2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2025 年度採択　Top のための ASPIRE　量子分野】

【研究課題名】
ナノフォトニクスと原子物理学の融合による統合的光量子技術の創成

研究代表者：
青木 隆朗（早稲田大学 教授／理化学研究所 チームディレクター）

主たる共同研究者：
シーレ・ニコーマック（沖縄科学技術大学院大学 教授）
トーマス・ブッシュ（沖縄科学技術大学院大学 教授）

相手側研究代表者：
アルノ・ラウシェンボイテル（ベルリン・フンボルト大学 物理学科 アレクサンダー・フォン・フンボルト教授）
セバスチャン・ホッファーベルト（ボン大学 応用物理学研究所 教授）
ジュリアン・ローラ（ソルボンヌ大学 カストラーブロッセル研究所（LKB） 特別教授）
エティエンヌ・ブリオン（トゥールーズ大学（CNRS） 衝突・集積・反応研究所 研究担当者）
ダリック・チャン（カタルーニャ光科学研究所（ICFO）理論量子ナノフォトニクス グループリーダー）
チェンルン・ホン（パデュー大学 物理・天文学科 教授）
ヴラダン・ヴレティッチ（マサチューセッツ工科大学（MIT）物理学科　レスター・ウルフ 物理学教授）

1. 研究進捗状況と成果

本プロジェクトは、ナノフォトニクスと原子物理学の融合により、次世代量子コンピューティング・量子ネットワークの実現に向けた統合的な光量子技術基盤を確立することを目的とし、若手研究者の相互長期派遣や国際会議等の開催を通して、ナノフォトニクスと原子物理学の融合による新たな学際分野を創出し、持続的な国際ネットワークの形成、国際頭脳循環の促進、および次世代のトップ量子研究者の育成を図る。

2025 年度は、プロジェクトの開始にあたり、各研究グループにおいて研究環境の構築と国際共同研究体制の整備を進めた。早稲田大学・青木グループでは、ナノ光ファイバー共振器 QED 系および導波路 QED 系の立ち上げを進め、ナノファイバー表面上に形成した光ピンセットアレーとナノ光ファイバー導波路を組み合わせた実験系を構築した。理化学研究所・青木グループでは、ナノフォトニック共振器作製系の立ち上げを進めた。OIST・Nic Chormaic グループでは、ナノ光ファイバーと結合した原子集団における多光子過程の研究に向けた研究環境の整備を進めた。また、OIST・Busch グループでは、ナノフォトニクスと原子物理学を融合した光量子系に対する理論的基盤の構築に向けた連携体制の整備を進めた。

また、2026 年 4 月に開催するプロジェクトキックオフ会議、2026 年 10 月に開催する国際ワークショップの準備を進めた。

さらに、2026 年度以降に本格化する若手研究者の派遣・招聘プログラムの実施に向けた準備を進めるとともに、相手側研究代表者グループの一部との相互派遣を先行して開始した（日本から相手国への派遣：ドイツ 2 件、フランス 2 件／相手国から日本への招聘：ドイツ 3 件、フランス 1 件）。

2. 代表的な成果事例

1.T. Tanaka, T. Suzuki, O. Mao, S. K. Ruddell, K. E. Webb, M. Takahata, and T. Aoki, “Fabrication and nonlinear measurements of high-Q defect-free optical nanofiber photonic crystal resonators”, Optics Express 34, 16947 (2026).
概要：単一のフェムト秒レーザーパルスを用いたアブレーションにより、Q 値が 10^7 を超える、欠陥のないナノ光ファイバー・フォトニック結晶ファブリーペロー共振器を作製した。非線形光学測定により、6.6 μs の熱カットオフ時間よりも 1 桁短いパルスで測定した場合であっても、共振器帯域全体にわたって熱光学効果が支配的であることが明らかになった。この共振器は、高 Q 値と小さなモード体積を兼ね備えているため、共振器 QED に基づく量子計算および量子ネットワーク向けの高速量子ノード、さらには低消費電力のインライン光ファイバースイッチの実現につながる。