

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	羽田 真毅
研究機関名	筑波大学
所属部署名	数理物質系
役職名	准教授
研究課題名	高コヒーレンス・極短パルス電子線創出によるナノ構造体の動的構造解析の新展開
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

これまでの超高速時間分解電子線回折法では、原子・分子オーダーすなわちオングストロームオーダーの構造ダイナミクスの計測が可能であったが、パルス電子線のコヒーレンス長の制約より、ナノメートルオーダーの原子構造体や分子集合体全体の運動を観測することができなかった。本研究では、点電子源から放出するパルス電子を用いて、ナノメートルオーダーの構造ダイナミクスが観測可能な超高速時間分解電子線回折装置を開発し、原子構造体や分子集合体全体の運動を観測することを目的としている。また、従来の電子線回折装置を用いた材料計測も並行して試料のスクリーニングおよび共同研究計測を行う。

本年度は装置開発および試料計測の両面で成果が上がった。まず装置開発としては、先端の半径が 1 μm であるタングステン探針から高強度のパルス電子線を出すことができ、そのパルス電子線を用いて直径が 5–7 nm のカーボンナノチューブからの回折像が得られた。すなわち、開発した装置のコヒーレンス長が 7 nm 以上であることを示すことができた。また、電子線のパルス幅は 30 ps 程度であったが、これはパルス中の電子のクーロン反発により、進行方向に広がっていることが原因であるため、パルス当たりの電子線量を調整することでパルス幅が調整できるだろうと考えている。また、試料計測においては、創発的研究支援の同じパネルの坂本雅典先生との共同研究で、CuS ナノ粒子に赤外光を照射することで生じる長寿命の局在表面プラズモン共鳴現象が、光によって生じたヤーンテラー効果（原子変位）が原因であることを超高速時間分解電子線回折法を用いて解明することができた。この結果は、Nature Communications 誌に掲載され、京都大学と筑波大学からプレスリリースした。また、高コヒーレンス電子線回折装置で計測する予定の低次元化合物に関する構造ダイナミクス計測も従来法で実施しており、着実に知見を積み重ねている。