宇宙とはなんだろうか？

宇宙とは、時間と空間を含むすべての広がりです。私たちや、私たちが目にする景色、そこに生きる動植物は、すべて宇宙の一部です。我々に輝く星々や、そのあいだに広がる天の川、巨大銀河団までが見ることのできない遠の銀河も、すべて宇宙の一部です。そして、私たちの知る時空と連続しながらも決して見ることのできない場所や遠点、そして未来も、やはり宇宙の一部です。

地球の公転、軌道は、押しピンの穴程度ないのかもしれません。

観測機ブランク

この宇宙図は一様かつ等方な、曲率ゼロのユークリッドメートル空間を前提にした観測機ブランク等の最新の観測結果に基づいて計算されたものです。

宇宙論パラメータ
H0 = 67.4 km/s/Mpc
Ωm = 0.315
ΩΛ = 0.685
Planck 2018 results. VI

宇宙図の見方

4つのルールで、
宇宙を感じてみよう

この「宇宙図」は、最新の研究や観測にもとづく宇宙の姿を、私たち人間を中心にして描いたものです。縦方向には、人間からさかのぼって宇宙の誕生までの「時間の流れ」が表され、横方向には、宇宙の「空間の広がり」が表されています。全体のすり鉢のようなかたちから、宇宙は生まれてからずっと、膨張を続けていることがわかります。この宇宙図は、あなたがはるかな時間と空間を旅するためのガイドマップ。4つのルールを味方につけて、あなたの眼で、宇宙の姿にせまってみてください。

ルール1　宇宙を見ることは、昔を見ること

不思議なことに、地球から宇宙をながめると、そこに見えるのは昔の宇宙の姿です。例えば私たちに見える太陽は、8分ほどの昔の姿。すばる（散開星用 M45）は400年ほど昔の姿なのです。一体なぜなのでしょうか？「見る」というのは、「そこから届く光を私たちが受ける」ということです。光の速度は猛烈な速さですが、宇宙の大きさに比べればちっぽけなもの。向こうを出発した光が私たちに届くまでに時間がかかるため、私たちが見る宇宙の姿は「昔の姿」になっているのです。

ルール2　見える宇宙と、見えない宇宙がある

宇宙図の中心に描かれた私たち人間の前後左右には、「現在の宇宙」が広がっています。しかし、私たちに、その「現在の宇宙」の姿は見えません。ルール1を忘れずに。見えているのは、「昔の宇宙」なのです。私たちが肉眼や望遠鏡で捉えることのできる天体をこの宇宙図に並べていくと、図の中心にあるような、きれいなすり鉢の表面になります。宇宙のこの部分だけを、私たちは見ています。そして縦方向（時間軸）が示すように、それぞれの天体は、何千年前、何億年前と、違う時代の姿を私たちに見せているのです。

ルール3　宇宙の膨張と、しずく形の意味

現在私たちに届いている光のうち、一番長い時間を旅してきた光は、138億年前のもの。宇宙が膨張していないけれど、到達に4100万年しかかからなかったはずの光が、膨張によって、近くどころかいったん地球の位置から遠ざかってしまったのです。しずく形の下から上までの曲線が、まさにその軌跡を描き出しています。宇宙の膨張は、かつてその光が放たれた空間自体も彼方に押しやりました（すり鉢形のふちの地点）。仮に現在その空間から光が放たれても、宇宙の膨張に阻まれて、未来永劫、地球に届くことはありません。

ルール4　宇宙は「科学の眼」で見えてくる

私たちに見える宇宙は、広大な宇宙の、ほんのひとしずくです（しずく形の表面）。しかし「科学の眼」は、それを手がかりに、さまざまなことを明らかにしてきました。私たちに見える宇宙が、どうやって誕生したのか（すり鉢形の底の部分）。それがどのように広がってきたか（すり鉢形の表面のかたち）。そして「すり鉢形の背景にも、宇宙は遠く広がっているという可能性。この宇宙図には、そうした科学的発見の成果がぎっしりと詰まっています。宇宙は、あなたに読み解かれるのを待っています。

宇宙はどのように生まれたのか？

私たちをとりまく広大な宇宙。この見渡す限りの大宇宙は、かつては目にも見えないほどの小さ
ささでした。現代の科学は、私たち人間を生み出した宇宙の謎にせまり、宇宙創世の驚くべきシナリオを明らかにしつつあります。そのはるかな歴史を、宇宙の誕生に向けて、科学に可能な限りさかのぼってみましょう。

推測される「現在の宇宙」の姿 － 暗黒の中に輝く星々

最新の観測が明らかにした宇宙の姿。それは、宇宙を構成する成分の約7割が宇宙膨張を加速させる謎のエネルギー「ダークエネルギー」、3割近くが正体不明の物質「ダークマター」であり、普通の「元素※」は5%程度であるというものでした。この宇宙には、星が数百億、数千億集まっている銀河や、中心に超大質量ブラックホールを持つ銀河、銀河が数百個、数千個も集まっている銀河団、さらに、何億光年にもまたがった無数の銀河で形作られる、網の目状の構造「大規模構造」など、多様な階層構造が存在していることもわかってきています。

※ 私たちのまわりのすべてのものの多くを作っている基本的な成分のことを元素といいます。私たちを含むほとんど、動植物から炭素に輝く星々はすべてすべては、元素の組み合わせだけからできています。

宇宙に現れる網の目 － ダークマターと大規模構造

銀河はなぜ、網の目状に分布しているのでしょうか？その原因となったのが、ダークマター。重力は働くものの、直接観測することのできない、いまだ正体不明の物質です。かつてこの宇宙では、ダークマターがまわりよりわずかに多い部分に、重力によっていっそう多くのダークマターが集まり、立体的な網の目のような「大規模構造」が作られていったと考えられています。ダークマターの多い部分には普通の物質も、より多く集まるので、この大規模構造をなぞるようにして、やがて銀河が誕生したのです。

最初の星が宇宙に灯る － 星や銀河の出現

約135億年前には、銀河はすでに宇宙に存在したことが、観測からわかっています。しかし、最初の星がいつ頃生まれたのかについては、正確にとはわかっていません。宇宙で最初の星たちはおそらく、太陽の数十倍程度の重さを持っていました。その巨大な星々は、内部でさまざまな元素を作り出した後、超新星爆発を起こして宇宙に消えていきました。ここで生まれた元素が、次の世代の星の種となったのです。

原子が登場し、宇宙が晴れ上がる － 原子核と電子の結合

さらに宇宙の歴史をさかのぼると、大きく風景が変わる時代に突当たります。その時代には、宇宙の高温が原因で大量の「電子※1」が飛び交っていました。光（光子）は、この電子と衝突してしまって直進できず、そのため宇宙は霧の中のように不透明だったのです。しかし宇宙の温度が約3,000度まで下がると、電子は原子核と結合して「原子」の一部となり、光をじゃましなくなります。こうして、宇宙は見通しが良くなったのです※2。これを「宇宙の晴れ上がり」とよびます。この時に作られた原子がだんだんと集まり、最初の星たちの材料となっていきます。

※1　この世界の物質をバラバラにしていったとき、これ以上分けられない最小の要素を「素粒子」といいます。電子や光子はこの素粒子の一種です。
※2　この時に解き放たれた光を、私たちは現在「宇宙マイクロ波背景放射」として観測することができます。

すべてを生み出した3分間 － 物質生成の出発点

わずか3分間、それが、現在の私たちのまわりにあるすべての物質のもとが生み出された時間です。超高温の宇宙は、この間に急激な膨張を起こすことによって冷えていきました。その中で、素粒子のうち「クォーク」と呼ばれるものが集まり、陽子や中性子となりました。さらにはその陽子や中性子が集まって、元素の中でもっとも軽い、水素やヘリウムの「原子核」がつぎつぎと生み出されました。このとき生まれた原子核は、総数の92%が水素、残り8%がヘリウムでした。それでは、素粒子が生まれた時代へとさかのぼってみましょう。

この時は、右上の「人間の材料表」に対応しています。

超高温の火の玉宇宙 － 灼熱のビッグバン

私たちの宇宙はかつて、超高温・超高密度の火の玉のような状態でした※3。この期間をビッグバンと呼びます。その期間に、光子を含む大量の素粒子が生まれたのですが、それらはみな光の速さで飛び交っていました。ビッグバンの始まりの約1兆分の1秒後に「ヒッグス場」が形成されたため、「ヒッグス場」との相互作用によって特定の素粒子は動きにくくなり、光よりも遅くなりました。「動きにくさ＝慣性質量※2」を持ったのです。素粒子には「粒子」と「反粒子」があり、お互いが出会うと消滅し、光子となる性質を持っています。しかし粒子のみが反粒子より10億個ほど多かったため、粒子のみがわずかに残ることになりました※3。これが、現在の宇宙の物質のもとになったと考えられているのです。

※1　この時の温度は10億度中の10億倍の3乗ほど10億倍にもなります。
※2　質量には、「動きにくさ」である慣性質量と、万有引力を引き起こす重力質量の2つがあり、これらは全く同じ大きさであることが、ずっと昔にわかっているのではっきりしています。
※3　反粒子は今も生まれては消えています。

ビッグバンを産んだ急膨張 － 想像を絶する「インフレーション」

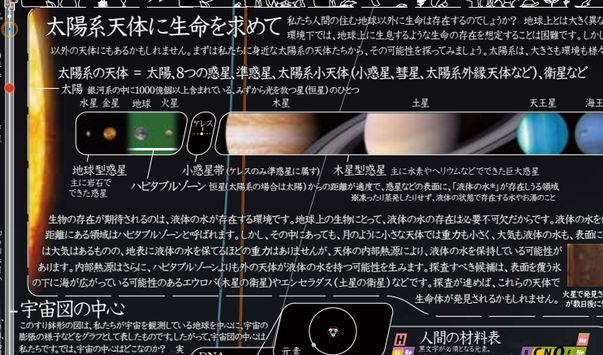
ビッグバンの直前、現在の宇宙膨張を加速させているダークエネルギーより100桁以上も大きい「真空のエネルギー」が、宇宙を倍々に膨張させました。これを「インフレーション」と呼びます。もともこの膨張以前に「熱」とみなされる運動状態を持つ粒子が存在し、宇宙が熱を帯びていたとしても、この膨張によって絶対零度に近づいたでしょう。そこで空間の性質が変化し、膨張に使われていた真空のエネルギーが行き場をなくして、一気に熱として解放されたのです。ではこのインフレーションの前には、何があったのでしょうか…？

ビッグバンの起こった「場所」は？
「私たちにいま見える宇宙」はすべてビッグバンを経てきました。つまり、この宇宙の中のすべての場所でビッグバンが起こったといえます。過去をさかのぼれば、「私たちにいま見える宇宙」はすべてビッグバンの起こった場所に辿りつきます。

科学とはなんだろうか？

科学とは、宇宙にあるさまざまなモノやコトを理解するための方法のひとつです。私たちは何か不思議なことに気付いたとき、その原因を探ればかるを生物です。そして探ることで、モノやコトの中に合理的なルールを見出すことは、科学的な行為です。ひょっそのルールによって、決して見ることのできない場所や過去と未来、さらにはこの宇宙を超えた世界を探ることも、科学の重要な役割です。

地球は、押しピンの穴の百億倍くらいの大きさです。


星から人間が生まれて、そして科学が生まれた。
原始惑星系
原始星
原始星
原始星
原始惑星系
原始惑星系
原始惑星系