



第13号
 March 2022

理論の
新しい道具
 を創る

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。

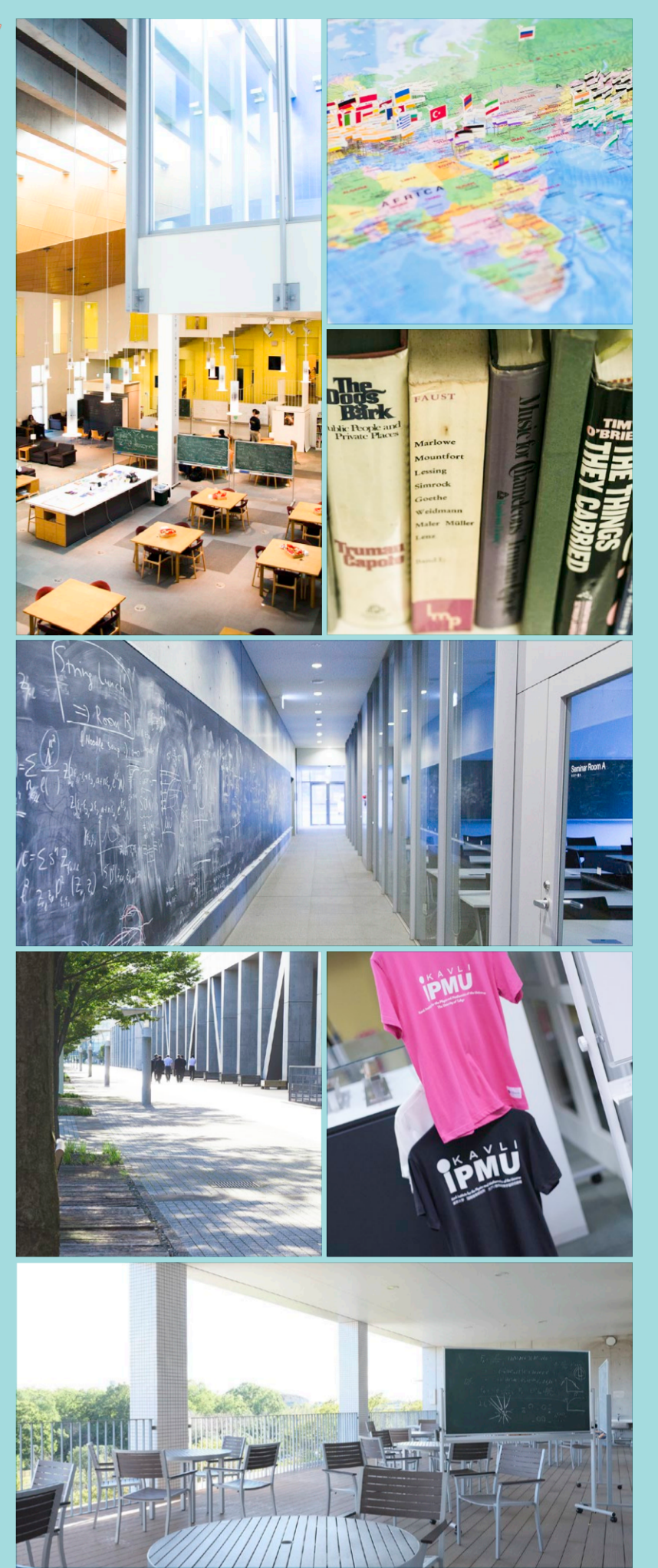
たとえば、宇宙のエネルギーのなかで、私たちが知っている物質(水素とか炭素とかです)はじつは5%にも満たないことがはつきりしています。残りの27%は得体的に「ダークマター」、さらに摩訶不思議な宇宙の68%を占めるのが「ダークエネルギー」。どちらも名前がついているものの、その正体はまったくわかっていません。いったい、宇宙は何でできているのでしょうか。

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 千葉県柏市柏の葉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



物理学者になるには、どうすればいい？

ご飯の上で踊るおおかと、台風の共通点を考えること (右のページで問題を出していますので、みなさんも考えてみてください。)

宇宙人っていますか？

います！

好きな物理定数は何ですか？

プランク定数。ものすごく小さいのに、超パワフルだから。

他分野の研究をどのくらい知っていますか？

ヒラメの目は、子どもの時は体の両側に1つずつあるのに、成長すると筋肉と骨に押されて2つとも左側に移動すること。これも南部理論 (右ページのコラム参照)。

国語と英語と音楽。

おすすめの教科書は？

クリス・フェリーの『そうたいせいりろん for babies』 (訳 村山 斉、サンマーク出版)。

もっと勉強しておけば良かったと思う教科書は？

経済

好きな食べ物と嫌いな食べ物は？

あまり好き嫌いはないが、うなぎが一番好き。でもゴブリやセミは食べたくないな。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

アホな質問を平気ですること。

研究者に向いていないと思うのは、どんなところ？

興味が移り気なこと。

KAVLI IPMU
 Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe
 東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構

村山 斉

むらやま・ひとし ●Kavli IPMU 教授。カリフォルニア大学パークレー校教授。一番小さい素粒子と一番大きい宇宙の不思議なつながりに興味があり、紙と鉛筆で行う理論研究から、最新機器を使った宇宙観測まで関わっている (右のページで、私が携わっている観測の1つであるPFSを紹介しています)。私たちはなぜ存在するのか？どこから来たのか？などの素朴な疑問に答えたいです。

ニュース すばる超広視野多天体分光器 PFS (Prime Focus Spectrograph) は、ハワイのすばる望遠鏡に取り付けられる次世代主力観測装置の1つで、最大2400個の天体を同時に分光観測できます。Kavli IPMU を中心とする国際チームが2024年からの本格観測運用を目指し現在開発を進めています。最近の進捗状況を写真でご紹介します！



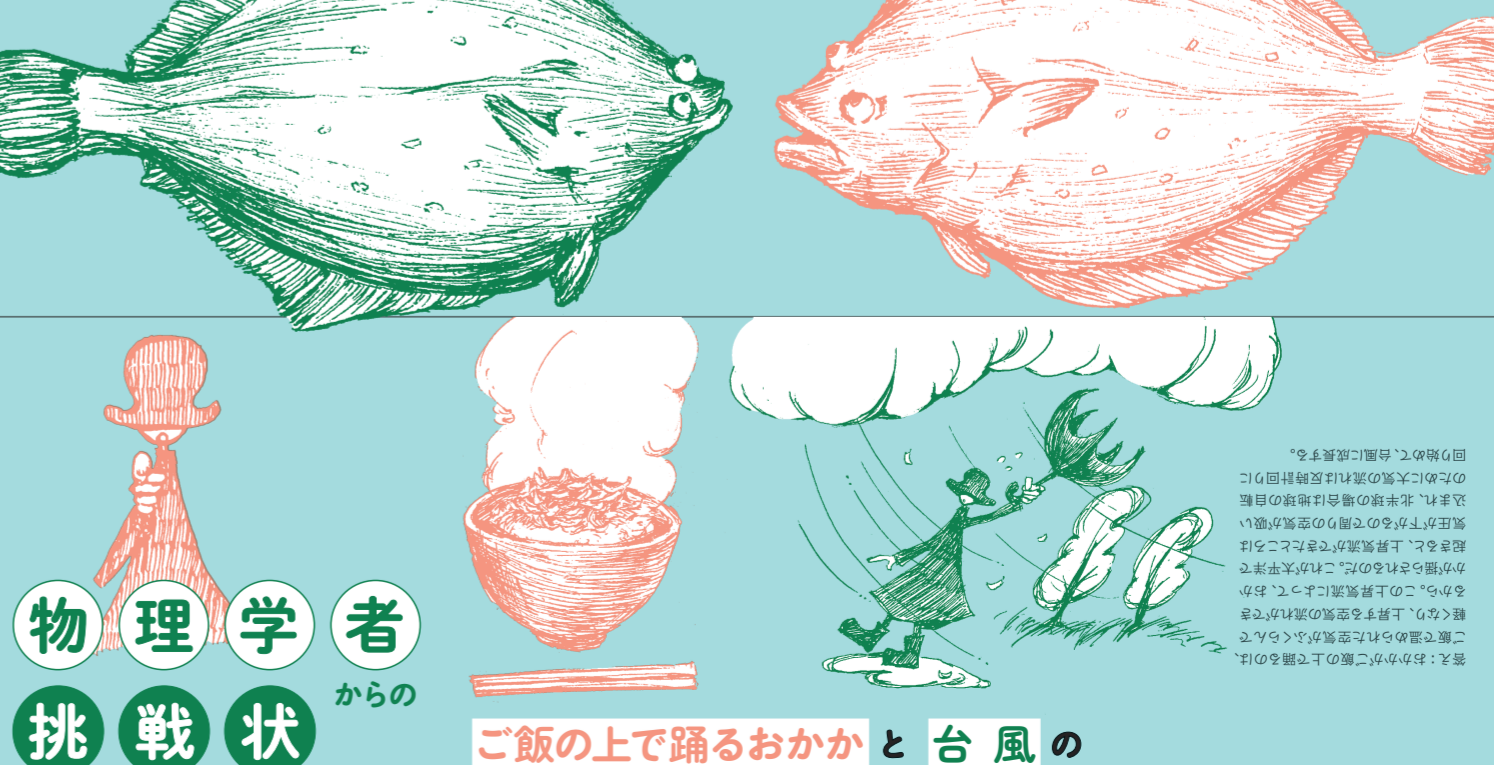
左上: 分光器の部品がすばる望遠鏡に運ばれていく様子 上中: 2021年11月に行われた試験観測の様子 右上: すばる望遠鏡に取り付けられた主集束装置 下左: 1本目のファイバースコープをすばる望遠鏡に接続している様子 下中: メトロロジカメラをすばる望遠鏡に取り付けて光学調整をしているところ 下右: 1台目の分光器に青カメラを取り付けている様子 ©PFS project

コラム 南部理論

南部理論は身近にある。
 ●お寿司のネタでおなじみのヒラメは、天敵を避けて海底の砂に潜れるように、平らな体に進化した。このとき、2つの目を体の左右どちらかの側に寄せる必要があったが、ヒラメはたまたま左を、カレイは右を選び、自発的に左右の対称性を破った。
 ●水が凍ると、氷は結晶なので分子が規則的に並び、このとき、数個の分子がたまたま居場所を

どこか1か所に決めると、それによって他の分子の場所も全部決まる。これも自発的に対称性が破れた例だ。
 アインシュタインのE=mc²の法則によれば、エネルギーが小さいことは質量が軽いことを意味する。自発的に対称性が破れるときは、少しのエネルギーで全体の対称性を破る動きをつくれる。これは、対称性の破れに影響を与える質量の軽い粒子(バ イ中間子)が現れるから。これが南部理論の簡単な説明だ。

私は、星や銀河を育てる母であるダークマターの正体も、南部理論の「自発的対称性の破れ」と同様のメカニズムで生まれる「バイ中間子に似た粒子」によって説明できると提案している。すばる望遠鏡に新たにPFSを取り付け、小さい銀河の中にある多くの星の動きを調べることで、バイ中間子のような軽いダークマターがぶつかり合っている証拠を見つきたい。(村山 斉)



物理学者の挑戦状
 ご飯の上で踊るおおかと台風の



第13号
March 2022

2022年3月31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

物

物理学で60年間も続いてきた「モヤモヤ」があった。それは原子核の中では「たらく「力」に関することだ。Kavli IPMUの研究者、村山さんはそんなモヤモヤを解決することに成功した。

原子の中の原子核は陽子と中性子からできている。電気的には引きつけ合わない陽子や中性子をまとめているのは「強い力」と呼ばれる力だ。陽子や中性子の間には

たらく強い力は「パイ中間子」という粒子をやとりすることで生じている。このパイ中間子が重すぎると、隣の陽子や中性子まで届かないので、軽くならないといけない(実際に軽い)。ノーベ

ル賞受賞者の南部陽一郎博士は1960年代に、右と左を区別する「カイラル対称性」と呼ばれる素粒子の対称性が自発的に破れていけば、パイ中間子が軽い理由を説明できると提唱した。ただし、強い力を理論的に解析するのはむずかしく、南部博士の提唱が本当に正しいかどうか、長年にわたりモヤモヤした状態が続いていた。

1990年代になって、超対称性を加味した理論であれば強い力が理論的に解析できると分かった。しかしその理論は現実世界とは大きく異なるもので、「現実世界を説明するには超対称性を少しだけ破る必要がありました」と

と村山さん。最近になって「1998年に共同研究者とともに私が提唱した『アノマリー媒介機構』という考え方を使うことで、超対称性を少しだけ破ることも解析ができた」という。それにより南部博士の提唱を理論的に証明し、長年のモヤモヤを解決できたのだ。

たとえば新しいセンサーの開発など、技術の進歩で科学研究が進む例は多い。村山さんによれば、「アノマリー媒介機構による超対称性の破れ」は、物理理論における新しい「道具(技術)」であり、さまざまな分野に応用可能だという。

【アノマリー媒介機構】

超対称性粒子が自然界で見つからない理由を説明する仕組みとして村山さんが提唱した機構。今回の研究では、この機構を使うことで超対称性を少しだけ破っても強い力を解くことができた。

陽子

中性子

パイ中間子

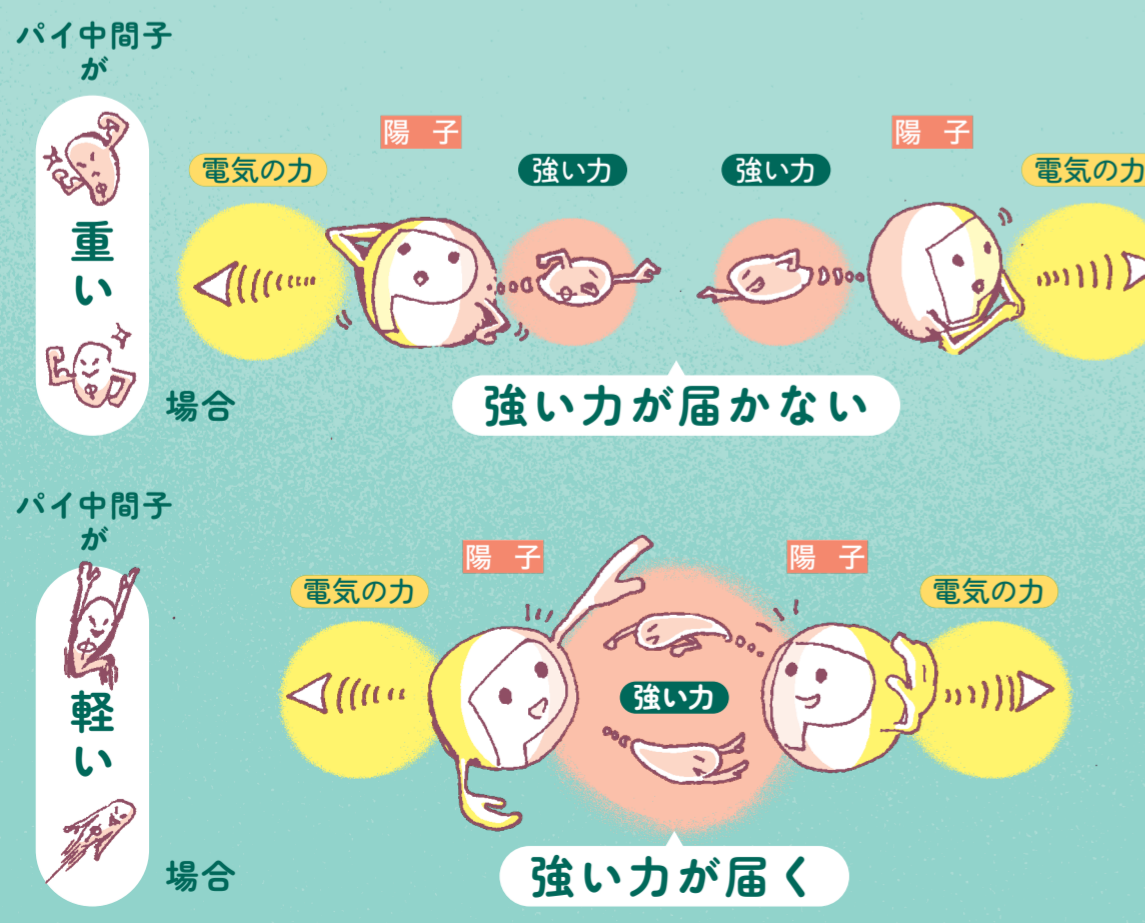
原子核

電子

新しい理論の道具を創る

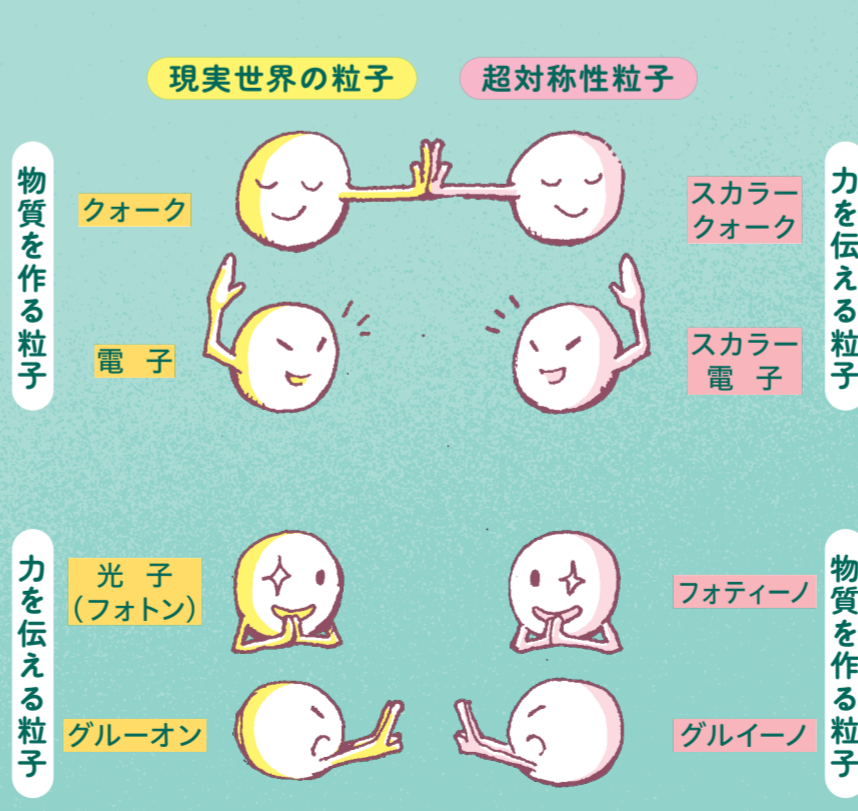
新しい「理論の道具」(アノマリー媒介機構による超対称性の破れ)を使うことで、パイ中間子が軽いことを説明する南部博士の理論を説明できた。この新しい「理論の道具」は、金属や超伝導を扱う物性物理など、素粒子以外の分野にも応用可能だ。

【パイ中間子】が強い力を媒介する



パイ中間子が陽子や中性子の間で強い力を媒介できるのは、パイ中間子が軽からだ。もしパイ中間子が重ければ強い力を媒介できないため、陽子と陽子が電気的に反発しあって、原子核はばらばらになってしまう。そうすると宇宙には、陽子ひとつ(と電子)だけの水素原子しか存在できず、もちろん私たち人間も生まれることはなかっただろう。

【超対称性理論】



自然界には、クォークなどの「物質を作る粒子」と、グルーオンなどの「力を伝える粒子」などがある。超対称性とは「物質」と「力」を入れ替えることができる対称性のことで、超対称性理論では、「物質を作る粒子」には対になる「力を伝える粒子」が、一方で「力を伝える粒子」には対になる「物質を作る粒子」が存在するとされている。それぞれの対になる粒子は「超対称性粒子」と呼ばれるが、自然界ではまだ見つからない。