

学位申請論文公開講演会

申請者：松下 康平 (E研)

日時：2021年2月3日(水) 10:30～

場所：物理会議室 (C-207)

コロナ感染拡大で急遽オンラインに切り替わる可能性があります。公聴会への参加を希望される方は久野純治教授 (hisano_@_eken.phys.nagoya-u.ac.jp) (_@_は@に置き換える) に事前にご連絡ください。

題目：A model of electroweakly interacting non-abelian vector dark matter
(電弱相互作用を行うベクトル暗黒物質模型の構築)

主論文の要旨

暗黒物質は銀河の回転曲線や宇宙の大規模構造などを説明する上で必要とされている存在であり、現在の宇宙の全エネルギーのうち約27%を占めていると考えられている。しかし、その正体は未だ解明されておらず、謎に包まれたままである。素粒子標準模型にはこの候補となる粒子がないため、この正体が素粒子であると仮定した場合は模型の拡張が必須となる。数多くの模型が提案されてきたが、中でも WIMP (Weakly Interacting Massive Particle) は現在の宇宙に残っている暗黒物質の量を熱的残存量として単純なメカニズムで説明することができるため、多くの研究者によって研究が行われてきた。しかし、WIMP 模型は暗黒物質の直接探索実験から現在非常に強い制限を受けている。特に宇宙初期において、ヒッグス粒子を媒介する相互作用によって暗黒物質が対消滅していくような模型は、直接探索実験で探索している散乱過程と同じ相互作用がある程度大きい必要があり、パラメータ領域の広い範囲が制限される状況にある。そこで直接探索実験から制限を受けない構造を持つ模型に注目が集まっている。

申請者は電弱相互作用を行うベクトル粒子が暗黒物質となる繰り込み可能な模型を構築し、解析を行った。標準模型の電弱対称性 $SU(2) \times U(1)$ に新たに $SU(2)$ 対称性を2つ導入し、それらの間に入れ替えの対称性を持たせることで暗黒物質の候補となる粒子が安定になる。新たに加えた対称性を破るためにヒッグス粒子も追加する必要があるため、最終的に $SU(2)$ ゲージ粒子とヒッグス粒子が新たに2セットいるような模型となっている。本模型では電弱相互作用を通じて暗黒物質が対消滅できるため、直接探索実験から強い制限を受けるヒッグス媒介型の相互作用に依存せずに残存量を説明することができる。電弱相互作用を行う暗黒物質の模型は、スカラーやフェルミオン暗黒物質に対して多くの研究がなされているがベクトル粒子についてはあまり研究が進んでおらず、その可能性について追求する研究となっている。

この模型に対し、以下の通り現象論的研究を行った。結合定数が摂動論的であるという条件、暗黒物質の直接探索実験、新たに加わったゲージ粒子である W' の LHC における探索から模型のパラメータ領域は制限され、暗黒物質の質量としては3 TeV から 27.5 TeV の領域で残存量を説明可能であるということを示した。さらに現在残っているパラメータ領域は近い将来の観測・実験においてほとんどの領域が探索可能であるということを示した。また、この模型のように電弱相互作用を行う暗黒物質模型は Sommerfeld 効果と呼ばれる現象によって暗黒物質から光子への消滅断面積が大きくなることが知られている。そこから出てくる光子は暗黒物質の間接探索実験で観測可能であるためその制限についても議論した。現時点では銀河中心における暗黒物質分布の不定性が大きいですが、将来実験も含めてこの模型のパラメータ領域を探索する上で非常に重要なツールとなりうることがわかった。