

学位論文審査の要旨

学位申請者	米村 美紀 理学専攻2018年度生		論文題目	ベクトル型媒介粒子モデルによる暗黒物質探索の研究
審査委員	主査:	河野 能知 准教授	インターネット公表	学位論文の全文公表の可否 : 否
	副査:	曹 基哲 教授		「否」の場合の理由
	副査:	奥村 剛 教授		<input type="checkbox"/> ア. 当該論文に立体形状による表現を含む
	審査委員:	番 雅司 教授		<input type="checkbox"/> イ. 著作権や個人情報に係る制約がある
	審査委員:	馬渡 健太郎 准教授 (岩手大学)		<input type="checkbox"/> ウ. 出版刊行されている、もしくは予定されている <input checked="" type="checkbox"/> エ. 学術ジャーナルへ掲載されている、もしくは予定されている
学位名称	博士 (理学)			<input type="checkbox"/> オ. 特許の申請がある、もしくは予定されている
(英語名)	(Ph. D. in Physics)			※本学学位規則に基づく学位論文全文のインターネット公表について

学位論文審査・内容の要旨

【学位論文審査の要旨】

当該学位論文において申請者の米村美紀は、ベクトル型媒介粒子モデルに基づく加速器実験での暗黒物質探索方法に関する研究を行った。ベクトル型媒介粒子モデルは(素粒子標準模型には含まれない)暗黒物質粒子を内包する、より基本的な素粒子モデルの低エネルギー有効理論(いわゆるsimplified dark matter models)の一種である。本研究において申請者は暗黒物質粒子がスピン1/2を持ち、媒介粒子がスピン1を持つ場合、つまりベクトル型相互作用をするような場合に着目した。このモデルの予言と加速器実験での観測量との比較は4種類のパラメータによってなされる。申請者は前方陽子検出器を用いることによって測定が可能になる「光子-陽子衝突」によるベクトル型媒介粒子の生成およびその暗黒物質粒子対への崩壊について、モンテカルロ・シミュレーションを用いて調べた。信号事象と標準模型粒子によって生じる背景事象との識別、もしくは背景事象を抑制するための運動学的変数分布における事象選択条件を求めた。それに基づき、未知パラメータである媒介粒子と暗黒物質、標準模型フェルミオンとの結合定数の値に関するいくつかのベンチマークシナリオのもとで、光子-陽子衝突実験における暗黒物質と媒介粒子の探索可能性について明らかにした。

本審査委員会はこの学位論文の結果を、LHC実験における陽子-陽子衝突とは異なる素過程における暗黒物質探索手法の開発に資する優れた研究であると評価した。

2021年7月30日に開かれた審査委員会において、申請者が博士論文の内容を詳しく説明すると共に、申請者と審査員との間で長時間に渡る質疑応答が行われた。同年8月30日に開催された最終試験では申請者による口頭発表と論文内容ならびに論文の背景に関する質疑応答が行われた。その結果、米村美紀の学位論文の内容は優れており、かつ当該研究分野に関する十分な理解と知識を持っていると評価され、質疑応答による最終試験にも合格したとの結論に至った。

以上より本審査委員会は米村美紀に博士(理学)(Ph. D. in Physics)の学位を授与することは妥当であると判断する。

【学位論文内容の要旨】

当該学位論文において申請者の米村美紀は、ベクトル型媒介粒子モデルに基づく加速器実験での暗黒物質探索方法に関する研究結果をまとめた。素粒子標準模型には暗黒物質の候補粒子は含まれないため、必然的に標準模型の拡張が必要となる。標準模型の拡張の方法は無限に考えられるが、暗黒物質と素粒子標準模型との相互作用にのみ注目し、その他の自由度は(質量が想定するエネルギースケールに対して十分大きいとして)積分してしまう”simplified dark matter models”と呼ばれる低エネルギー有効理論が暗黒物質の実験的検証に有用であるとして近年注目されている。Simplified dark matter modelsは暗黒物質粒子に加えて、暗黒物質と標準模型の相互作用を司る「媒介粒子」とそのスピン量子数によって分類される。申請者はこの中で暗黒物質粒子がスピン1/2を持ち、媒介粒子がスピン1を持つベクトル型媒介粒子モデルに着目し、研究を行ってきた。

学位論文では、このモデルにおいて加速器実験での観測結果から決定されるべき未知パラメータが(1)暗黒物質の質量、(2)媒介粒子の質量、(3)暗黒物質と媒介粒子の相互作用(結合定数)、(4)標準模型フェルミオンと媒介粒子の相互作用(結合定数)の4種類となることが示された。また、申請者は前方陽子検出器を用いることによって測定が可能になる「光子-陽子衝突」によるベクトル型媒介粒子の生成およびその暗黒物質粒子対への崩壊について、モンテカルロ・シミュレーションを用いて調べた。標準模型粒子によって生じる複雑な背景事象と信号事象との識別、もしくは背景事象を抑制するための運動学的変数分布における事象選択条件を求めた。それに基づき、未知パラメータである媒介粒子と暗黒物質、標準模型フェルミオンとの結合定数の値に関するいくつかのベンチマークシナリオのもとで、光子-陽子衝突実験における暗黒物質と媒介粒子の探索可能性について明らかにした。

以上の結果は学術論文としてPhysical Review D誌に投稿、掲載されている。