き延ばされて大規模構造が生じた。

構造の「種」をつくるゆらぎ

銀河団などができた理由

38万年以上のスケールでは宇宙全体が一樣であることは、インフレーション膨張で説明できる

では、38万年以下のスケールで見ると、何億光年の銀河団領域があったり、1億光年単位のボイドがあったりと一様でない(一様ではない)のはなぜか?

地平線

エネルギーのゆらぎ(量子ゆらぎ)
=インフレーションのエネルギーの変遷

インフレーション膨張

密度の変遷が引き伸ばされて、何億光年の銀河団やボイドをつくる「種」になる

3. 大規模構造誕生プロセス

下図は重力による大構造の生成プロセス

密度揺らぎ

重力

空間の中に、物質の分布密度が周囲よりわずかに高い部分(密度揺らぎ)が存在する

密度の高い部分は重力が強いので、周囲の物質を引き寄せる

その結果、密度が高まって重力がさらに強まり、密度揺らぎがどんどん成長していく

①誕生直後の宇宙と現在の相違

①ビッグバン直後(137億年前の宇宙)

水素とヘリウムの原子核と電子が剥き出しで飛び回る **プラズマ状態**だった

②現在

- ・星・銀河が存在する
- ・銀河団とボイドが存在
- ・宇宙背景放射がある

