

# Kavli IPMU

カブリ アイビーエムユー



第12号  
September 2021

## 宇宙の温暖化

こんにちは  
Kavli IPMU  
です。



私の名前は、東京大学国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構(Kavli IPMU)。2007年10月1日に千葉県柏市に設立されました。ここには世界中からたくさんの研究者が集まっていて、宇宙に関する5つの疑問に取り組んでいます。

- 宇宙はどのように始まったのか？
- 宇宙は何でできているのか？
- 宇宙はどんな運命を迎えるのか？
- 宇宙を支配する法則は何なのか？
- 私たちはなぜこの宇宙に存在するのか？

どれも小さいときに一度は思うような素朴な疑問ですが、答えはまだわかっていません。

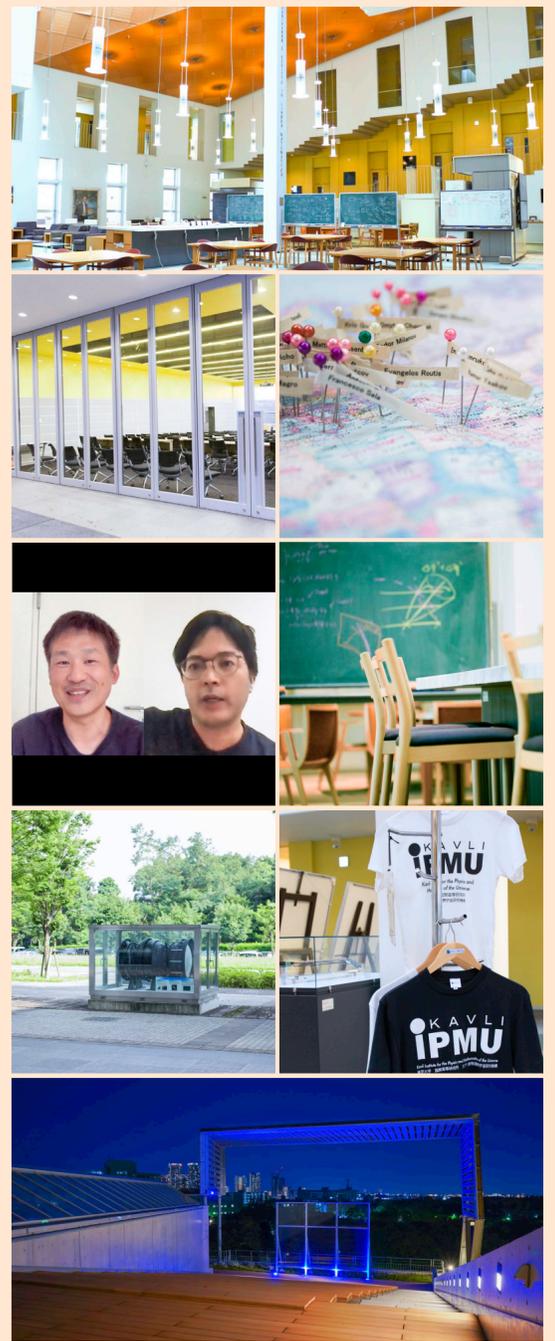
たとえば、宇宙のエネルギーのなかで、私たちが知っている物質(水素とか炭素とか)はじつは5%にも満たないことがはっきりしています。残りの27%は得体的に「ダークマター」、さらに摩訶不思議な宇宙の68%を占めるのが「ダークエネルギー」。どちらも名前がついているものの、その正体はまったくわかっていません。いったい、宇宙は何でできているのでしょうか。

これらの疑問にせまるために、Kavli IPMUには数学、物理、天文などの第一線の研究者が集まり、分野を超えて共同研究を行っています。新型コロナウイルスが流行を始めるまでは、毎日、午後3時になると全員参加のティータイムがありました。異なる分野の研究者たちが顔を合わせて、おいしいお茶とパンを口にしながらおしゃべりに興じました。仲間と情報交換し、他分野の研究に触れ、思いがけない方向の議論が新しい研究のアイデアにつながりました。

そして5つの疑問を解くためには、新しい物の見方を生み出していくことが大事です。頭が柔らかく、ひとつの分野にとらわれない若い力が必要です。このKavli IPMUものしり新聞を読んでもくれたあなたが宇宙の超難問に挑戦し、そのころには新型コロナウイルスの流行も抑えられ、私たちにぎやかなティータイムを過ごす未来が来るのが私の夢です。

東京大学国際高等研究所  
カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)  
〒277-8583 千葉県柏市の葉5-1-5  
HP <http://www.ipmu.jp/ja>  
Facebook <https://www.facebook.com/KavliIpmu/>  
Twitter @KavliIPMU  
Instagram @kavli\_ipmu

【問い合わせ先】  
TEL 04-7136-4940  
FAX 04-7136-4941  
MAIL [inquiry@ipmu.jp](mailto:inquiry@ipmu.jp)



**この世には「役に立たないもの」など、ありません。**

天文学者になるには、どうすればいい？

宇宙を大好きになることです。宇宙で起こる現象を不思議がって、それを自分の手で解き明かす楽しさをずっと持ち続けられることが、天文学者に必要な才能です。

今の研究の役に立っている教科は何？

自分の著作を宣伝してもよいのですか？(笑) 教科書なら、『宇宙マイクロ波背景放射』(日本評論社)。一般向けには、小説家の川端裕人と書いた『宇宙の始まり、そして終わり』(日経プレミアシリーズ)です。

宇宙人っていますか？

いといますね。

おすすめの教科書は？

私は、まだ誰も知らないことを自分の手で解明する研究は大好きなのですが、誰かが見つけた知識を吸収するだけの勉強は好きではないのですよね。なので、「もっと勉強しておけば良かった」と思うことはなくて、必要になった時に、必要に応じて学んでいます。

もっと勉強しておけば良かったと思う教科は何？

好きな天体・天文現象は何ですか？

小学校5年生の時、図鑑で見たオリオン大星雲 M42 のカラー写真に魅せられて天文学者になろうと決めました。好きな天体は、今も昔もM42です。

他分野の研究をどのくらい知っていますか？

かなり知っているほうだと思います。天文学者である前に、科学者であろうと思っています。

好きな食べ物と嫌いな食べ物は何？

兵庫県出身なのですが、納豆は、どうも体が受け付けられないようです。

好きな天体・天文現象は何ですか？

小学校5年生の時、図鑑で見たオリオン大星雲 M42 のカラー写真に魅せられて天文学者になろうと決めました。好きな天体は、今も昔もM42です。

他分野の研究をどのくらい知っていますか？

かなり知っているほうだと思います。天文学者である前に、科学者であろうと思っています。

好きな食べ物と嫌いな食べ物は何？

兵庫県出身なのですが、納豆は、どうも体が受け付けられないようです。

**小松英一郎**

こまつ・えいいちろう ● Kavli IPMU 主任研究者  
マックス・プランク宇宙物理学研究所 所長  
専門は天文学。宇宙の始まりから終わりまでを、物理学の法則と、最先端の天文学の観測データを用いて理解することをテーマに研究をしています。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

宇宙が大好きなところ です。

研究者に向いていないと思うのは、どんなところ？

え、向いてないんですか？

QIO 研究者へ10の質問!

天文学者になるには、どうすればいい？

ただ、最終的に天文学者として生きていくことができなかったとしても、それまでに得た研究成果や、研究を楽しんだことが無駄になるわけではありません。あまり「天文学者になる」ことにこだわりすぎず、天文学の勉強・研究を楽しむことを大事にしてほしいなと思います。

今の研究の役に立っている教科は何？

高校生までに習った教科だと、数学・英語です。

おすすめの教科書は？

松原隆彦『現代宇宙論——時空と物質の共進化』(東京大学出版会)です。

もっと勉強しておけば良かったと思う教科は何？

ジェンダー研究・宗教学はもっと勉強したいと思っています。

好きな食べ物と嫌いな食べ物は何？

好きな食べ物はカレーです。嫌いなものはほとんどないですが、台湾の臭豆腐は匂いが強烈すぎてまだ挑戦できていません。

天文学者になるには、どうすればいい？

正直に言うと、よくわかりません。競争の激しい世界ですし、優秀で熱意もある同僚が、大学や研究所での職を得られずに天文学業界を去ってしまったこともありました。

宇宙人っていますか？

宇宙はめちゃくちゃ広いので、間違いなくどこかにはいると思います。

好きな天体・天文現象は何ですか？

好きな天体はソングレロ銀河です。形がかわいいので。それから、宇宙が膨張していることを思うとまだに気が遠くなります。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

悩むことが好きなところ。

研究者に向いていないと思うのは、どんなところ？

雑なところ、研究結果を人に伝えることにあまり熱心になれないところ。

**真喜屋 龍**

まさや・りゅう ● Kavli IPMU 客員准科学員  
台湾中央研究院天文及天体物理研究所 博士研究員  
専門は天文学。現在の宇宙がどのようにしてできあがったのか、観測データとモデルの比較から理解することを目指しています。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

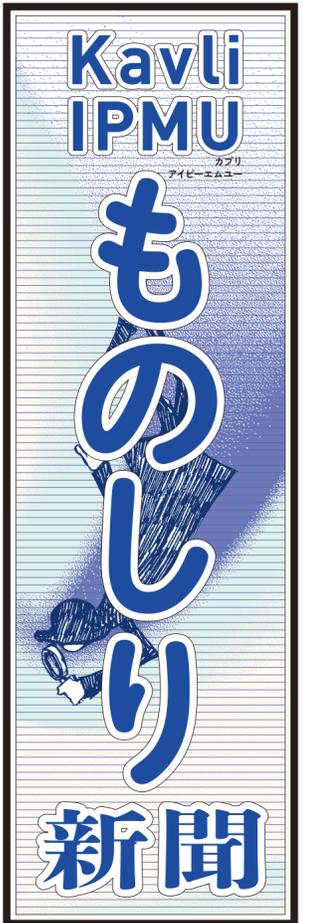
悩むことが好きなところ。

研究者に向いていないと思うのは、どんなところ？

雑なところ、研究結果を人に伝えることにあまり熱心になれないところ。

QIO 研究者へ10の質問!

写真は新型コロナウイルス流行の影響で、インタビューをオンラインで行った際のスクリーンショットです。



第12号  
September 2021

2021年9月30日発行  
東京大学国際高等研究所  
カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)  
〒277-8583  
千葉県柏市柏の葉5-1-5  
電話 04-7136-4940  
FAX 04-7136-4941  
http://www.ipmu.jp/ja

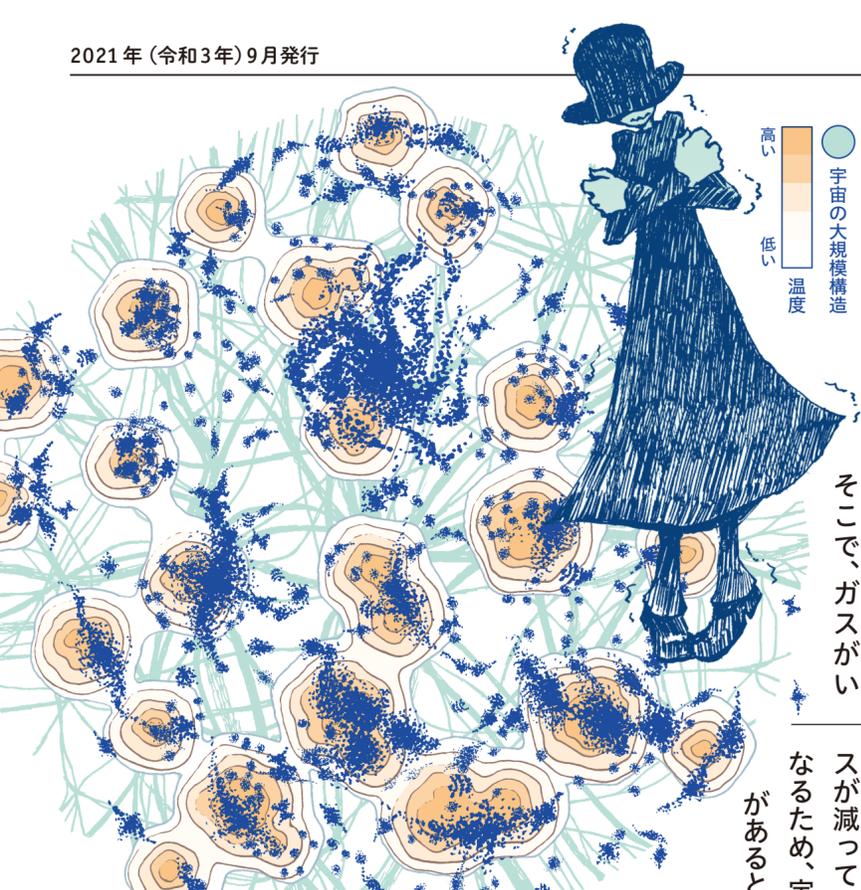
# 温

暖化しているのは地球だけではなく、実は宇宙も温暖化している。だが、実は宇宙も温暖化していることが、Kavli IPMUの研究者、真喜屋龍さんと小松英一郎さんらの研究によって明らかになった。研究によると、80億年前は約70万K<sup>ケルビン</sup>だった宇宙の平均温度が、現在では約200万Kまで上昇しているという「\*1」。

真喜屋さんが着目したのは、宇宙の大規模構造に存在するガスの温度だ。宇宙背景放射の光が大規模構造のガスを通過すると、ガスの温度に応じて波長が短くなる。知られている「\*2」。これまでに、プランク衛星という人工衛星が取得した宇宙背景放射のデータから、ガスの温度マップが作られていたが、それらのガスがどの時代のものかは分からないため、宇宙の各時代ごとのガスの平均温度はわからなかった。そこで、ガスがい

つの時代のものかを知るために、真喜屋さんは距離の情報を含む銀河のカタログのデータを使った。宇宙で観測される銀河は、遠いものほど古い時代をみていることになる。宇宙背景放射と様々な時代の銀河のデータを照らし合わせることで、過去から現在までの宇宙のガスの平均温度とその変化が分かったのだ。「宇宙の平均温度を測り、その変化を明らかにしたのは、この研究が初めてです」と小松さんは言う。「今回の研究では、温度が上昇した原因についても理論的に明らかにしました」と真喜屋さん。宇宙の大規模構造は、ダークマターの重力によってガスが引き寄せられ、やがて星や銀河が形成されることでできあがる。温度上昇の熱源は、ガスが引き寄せられる際に生じる衝撃波であることが分かったのだ「\*3」。

ただし、今後は大規模構造に降り積もるガスが減っていく、衝撃波による加熱が少なくなるため、宇宙の温度は下がっていく可能性があるという。

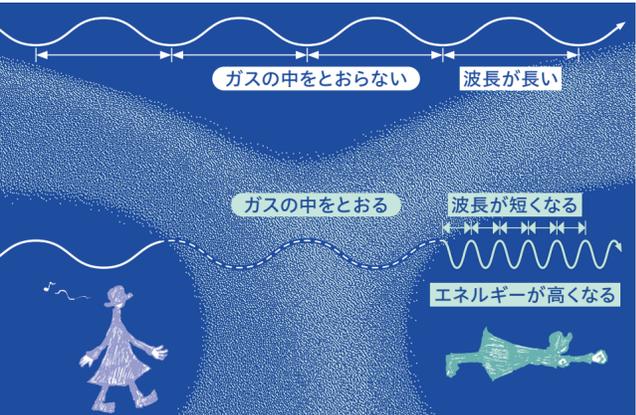
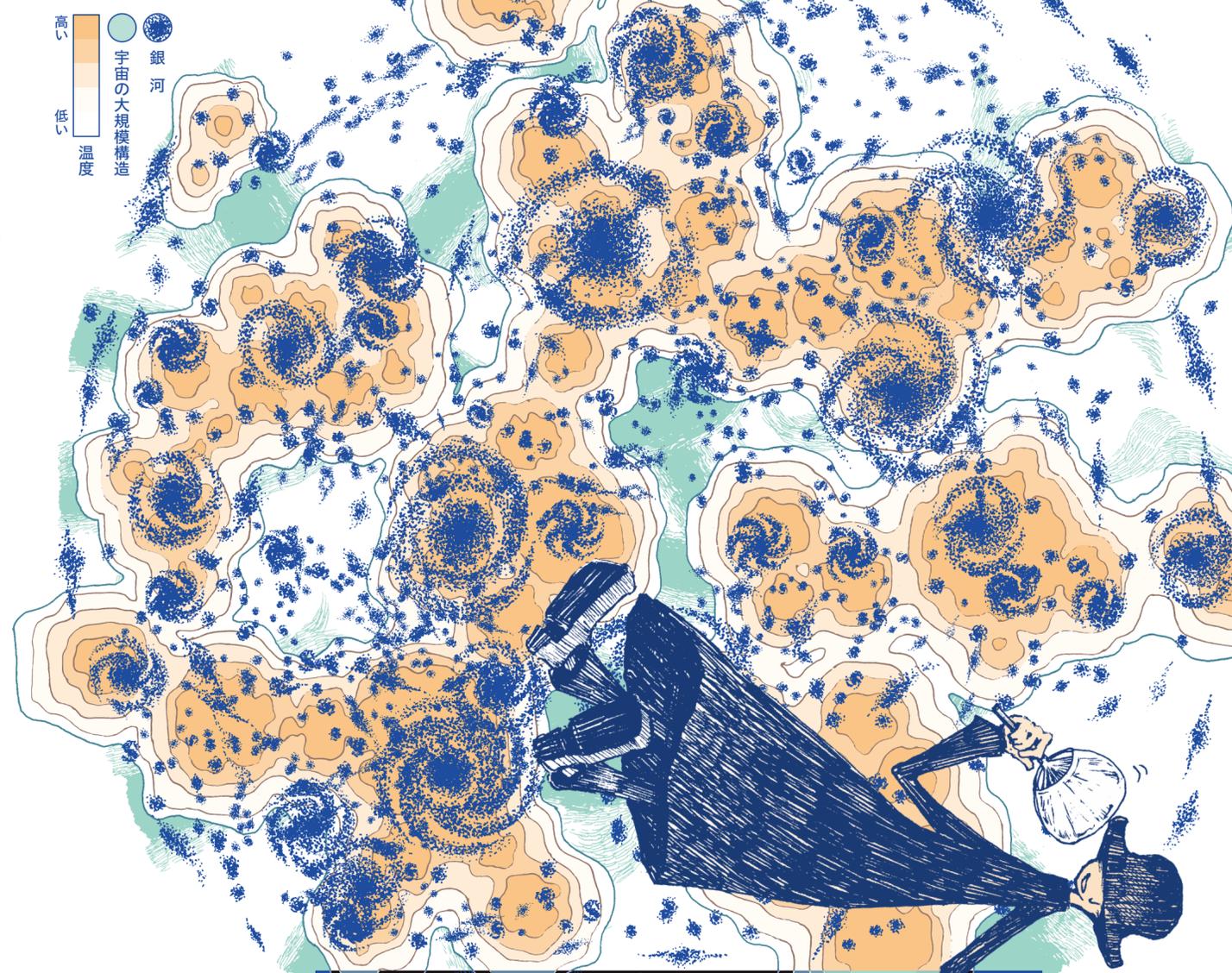


80億年前 700,000K

## \*1 宇宙の温度とは

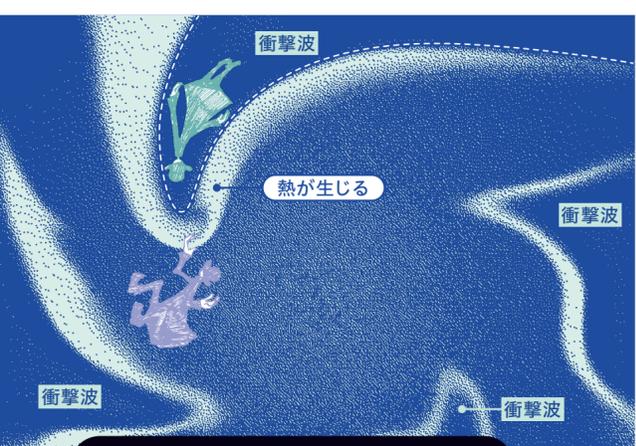
インターネットで検索すると、宇宙の温度は3Kと紹介されていることが多い。この温度は、ビッグバンの名残の光である宇宙背景放射のスペクトルを温度に換算した値だ。ただ、宇宙には光だけでなくガスもあれば、銀河やダークマターもあり、それぞれが異なる温度をもっている。今回計測されたのはそのうちのガスの温度だ。

# 宇宙の温暖化



## \*2 スニヤエフ・ゼルドヴィッチ効果

銀河は広大な宇宙に均等に分布しているわけではない。宇宙は、銀河やガス、ダークマターが集まっている領域と、それらがほとんど存在しない領域とに分かれているのだ。このような構造は「宇宙の大規模構造」と呼ばれる。宇宙背景放射の光が、ガスが集まっている領域を通過すると、ガスの温度に応じてエネルギーが高くなり、波長が短くなる。この現象は発見者2人の名前をとって「スニヤエフ・ゼルドヴィッチ効果」と呼ばれている。ガスの温度は、このスニヤエフ・ゼルドヴィッチ効果を使って求められる。



## \*3 宇宙の温暖化の原因

宇宙の大規模構造の形成にともなって、ガスが引き寄せられるときに生じる衝撃波が、宇宙の加熱源になっている。これは地球で見られる現象と原理的には同じである。たとえば大気圏外からボールを落とすと、位置エネルギーが運動エネルギーに変わる。そしてボールの速度が音速を超えると衝撃波が発生し熱が生じる。同じようなことが宇宙でも起きて、宇宙の温暖化を引き起こしているのだ。

現在 2,000,000 K