

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 超伝導 MEMS を用いた浮遊型機械子の量子制御

2. 個人研究者名

不破 麻里亜 (学習院大学理学部 助教)

3. 事後評価結果

ナノメートルレベルの小さな物体を絶対零度近くまで冷やすと、その揺れや、伸び縮みや、しなり等による機械的振動が量子力学によって記述されるようになり、その振動の計測や制御を光によって行う量子オプトメカニクスという新分野が注目されている。そこでの本質的な疑問は、この振動する物体の量子力学的な性質を保ちながらどこまで大きくできるのかというものである。質量がミリグラム以上、サイズがマイクロメートル以上の普通の顕微鏡で見える程度の、量子力学の世界から視ると巨視的な物体であっても、そのコヒーレントな振動が量子力学によって記述でき、その計測や制御が光によって実現できれば、量子現象と古典現象とのオーバーラップ領域の理解が進み、その応用に関する道も開ける。

そこで不破博士は軟磁性体のイットリウム・鉄・ガーネット (YIG) に着目し、マイクロメートルレベルの YIG 微粒子を真空中で磁気浮上させ、極低温に冷却し、その微粒子の振動を光によって計測・制御する実験を提案し、その実現に向けた研究に取り組んだ。大変に挑戦的な構想でありながらも、本さがけ研究期間内に直径 0.5 mm 程度の YIG 微粒子を磁気浮上させることに成功した。これは軟磁性体を磁気浮上させた世界最初の例となった。磁気浮上に用いる外部磁場を掃引するとトラップ周波数が比例して上昇することも確認し、例えば 30 mT では不安定であった浮遊状態も、100 mT まで上げることで垂直方向の捕獲を強め、水平方向の運動は大幅に抑制されることなどを確認した。次のステップは、この微粒子を極低温に冷却して振動を量子化することであり、そのためには微粒子の振動系の Q 値を 1 億程度まで上げる必要がある。ところが現状の Q 値は千程度であるため、今後は渦電流損失の激減などを含めた実験系の最適化が必要となる。

不破博士の特徴は魅力的なゴールを設定するダイナミクスさだが、その実現のためには、実験系の緻密な設計と改良が必要である。さがけ研究は個人型研究ということで不破博士が一人で取り組むという状況が続いてきたが、さがけ研究期間の終わりには大学で独立した研究環境を構えることができた。今後は学生たちを上手に指導し、不破博士のビジョンの実現を着実に支えながら実験を進めることができる学生たちとの建設的な共同作業を期待する。これにより不破博士の大きな夢が叶うのではと予感させる。