

カブリ アイビーエムユー Kavli IPMU



第16号
October 2023

ダークマターを 地下で待ち伏せ

新聞

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方が集まっています。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。

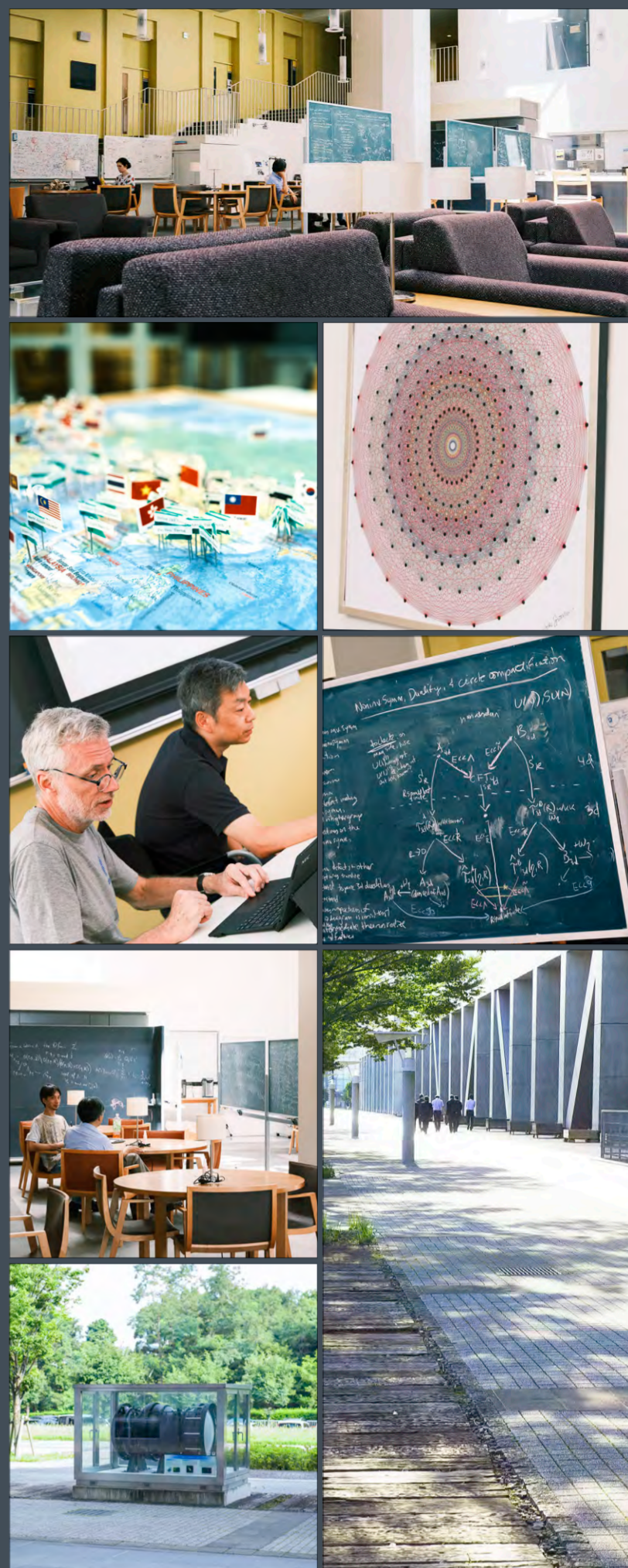
たとえば、宇宙のエネルギーのなかで、私たちが知っている物質(水素とか炭素とか)はじつは5%にも満たないことがはつきりしています。残りの27%は得体的に「ダークマター」、さらに摩訶不思議な宇宙の68%を占めるのが「ダークエネルギー」。どちらも名前がついているものの、その正体はまったくわかっていません。いったい、宇宙は何でできているのでしょうか。

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。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 <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



Q10
研究者へ10の質問!

山下雅樹

やました まさき ● Kavli IPMU 特任准教授。主な研究分野は天体素粒子物理学で、特にダークマターの領域。液体キセノン (LXe) 標的による弾性散乱により直接的にダークマター粒子を検出する液体キセノンベースの実験 (XENON, DARWIN/XLZD) を行っている。



Q10
研究者へ10の質問!

Kai Martens

かい まるてんす ● Kavli IPMU 准教授。専門は天体素粒子物理学。2017年より国際共同実験グループ XENON コラボレーションに参加し、ダークマターの直接探索を目指している。また将来に向けた DARWIN/XLZD 実験を推進している。

Kavli IPMU ものしり新聞

第16号
October 2023

2023年10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
https://www.ipmu.jp/ja



実験施設は、イタリアのローマの東、グランサッソ山の地下にある。宇宙から飛んでくる宇宙線の影響を避けるためだ。

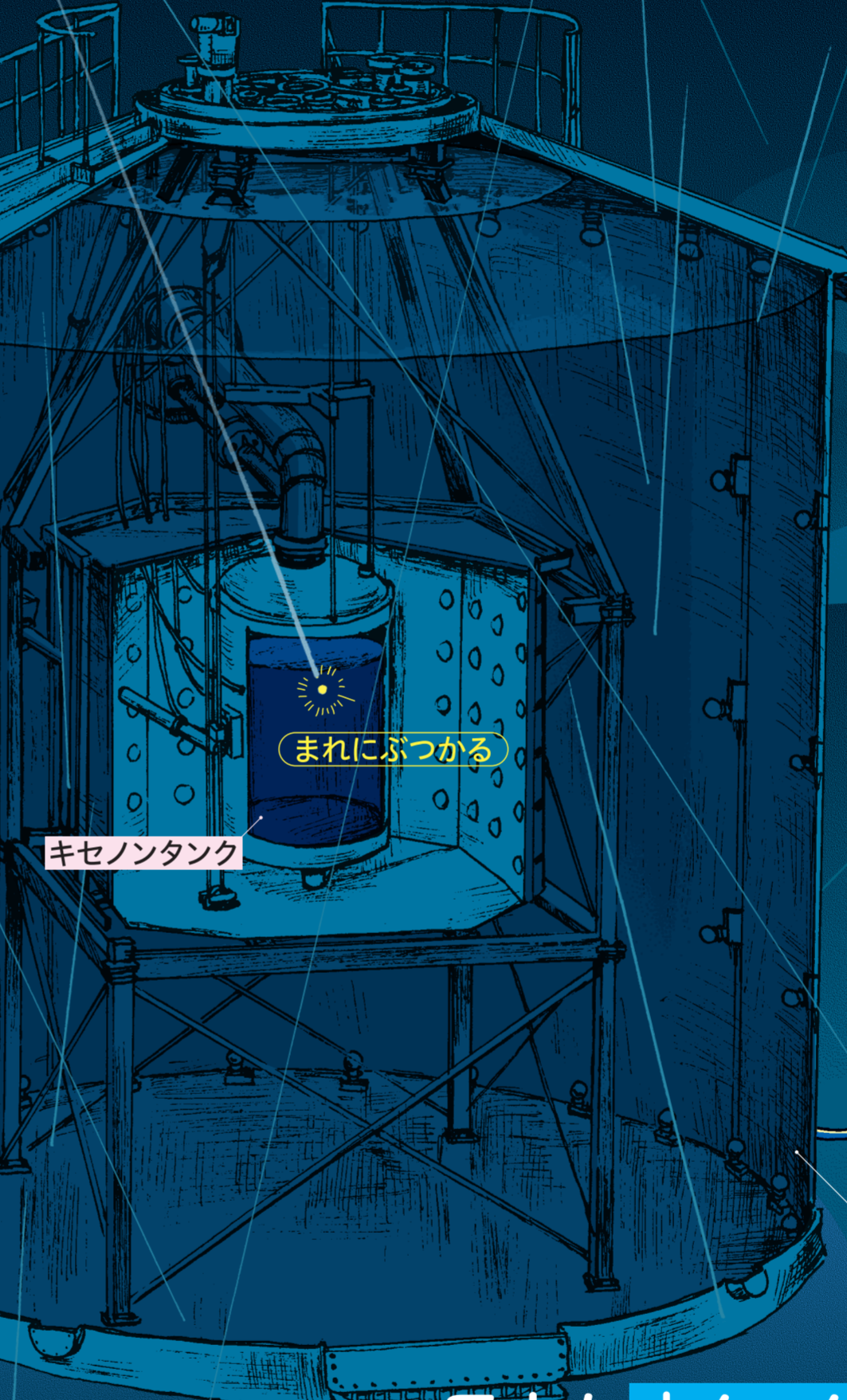
地下で待ち伏せ ダークマターを

しかしタンクの部材からも中性子が出る。そのような中性子による信号を区別するため、ガドリニウムという元素をこくわずか水に入れることになっている。これはスーパーカミオカンデで培われた技術を応用したものだ。またキセノンは高純度に保つ必要がある。キセノンから出る光や電子による信号の大きさ

にはキセノンの純度が関係するからだ。ガドリニウムの注入やキセノンの純化は、山下さんやマルテンスさんら日本グループが担当している。2021年からスタートした実験は5年ほど続けられる。ダークマターが発見されるか、要注目だ。

そのときに重要なのが、ダークマター以外の粒子によって生じる信号(ノイズ)を抑えたり区別したりすることだ。キセノンに衝突して光を放つのはダークマター粒子だけではない。なかでも紛らわしいのが中性子だ。中性子がキセノン原子核に当たると、ダークマター粒子と似たような信号が出てしまう。巨大な水タンクは、外部からの中性子を遮蔽するためのものだ。

存在 在自体は確実視されながらも正体不明なダークマター。そのダークマターをとらえる実験XENONnTが国際協力の下、イタリアの地下深くで行われている。Kavli IPMUの実験物理学者、山下雅樹さんとカイ・マルテンスさんは、その実験に日本グループの一員として参加している。



水タンクにガドリニウムを注入

ガドリニウムは中性子と反応しやすい。中性子がガドリニウムに衝突するとガンマ線が出る。キセノン原子核からの光が、水からのガンマ線とほぼ同時に検出された場合、中性子によるノイズだと判別することが可能になる。

水タンク

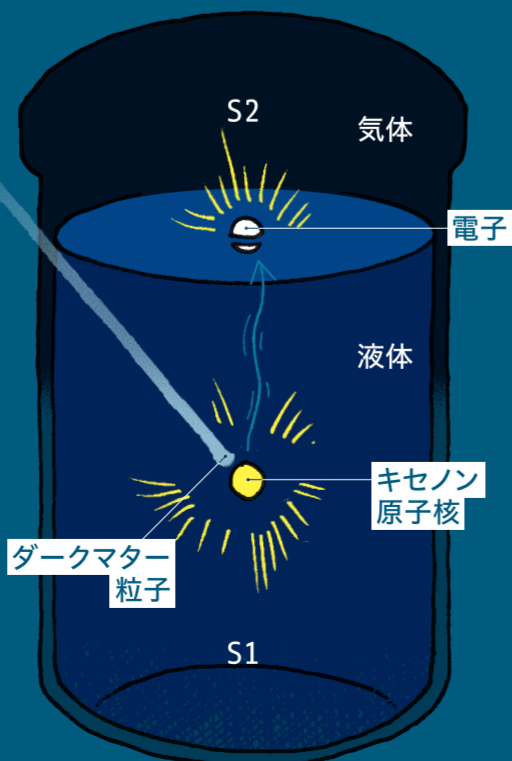
巨大な水タンク内に検出器を設置

検出器の大きさは直径1.5m、高さ1.5m。直径10m、高さ10mの水タンク内に設置されている。キセノンタンクの外側は真空になっており、それにより熱が伝わらなくなっている。水の温度は10°Cほどだが、真空断熱によって液体キセノンはマイナス100°Cに保たれる。検出器には、8.5トンの液体キセノンが入っている。大量の液体キセノンを使うのは、ダークマター粒子とキセノン原子核との反応率が非常に低いからだ。量が多くなるほど、反応率が低くても発生する事象数は増えることになる。

多くは素通り

反応のしくみ

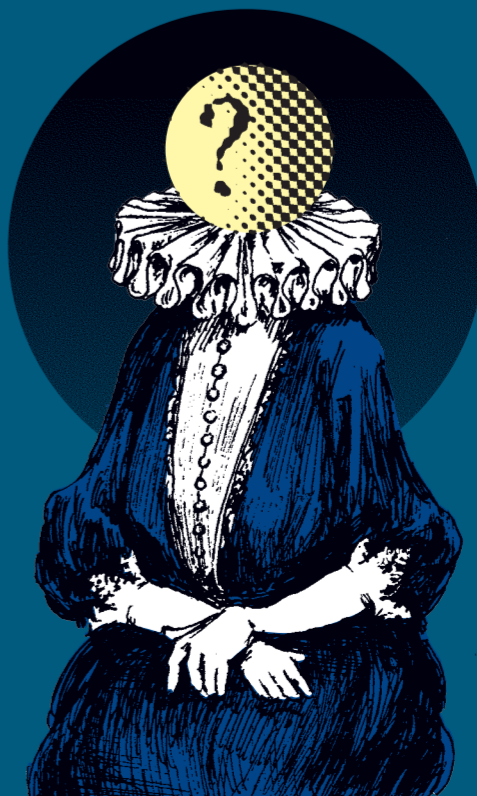
キセノンタンク内の上部は気体のキセノンが入っている。何らかの粒子が液体キセノンの中でキセノン原子核に衝突すると光(S1)と電子が出る。キセノンタンクには電場がかかっており、それにより電子は上の方へと移動していく。電子は気体のキセノン原子核に衝突して光(S2)が出る。それらの光は周囲に配置された光電子増倍管でとらえられる。S1とS2の信号の比を計算することで、キセノン原子核に衝突した粒子がダークマターかどうかを判別する。また時間差から位置情報も得られる。このとき、液体キセノンの純度が高くないと、上に移動していく電子が不純物につかまってしま



仮説上の粒子

W I M P

これまでのさまざまな観測から、ダークマターは星や銀河を構成する通常の物質よりも多く存在することが分かっており、安定した粒子で質量はあるが電荷をもたないとみられている。そのような粒子は現在の物理理論の枠組み(標準理論)の中では知られていない。ダークマターにはいくつも候補があるが、XENONnTで検出しようとしているのは「WIMP (Weakly Interacting Massive Particles)」と呼ばれる仮説上の粒子だ。WIMPは宇宙の初期に作られて、今も宇宙に残っていると考えられている。



キセノン?

Xe

ゼノン?

元素としての「XENON」は日本語では「キセノン」と呼ばれる。一方、実験名の読み方「ゼノン」は英語圏での発音に沿った表記だ。