

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

※青字の記載要領は確認の上、提出時に削除してください。

研究担当者	松本伸之
研究機関名	学習院大学
所属部署名	理学部物理学科
役職名	准教授
研究課題名	大質量機械振動子を用いた巨視的量子力学分野の創発
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

懸架された鏡にレーザー光を照射すると、ドップラーシフトのため、懸架鏡が光源に近づくように変位すると反射光の周波数が高くなり、反対に懸架鏡が光源から遠ざかるように変位すると反射光の周波数は低減する。懸架鏡が基底状態のとき、ドップラーシフトで生じるこれら 2 つのサイドバンドのうち、レーザー光の周波数が高くなる成分は生じないことが予想される。量子力学の要請から、懸架鏡をそれ以上冷やすことができないため、光のエネルギーが高くなるような反射は許されないためである。これは古典的には理解することのできない純粋に量子的な効果であり、周波数空間で非対称なパワースペクトルが観測されることが予想される。

本年度は、巨視系で世界初となる非対称スペクトル観測に向けた装置開発を進めた。非対称スペクトル観測のためには、振動子を基底状態近くまで冷却する必要があるため、低雑音な変位計測系を実現する必要がある。そのため、本年度は安定化光源の開発を進め、観測のために必須となる低雑音なヘテロダイン測定系の構築を進めた。その結果、変位雑音換算で、強度雑音を $3 \times 10^{-18} \frac{\text{m}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ @500Hz, 周波数雑音を $1 \times 10^{-18} \frac{\text{m}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ @500Hz程度まで低減することに成功した。ヘテロダイン測定で使用する参照光に関しては、ファイバーノイズキャンセリングにより、 $3 \times 10^{-19} \frac{\text{m}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ @500Hzまで雑音を低減することに成功した。さらに、周波数雑音に対する感度が従来のものよりも 5 倍小さな小型共振器の開発にも成功した。

これらは基底状態実現のための要求値を満たしており、もしも他に技術的な雑音がなければ、非対称スペクトルが観測できる状況まで装置開発を進めることに成功した。