

【研究活動・実績】

1. 概要

我々の宇宙は物質が占めていて、反物質がほとんど存在しないということが知られています。物質と反物質は電荷以外の性質がすべて同じで、宇宙創生のビッグバンで生じる両者の量に違いはないはずなので、なぜ反物質が消えてしまったのかは長い間謎でした。素粒子物理学では、138 億年前に誕生して間もない高温の火の玉宇宙が膨張し冷えていく過程で、対称性の自発的破れ解説 1 と呼ばれる現象が何度も起こったと考えられています。その際、宇宙ひも解説 2 と呼ばれるひも状の欠陥構造とそれらが複雑に絡み合ったネットワークが形成された可能性が指摘されています。

広島大学持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点(WPI-SKCM²)の新田宗土特任教授(慶應義塾大学教授)、衛藤 稔 Affiliate member(山形大学教授)の研究チームは、ドイツ電子シンクロトロンの濱田佑博士との共同研究で、素粒子物理学における仮説上の素粒子(アクシオン解説 3 と右巻きニュートリノ解説 4) の存在を考えることで、宇宙ひもが非自明なトポロジー解説 5 を持った結び目解説 6 を形成し、それが量子異常解説 7 と呼ばれる効果により安定して存在することを初めて発見しました。

結び目は2種類のひもが絡まってできた安定な物体ですが、量子力学的トンネル効果解説 8 によって崩壊してしまいます。このとき物質と反物質の両方が生成されますが、物質の方が反物質よりもわずかに多く生成され、現在の宇宙の物質-反物質の非対称性を説明できることを示しました。

また、結び目の存在が宇宙初期からやってきた重力波解説 9 の波形に影響するため、このシナリオが重力波観測を用いて間接的に検証できることも明らかにしました。

【論文の詳細情報】

タイトル : Tying Knots in Particle Physics

著者名 : Minoru Eto, Yu Hamada and Muneto Nitta

掲載雑誌 : Physical Review Letters 135, 091603 (2025)

DOI : <https://doi.org/10.1103/s3vd-brsn>

2. 参考情報

広島大学公式ウェブページ :

[【研究成果】宇宙の結び目が物質の起源? : トポロジーと宇宙誕生の謎 | 広島大学](#)

論文全文については、以下参照 :

[Tying Knots in Particle Physics | Phys. Rev. Lett.](#)

3. お問い合わせ先 WPI 拠点

Hiroshima University International Institute for Sustainability with Knotted Chiral Meta Matter
(WPI-SKCM²)

E-mail: chiral-secretary@office.hiroshima-u.ac.jp

Website: <https://wpi-skcm2.hiroshima-u.ac.jp/>

広島大学持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点 (WPI-SKCM²)

[担当] 広島大学持続可能性に寄与するキラルノット超物質国際研究所秘書室

[拠点ウェブページ] <https://wpi-skcm2.hiroshima-u.ac.jp/>