宇宙が誕生したのは138億年前。通常の物質が5%、暗黒物質27%、暗黒エネルギー68%でできている―。そんな最新の宇宙像を解き明かしたのは、天文衛星が撮影した「宇宙最古の写真」です。観測チームの一員として、この写真の分析で活躍した独マックス・プランク宇宙物理研究所の小松英一郎所長に、観測で分かったこと、研究の楽しさを聞きました。（中村秀生）

科学

「最古の写真」が描く―― 最新・宇宙像 ㊤

普通の物質は〝少数派〟

独マックス・プランク宇宙物理研究所長 **小松英一郎**さん インタビュー

―小松さんが研究している「宇宙最古の写真」とは何ですか？

小松　遠くを見ると、昔の姿が見えます。地球から太陽まで光の速さで8分かかるので、いま太陽が死んでも8分間は気づかない。隣の星は4年前の姿、隣の銀河は250万年前の姿が見えているのです。そうやってずっと遠くまで見ると、宇宙の始まりが見えます。

生まれたばかりの宇宙は高温で原子核と電子がバラバラでした。光は、電子で散乱されて霧の中のようでした。霧の中では写真は撮れませんね。ようやく38万年後に宇宙が晴れ上がり、光がまっすぐ進めるようになりました。そのとき最後に物質にぶつかって散乱した光が、まっすぐカメラに届いて、今それを見ている。138億年前の宇宙のありのままの姿を光で見ているわけですから、誇張でも類推でもなく「写真」なんです。

●年齢

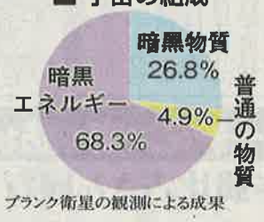
―誕生後38万年の宇宙から届くこの光は「宇宙背景放射」（CMB）と呼ばれています。CMBとはどんな光ですか？

小松　一言でいうと、宇宙を満たしている光です。宇宙には原子やニュートリノ、暗黒物質粒子などがたくさんありますが、CMBは、それらを全部ひっくるめたよりも圧倒的に多い。原子1個に対して、CMBの光の粒子は20億個。未来に行こうが過去に行こうが、宇宙空間はCMBで満ちています。水素やヘリウムといった普通の物質は超マイノリティー（少数派）なんですよ。

―CMBの観測は、宇宙のどんな秘密を解き明かしてきたのですか？

小松　まず、宇宙が灼熱の火の玉だったことです。CMBの光の波長ごとの強さ（スペクトル）は、溶鉱炉の溶けた鉄と似ています。昔の溶鉱炉の温度は光の色を見て職人が決めていましたが、CMBのスペクトルで当時の宇宙の温度が3000度だったことが分かりました。

■ 宇宙の組成



プランク衛星の観測による成果

それから、物質の濃淡ですね。写真に写っているのは、38万歳の宇宙で光が最後に物質にぶつかった姿です。だから、どれくらいの量の物質（水素やヘリウム）がどこに存在していたかが分かります。

また、光では見えない「暗黒物質」も、CMBの観測データをアインシュタイン博士の力を借りて分析すると〝見る〟ことができます。質量をもつ物質は、重力的に光のエネルギーを変える。この性質（重力赤方偏移）を使うと、光と相互作用する水素やヘリウムなど普通の物質と相互作用しない暗黒物質とを合わせた総量が分かる。普通の物質と合わない分が暗黒物質というわけです。

―他にもありますか？

小松　普通の物質と暗黒物質の量が分かりましたが、それら二つを足しても宇宙のエネルギーの総量にはならない。つまり、物質ではない何か分からないものがある、ということです。これが「暗黒エネルギー」です。

●俯瞰

―03年の発表で、宇宙の年齢がかなり正確に決まりましたね。

小松　WMAPが137億歳（±2億歳）と決めるまでは、120億歳とか、150億歳とか…大雑把でした。それまでは、宇宙で最も古い星の年齢から求めていた。でも星は、宇宙より若いに決まっているし、そもそも星の年齢を決めるのは限界がありました。

WMAPは、宇宙の晴れ上がりから現在までに光が旅した距離を光の速度で割って宇宙の年齢を決めました。距離から宇宙年齢を求めたのは、WMAPが初めてです。WMAPが「宇宙のモノサシ」を与えたということもできます。

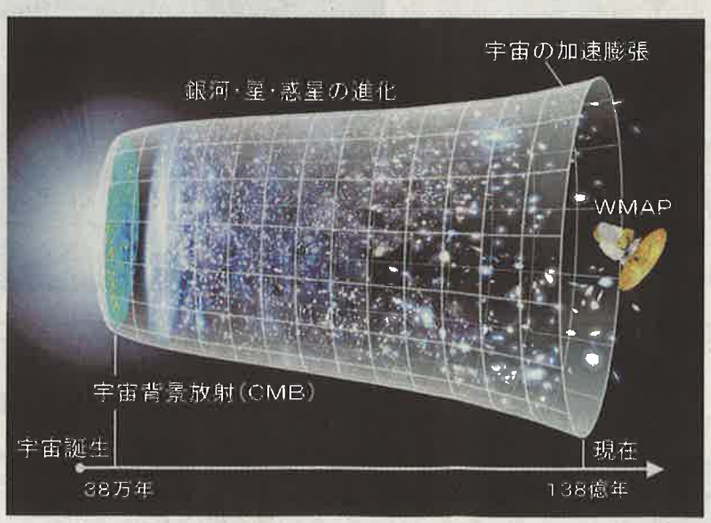
―CMB研究で宇宙観は変わりましたか？

小松　大学時代にCMBを知りました。「宇宙の始まりが見えるなら見るしかない」と、米国で進んでいたWMAP計画に大学院生だった99年に飛び込み、打ち上げ後、観測チームに入りました。

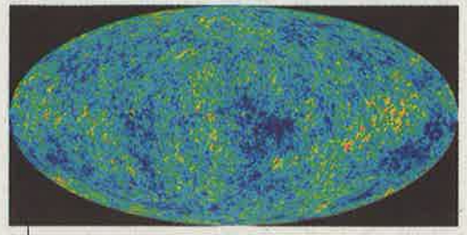
月に行った宇宙飛行士は地球を俯瞰（ふかん）して愛情が湧くそうです。私はWMAPのデータで毎日、宇宙全体を俯瞰しているんですね。それこそ、手に取るように宇宙の始まりを見ているのです。ふと、われに返ると、自分でも衝撃的なことをやっているな、と思います。宇宙の始まりの物質のムラムラ（濃淡）が重力で成長し、星や惑星、私たちが生まれました。自分たちの起源まで見えるのですから、すごい。

今後の観測は、宇宙初期の急膨張「インフレーション」がどのように起こったのか、宇宙の終わりがどうなるのかを、観測でつきとめていく段階に入っていきます。

（次週につづく）



宇宙の進化図。宇宙は誕生直後に急膨張し、灼熱の火の玉となりました。38万年後、宇宙の温度が下がって光がまっすぐ進める「宇宙の晴れ上がり」に。数億年後から星や銀河などの天体が誕生・進化してきました（イラスト―©NASA／WMAP科学チーム）



初期の温度を観測

宇宙背景放射（CMB）は、宇宙のあらゆる方向からやってくる電波。宇宙初期の高エネルギーの光（電磁波）が138億年かけて届く間に宇宙膨張によって波長が伸び、現在の宇宙ではマイクロ波として観測されます。高温・高密度だった昔の宇宙の痕跡として、ビッグバン理論から予言されていました。1964年、米国の研究者2人が偶然、アンテナの雑音として発見し、78年のノーベル物理学賞を受賞しました。

CMB観測のため、米航空宇宙局（NASA）の「COBE（コービー）」（89年）と「WMAP」（2001年）、欧州宇宙機関（ESA）の「プランク」（09年）という3機の天文衛星が打ち上げられました。COBEチームは、CMBのスペクトルが理論通りであることを確認するとともに、宇宙の構造形成のタネとなるわずかな温度ゆらぎを検出。チームのメンバーは06年のノーベル物理学賞を受賞しました。後継のWMAPは、宇宙年齢や宇宙の組成などをつきとめ、プランクはさらに高精度の観測を実施しました。

CMBマップ（画像―©NASA／WMAP科学チーム）は、WMAPが観測した宇宙初期の温度ゆらぎ。青色から赤色になるにつれて、温度が高いことを表します。

始祖鳥はキジのように飛んだ

1億5000万年前ごろに生きていた始祖鳥はキジのように飛んだとみられると、フランスにある欧州シンクロトロン放射光研究所などの国際研究グループが科学誌『ネイチャー・コミュニケーションズ』（13日付）に発表しました。始祖鳥が飛んだのか、飛んだのならどのように飛んだかは、専門家の間で長く議論が続けられている問題です。

鳥の飛び方を探るには、骨の構造を調べる必要があります。しかし、始祖鳥の化石は貴重なものであることから、破壊して内部を調べることができません。研究グループは、円形加速器の一種であるシンクロトロンから出るエックス線を利用して始祖鳥の骨の内部を詳しく調べました。

鳥は恐竜から進化したと考えられています。調査の結果、始祖鳥の骨は地上生活をしていた恐竜のものより、現在の鳥の骨に似ていたことが明らかになりました。しかし、胸の部分の形などから空高く飛び上がったり、長く滑空することはできないと考えられます。このため、障壁を越えたり敵から逃げるために飛ぶ現在のキジのように飛んだ可能性が強いといいます。

始祖鳥の化石はドイツ南部バイエルン州ゾルンホーフェンのジュラ紀後期（約1億4600万年前～約1億4100万年前）の地層から発見されました。当時、そこは熱帯の島々でした。研究グループは、始祖鳥の飛ぶ能力が島々を渡ったり、敵から逃げたりするのに役立ったのではないかとみています。

㊤始祖鳥の化石を調べているところ ©ESRF/Pascal Goetgheluck
㊦始祖鳥が飛んでいるところの想像図© Jana Ruzickova