

2021 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

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	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

研究成果の概要

質量ミリグラム程度の巨視的な機械振動子の量子計測・制御の実現を目指して研究を進めている。従来の量子制御の対象である原子や光子といった微視的なものより質量の大きな物体を量子制御することで、重力の量子的な性質を明らかにすることが期待される。また、振動子の量子揺らぎを計測可能な系を実現することは、極限的な性能を備えた力のセンサーを実現することを意味する。従来のセンサーでは観測が不可能、あるいは困難であった種々の物理量や現象を観測することにつながる。例えば、微小な重力源から生じる重力相互作用の観測、未知のダークマター候補の探索が期待される。

本研究では、上述の目標達成に向けて、既に開発に成功しているテーブルトップスケールで世界最小のエネルギー散逸を実現した懸架鏡を光共振器の一端に設置したオプトメカニクス系を開発する。揺動散逸定理から、熱欲との相互作用で振動子に加わる熱的揺動力の大きさは振動子の散逸に比例する。つまり、世界最小の散逸を持つ我々の振動子を利用することで、世界で最も高感度な変位計測が可能となり、その空間分解能は振動子の重心振動の単一量子レベルに到達することさえ可能である。

本年度は、新たな実験環境における環境雑音を評価し、地面振動の影響が今後大きな課題となることが判明した。その対策として、振動の影響が顕著となる 1 Hz において十分な防振性能を持った真空対応防振装置を開発した。その上にこれまでに開発した防振装置を構築することで十分な防振性能が得られる。

量子計測は、ヘテロダイン測定による非対称パワースペクトルの観測によって実現する予定である。ヘテロダイン測定では、周波数オフセットのある安定化光源が必須であり、本研究では AOM と安定なドライバによる周波数シフトを行っている。本年度は、2 種類のドライバの位相雑音レベルの評価を実施し、安定度を評価することにも成功した。