

隔号連載エッセイ 小松英一郎の「天文学者ですがなにか？」

この原稿は、イースターの休暇中に書いています。3月末から4月の頭にかけて晴天が続き、オリンピック公園ではあつという間に桜が満開となりました。しかしお花見気分もそこそこに、すぐに雪が降りました。4月のミュンヘンは、相変わらず不安定なお天気の毎日です。

昨年3月の最初のロックダウンから1年以上が経ちました。あの時は50日ほどで解除されましたが、今回のロックダウンは5ヶ月を超え、ロックダウン前の日々を忘れてしまいそうです。2月に一旦収まりかけた新型コロナウイルスの感染の広がり、変異株の出現で再び拡大に転じ、ロックダウンの解除は延期されるばかりです。ワクチンの接種も進まない中、「進化」を続けるウイルスと人類との戦い（あるいは共存）は続きます。この1年間、「こんな時に宇宙の話なんて…」と迷いながらエッセイを書かせていただきましたが、ミュンヘン日本人会会報の読者の中には、こういう時だからこそ日常的なことを忘れ、宇宙に思いを馳せて気持ちを紛らわせたい方もいらっしゃる信じ、今回も勇気を出して語らせていただきます。

今日のテーマは、「宇宙の温暖化」です。

宇宙の温度は何度でしょうか？ インターネットで検索すると、「摂氏マイナス 270 度」という答えが返ってくるでしょう。このエッセイの読者には、「あ、これは去年の5・6月号で読んだ、宇宙マイクロ波背景放射のことだな」とピンときた方もいらっしゃるかも（あるいはいらっしゃらないかも）かもしれません。

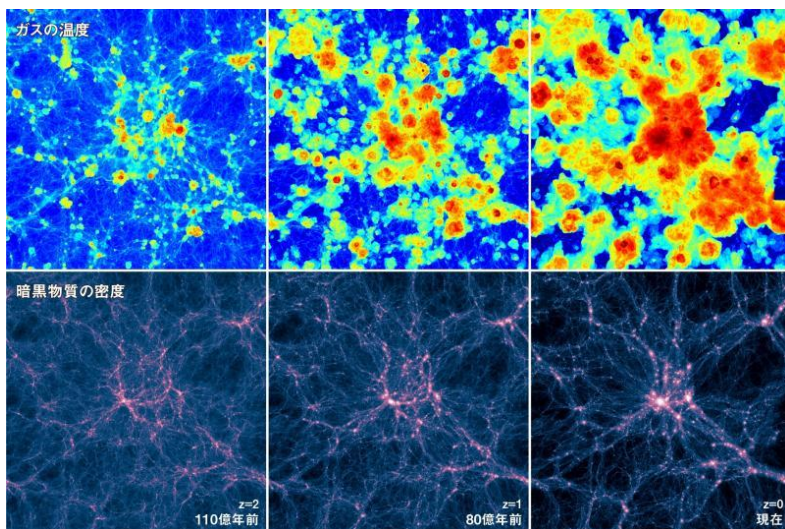
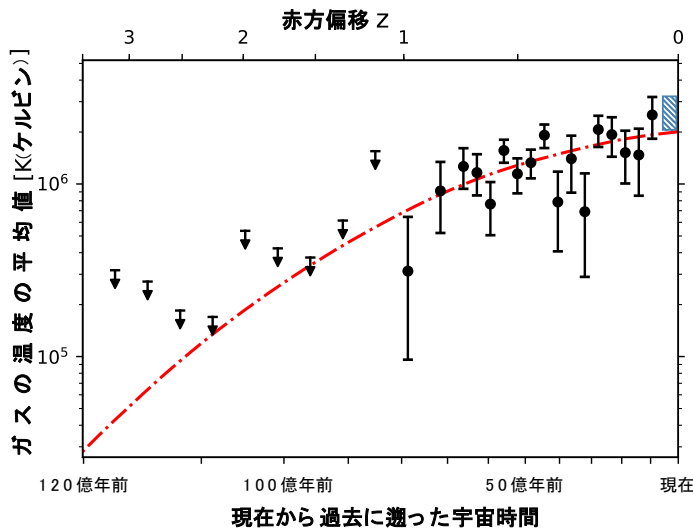
宇宙は、かつて灼熱の火の玉のような状態でした。その後、138 億年という途方もない時間をかけて宇宙空間は広がり、冷え、温度は下がりました。現在の宇宙を満たす「火の玉宇宙の残光＝宇宙マイクロ波背景放射」は、絶対温度で 2.7 ケルビンです。絶対温度の単位である「ケルビン」をいちいち書くのは面倒なので、これを 2.7 K と書きます。絶対零度 (0 K) は、日常生活で使う温度の単位で摂氏マイナス 273 度に相当するので、2.7 K は摂氏約マイナス 270 度となるのです。宇宙空間は今後も広がるので、宇宙の温度は下がり続け、限りなく絶対零度に近づくように思われます。

しかし、宇宙空間はどこもかしこも同じ温度なのでしょうか？ 実は、そんなことはありません。宇宙マイクロ波背景放射は光ですが、宇宙には光だけでなく惑星や星・銀河などの様々なものが詰まっています。夜空を見上げると星と星の間は漆黒の闇のように見えますが、実はガスなどの物質が詰まっています。これは、星と星の間にあるので「星間物質」と呼びます。闇のように見えるのは、人間が肉眼で見ることのできる可視光線を発しないからです。赤外線や電波などを捉える特殊なカメラを使えば、ガスが発する光を測定できます。さて、我々の住む銀河系の外には無数の銀河が存在します。銀河と銀河の間も漆黒の闇のように見えますが、実は物質が詰まっていて、これを「銀河間物質」と呼びます。この銀河間物質は、僕たち天文学者が使う立派な望遠鏡で見てもわからないほど暗いので、「宇宙空間」と呼んでも差し支えありません。しかし、僕たちの研究チームが調べたところ、銀河間物質のガスは摂氏マイナス 270 度どころか、なんと 200 万度という高温な状態にあることが分かったのです！ 光の速度は有限なので、遠くを観測すると昔の姿が見えます。この性質を使って、銀河間物質のガスの昔の温度を測定すると、過去 80 億年の間に温度は 3 倍に上昇したことがわかりました。まさに「宇宙の温暖化」です。地球が誕生したのが 46 億年前ですから、それより前の時代の宇宙のガスの温度を測定できたこととなります。時間軸が長くてすみません。天文学者ですから。何か？

この研究成果は昨年 11 月に論文として発表し、僕と研究員の真喜屋龍さんが所属するガルヒングのマックス・プランク宇宙物理学研究所 (Max-Planck-Institut für Astrophysik) と東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)、そして共同研究者が所属する米国オハイオ州立大学とジョンス・ホプキンス大学とで同時に記者発表を行いました。インターネットで「宇宙の温度 真喜屋」と検索すれば記事を読むことができるでしょう。

天文学者は、下の図に示すようなグラフを眺めてうっとりします。これを読者のみなさまに見せたら、きっと変態扱いされることは分かっています。だがしかし！ みなさまの税金で支えられた研究成果ですから、言葉だけでなく、データに基づいたエビデンスをお見せしたい。そんな僕の思いを受け止めていただくべく、データをお見せします。図中の誤差棒付きの黒丸は、測定値とその誤差を示します。縦軸はガスの絶対温度をケルビンの単位で示し、黒丸が上になるほど高温です。横軸は現在から過去に遡った時間を示します。一番右が現在で、左に行くほど過去（つまり「何億年前」）になります。右に行くほど黒丸が上昇しているのが分かっていただけでしょうか。これが宇宙の温暖化です。下向きの矢印は、

誤差が大きすぎて測定できなかったものです。



地球の気候変動や温暖化は、人類の活動によってもたらされたものだと考えられています。では、宇宙の温暖化は何によってもたらされたものでしょうか？ 答えは、「重力が持つエネルギーの解放」です。

次の図は観測データではなく、理論的な計算に基づいてコンピューターで再現した「仮想的な宇宙」の姿です。そうです、今や天文学者は、コンピューターで宇宙の姿を再現できてしまうのです。図は上下各3枚あり、時間は左から右に向かって流れ、右端の図が現在です。1辺のサイズは現在で3.5億光年という途方もない大きさに対応します。上側の図はガスの温度分布を、下側の図は物質の集まりの分布を示します。この計算結果によれば、物質が集まるほどガスの温度は高くなります。そこで僕たちは、物質が集まるにつれて重力エネルギーが解放されて運動エネルギーとなり、それが衝撃波を形成して熱となってガスを温めたのだ、と結論づけました。

急に専門的になったので、身近な例を挙げてみましょう。家の2階からボールを落とすと、ボールの速度はどんどん増大します。これは、地球の重力によるボールの位置エネルギーが運動エネルギーに変わるためです。次に衝撃波とは、超音速旅客機や隕石などの物体が、地球大気などのガス中を運動する時、その運動速度がガスの音速を超える（速度が「マッハ1」を超える）と発生します。この時、熱が生じるのです。

しかし、いくら理論がもっともらしくても、その正しさが観測データで確認されなければ、自然界を説明したことにはなりません。昨年11月に発表したデータは、この理論予想の正しさを裏付けるものでした。実はこの理論予想は、2000年に僕が米国プリンストン大学で学生だった頃に発表したものです。あれから20年。ついに、宇宙の温暖化が実際に起きていることを発見できました。研究する国は変わりましたが、みなさまのサポートのおかげです。いつも感謝しています。

宇宙の研究はとても楽しく、時の経つのを忘れてしまいます。天文学者の時間の流れは数十億年単位なものですから…。しかし、ふと我にかえると、やはりミュンヘンはまだロックダウンの最中なのです。感染が早く収束しますように。

それでは、Bis zum nächsten Mal!

小松先生のプロフィール

兵庫県宝塚市出身。東北大学理学部卒業、理学博士。

米国プリンストン大学博士研究員、テキサス大学教授を経て現在、マックス・プランク宇宙物理学研究所所長。

日本天文学会林忠四郎賞（2015年）や基礎物理学ブレイクスルー賞（2017年）など、国内国外の賞を多数受賞。