

神成 文彦

慶應義塾大学理工学部電子工学科
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. 研究成果の概要

本研究では、超短レーザーパルス光の持つ広い周波数帯域を活用し、周波数モード間の量子相関形成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光量子シミュレータの実験的実証を目指している。

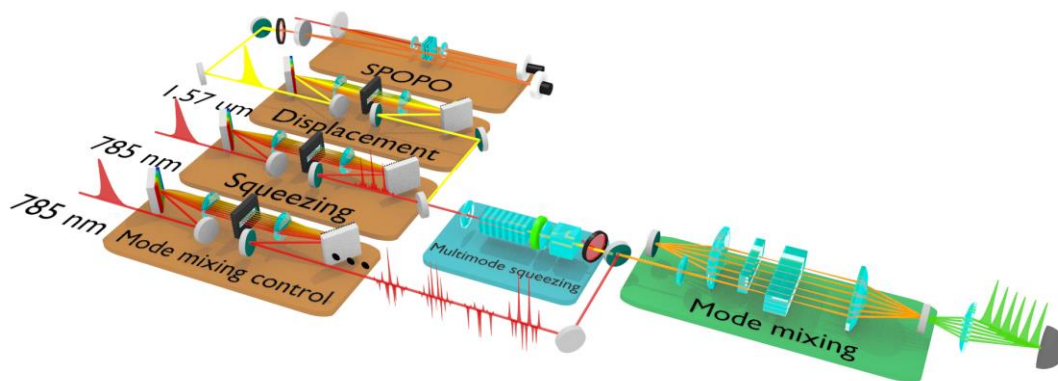


図1 我々の提唱する光量子シミュレータの実験系。波形整形技術によって周波数域の量子状態を制御することによってプログラマブルかつ大規模な量子シミュレーションを行う。

本年度の研究では、この量子シミュレータの動作原理でもある周波数域のプログラムな量子干渉実験を行った。すなわち、波形整形技術を用いて任意の周波数モードに光子を生成し、周波数干渉後に各周波数モードにおける光子数を計測する周波数域プログラマブル量子干渉計を構築した。本年度は、モード数を2とし、単一光子間の干渉である Hong-Ou-Mandel 干渉に対応する現象を観測することに成功し、64.8%の明瞭度を得た。さらに、周波数域の干渉制御実験を行うことでプログラマブルな周波数域量子干渉制御が可能であることを実験的に示し、我々の提唱する周波数域量子干渉の動作原理を実証することができた。

さらに、目的とする量子シミュレータ構築のために必要なその他の要素技術開発も進めた。とくに、シングルパススクイズド光の生成に必要なエンハンスメント共振器の構築を行い、その特性を検証した。

量子シミュレータは光学的な損失により計算の効率が劣化していく。そこで損失耐性を持つ方式の理論検討を進め、振電励起スペクトルのように解がスパース性を持つ場合の量子シミュレーションに適用可能な、古典信号処理である圧縮センシングを活用した効率的な損失補正の手法を提案し、小規模な分子の数値計算によりその有用性を確認した。さらに、本手法を導入することにより、本研究で実現しようとしている波長多重型量子シミュレータの光学系を大幅に簡略化できることを明らかにした。

また、波長多重量子制御技術の量子通信への応用を目指し、量子もつれ光の新しい非局所性検証手法[1]、波形整形による GHz 周波数コムのコヒーレント制御技術等を確立した。

[1] Y. Tsujimoto, K. Wakui, M. Fujiwara, K. Hayasaka, S. Miki, H. Terai, M. Sasaki, and M. Takeoka, “Optimal conditions for the Bell test using spontaneous parametric down-conversion sources”, *Phys. Rev. A* 98, 063842 (2018).

§ 2. 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 (慶應義塾大学理工学部電子工学科、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 (国立研究開発法人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