「最古の写真」が描く―― 最新・宇宙像 ㊦

運命を握る「暗黒エネ」

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

現在138億歳の宇宙の誕生から38万年後の姿を撮影した「宇宙最古の写真」。先週号（19日付）では、天文衛星の観測チームの一員として活躍してきた独マックス・プランク宇宙物理研究所の小松英一郎所長に、最古の写真が描き出す宇宙の姿について聞きました。今回のテーマは、宇宙論の焦点である宇宙の始まりと終わりの謎です。

―誕生直後の宇宙で、微生物ほどの小さな領域が一瞬で銀河くらいの大きな領域になるような、空間の急膨張「インフレーション」が起こったといいますね。

小松　真空の微小な領域から生まれた私たちの宇宙は、もしインフレーションがなければ大きくなれず、すぐにつぶれて真空に戻ってしまいます。インフレーションがあったおかげで、つぶれないでバーッと広がって、今も宇宙が残っているわけです。インフレーション理論では、10の36乗分の1秒という一瞬の間に、宇宙の空間は10の26乗倍以上に広がったとされています。とんでもない話ですよね。でも、本当にあったのかもしれない。

私が参加した「WMAP（ダブリューマップ）衛星」の観測で、銀河や星、私たちの起源である物質の密度ゆらぎの元となったのは、インフレーション時に発生した「量子力学的なゆらぎ」ではないかということが分かってきました。

● 年齢

―宇宙が38万歳だったときの「最古の写真」から、もっと昔のインフレーション中のことがどうして分かったのですか？

小松　例え話をするなら、灼熱（しゃくねつ）の宇宙は〝味噌（みそ）汁〟のようなものです。味噌汁に豆腐を落とすと、波が立ちますね。「宇宙最古の写真」に写った波を調べることで、味噌汁が濃いか薄いか、つまり、水素やヘリウムなど物質の存在量が分かりました。

どんな味噌汁かが分かれば、今度は、もともとはどんな揺らぎがあったかが分かる。例えば、どんなふうに豆腐は味噌汁に落とされたのか。調べてみると、インフレーションの始まりのころに落とされた豆腐は多く、終わりに近づくと少なくなりました。もう一つ、空間にランダムに（正規分布と呼ばれるある特別な確率分布にしたがって）豆腐が落とされていたことも分かりました。つまりインフレーション中、量子ゆらぎは空間にランダムに発生し、だんだん少なくなっていったということです。

―それは、何を意味しているのですか？

小松　一言でいうと、インフレーション中の宇宙の膨張速度がだんだん遅くなっていたことを示しています。理論で予言されていたことですが、このことは、私たちの起源が量子ゆらぎだという、ほぼ確実な証拠をつかんだことを意味します。

この発見のために私は観測チームに参加しました。そこに貢献できたという自負があるのでうれしい。WMAPの一番の成果だと思っています。

● 膨張

―現在、宇宙論の最大のテーマは何ですか？

小松　インフレーションで発生した原始重力波を発見することです。さきほどの例え話でいうなら、味噌汁の中身が揺れるのではなくて、お椀（わん）そのものが揺れるのが重力波です。原始重力波が見つかれば、間違いなくインフレーションが起こったということ。とにかく見つけたい。

もう一つは、宇宙の終わりがどうなるか。それには、何か分からないけれども宇宙を押し広げている「暗黒エネルギー」の性質が問題になります。

暗黒エネルギーが宇宙の膨張を速くするというのは、どういうことか。地球でリンゴを放り投げると、下に落ちてきますね。ところが宇宙では、リンゴは加速度的に遠ざかる。高校の物理では絶対に起こらないことが起こっているのです。

なぜ地球では起こらないか。現時点で地球は、物質の密度の方が暗黒エネルギーの密度よりも圧倒的に大きいからです。しかし「未来永劫（えいごう）セーフだ」とは言えません。

遠い将来の話ですが、もし、暗黒エネルギーの密度が速いペースで増えて、物質の密度に勝ってしまうと、宇宙のすべてのものがバラバラになって宇宙は終わりを迎えます。銀河や星、惑星、そして分子や原子も引き裂かれ素粒子になります。

―宇宙が収縮に転じてつぶれる可能性が以前、いわれていましたね。

小松　現在の宇宙論の常識では考えにくいですが、可能性がゼロとは言えません。株価と同様、過去の業績は未来予測にはならない。それくらい暗黒エネルギーが何かは分かっていないのです。

● 密度

―何が、宇宙の運命を決めるのですか？

小松　暗黒エネルギーの密度の時間変化を示すある値（W）で決まります。Wがマイナス1より大きければ、宇宙は膨張しても引き裂かれることはありません。それより小さければ、いつか宇宙は引き裂かれます。過去の宇宙膨張を観測した結果で、この値は絞り込まれつつありますが、まだどちらかわかりません。

望遠鏡で銀河の集まり具合を調べることで、暗黒エネルギーの密度が時間変化しているかどうかを検出したいですね。

―ほかにも注目のテーマはありますか？

小松　まだ暗黒物質の正体が分かっていない。

それから、物質の起源です。宇宙が灼熱だったとき、物質と反物質が等量できたのに、なぜ今は物質だけ残っているのか。これも未解決問題です。

その一つの手がかりが素粒子ニュートリノの性質です。とくに質量が分かれば、宇宙論に新しい突破口ができると考えられています。すばる望遠鏡でも銀河の集まり具合を観測して、ニュートリノ質量を測定しようという計画を進めています。これは暗黒エネルギー密度の時間変化とも関係していると思っています。必ず測定したいと思っています。

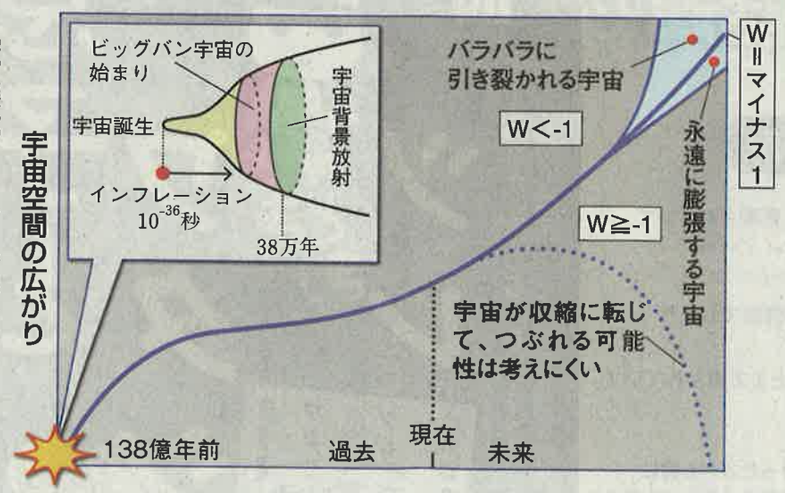
（おわり）

インフレーション理論　初期の宇宙が指数関数的な急膨張（インフレーション）を遂げたとする仮説。1980年代に提唱されたこの仮説により、当時のビッグバン宇宙論のいくつかの欠点が解決され、現在は標準的な考えになっています。佐藤勝彦・東京大学名誉教授は提唱者の一人。

宇宙のインフレーションが終わると、急膨張を担ったエネルギーは熱に転化し、緩やかに膨張する〝灼熱の火の玉〟であるビッグバン宇宙が始まりました。大量の素粒子が生まれ、3分後には水素やヘリウムなどの原子核が誕生しました。約38万年後、宇宙が膨張して温度が約3000度まで下がると、原子核と電子が結合。光は電子に散乱されずに、まっすぐ進めるようになりました。このときに解き放たれた光が現在、宇宙背景放射（CMB）として観測されており、これを撮影したものが宇宙最古の写真です。

原始重力波　宇宙のインフレーション時に生じた空間のゆがみが波として光速で広がる現象。小松さんは、CMBに刻まれた原始重力波の痕跡をとらえることをめざす、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の宇宙探査機「ライトバード」計画に参加しています。一方、重力波望遠鏡で直接検出しようという構想も進んでいます。

すばる望遠鏡が撮影した銀河。手前にある見えない暗黒物質の影響で奥の銀河の形がゆがむ現象を利用して、暗黒物質の地図づくりが進んでいます。暗黒エネルギー密度の時間変化についての手がかりが期待されています©国立天文台



宇宙空間の広がり　宇宙進化のイメージ　暗黒エネルギーの性質（Wの値）によって、宇宙は永遠に膨張するか、バラバラに引き裂かれてしまうか、運命が異なります。これまでの観測から、未来の宇宙膨張は水色の範囲に絞られてきています

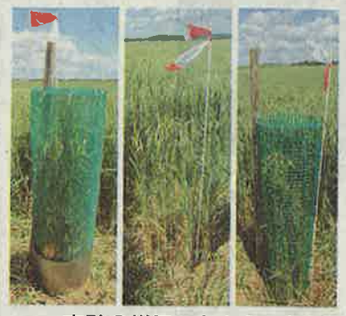
自然の不思議

多様な作物が農薬減らす

まわりでさまざまな作物が栽培されていると、小麦畑で使用する殺虫剤の量を減らせると、ドイツ・ビュルツブルク大学の研究チームが生態学誌『ジャーナル・オブ・アプライド・エコロジー』（20日付）に発表しました。同大大学院生、サラ・レドリッヒさんたちが、ドイツ南部の都市ビュルツブルクの近郊で、ある実験をした結果、わかったといいます。

実験を行った場所は、まわりで栽培されている作物の種類が異なる18カ所の小麦畑。それぞれのところで、100匹のアブラムシをつけた小麦に、鳥も昆虫も入ることができない細かな網状のかごをかぶせた場合、鳥は入れないけれども昆虫は入れる網状のかごをかぶせた場合、何もかぶせなかった場合の三つで、どのような違いが出るか調べました。

その結果、半径500メートル以内の範囲で栽培されている作物の種類が豊富な小麦畑ほど、何もかぶせなかった小麦や、昆虫が入ることのできる網状のかごをかぶせた小麦でアブラムシの数が顕著に少なくなることが確認できたといいます。



実験の様子。左から、鳥も昆虫も通さない網状のかごをかぶせた小麦、何もかぶせない小麦、昆虫は通すかごをかぶせた小麦© SarahRedlich

研究チームはこの結果について、作物の種類が多いとアブラムシの天敵となるさまざまな昆虫が増え、小麦に付いたアブラムシを食べるためだと考えています。また、アブラムシの増減に鳥は関係ないことも確かめられたと指摘。天敵がアブラムシを食べてくれるため、さまざまな作物を栽培しているところで小麦を栽培すれば殺虫剤も減らせることを示していると説明しています。