

2021 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	熊谷 崇
研究機関名	自然科学研究機構
所属部署名	分子科学研究所
役職名	准教授
研究課題名	時空間極限における革新的光科学の創出
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

当該年度は低温フォトン走査トンネル顕微鏡を応用した超高感度・超高分解能の極微分光についての研究を推進し、その成果として関連する原著論文 3 報を責任著者として出版した。特に、原子スケールの光（局在表面プラズモン）による空間極限におけるラマン分光の計測を半導体、金属、分子という異なる系に対して行い、それぞれの系における特徴的なラマン散乱を詳細に調べた。代表的な半導体であるシリコンの単結晶表面（Si (111)-7×7 再構成表面）の探針増強ラマン分光では銀で作製したプラズモニック探針を原子レベルで清浄かつ平坦なシリコン表面に近づけ、探針先端の原子と表面の原子との間に量子点接触が形成される際に起こる巨大なラマン応答を発見した。これによって Si (111)-7×7 再構成表面のフォノンモードを超高感度に検出し、原子レベルの構造の違いを見分けることが可能であることも示した。これまでの研究では局所的かつ大きなラマン増強はそれぞれがプラズモニックな探針と表面との間に形成されるナノギャップ（いわゆる「ホットスポット」）においてのみ起こると考えられていた。本研究は可視光領域でプラズモン応答を示さないバルクシリコンの表面においても非常に強いラマン散乱の増強が起こり得ることを世界で初めて報告した。また、プラズモニックな探針と表面によって形成される金属-真空-金属ナノ接合における光の非弾性散乱（アップコンバージョン）、一分子架橋構造における巨大なラマン応答を計測するなど、空間的極限に閉じ込められた光と物質の相互作用について新たな基礎科学的知見を与える成果を発表した。これらの成果は原子スケールにおける光と物質の相互作用を実験的に調べるのが可能であることを実証し、本研究課題である時空間極限における革新的光科学の創出に向けた基盤技術が確立されてきたことを示している。