

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出
2020 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

道村 唯太

東京大学 大学院理学系研究科
助教

超精密偏光計測が可能にする新しいダークマター探索

§ 1. 研究成果の概要

本研究では光共振器を用いて、アクシオンが変化させる光の偏光状態を精密に計測するという新発想の手法により、かつてない精度でアクシオンダークマターを探索することを目指している。

2021年度は、これまで開発してきたプロトタイプ装置を用いた初の試験観測運転を5月に実施した。入射光量は240 mW程度、フィネスは3000程度と目標値には及ばないものの、光共振器の周回長は1 mであり、目標としている構成と同規模のプロトタイプ光リング共振器ができた。高感度なアクシオン探索のためにはs偏光とp偏光の両方の偏光が同時に光共振器に共振する必要があるが、偏光間の共振周波数の差が2.5 MHzと想定よりも大きかったため、低周波数帯において3桁程度感度が悪化してしまう構成であった。また、ショットノイズ限界に比べても4桁程度感度が悪かったものの、安定動作を確認することができ、2週間に及ぶ観測データを初めて取得することに成功した。ダークマター信号の統計性を考慮に入れたデータ解析パイプラインを開発し、10時間分の観測データを用いた初のデータ解析を行った。初期の解析では82個のダークマター信号候補が見つかったが、veto解析により機械共振が原因と思われる8個に絞ることができた。これにより、光共振器を用いた初の上限值を導出することに成功した。

また、s偏光とp偏光の同時共振を実現するために、補助共振器をメインの共振器と結合させる手法を考案した。プロトタイプ装置に実際に補助共振器を導入し、同時共振の実現に成功した。これにより、約3桁の感度向上に成功した。一方で、補助共振器を構成する鏡の光学損失がショットノイズを悪化させることがわかったため、より光学損失が少なく、また光学損失の影響が少ない光共振器構成を設計した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) "Axion dark matter search using arm cavity transmitted beams of gravitational wave detectors," Koji Nagano, Hiromasa Nakatsuka, Soichiro Morisaki, Tomohiro Fujita, Yuta Michimura, Ippei Obata, Physical Review D 104, 062008 (2021)
- 2) "Dark matter Axion search with riNg Cavity Experiment DANCE: Design and development of auxiliary cavity for simultaneous resonance of linear polarizations," Hiroki Fujimoto, Yuka Oshima, Masaki Ando, Tomohiro Fujita, Yuta Michimura, Koji Nagano, Ippei Obata, Journal of Physics: Conference Series 2156, 012182 (2021)
- 3) "Ultralight dark matter searches with KAGRA gravitational wave telescope," Yuta Michimura, Tomohiro Fujita, Jun'ya Kume, Soichiro Morisaki, Koji Nagano, Hiromasa Nakatsuka, Atsushi Nishizawa, Ippei Obata, Journal of Physics: Conference Series 2156, 012071 (2021)
- 4) "First observation and analysis of DANCE: Dark matter Axion search with riNg Cavity Experiment," Yuka Oshima, Hiroki Fujimoto, Masaki Ando, Tomohiro Fujita, Jun'ya Kume, Yuta Michimura, Soichiro Morisaki, Koji Nagano, Hiromasa Nakatsuka, Atsushi Nishizawa, Ippei Obata, Taihei Watanabe, Journal of Physics: Conference Series 2156, 012042 (2021)