

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

2020 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、アキ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キシオンダークマターを探索することを目指している。そのためには、偏光依存性が小さく、振動感度の小さい光学系の開発が必要となる。

研究初年度となる 2020 年度は、これまで開発してきたプロトタイプ実験の改良を進めた。特に、光リング共振器を構成する鏡を高反射率で光学的損失の少ないものに変更するとともに、アライメント精度向上のために共振器スペーサーへの固定治具を改良した。これにより、感度の指標となる、s 偏光と p 偏光のフィネスの幾何平均を 2 倍程度向上させることに成功した。また、光共振器透過率を 58 %程度まで向上させることができた。

一方で、偏光間の共振周波数の差が想定よりも大きいことがわかり、その場合の感度計算やデータ解析手法の構築を進めた。その結果、現在の 3.9 MHz という共振周波数差では低周波数帯において 3 桁程度感度が悪化してしまうことがわかった。この課題を解決するため、複数の光学素子メーカーや研究所と協力し、偏光間の位相差の少ない高反射率コーティングの設計を進めている。また、共振器の共振状態を変化させることにより、反射光の位相差をコントロールできることに着目し、補助共振器を用いて s 偏光と p 偏光の同時共振を実現する手法の検討を進めた。

本年度はさらに、数ヶ月単位の長時間観測に向けた準備も進めた。空気の流れや自然光の混入を防ぐために光学系カバーを導入し、雑音低減と共振器制御の安定化を図った。また、共振器制御にデジタルシグナルプロセッサを導入することにより、共振器制御の自動化を行った。これらにより、共振状態に保つための制御を 60 時間以上かけ続けることに成功した。