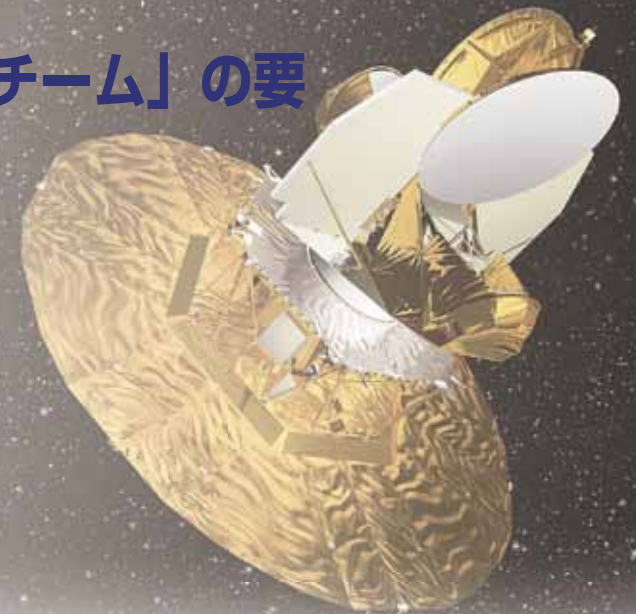


宇宙論研究の先頭を走る「WMAP チーム」の要 “世界で最も注目された論文”の著者に聞く



WMAPは「宇宙背景放射」を通じて宇宙のなぞにせまる観測衛星だ。宇宙背景放射とは、宇宙誕生から間もない時期に発せられた光のことで、宇宙の構造や歴史のなぞを解く手がかりがつかまっている。WMAPチームのキーパーソンとして活躍する小松英一郎博士に、観測生活のようすや、その成果について語ってもらった。

小松英一郎

マックス・プランク宇宙物理学研究所所長
東京大学高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 (IPMU) 上級科学研究員

天文図鑑に感動した少年が、 世界随一の宇宙観測チームへ

僕が宇宙に興味をもったきっかけは、小学校五年生の時に見た天文図鑑かんにのっていた、オリオン座の大星雲M42の大きなカラー写真でした。それを見て感動して、宇宙の世界へのめりこんでいきましたね。

その思いは成長してもかわらず、大学時代には、東北大学の二間瀬敏史教授のもとで宇宙論の研究をしていました。その中で、宇宙背景放射ふた ま せ と し ふ みというものを見れば、宇宙の組成や年齢ねんれいがわかってしまうらしい、ということを知ったんです。

そのためには、観測データかいせきを解析して、結果を出さないといけないわけですね。それならば、それを自分でやってみたいと思いました。MAPマップ (のちのWMAP) の観測チームに参加したいと思った第一歩です。

そうはいつでも、自分1人ではどう

宇宙背景放射

宇宙全体をほぼ一様に満たし、宇宙のあらゆる方向から向かってくる光のこと。宇宙誕生から約38万年後に発せられた光であり、観測することのできる、最も古い、そして最も遠い光である。

すればよいのか、まったくわかりませんでした。そんなときに、当時京都大学にいらした杉山直教授すぎやま なおし (現名古屋大学教授)、東京大学の須藤靖教授すとう やし、それから、二間瀬教授の3人が、アメリカのプリンストン大学に行けばよいのではないかということを知りました。

杉山先生と須藤先生は、プリンストン大学の教授で、MAPのメンバーであるデイビッド・シュパーゲル教授のことを個人的にもよく知っていたので、手紙や推薦状を書いていただき、ねじ込んでもらえたという感じです。僕としてはふっつわいたようなチャンスでした。

願ってもないチャンスをつかむため、1999年に渡米しました。しかし、すべてが順調にいくわけではありませんでした。MAPは全部で20人ほどの小さなチームです。シュパーゲル教授は、その人数ではどうやっても人手不足なので、新たなメンバーを入れたが

っていました。その一方で、ほとんどのメンバーは新しい加入者を受け入れることに消極的で、そこでのせめぎ合いがあったようです。

結局、MAPの打ち上げが無事に終わった2001年に、ようやく新規加入することを認められました。認められたといっても歓迎されたわけではなく、最初部屋に入った瞬間には「ああ、きらわれているな」ということを感じましたね(笑)。その後は、自分で研究して成果を出して、徐々に信頼を勝ち得ていくしかなかったです。時間はかかりましたが、最終的には受け入れてもらうことができました。

宇宙の“地図”を読みとく

チームの中で僕は主に、宇宙の温度分布と偏光度へんこうど (光の振動方向のかたよりの度合い) の分布を示す地図の解析を行っていました。まず、衛星からさまざまな方向の宇宙の温度と偏光度を観測したデータが送られてきます。これらは均一ではなくて、

場所によって温度や偏光度が少しずつ違う、つまり“むら”があるんです。このむらをもとに、宇宙の地図がつくれます。その地図を解析して得られた結果から、宇宙の年齢や、ダークマターダークマター (暗黒物質) の量などをみちびき出すわけです。

たとえば、僕たちは宇宙の年齢が137億歳だと突き止めました。そのためどのような解析を行ったかという、観測にもとづいてできた宇宙地図をよく見ると、ある特定の大きさをもったスポットがたくさんあるんです。このスポットの見かけの大きさは観測からわかっています。それに加えて、僕たちはそれぞれのスポットの真の大きさを理論的に知っているのです。このスポットまでの距離きょりがわかるわけです。宇宙背景放射はいちばん古くて遠い光なので、そこが今見えている宇宙の最果てということになります。そこまでの距離を光の速さで割って出てきた時間が、宇宙の年齢です。

MAP (Microwave Anisotropy Probe)

宇宙背景放射の観測を目的に打ち上げられた観測衛星。打ち上げ後に、MAPの発案者の一人で天文学者のデイビッド・ウィルキンソン教授が亡くなったため、その名前を冠して「WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)」となった。

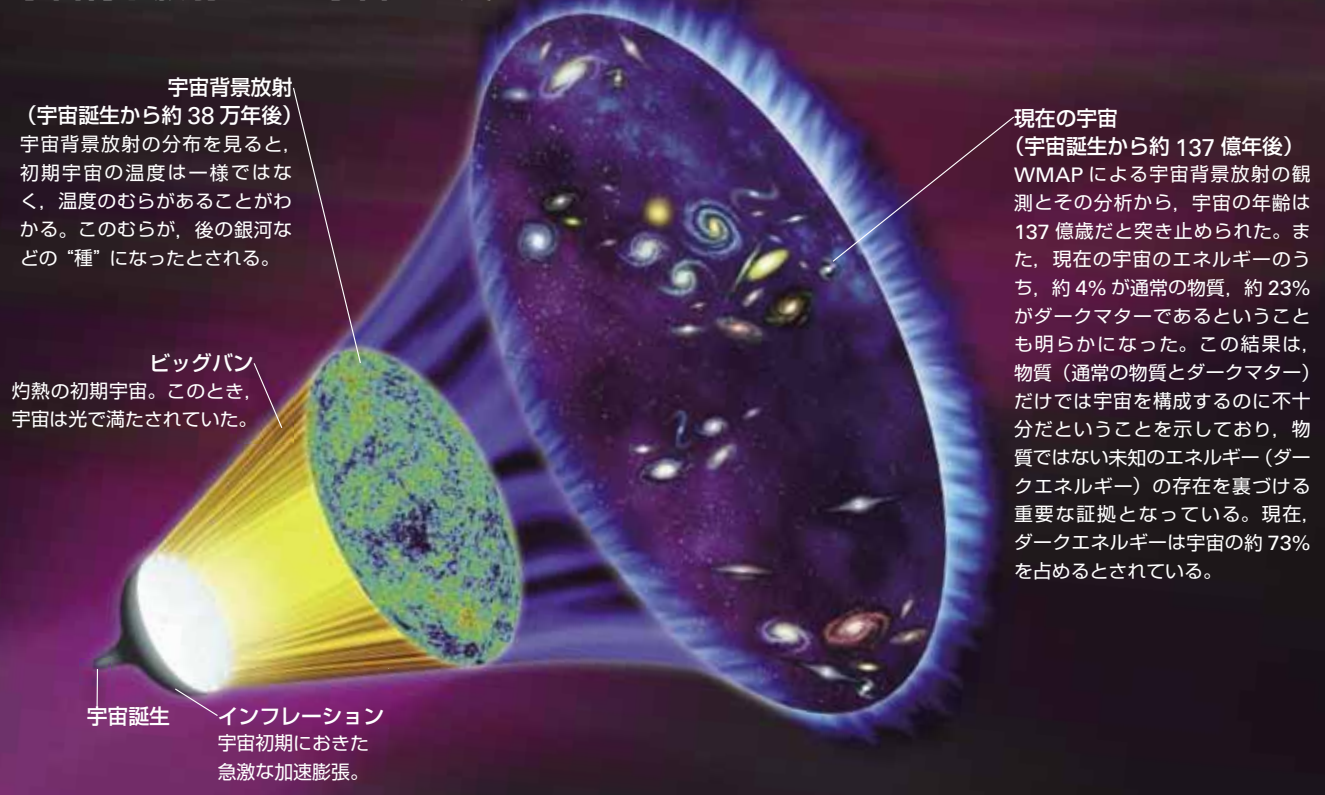
ダークマター (暗黒物質)

宇宙にある物質のうち、みずから光(電磁波)を放たない(光らない)、あるいは電磁波と相互作用をしないために、電磁波では観測できないとされる物質のこと。現在の宇宙のエネルギーの約23%を占めるとされ、その正体として未発見の粒子などが候補にあげられている。

小松英一郎 / こまつ えいいちろう

1974年、兵庫県生まれ。27歳のとき、WMAP宇宙背景放射観測チームに加入。その成果をまとめ、筆頭著者を務めた論文2編は、トムソン・ロイター社によって、それぞれ2009年と2011年度の最多引用論文に選出された。論文の引用数は、その研究の注目度を示す指標とされている。2012年8月15日ついで、ドイツ、マックス・プランク宇宙物理学研究所所長に就任。

宇宙背景放射でみる宇宙の歴史



ピラミッドの実際の高さがわかっていて、なおかつ自分がいる位置からどれくらいの大きさで見えるか、つまり見かけの大きさがわかれば、自分とピラミッドの距離がわかりますよね。宇宙の最果てとの距離を求める方法も、基本的にはこれと同じ原理なんですよ。

さまざまな役割がある中で、僕がチームに貢献できたのは、観測データの解析と科学的解釈の部分です。僕は観測を通じて、宇宙のはじまりといわれるインフレーション理論を検証したいと思っていました。インフレーションはどのようにおきたのか、そもそもおきたのかどうかを知るためには、今までになかったような新しい視点で観測データを見ない

といけません。

実は、得られたデータの具体的な解析方法は、MAPの打ち上げ前にはっきりと決まっているわけではありませんでした。打ち上げた後にさまざまな解析方法を試してみても、アイデア次第でいくらかでも新しい知見を得ることができるんです。そのように自由度が高いからこそ、やりがいがありましたね。

二度の論文引用数世界一の裏にあった、理論の“ほころび”探し

2009年と2011年に、WMAPの5年分と7年分のデータの解析結果をそれぞれまとめた論文を、アストロフィジカル ジャーナル サプリメント「Astrophysical Journal Supplement Series」というジャーナルに発表しま

現在の宇宙
(宇宙誕生から約 137 億年後)
WMAPによる宇宙背景放射の観測とその分析から、宇宙の年齢は137億歳だと突き止められた。また、現在の宇宙のエネルギーのうち、約4%が通常物質、約23%がダークマターであるということも明らかになった。この結果は、物質(通常物質とダークマター)だけでは宇宙を構成するのに不十分だということを示しており、物質ではない未知のエネルギー(ダークエネルギー)の存在を裏付ける重要な証拠となっている。現在、ダークエネルギーは宇宙の約73%を占めるとされている。

した。実際のところ、宇宙の年齢や宇宙に存在するダークマターの量など、宇宙のパラメーターとよばれるものは、WMAPの3年分のデータの解析結果を発表した2007年くらいまでには一通り出そろっていたんです。その中で、なぜ2009年や2011年になってこの論文が注目してもらえたかということ、現在の宇宙の標準理論に“ほころび”がないかどうかを必死にさがしたからだと思います。

研究者たちはどうやら皆同じことを考えていて、標準理論のほころびをみつきたいようです。でも、具体的に何をどのようにさがしたらよいかかわからない。そこで、観測にもとづくデータを僕たちが提供することで、「こういうことはありえません」という限界

を明らかにするわけです。ほころびが何もみつからなかった、という結果も、宇宙について考えるための枠組みや方向性を示すことができたという点で、実は有益なんですね。観測データからすでに棄却されていることを考えつつけても、しかたがないわけですから。

WMAPでの観測の特筆すべき点は、宇宙背景放射を通じて、初期宇宙の姿をそのまま見ているという点です。僕たちは、まるで宇宙を実際に見てきたかのようなことをいいますよね。それは、本当に「実際に見てきている」からにはほかならないんですよ(笑)。

インフレーション理論にひそんでいるかもしれない“ほころび”

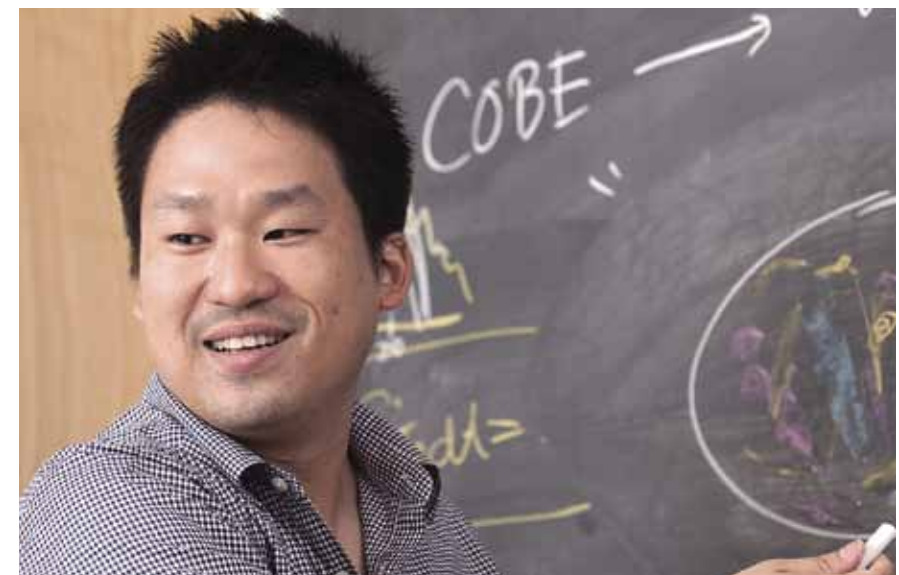
今の僕の課題は、インフレーションが本当にあったかどうかを検証することです。実は、今回の観測の結果から、初期宇宙は、ほとんどのインフレーション理論が予測するような、“一つのエネルギー源による加速”をして

可能性が出てきました。

インフレーション理論は今のところ、ほかの理論とくらべて一番単純でデータともよく合うので、支持されています。しかし、実験や観測でしっかりと確認できるまでは、ただのおとぎ話にすぎないんですね。

そもそも、インフレーションというのはむちゃくちゃなことなんです。現在宇宙は加速膨張していて、100億年後には宇宙の大きさは2倍になるといわれています。それに比べて、現在のインフレーション理論では、宇宙は最初の 10^{34} 分の1秒(1秒の1000兆分の1のさらに1000兆分の1のさらに1万分の1)の間に大きさが数十けたも増大したというわけですから、こんなむちゃくちゃなことではないですよ。簡単に信じてはいけませんよ(笑)。

インフレーションが今考えられているようなものではない、となったら、



「宇宙のはじまりと終わりを突き止めたいですね」と熱く語る小松博士。

これはとんでもない発見です。インフレーション理論が提唱されたのが1980年。それを観測的に検証できる時代に、ようやくだったわけです。現在宇宙背景放射の観測を行っているヨーロッパのPlanckが、その成果をまとめたものを来年発表します。結果が非常に気になりますね。

宇宙の歴史を知るためのカギは、“ダークエネルギー”

僕の最終目標は、宇宙の歴史を最初から最後まで明らかにすることです。ただ、宇宙のはじまりといわれるインフレーションにせよ、宇宙の未来にせよ、どちらもダークエネルギー(暗黒エネルギー)がカギとなっています。このダークエネルギーの正体がわからないことには、宇宙の全ぼうを知るのにはむずかしいでしょうね。

観測的に多くのことがわかってきたとはいえ、僕たちが見ることができるのは光が進むことのできた距離だけです。宇宙はえたいのしれないものなので、簡単にすべてがわかってはいけませんよ。でも、少なくとも見えている部分くらいはわかりたい、というのが僕たちのささやかな願いです。

とはいえ、ダークエネルギーの正体が完全にわかってしまえば、僕の一応の目的をなしとげることができるわけです。もしそうなったら、今度はまた何か別の研究をやるんでしょうね(笑)。そういう好奇心と、わからないことがあったらわかるまであきらめないという気持ちが、研究者にとってはとても大切だと感じています。

(担当：編集部 寺山 舞)

インフレーション理論

ビッグバンより前におきたと考えられている、宇宙の急激な加速膨張に関する理論。インフレーションを引き起こした何らかの未知のエネルギーは、インフレーションが終了した瞬間、現在の宇宙のすべての物質や光に生まれかわり、宇宙は灼熱状態になったとされる。

宇宙の標準理論

ビッグバン宇宙論(膨張する宇宙の時間をさかのぼれば、大昔の宇宙は今よりも小さく、高温・高密度で灼熱状態だったとする理論)に加え、それ以前にインフレーションという時期があったとする仮説を含めた、宇宙誕生に関する理論。

Planck

ESA(ヨーロッパ宇宙機関)が2009年に打ち上げた観測衛星。WMAPと同様に、宇宙背景放射の観測を目的としている。WMAPより解像度も感度も高く、新たな事実の発見が期待される。

ダークエネルギー(暗黒エネルギー)

現在の宇宙のエネルギーのおよそ73%を占めるとされる、正体不明のエネルギー。宇宙空間を一律に満たしており、引力ではなく斥力(遠ざけようとする力)のような作用をおよぼすと考えられている。くわしくは、18~45ページのNewton Specialを参照。