

宇宙の不思議 ー遠くを見ることは過去を見ることー

2022年9月27日

鎌倉淡青会

尾崎洋二

1. はじめに

🌸 宇宙とは

宇宙 我々の住むこの世界のすべて 地球の外の世界 太陽、月、星、銀河

宇宙についての疑問

1. 宇宙には果てがあるのか
2. この宇宙は永遠か、あるいは始まりがあるのか

🌸 宇宙の研究

天文学のめざすもの

(1)この世界はどのようになっているか？ (2)我々はどこから来てどこへ行くのか？

今回の講演「宇宙の不思議」 宇宙と私たちとのつながり

🌸 科学が明らかにした宇宙の姿

この100年間の科学の進歩により 宇宙誕生から現在に至る「宇宙の進化」の解明
壮大な叙事詩 どのようにして解明したか

理論：量子力学 ミクロの世界 アインシュタインの相対論

観測：大型天体望遠鏡、電波望遠鏡 宇宙空間からの観測

2. 現代の宇宙観

2.1 私たちの住んでいる場所

地球 グローバル 地球規模(=大きい) 宇宙という視点 地球は小さい

地球の大きさ 半径 6400km 北極から赤道までの距離 1万km

一番近い天体 月：月までの距離 38万km 光で1.3秒

太陽：地球に住む生き物 光とエネルギー 恵みの太陽 太陽系の盟主

太陽までの距離 1億5千万km(光で8分20秒)

太陽の大きさ 半径 地球の109倍 質量(重さ) 33万倍

🌸 夜空の星

星 ……惑星と恒星

惑星：太陽系内の天体 太陽の光を反射 輝いている

恒星：太陽系から、はるか遠くの天体 星座を作る星 太陽と同じような天体

太陽系 太陽とその家族 8個の惑星 小惑星、衛星、彗星、ちり

🌸 恒星の世界

星座を作る星ばし「恒星」夜空にかすかに光る「星」って、なんだろう

星の一つ一つ 遠くにある太陽 一番近い恒星 4.3光年

近い星 遠い星がある シリウス 近い星 8光年 オリオン3つ星 1500光年

🌸 天の川と銀河系

夏の夜空 天の川(光る雲のよう) 恒星の大集団 銀河系(天の川銀河)

銀河系の中に 一千億個の恒星 太陽 その中の平凡な恒星の一つ

🌸 銀河系宇宙

銀河系の形 円盤状(凸レンズ型) さしわたし 10万光年

太陽の位置 中心から2万5千光年 銀河円盤 中心の周りを回転
太陽も銀河系の中心のまわりを回転 一周するのに 2億年 秒速 200km

🌸 銀河宇宙

銀河系が宇宙のすべてではない お隣の銀河 アンドロメダ銀河 250万光年
我々の銀河系に匹敵する恒星の大集団 銀河 あるいは 島宇宙
このような銀河(島宇宙)が 約1千億個も

2.2 星の一生

星(太陽)にも一生 星のエネルギー源 核エネルギー 燃料…水素
核融合で水素を消費 重い元素を作る
水素からヘリウム ヘリウムから炭素、酸素……鉄
核融合で莫大なエネルギーを生み出し 光で放出
燃料を使い果たした星 最後は死んで行く 「星は生まれ、成人し、死んで行く」

🌸 太陽はなぜ輝くのか？

太陽からの光 熱放射
高温の物体 光を出す (溶鉱炉) 太陽 巨大なガス球
太陽のエネルギー源 核融合エネルギー 水素4個をヘリウム1個に合成
太陽の寿命 100億年 現在 46億歳(太陽は中年の星)

🌸 成人の星 主系列星: 中心で水素の核融合反応

星: 宇宙空間に浮かぶ巨大な原子炉 (原子炉の壁が光っている)
太陽も主系列星 星: 一生の9割を主系列星として過ごす

🌸 年老いた星

赤色巨星、赤色超巨星 (赤い色の巨人) アンターレス、ベテルギウス
星の半径が太陽の何百倍もある大きな星
年老いた星 中心の水素を使い果たした星 星は膨張して 赤色巨星になる
太陽もいずれは赤色巨星に 50~60億年後

🌸 星の死

星の死 星の質量によって、星の死に方は違う
大質量星の死 超新星爆発 星の大爆発 残骸: ブラックホール、中性子星
1987年 大マゼラン雲で超新星爆発 「カミオカンデ」 ニュートリノを観測

🌸 太陽の死

太陽 60億年後 赤色巨星 地球軌道近くまで膨張
太陽の死 静かな死 惑星状星雲 残骸 白色矮星

🌸 原子と元素

地球上のすべての物質 原子から出来ている
原子 約百個の元素 水素、炭素、酸素、窒素、カルシウム、硫黄、鉄
動物 呼吸 空気中の酸素(O₂) 炭酸ガス(CO₂)
私たちの体 水(H₂O)、炭素(C)、カルシウム(Ca)、鉄(Fe)
これらの元素はどこから来たのか？

🌸 元素の起源

ビッグバン宇宙(宇宙初期) 軽い元素のみ: 水素、ヘリウム、リチウム

重い元素: C, O, N, Ca, Fe

重い元素は? 星の中の核融合で軽い元素(H)から合成された
そして、これらの重い元素は 星が死ぬ際 宇宙空間にばらまかれた
星の核廃棄物を含んだガスの中から 太陽と太陽系は誕生
私たちは「星の子」 (私たちは星の核廃棄物)

2.3 膨張宇宙

ハッブルの法則 1929年 遠くの銀河ほど大きな速度で遠ざかる
膨張宇宙 宇宙は膨張している

どの銀河から見ても他の銀河は遠ざかる

宇宙 過去にさかのぼると 銀河同士の距離 近かった

ある時点では、宇宙は1点に集中

宇宙には、はじまりがあった 今から138億年前

🌸 ビッグバン宇宙

138億年前 宇宙は一点からスタート

宇宙のはじまり 高温、高密度 火の玉宇宙 ビッグバン宇宙

火の玉状態のなごりの電波の発見(1965年) 昔 宇宙は光で満ち満ちていた

宇宙 膨張 冷えて 光が電波に

🌸 宇宙についての疑問

宇宙の中心はどこか? 特定の中心はない どこも平等

宇宙には果てがあるのか? 果てはない しかし地平線がある

宇宙の地平線 地平線:これより遠くは見るできない

宇宙では遠くを見ること 過去を見ること 138億年以上はさかのぼれない

一番昔の光: 138億年-40万年

3. 宇宙の歴史と人間

3.1 宇宙の歴史

宇宙のはじまり

ビッグバン: 超高温、超高密度の火の玉 138億年前にスタート

膨張によって、宇宙は冷える

密度のむらむらから銀河が誕生 密度の濃い部分: 重力で集まって星が誕生

🌸 太陽系と地球の誕生

今から46億年前(宇宙誕生後90億年後)に銀河系の端の方で 星間ガスから太陽と太陽系が誕生

太陽は、第2世代の星 前に生まれ死んでいった星がばら撒いた灰の中から 誕生

原始太陽を取り巻くガス円盤の中から地球が誕生

3.2 地球と生命の歴史

地球と他の惑星の差: 生命の存在

なぜ地球だけに生命が生まれたか? 地球は温和な環境 液体の水の存在

地球: 大気存在 水の惑星

🌸 生命の誕生

原始の海に生命の誕生 約40億年前

生命の進化 より複雑な生命へ進化

原始大気 H₂O CO₂, N₂ 酸素は存在しなかった 酸素はどこから?

27億年前 藻類植物(シアノバクテリア) 炭酸同化作用(光合成) 炭酸ガスから酸素

21億年前 真核生物(遺伝子を核の中)

14億年前 多細胞生物 動物 植物(葉緑素)

🌸 恐竜時代と恐竜の絶滅

4億年前 陸上生物の出現 2億年前 恐竜の出現 6千万年前 恐竜が絶滅
(隕石衝突説?)

🌸 人類の歴史

新生代 哺乳類の時代 人類の時代 600万年前 人類の祖先がアフリカの地で
氷河期と間氷期 1万年前 最後の氷河期が終わる 温暖な気候、農耕社会の出現
数千年前 古代文明の出現 エジプト、メソポタミア、インド、中国
現在の文明社会 たった100年か200年

🌸 現代文明

現代の文明 多くの課題: 感染症、戦争の脅威、地球温暖化、エネルギー問題、人口問題

3.3 宇宙カレンダー

宇宙の年齢:140億年(正確には138億年) =>1年に換算

宇宙の始まり(ビッグバン)1月1日午前0時 現在:12月31日午後12時

太陽系の誕生 9月 生命の誕生 10月 恐竜の絶滅 12月30日

人類の出現 12月31日午後10時 古代文明 午後11時59分40秒 人の寿命:0.2秒

🌸 宇宙の中の地球

宇宙には 1千億個の銀河 銀河系は 渦巻き銀河の一つ
銀河系には 1千億個の星 太陽 銀河系の隅の方 平凡な星
太陽系の中で 地球 8個の惑星の一つ 小さいほうの惑星

🌸 我々はどこから来たのか

地球や人間を作る元素の起源:

水素(水 H₂O) ビッグバンの初期に出来た

炭素、酸素、珪素、カルシウム、鉄

星の内部の核融合反応で出来た 星の死の際に、宇宙空間にばらまかれた

次の世代の星(太陽など) 星間ガスから誕生 我々は「星の子」 星が死んで、人間が生まれた

🌸 すべての生命は、最初の生命へ

地球上のすべての生き物

DNAの鎖で、最初の生命につながる 人間も犬も猫もそして植物のバラも、同じ祖先
性の発生 遺伝子を混ぜる 生命の多様性 人間一人ひとりの多様性

🌸 どこへ行くのか

人間の寿命 100年(宇宙カレンダー0.2秒)

一人ひとり死ぬ運命 DNAを次の世代へ受け継いで行く

一方、体を構成する原子 次の世代の生命などの材料に

究極のリサイクル

宇宙の中に生かされて行く