

研究 成果 報告 書

研究テーマ (和文)	光リング共振器を用いたアクシオン暗黒物質の探索		
研究テーマ (英文)	Search for axion dark matter with an optical ring cavity		
研究期間	2019年 ~ 2022年	研究機関名 東京大学	
研究代表者	氏名	(漢字)	道村 唯太
		(カタカナ)	ミチムラ ユウタ
		(英文)	Yuta Michimura
	所属機関・職名	東京大学 大学院理学系研究科・助教 → 2022年4月から カリフォルニア工科大学・リサーチサイエンティスト	
共同研究者 * 2名をこえる場合は、【別紙追加用紙】(P3)に3人目以降を追記してください。	氏名	(漢字)	藤田 智弘
		(カタカナ)	フジタ トモヒロ
		(英文)	Tomohiro Fujita
	所属機関・職名	早稲田大学 高等研究所・講師	
	氏名	(漢字)	小幡 一平
		(カタカナ)	オバタ イッペイ
		(英文)	Ippei Obata
所属機関・職名	東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構・特任研究員		
<p>概要 (600字~800字程度にまとめてください。)</p> <p>数々の宇宙観測によって、宇宙の全物質の約80%は暗黒物質であることが判明している。しかし、長年の大規模な観測と実験にも関わらずその正体の特定には至っておらず、現状打開のためには新しい発想による探索が求められている。</p> <p>本研究では、10^{-12} eV 程度以下の低質量領域において、新しい発想でアクシオン暗黒物質の探索を行った。アクシオンは暗黒物質の有力候補として近年高い注目を集めている未発見の素粒子である。</p> <p>アクシオンは光子とわずかに相互作用し、左円偏光と右円偏光の位相速度を変化させることが知られている。我々はこの性質に着目し、光リング共振器を利用してアクシオン暗黒物質を探索する新手法を2018年に提案した。</p> <p>本研究助成により、世界に先駆けてこのアイデアに基づく光リング共振器の制作が可能となり、2021年5月に世界初の観測運転に成功した。2020年8月の最初の動作実証から、この観測運転までの間には様々な工夫を行った。まず、円偏光間の位相速度差を直線偏光の周期的な回転として検出する工夫により、より簡易な信号取得を可能とした。また、光学系を覆うカバーの製作や、共振器鏡を固定するジグの改良により、音響雑音や振動雑音の低減、長期的な安定度の向上を行った。さらに、デジタルシグナルプロセッサを利用して、光共振器のロックを自動回復できるようにすることで、長期に渡る自動運転が可能となった。</p> <p>2021年5月に12日間に及ぶ観測運転を行い、2023年3月にはその観測データを用いたアクシオン暗黒物質の探索結果を発表した(arXiv:2303.03594、現在査読中)。上限値の更新には至らなかったものの、偏光を利用したテーブルトップ実験としては世界初の成果である。また、これにより観測データの較正手法、解析パイプライン、疑似信号除去手法などの確立を行うことができた。さらに、この観測時はs偏光とp偏光が同時に共振しないために感度が大幅に悪化してしまうという課題が見つかったが、補助共振器を用いることにより感度を回復させる手法を考案することができ、今後もさらなる感度向上が見込めることがわかった。</p>			

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）						
雑誌	論文課題	Axion dark matter search using arm cavity transmitted beams of gravitational wave detectors				
	著者名	K. Nagano <i>et al.</i>	雑誌名	Physical Review D		
	ページ	062008-1~10	発行年	2 0 2 1	巻号	104
雑誌	論文課題	Dark matter Axion search with riNg Cavity Experiment DANCE: Design and development of auxiliary cavity for simultaneous resonance of linear polarizations				
	著者名	H. Fujimoto <i>et al.</i>	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012182-1~4	発行年	2 0 2 1	巻号	2156
雑誌	論文課題	Ultralight dark matter searches with KAGRA gravitational wave telescope				
	著者名	Y. Michimura <i>et al.</i>	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012071-1~4	発行年	2 0 2 1	巻号	2156
雑誌	論文課題	First observation and analysis of DANCE: Dark matter Axion search with riNg Cavity Experiment				
	著者名	Y. Oshima <i>et al.</i>	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012042-1~4	発行年	2 0 2 1	巻号	2156
雑誌	論文課題	Axion Dark Matter Search with Interferometric Gravitational Wave Detectors				
	著者名	K. Nagano <i>et al.</i>	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012027-1~4	発行年	2 0 2 0	巻号	1468
雑誌	論文課題	DANCE: Dark matter Axion search with riNg Cavity Experiment				
	著者名	Y. Michimura <i>et al.</i>	雑誌名	Journal of Physics: Conference Series		
	ページ	012032-1~4	発行年	2 0 2 0	巻号	1468
雑誌	論文課題	ダークマター探索に新展開				
	著者名	道村唯太(監修)	雑誌名	Newton		
	ページ	90~99	発行年	2 0 2 0	巻号	12月号
雑誌	論文課題	レーザー干渉計で重力波と暗黒物質の二毛作				
	著者名	道村唯太・長野晃士	雑誌名	理学部ニュース（東京大学 大学院理学系研究科）		
	ページ	012032-1~4	発行年	2 0 2 0	巻号	1月号

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

Despite strong observational evidence for the existence of dark matter, its identity and properties remain one of the biggest mysteries of our Universe. Large-scale experiments and observations have been searching for dark matter for decades, but there is no clear detection yet. There is thus a clear need for searches of new dark matter candidates, with brand-new experimental ideas.

This project aims to search for axion dark matter with masses below 10^{-12} eV. It has been known that axions can be searched by measuring vacuum birefringence. Based on this property, we have proposed to search for axions using an optical ring cavity in 2018.

Thanks to this grant, we successfully build an optical ring cavity based on this new idea and performed the first-ever observing run to search for axion dark matter in May 2021. The result of the analysis using data from this 12-day run is reported in arXiv:2303.03594 (under peer review). Although the upper limit did not exceed the current best limits, this work was the first demonstration of polarization-based axion dark matter search with a table-top experiment. Also, we have established methods to calibrate and analyze the data and to veto false signals.