



第20号
September 2025

なぜ「解ける」のか を探る

**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、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か?
私たちはなぜこの宇宙に存在するのか?

だれもが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ないません。

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%は得体の知れない「ダークマター」、さらには摩訶不思議な宇宙の68%を占めるのが「ダークエネルギー」。どちらも名前はついているものの、その正体はまったくわからていません。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。毎日、午後3時になるとティータイムがあります。異なる分野の研究者たちが顔を合わせて、おしゃべりに興じます。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す。

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くれたあなたが宇宙の超難問に挑戦し、私たちにぎやかなティータイムを過ごす未来が来ることが私の夢です。

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 千葉県柏市柏の葉5-1-5
HP <https://www.ipmu.jp/ja>
Facebook <https://www.facebook.com/KavliIPmu/>
X(旧Twitter) @KavliIPMU
Instagram @kavli_ipmu

[問い合わせ先]
TEL 04-7136-4940
FAX 04-7136-4941
MAIL inquiry@ipmu.jp

Q I O
研究者へ10の質問!

山崎 雅人

やまざき・まさひと ● Kavli IPMU 特任教授。東京大学大学院理学系研究科教授。専門は理論物理学。超対称場の理論や弦理論を多角的に研究。量子場の理論をより良く定式化するためや、量子重力を記述するために必要な物理的および数学的な構造を明らかにすることを目指している。

Q I O
研究者へ10の質問!

森村 勇人

もりむら・はやと ● 東京大学特別研究員。専門は数学。超弦理論に興味を持ち、数学的定式化への貢献を目指す。最近は、Fanifold と呼ばれる图形を介して結ばれるミラー対の幾何学と圏の相互作用を研究している。

Kavli IPMU ものしり 新聞

第20号

September 2025

2025年9月30日発行
発行所 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
<https://www.ipmu.jp/ja>



解な ける 探 る の か

校までの数学では、基本的に「解ける」問題が多く、「解けない」問題はほぼ出てこない。だが数学の研究では解ける問題は実は珍しく、ほとんどが解けない問題ばかりだ。しかしその一方で、何らかの理由で解や物理量を厳密に求めることができてしまう。また一方で、可積分系という分野がある。

Kavli IPMUで数学や物理学を研究する山崎雅人さんは、「超弦理論」などとともに、そんな可積分系の研究も行っている。森村勇人さんは、山崎さんのもとで研究を行うボスドク研究员で、超弦理論を数学の方面から研究しようとしている数学者だ。

研究する場所を示す地図のようなものだ。山崎さん

にところどころ「解ける問題」、つまり可積分系が隠れている。これまでたまたま誰かが見つける

所は「解けない問題」に相当する。そしてその中

に、そんな可積分系の場所を示す地図ができてきました。それは先人たちの研究の蓄積の結果で、さながら

見つかった宝の一つ一つを深く掘り下げるよ

うな研究は重要だ。ただ山崎さんとしては、一

つの宝を調べるよりも、それらの宝がどうして

組みに則って宝の場所を見いだすことが可能に

なる。「なぜ『解ける』のか」、その本質を山崎さん

数学の世界を地
図にたとえると、地
図上のほとんどの場

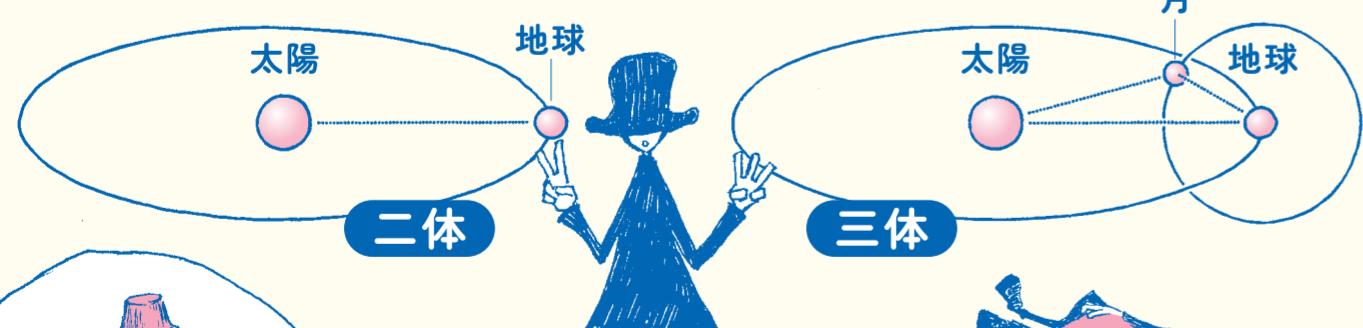
は、一つ一つの宝の
場所を探さなくとも、地図の手前
にフィルタをかざせば複数の宝の場所がピンポン

で浮かび上がるよ

うにしたいと考えて
いる。そのフィルタの
役割を果たすものの一
つが「超弦理論」だ。

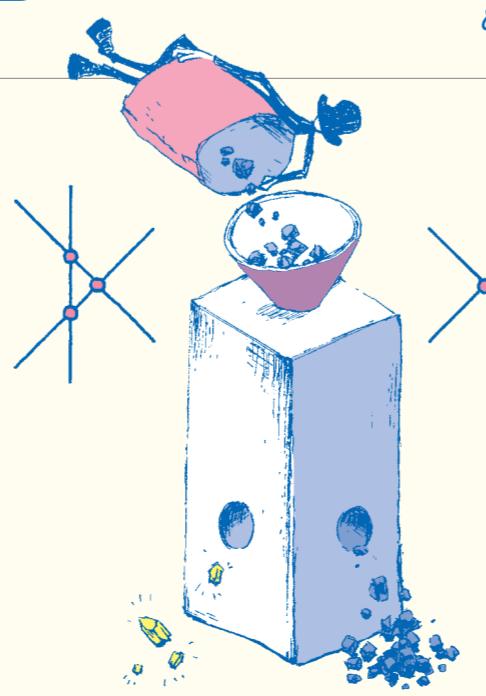
たとえば太陽と地球だけを考える場合、地球の運動は計算して「解く」ことができる。このように二つの天体の運動を考える問題は「二体問題」と呼ばれる。一方、太陽と地球に、月も含めて考えると、地球や月の運動は厳密には解けなくなってしまう。このように三つの天体の運動は「三体問題」と呼ばれる。三体問題では、その状態をあらわすのに必要な変数の数(自由度)に対して、エネルギーや角運動量などの保存量が少ないため解けなくなってしまうのだ。天体の数が3より多い場合も同じく解くことはできない。

二体問題と三体問題



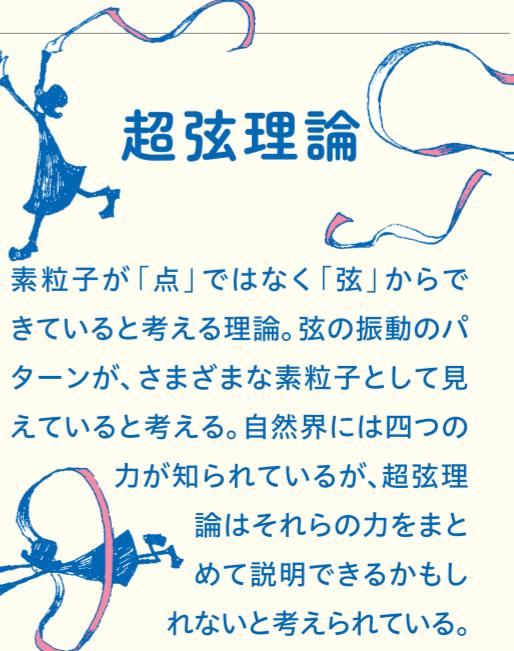
可積分系はどうして 「解ける」の?

たとえば雪まつりで作られた雪像がとけてしまったとしよう。とけて水になった状態からでは、元の雪像の形はわからない。時間の経過とともに情報が失われてしまうからだ。可積分系では、時間が経過しても変化しない値(保存量)が複数ある。元の情報が保たれているので「解ける」のだ。



ヤン・バクスター 方程式

可積分系の研究で使われる「ヤン・バクスター方程式」という式がある。山崎さんによると、この式は「宝かどうかの判定マシンのようなもの」だという。あるものを見つけたときにこの式に流し込んでみて、等式が成立すれば宝(解ける)、成立しなければただの石(解けない)と判定できる。



超弦理論

素粒子が「点」ではなく「弦」からできていると考える理論。弦の振動のパターンが、さまざまな素粒子として見えていると考える。自然界には四つの力が知られているが、超弦理論はそれらの力をまとめて説明できるかもしないと考えられている。