

物質と情報の量子協奏  
2022 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

浅場 智也

京都大学 大学院理学研究科／科学技術振興機構  
特定准教授／さきがけ研究者

チューリング機構を用いたマヨラナ準粒子の創発

## 研究成果の概要

トポロジカル超伝導体やキタエフ量子液体で創発されるマヨラナ準粒子は、基礎物理学の視点からは非可換エニオンという新規の統計性を示す粒子のもととなる粒子として、また応用面の視点からはトポロジカル量子計算という誤り耐性の高い量子計算を可能にする粒子として、近年世界中で大きな研究対象となっている。本研究提案では、最近我々の発見した $\beta$ - $\text{RuCl}_3$ 原子細線作製技術を活用して、「原子スケールの細線とジャンクションを作製し、走査型トンネル顕微鏡でマヨラナ準粒子を観測すること」を目的とする。具体的には、(1) イジング磁性体の Y 字ジャンクション および (2) 超伝導上のグラフェン・ナリボンの 2 つのシステムにおいてマヨラナ粒子の観察を目指す。

本年度の研究では、(A) チューリング機構による原子細線作製の原理、および (B) 原子細線の物理的特性の解明を追求した。(A)については、蒸着時間を変化させることで、細線の幅をかえることなく密度だけを制御できることがわかった。また、これまでの量子細線技術ではグラファイト基板(HOPG)を使用していたが、銅酸化物高温超伝導体や $\text{NbSe}_2$ 、 $\text{Si}(111)$ といった様々な基板上への $\text{RuCl}_3$ 蒸着を試みた。その結果、これらの基板上には細線だけでなく薄膜も成長しなかった。これらの結果は、特異な $\beta$ - $\text{RuCl}_3$ 原子細線の成長メカニズムを探求する足掛かりとなることが期待される。(B)については、フランクフルト大学と共同研究により、 $\beta$ - $\text{RuCl}_3$ がバルク、2次元膜および1次元細線のすべてにおいて、理論的にはモット絶縁体であることを示した。モット絶縁体の純粋な1次元状態の実現は珍しく、また朝永・ラッティンジャー液体やマヨラナ準粒子といったエキゾチックな状態の研究の理想的な舞台となる可能性がある。

これらの結果は、次年度以降に行うマヨラナ準粒子の創発・観測において基礎を固める重要なステップであり、大きな進展であったといえる。