

「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」  
平成29年度採択研究代表者

H29 年度 実績報告書
-----------------

神成 文彦

慶應義塾大学工学部電子工学科  
教授

波長分割多重プログラマブル大規模量子シミュレータ

## § 1. 研究実施体制

### (1)「慶大・神成」グループ

- ① 研究代表者:神成 文彦 (慶應義塾大学 工学部 電子工学科、教授)
- ② 研究項目
  - ・波長分割多重光量子シミュレータの構築
  - ・実証実験

### (2)「NICT・武岡」グループ

- ① 主たる共同研究者:武岡 正裕 (情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 量子 ICT 先端開発センター、センター長)
- ② 研究項目
  - ・波長分割多重光量子シミュレータの理論解析
  - ・波長分割多重量子制御技術の量子通信への応用

## § 2. 研究実施の概要

多数の原子から成る大きな分子の分子内電荷移動および振動準位間光遷移確率（Frank-Condon Factor）を数値計算によって予測することは、人工光合成技術や新薬創生などへの応用を目指した量子化学の重要な課題の一つである。しかし、これらのプロセスは非常に複雑な量子干渉効果を伴うため、古典計算機で容易にシミュレーションを行うことができない。本研究では、超短レーザーパルス光の広大な周波数リソースを用い、周波数モード間の量子操作を大規模かつプログラマブルに実現することで、振電準位間光遷移確率を効率的に計算できる量子シミュレータの実験的実証を目指している。量子シミュレータの概要を図1に示す。シミュレータは、光源・波形整形部分（オレンジ）、マルチモードスクイージングによるプログラマブル量子回路部分（青色）、時分割光子検出部分（グレー）からなる。

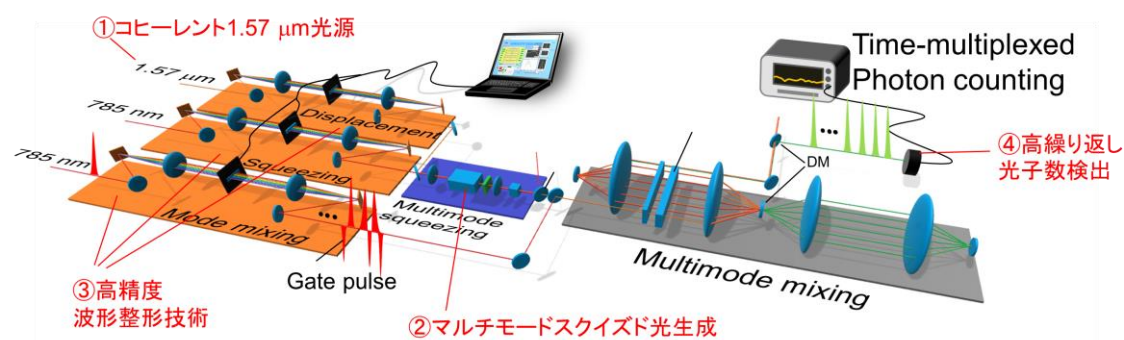


図1 本研究で最終的に実現を目指す量子シミュレータの概要

平成 29 年度は、研究開始年度として、図 1 の①～④の各要素技術の構築と予備実験を実施した。具体的には、①縮退光パラメトリック発振器によるコヒーレント 1.57 $\mu\text{m}$  光源の開発、②マルチモードスクイズド光生成・検出の実験系構築と予備実験、③高精度波形整形器の構築、光繰り返し光子数検出技術の確立、を実施した。また、実際に実装される光の量子シミュレータでは、ある程度の光損失は避けられない。そこで、⑤光損失を効率的に補正する手法の理論検討、にも取り組み損失補正に必要な行列演算の構造を明らかにした。

これらの成果により、次年度以降、本量子シミュレータの基幹技術である周波数多重スクイズド光の生成・制御、および波形整形器を用いた周波数域における量子干渉の実験に取り組むための準備が整った。また、同技術の量子通信への応用に向けた基礎実験として、光のコヒーレント状態の量子重ね合わせへの射影測定の実験に成功した[1]。

[1] S. Izumi et al., *Scientific Reports* 8:2999 (2018).