



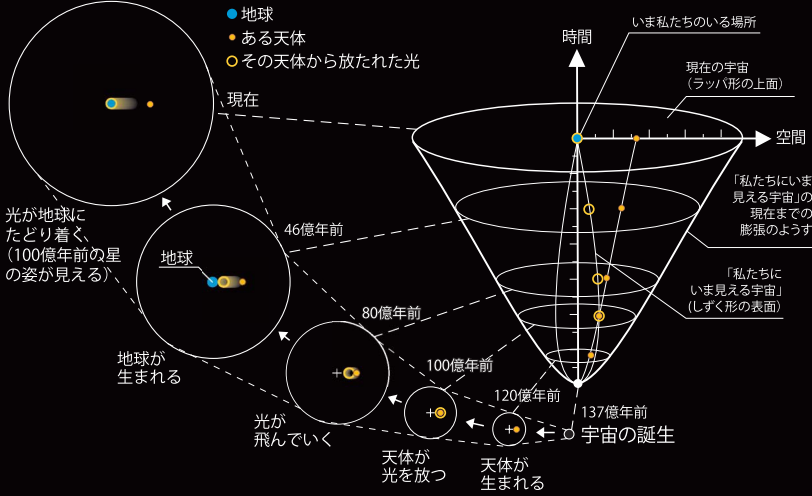
## 宇宙とはなんだろうか？

宇宙とは、すべての物質的存在を含んだ時間と空間の広がりです。私たちや、私たちが目にする景色、そこに生きる動物や植物は、すべて宇宙の一部です。夜空に輝く星々や、そのあいだに淡く広がる天の川、巨大な望遠鏡で見ることのできない遠くはるかな銀河も、すべて宇宙の一部です。私たちの知るすべてを含み、さらにそのかなたへと広がっているもの、それが宇宙なのです。

## 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」が表現されています。全体のラッパのようなかたちから、宇宙は生まれてからずっと、膨張（ぼうちょう）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分ほど昔の姿。すばる（散開星団M45）は400年ほど昔の姿なのです。なぜ、そんなことが起こるのでしょうか？ 私たちにものが見えるのは、そこから発した光が、私たちに届くから。けれど宇宙の星々はとても遠いので、光でさえやってくるのに時間がかかります。そのため、こちらに届くころには、その光が伝える星の姿はもう「昔の姿」になってしまっているのです。

### 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、その宇宙の姿は見えません。ルール1を忘れずに、見てくるのは、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、きれいなしずく形の表面になります。宇宙のこの部分だけを、私たちの眼は見えています。またそれぞれの天体は、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 宇宙では、遠くの距離は要注意

天体までの距離を表す時によく使われるのが、「光が旅をしてきた道のり」です。例えば、私たちに見える宇宙の中で一番遠くからきた光は、137億年をかけて「137億光年」の距離を旅してきました。しかしその長い旅の間にも宇宙は広がり続けたため、光が進んでこなければいけない道のりは、スタート時点よりもどんどん伸び、光が放たれた場所自体も、はるかに遠ざかってしまいました。光が届いた現在、その場所は、もう私たちが470億光年のかなたに離れていると推測されています。

### 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（ラッパ形の底の部分）。それがどのように広がってきたか（ラッパ形の表面のかたち）。そしてラッパ形の向こうにも、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たくさん詰まっています。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？

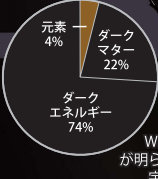
私たちをとりまく広大な宇宙。この見渡す限りの大宇宙は、かつては目にも見えないほどの小ささでした。現代の科学は、私たち人間を生み出した宇宙の謎にせまり、宇宙創世の驚くべきシナリオを明らかにしつつあります。137億年のはるかな宇宙の歴史を、その誕生の瞬間までさかのぼってみましょう。



## 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7割以上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」、2割以上が正体不明の物質「ダークマター」であり、普通の「元素（※）」は4%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、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銀河の網の目状の構造「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。私たちをはじめ、動植物から夜空に輝く星々までのすべては、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、光で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130億年前には、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、正確なこととはわかっていません。宇宙で最初の星たちはおそらく、太陽の数百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。こうしてまき散らされた元素が、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

宇宙誕生から約38万年後、「宇宙の晴れ上がり」が起こります。それまでの宇宙は、高温のため大量の「電子（※）」が飛び交っていました。光は、この電子と衝突してしまっただけで、そのため宇宙は雲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3000度まで下がると、電子は原子核と結合して「原子」となり、光をじゃましなくなりました。こうして、宇宙は見通しが良くなったのです（※）。原子のなかでも同じ性質を持つもの同士を元素といいます。この元素が、最初の星たちの材料となります。

※ この世界の物質をバラバラにしていたときに、これ以上分けられない最小のものが「素粒子」。電子はこの素粒子のひとつです。 ※ この時に解放された光を、現在私たちは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

宇宙誕生直後の約3分間、それは、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もありました。超高温の宇宙は、この間に急激な膨張を起こしながら冷えていきました。その中で、物質のもとである素粒子のうち「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たのです。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、宇宙誕生の瞬間にもっと近づいてみましょう。

## 超高温の火の玉宇宙

### 灼熱のビッグバン

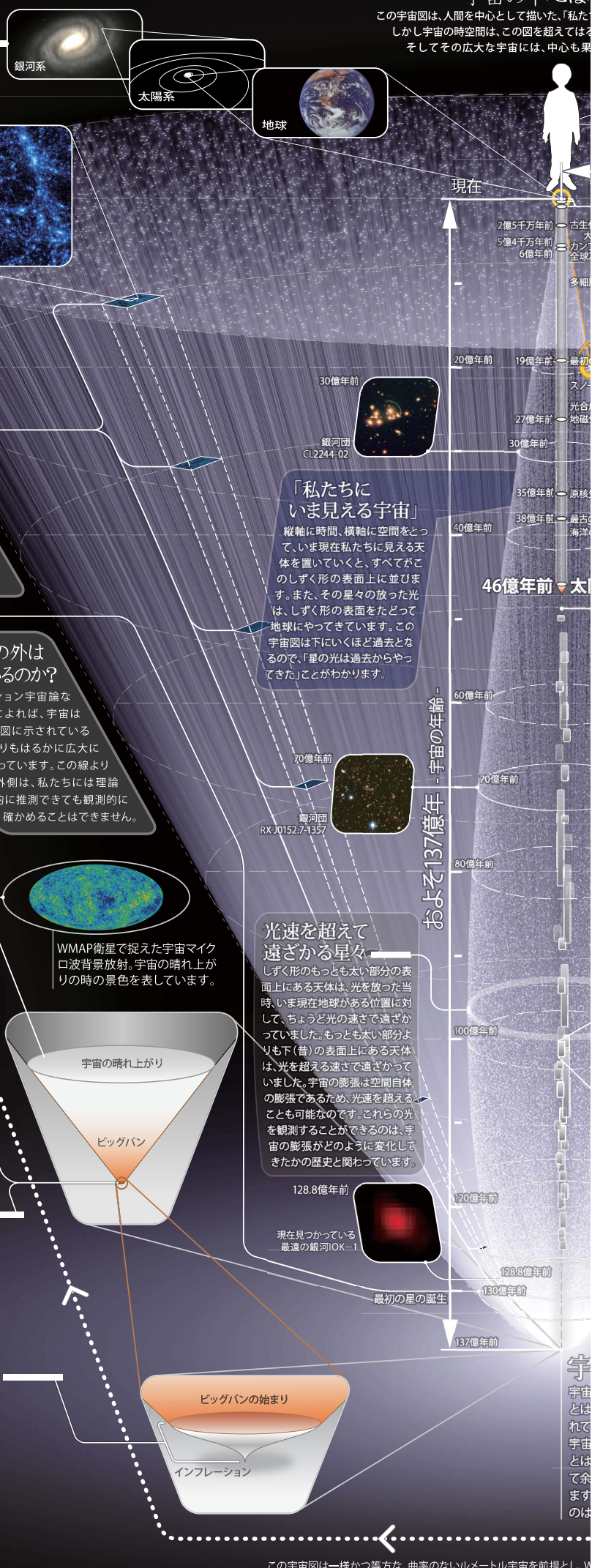
宇宙は誕生直後、とてつもない大量のエネルギーによって加熱され、超高温・超高密度の火の玉となりました。ビッグバンの始まりです。その中で、光（光子）を含む、大量の素粒子が生まれます。素粒子にはふたつの種類がありました。ひとつが「粒子」で、もうひとつが「粒子と反応すると光を出して消滅してしまう」「反粒子」です。何らかの理由で、粒子よりも反粒子の方が10億個に1個ほど少なかったために、宇宙のごく初期に反粒子はすべて消滅し、わずかに残った粒子が、現在の宇宙の物質のもととなったのです。

## 時間と空間の始まり

### 宇宙の急膨張「インフレーション」

ビッグバンのすさまじい高温は、その直前まで宇宙に満ちていたエネルギーが熱に変化したものでした。宇宙は誕生直後からビッグバン直前までの10の34乗分の1秒（※）の間に、「インフレーション」と呼ばれる、数十桁も大きくなるような猛烈な加速膨張を起こしたのです。現在の宇宙膨張を加速させているダークエネルギーと同じ、しかしその100桁以上もの驚異的な大きさをもった「真空のエネルギー」が、生まれたばかりの宇宙空間を倍々に膨張させていったのではないかと考えられています。そしてこのインフレーションとともに、この宇宙には、時間が流れ、空間が広がりはじめたのです。

※ これは1秒の1000兆分の1の1000兆分の1の1万分の1にあたります。 ※ この膨張のスケールを例えるなら、ウイスキー一盞にして銀河団以上の大きさになるほどの、想像を絶するものでした。



この宇宙図は、一様かつ等方な、曲率のないメートル宇宙を前提とし、V