

大学院教育支援機構 企業寄附奨学制度 (DDD) 報告書

氏名	後藤啓文
研究科・専攻	工学研究科電子工学専攻
修士/博士・学年	修士 1 年
支援企業名	京都製作所

・提出期限：2025 年 3 月 28 日（金）17：00

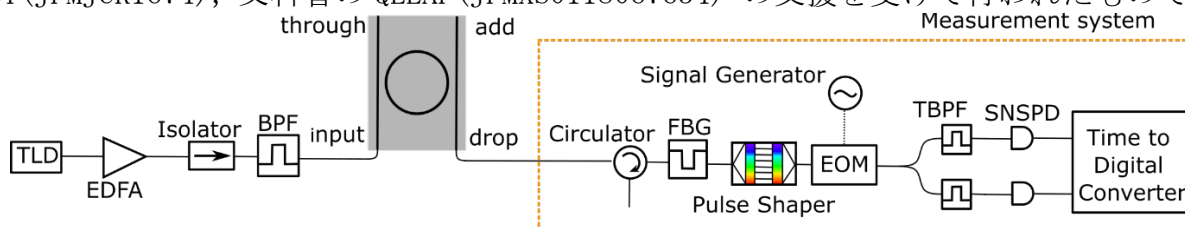
- ・ページ数に制限はありません。
- ・写真や図なども組み込んでいただいて結構です。
- ・各項目について具体的に記述してください。
- ・大学院教育支援機構のウェブサイト公開します。

奨学金を得て行った研究の成果

量子もつれ状態は、二つの粒子が古典論では説明できない相関関係をもつ状態のことを指す。周波数もつれ光子対とは、2つの光子が周波数でもつれ合っており、片方の周波数を測定するともう片方の周波数が定まるという量子状態である。この周波数もつれ光子対は、量子センシングや量子情報処理などの光量子技術のリソースとして用いることができる。CMOS プラットフォームで作製可能な周波数もつれ光子対源であるオンチップリング共振器は、複数の離散的な周波数モードを有するため、多次元でもつれ合った光子対を生成できる。実際にこれまで、最大で 8 次元の周波数もつれ合いが確認されている [1]。一方、我々は、オンチップリング共振器を用いて 100 モード以上の周波数相関を確認しており [2]、これは超高次元もつれ合い状態の生成を示唆している。しかし、従来手法である量子状態トモグラフィは、 n 次元の量子もつれ合いを評価するために、 n^4 個の測定基底が必要となり、高次元の周波数もつれ評価には適さない。そこで我々は、時間モードにおいて報告された、隣接モード間のコヒーレンスを逐次的に測定する効率的なもつれ次元 (entanglement dimensionality) 評価手法 [3] を、周波数モードに適用することを試みた。

今回用いた実験系を図 1 に示す。図の点線で囲った部分で周波数重ね合わせ基底での測定を行った。共振器から出力されたシグナル・アイドラー光子対を光波形整形器 (Pulse shaper) に入力し、モード間の位相を制御した。次に、電気光学変調器によって各モードに側波帯を形成させた。波長可変フィルタで隣接モードの側波帯が重なった周波数を選択した後、超伝導単一光子検出器で検出した。モード間の位相を変化させて同時計数計測をし、干渉縞を測定した。この干渉縞の明瞭度が、隣接モード間のコヒーレンスに対応する。現時点で、得られた干渉縞の明瞭度は 0.84 であり、これはもつれ次元 1.54 に相当する。なお、この成果について、2025 年第 72 回応用物理学会春季学術講演会にて口頭発表を行った。

本研究の一部は JST-ERATO (JPMJER2402)、科研基盤 A (Nos. 24H00195, 21H04444)、JST-CREST (JPMJCR1674)、文科省の QLEAP (JPMXS0118067634) の支援を受けて行われたものである。



[1] Lu, Hsuan-Hao, et al., Nature Communications 13, 4338 (2022).

[2] 濱山友志, et al., 第 83 回応用物理学会秋季, pp. 20p-A404-14 (2022).

[3] Tiranov, A, et al., Physical Review A 96, 040303 (2017).

産学協同の取組における成果

2024年7月18日に京都製作所様の本社にて、顔合わせを兼ねた工場見学に参加した。京都製作所の方々から会社についての説明を受けたほか、最先端の梱包機器の製造ラインを見学させていただいた。梱包機器というと、ローラーで製品が流れるというイメージしか持っていなかったが、実際には自動化と高速化のために、複雑な機構とその細やかな制御が詰まった機器であるということを知ることができた。また、2025年2月21日には、京都大学桂キャンパスにて、京大OBの方を含む京都製作所の方々との昼食会に参加した。昼食会ではOBの方から、京都製作所での具体的な仕事内容についてお聞きし、社会で活躍するとはどういうことかを実感することができた。

今後の展望

私は現在博士号取得に向けた博士課程前期後期連携コースにおり、研究に励んでいる。そのような状況の中、京都製作所様から奨学金の支援を受け、研究に専念できる環境をいただいていること御礼申し上げます。今後の展望としては、研究面では現在行っている研究を進め、より高次元のもつれ状態評価を行いたいと考えている。またキャリア面では、現在は研究者として活躍することを目指している。しかし企業の方との交流を通じて、企業での研究や製品開発でも博士号取得までにつけた能力を生かすことも可能ではないかと気づき、もう少し広い目で自分のキャリアについて考えるべきだと考えるようになった。