

学位申請論文公開講演会

日時：2022年2月3日(木) 9:00~

申請者：藤原 素子 (E研)

場所：物理会議室 (C207) と zoom (事前登録制) のハイブリット開催

zoom：<https://us06web.zoom.us/j/85881683419?pwd=bjhGSmx6bDdkRjBDY2MvNm5EdDlTU09>

※審査員以外の対面参加希望者は、久野 (hisano@nagoya-u.jp) までご連絡ください。

題目：**Electroweakly Interacting Spin-1 Dark Matter and Its Phenomenology**
(電弱相互作用するスピン1暗黒物質の現象論)

主論文の要旨

暗黒物質は、重力による銀河の構造形成に不可欠な要素であり、宇宙に存在する物質成分の85%を占める。その最有力候補の一つが、電弱相互作用する暗黒物質である。この候補は、標準模型の問題を解決する理論的枠組みに自然に現れ、数 TeV 質量を持つ場合に現在の宇宙のエネルギー密度とも適合する。この候補の量子数を実験的に特定できれば、暗黒物質の背後にある理論を特定する重要な手がかりが得られると期待できる。

特に重要な量子数の特定として、「同じ電弱相互作用を持つ暗黒物質のスピン1の識別」が挙げられる。超対称性理論が预言する候補 (スピン 1/2) と余剰次元理論が预言する候補 (スピン 1) の識別がこの具体例に相当する。両者の識別可能性を帰結するためには、電弱相互作用の効果を取り込んだ現象解析とスピン依存性の抽出が必要不可欠である。

本論文では、電弱相互作用するスピン 1 の暗黒物質の対消滅過程を解析した。まず、スピン 1 の暗黒物質について電弱相互作用の効果を取り入れた非相対論的有効理論を構築し、暗黒物質二体の有効作用を導出した。そして、初期宇宙における暗黒物質の対消滅過程を数値的に解き、スピン 1/2 とスピン 1 の場合について、適切なエネルギー密度を预言する暗黒物質の質量域を特定した。さらに、現在の宇宙で起こった暗黒物質対消滅に由来する銀河中心領域の単色ガンマ線に注目し、対消滅断面積の预言値のスピン依存性を調べた。これらの解析を通して、スピン 1 の暗黒物質理論の枠組みに含まれる、暗黒物質よりも重い中性ベクトルの質量が、現象論を特徴づける重要なパラメータであると突き止めた。特に、暗黒物質二体から、中性ベクトルと光子への対消滅が起きると、ガンマ線のエネルギースペクトルに二つの識別可能な単色ピークが预言される。ピークの位置は対消滅に関わる粒子の質量で決定するため、この特有のシグナルが見つければ理論のスペクトルを再構築することができる。この事象に関して、ガンマ線観測のエネルギー分解能を考慮し、二つの単色ピークが観測される理論のパラメータ領域を明らかにした。

電弱相互作用をする暗黒物質は、次世代の暗黒物質実験で探索が期待される。特に暗黒物質の対消滅の単色ガンマ線探索は、スペクトルの再構築が可能であるなど、情報に富んだ重要な探索手段である。本解析は、この重要な探索手段に注目し「ガンマ線観測における暗黒物質のスピン1の識別可能性」を明らかにした研究と位置付けられる。