

パルス中性子ビームにより原子サイズでの未知の力を検証 ～ 空間が縦・横・高さの3次元だけでできているのかを探る大きな一歩～

名古屋大学大学院理学研究科のクリストファー・ハドック研究員、大井 法子 大学院生（博士課程後期課程1年）、広田 克也 特任准教授、北口 雅暁 准教授、清水 裕彦 教授は、九州大学、大阪大学、高エネルギー加速器研究機構、インディアナ大学からなる共同研究により、茨城県東海村の大強度陽子加速器施設（J-PARC）^{注1} のパルス中性子源^{注2} を用いて、原子の大きさ程度の距離に働く未知の力の探索を行いました。

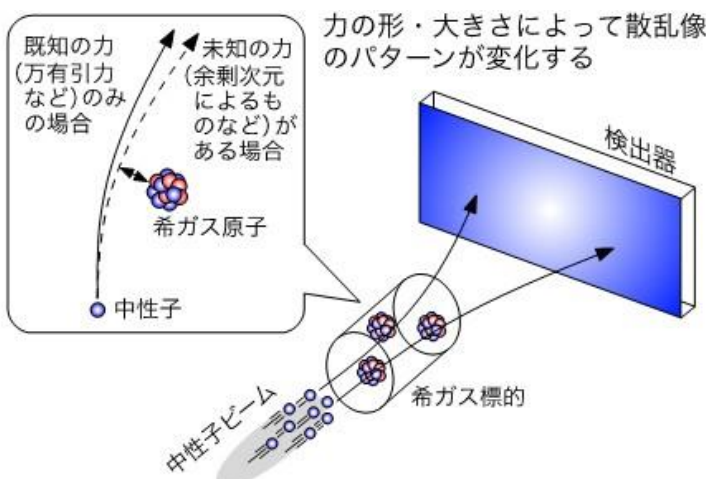
2つの物体の間に働く力には、いわゆる万有引力や電磁気的な力の他に、原子核をつなぎとめる力、原子核を崩壊させる力の合計4種類が存在していることが知られています。

一方で、私たちが生活している空間は、縦横高さの3次元から構成されていますが、マイクロなスケールでは4次元以上の空間（余剰次元^{注3}）の存在の可能性が理論的に示唆されています。もし、そのような余剰次元が存在するとなると、極めて近い距離に置かれた2つの物体の間に、4つの力では説明できない強い力が働くと予測されますが、これまでそのような力が働いている様子が実験的には観測されたことはありませんでした。例えば、原子の大きさ程度の距離（0.1ナノメートル^{注4}）では、ニュートン重力の100倍^{注5}以上の強い力すら見つけることができていませんでした。

今回、研究グループは、中性子と希ガスの原子との間に働く力を探索しました。J-PARCの世界最高強度のパルス中性子ビームを用いることで、原子の大きさ（0.1ナノメートル）の距離の領域において、未知の力の探索感度を従来の同様の実験に比べて1桁向上させることに成功しました。

研究グループは、現在も探索感度のさらなる向上を目指して実験を続けており、今後も余剰次元の探索領域をより広げていくことが期待されます。

本研究は、科学研究費助成事業若手研究（B）（JP25800152）、学術創成研究JP19GS0210の支援を受けました。また、本研究成果は、平成30年3月22日（木）付（米国東部時間）米国科学雑誌Physical Review Dに掲載されました。なお、本論文は米国物理学会のオンライン誌Physicsでハイライトされました。



（参考図）実験原理の概念図

希ガス標的を封入した容器に、図中左下からパルス中性子ビームを照射し、下流に設置した中性子検出器で中性子の散乱角度分布を精密に測定する。もし、余剰次元が存在すると、既知の力のみから予想される分布からズレが生じる。

【用語解説】

注1) 大強度陽子加速器施設 (J-PARC)

高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究開発機構が茨城県東海村で共同運営している大型研究施設で、素粒子物理学、原子核物理学、物性物理学、化学、材料科学、生物学などの学術的な研究から産業分野への応用研究まで、広範囲の分野での世界最先端の研究が行われている。J-PARC 内の物質・生命科学実験施設では、世界最高強度の中性子ビーム及びミュオンを用いた研究が行われており、世界中から研究者が集まる。

注2) パルス中性子源

J-PARC などのようなパルス状に陽子を加速する加速器を利用した中性子源では、陽子ビームがターゲットに入射するタイミングに合わせて中性子を発生させるため、パルス中性子源となる。今回の実証実験では、J-PARC の中性子ビームライン BL05 を使用した。

注3) 余剰次元

4 次元を超える高次元の世界のこと。現段階では、存在する可能性は仮説のひとつであり、世界各国の研究所で実験的な検証が進められている。

注4) ナノメートル

長さの単位。10 億分の 1 メートル。

注5) 垓

大きさの単位。1 垓は 1 兆のさらに 1 億倍。

【論文情報】

タイトル: A Search for deviations from the inverse square law of gravity at nm range using a pulsed neutron beam

著者名: Christopher C. Haddock, Noriko Oi, Katsuya Hirota, Takashi Ino, Masaaki Kitaguchi, Satoru Matsumoto, Kenji Mishima, Tatsushi Shima, Hirohiko M. Shimizu, W. Michael Snow, Tamaki Yoshioka

雑誌名: Physical Review D

DOI: [10.1103/PhysRevD.97.062002](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.97.062002)