

# 共振器量子電気力学による量子計算

研究代表者 青木 隆朗  
(先進理工学部 応用物理学科 教授)

## 1. 研究課題

光共振器に閉じ込められた光子と原子が量子力学的に相互作用する系、すなわち共振器量子電気力学系は、量子光学の重要な研究対象であるとともに、量子計算の実装に有用である。本研究では、ナノフォトニクスに基づく共振器量子電気力学系を開発し、量子計算への応用を図る。具体的には、超低損失ナノ光ファイバー共振器に基づく共振器量子電気力学系を開発する。また、ナノ光ファイバー共振器の高いスケーラビリティに基づく量子計算要素技術の実証実験を目指す。

## 2. 主な研究成果

共振器量子電気力学による量子計算の実装に適したナノ光ファイバー共振器を開発した。単一モード光ファイバーに対して深紫外レーザー光源と位相マスクを用いてファイバースラッグ格子を形成し、高フィネスファブリーペローファイバー共振器を作製した。さらに加熱延伸加工によりナノ光ファイバーを作成することで、超低損失ナノ光ファイバー共振器を作製した。

また、ナノ光ファイバーと高効率に結合するトロイド型微小光共振器における四光波混合過程を用いて、光パラメトリック発振の観測（図1）と光子対の生成に成功した。わずか  $46\mu\text{W}$  のポンプ光による励起で、 $\text{CAR}=7.4$  を得た。また、自己相関関数の測定により  $g_c^{(2)}(0) = 0.57 < 1$  が得られ、光子アンチバンチングを確認した（図2）。

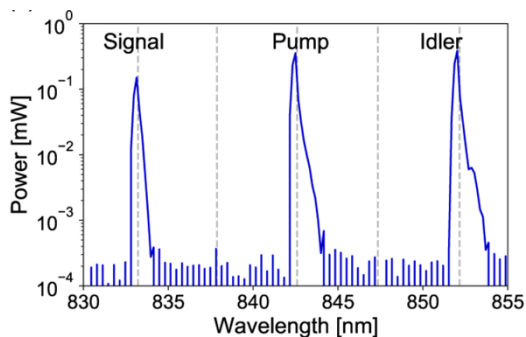


図1：光パラメトリック発振スペクトル

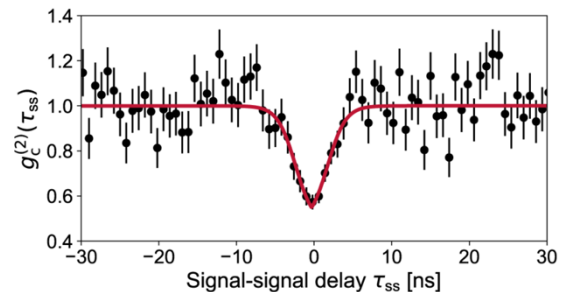


図2：自己相関関数の測定結果

### 3. 共同研究者

加藤 真也 (高等研・講師)

碁盤 晃久 (理工総研・次席研究員)

ラッデル サムエル ケルビン (理工総研・次席研究員)

ウェブ カレン エリザベス (理工総研・次席研究員)

高畑 光善 (理工総研・次席研究員)

### 4. 研究業績

#### 4.1 学術論文

Yosuke Hashimoto, Akihisa Goban, Yuki Hirabayashi, Yuta Kobayashi, Tomohiro Araki, and Takao Aoki, "On-chip photon-pair generation in a silica microtoroidal cavity", *Optics Express* **29**, 3533-3542 (2021).

#### 4.2 総説・著書

#### 4.3 招待講演

青木隆朗、「分散型量子計算に向けたナノ光ファイバー共振器量子電気力学系」、第 158 回微小光学研究会、2021 年 3 月 23 日

#### 4.4 受賞・表彰

#### 4.5 学会および社会的活動

応用物理学会 微小光学研究会 運営委員

### 5. 研究活動の課題と展望

開発した超低損失ナノ光ファイバー共振器を用いて、共振器量子電気力学系を開発するとともに、量子計算要素技術の実証実験に着手する。長期的には、ナノ光ファイバー共振器の高いスケーラビリティに基づく量子計算要素技術の実証実験を目指す。