

Kavli
IPMUカブリ
アイピーエムユーものしり
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>



なぜ 解ける のか

高校までの数学では、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、ほとんどの解けない問題は「解けない」理由で解や物理量を厳密に求めることができてしまう「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ポスドク研究員で、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。

「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など可積分系の場所を示す地図ができてきた。それは先人たちの研究の蓄積の結果で、さながら宝の場所を示す地図のようなものだ。山崎さん

宝の場所を決めている枠組みがわかれば、たとえば知らない場所の地図を見たときでも、その枠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は探ろうとしているのだ。

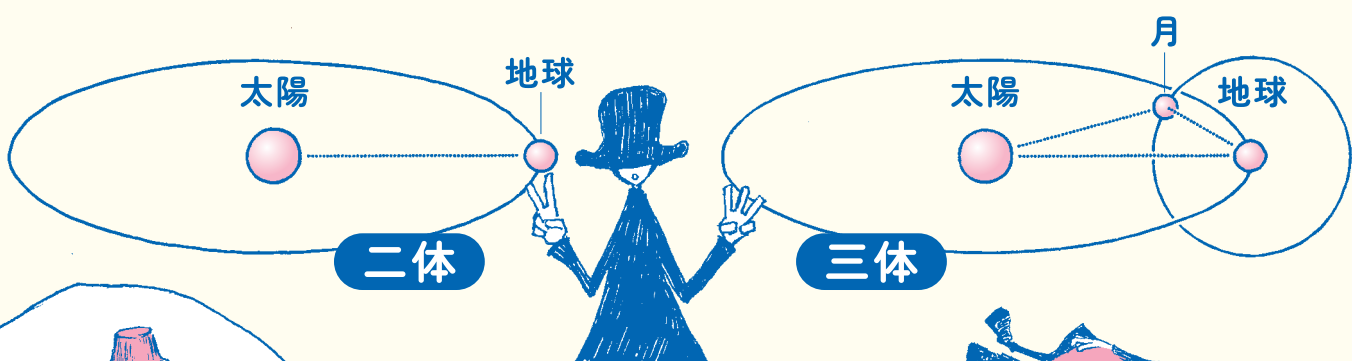
所は「解けない問題」に相当する。そしてその中

図にたとえると、地図上のほとんどの場

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ても、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イント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。

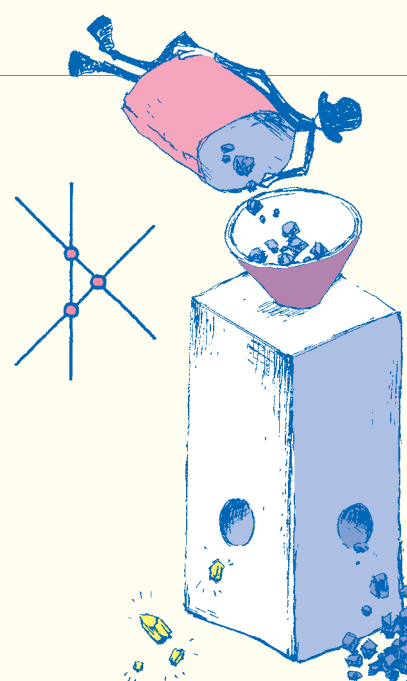
二体問題と三体問題



たとえば太陽と地球だけで考える場合、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。

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、等式が成り立てば宝(解ける)、成り立たなければただの石(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れないと考えられている。