



## こんにちは Kavli IPMU です。

Hello, we're Kavli IPMU!

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方々が集まっています。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？**

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(水素とか炭素とかです)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かしこやかに盛り上がりました。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 千葉県柏市柏の葉5-1-5  
HP <http://www.ipmu.jp/ja>  
Facebook <https://www.facebook.com/KavliIPMU/>  
Twitter @KavliIPMU

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

### 立川 裕二

たちかわ ゆうじ ● Kavli IPMU 教授。  
専門は物理に近いが現実とは関係がなく、数学に近いが厳密ではない。研究テーマは場の量子論および、ひも理論。

物理学者になるにはどうすればいい？  
物理学者になると、世の中どうなるかは全て**運動方程式で決まっている**ことを知るので、何事もどうしようもないということを知ります。

好きな物理定数は？  
1。(たいいの物理定数は適切に単位を決めると1なので)

宇宙人っていますか？  
わかりません。

好きな食べ物と嫌いな食べ物は？  
特に無いです。

今の研究の役に立っている教科は何？  
高校の数学や物理って将来何の役に立つんだ！としばしばメディアで攻撃されますが、**数学や物理の研究者になると直接役に立ちますよ。**

他分野の研究をどのくらい知っていますか？  
下手の横好きで、**いろいろ勉強するのは好き**です。

おすすめの教科書は？  
ディラック『**一般相対性理論**』

もっと勉強しておけば良かったと思う教科は何？  
もっと勉強しておけば良かった**と思ったときに勉強する**ようにしています。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？  
うーん、自分でいうのも何ですが、**研究者向きの性格だった**と思います。**普通の会社員は無理だったかも……。**

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？  
**何年でも1つの疑問を持ち続けられる**ところ。

QIO 研究者へ10の質問!

### 謝 長 澤

シエ チャンゾー ● Kavli IPMU 特任研究員(インタビュー時)。  
専門は物性物理学と高エネルギー物理学。特に両者の関連に興味がある。研究の目標は、物質のいろいろな状態における対称性とトポロジーへの量子力学的な影響を総合的に理解すること。

物理学者になるにはどうすればいい？  
基礎的な物理(と数学)の問題を案に解けるようになるように頑張らましよう。  
**重要なのは、面白く、かつ、自分に解決できそうな問題を探し続けること**です。

好きな物理定数は？  
微細構造定数です。およそ1/137という数値の無次元量で、単位がありません。

宇宙人っていますか？  
ええ。

もっと勉強しておけば良かったと思う教科は何？  
**英語、歴史、生物。**

好きな食べ物と嫌いな食べ物は？  
好きな食べ物：ちまき  
嫌いな食べ物：きゅうり

今の研究の役に立っている教科は何？  
**物理と数学。**

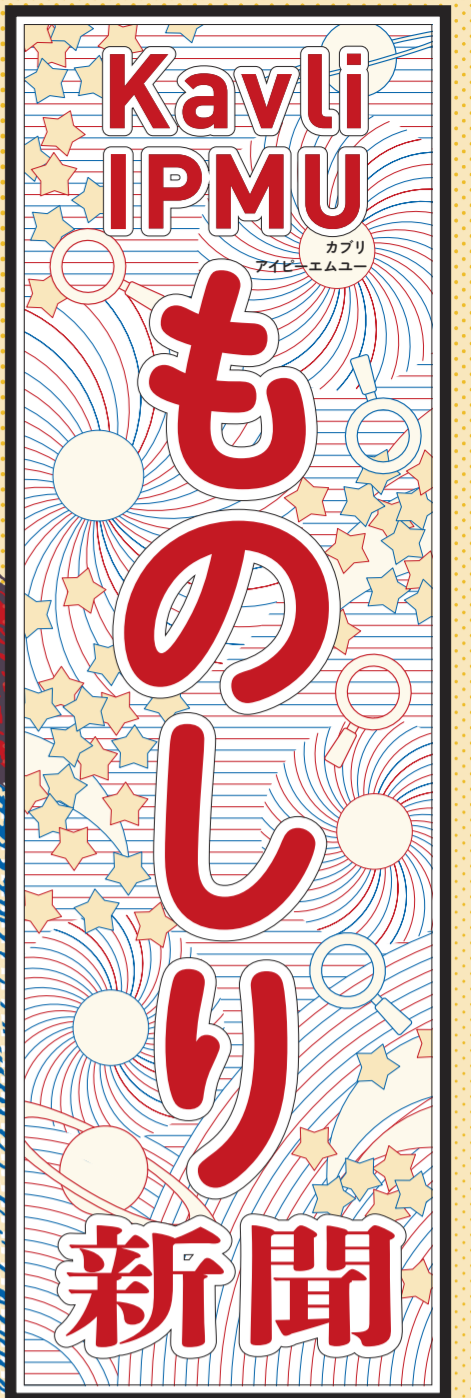
おすすめの教科書は？  
現代の場の量子論を少しかじってみたい人には、**A. Zee の "Quantum Field Theory in a Nutshell"** がお勧めです。

他分野の研究をどのくらい知っていますか？  
素人レベルに近いですが、**数学やコンピューターサイエンスなど基礎科学の他の分野の興味深いニュース**を、"Quanta Magazine" のような一般向けサイトで読むのは大好きです。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？  
**想像力があり、独自性のあるところ。**

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？  
**たまに集中していないときがあるところ。**

QIO 研究者へ10の質問!



第10号  
January 2021

2021年1月10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  
http://www.ipmu.jp/ja



# 理論の

# 綻びを

# なおす

一 見すると別物に思える電気と磁気は、実は一つの方程式で表すことができる。そして、その式の中で電気と磁気の項を入れ替えても方程式は成り立つ。このことを電磁気の「双対性」という。Kavli IPMUのひも理論の研究者で

「ひも理論では、一見すると自己矛盾しているけれども、それまで考えていなかった効果を取り込むことで自己矛盾を解決できたということが、これまで何度も起きてきました」と立川さん。そのままでは理論がダメになりそうな事態になったときに、綻びをなおすことたびたび乗り越えてきたのだ。今回の研究もその一例だという。

ひも理論の研究に、物性理論の謝さんが関わっているのは不思議に思われるかもしれない。実は謝さんが研究するトポロジカル物性という分野において「理論の綻びに関する研究が非常に進展していった。トポロジカル物性では、固体表面の理論に綻び

ある立川さんと、物性理論の研究者である謝さんは、その電磁双対性を量子力学的に扱うとどうなるかを調べて、双対性がある程度成り立たなくなることを見つけた。この結果が、ひも理論が抱えていた自己矛盾の解消につながるのだという。

自己矛盾とは、理論を織りなす糸の綻びのようなものだ。洋服の場合は少し綻びただけなら着ることはできる。しかし、ひも理論の場合は、ほんの少しの綻びでも理論全体がダメになってしまう。

があるけれども、固体内部の性質により説明がつくということがしばしば起るのです。」と立川さん。一方の謝さんも「ひも理論の考えを取り入れると、物性理論についてさまざまなことがよりよく理解できる」と語る。

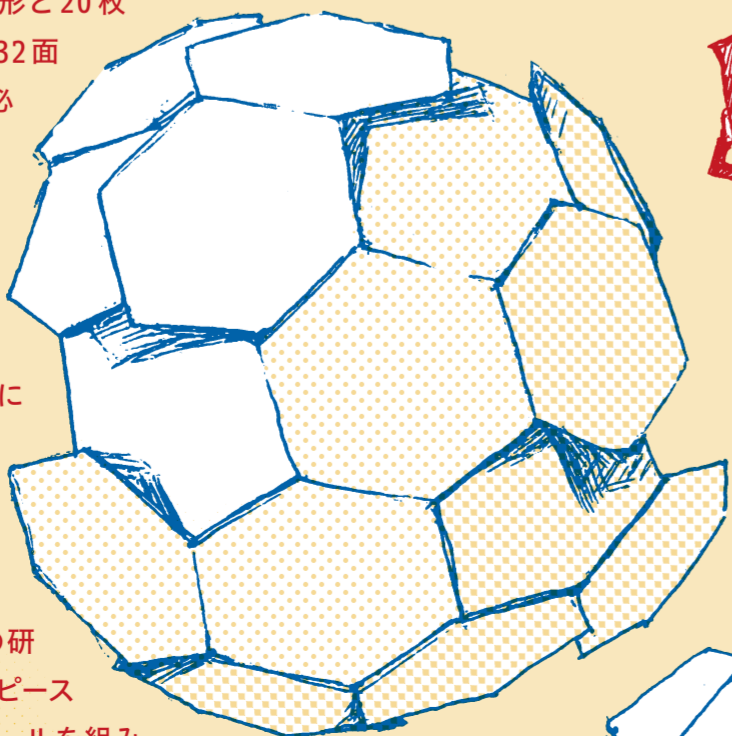
ひも理論については本紙の第5号でも紹介しています。第5号はこちら。

## 理論を組み立てる

## ピース

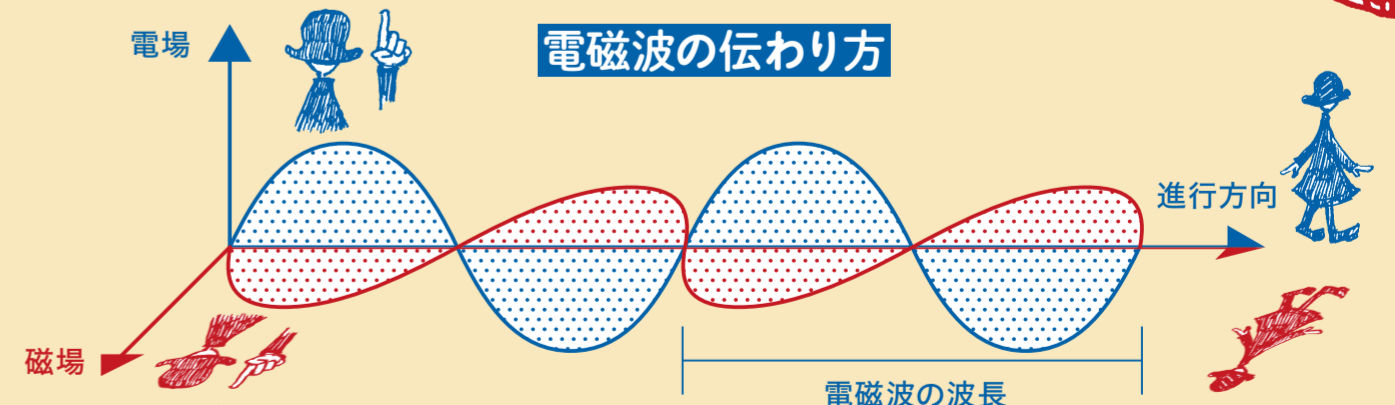


サッカーボールは、12枚の正五角形と20枚の正六角形を組み合わせてできる32面体だ。そのことを知っていれば、必要な枚数の正五角形と正六角形のピースを用意してサッカーボールを作ることができるだろう。ひも理論で自己矛盾のように見えることは、正六角形のピースだけでサッカーボールを作ろうとしていることにととえることができる。必要なもの(正五角形のピース)の存在に気づいていない状態で、正六角形だけでサッカーボールを組み立てようとして行き詰まっているのだ。今回の研究では、物性理論から正五角形のピースを渡されることで、無事サッカーボールを組み立てることができたというわけだ。



## 電磁気の

## 双対性



一見、別々のものに見える電気と磁気に関係があることは、身近な例からも感じることができる。たとえば電気を流した時だけ磁力を持つ電磁石や、磁石とコイルを使って電気を発生させる発電機などだ。電気と磁気をまとめて扱う方程式を考え出したのは、19世紀後半のイギリスの物理学者ジェームズ・マクスウェルだ。その方程式は「マクスウェル方程式」と呼ばれる。マクスウェル方程式で電気と磁気の項

を入れ替えても式が成り立つことが電磁気の「双対性」だ。また、光や電波などの電磁波の存在も、電気と磁気为一体であることを象徴している。電磁波が伝わる時、図のように電場と磁場がペアになって空間を伝わっていくが、この図で、電場の強さを表す軸と磁場の強さを表す軸を入れ替えても図は成立する(ただし磁場の符号は逆にとる)。これも双対性のひとつのあらわれだといえる。

\*物理学の世界では、アインシュタインの相対性理論の相対性(そうたいせい)と区別するため、双対性は「そうついで」と読むことが慣習になっている。