

光量子回路を使った量子分類器

Toward quantum classifier with photonic quantum circuit

香川大創工¹, JST さきがけ², 慶應理工³, 情報通信研究機構⁴, ○小野貴史^{1,2}, Wojciech Roga³,
和久井健太郎⁴, 藤原幹生⁴, 三木茂人⁴, 寺井弘高⁴, 武岡正裕³

Kagawa Univ.¹, JST PRESTO², Keio Univ.³, NICT⁴, °Takafumi Ono^{1,2}, Wojciech Roga³, Kentaro
Wakui⁴, Miko Fujiwara⁴, Shigehito Miki⁴, Hirotaka Terai⁴, Masahiro Takeoka³

E-mail: ono.takafumi@kagawa-u.ac.jp

「シリコン」を利用した光集積回路は、集積密度が高いこと、洗練された製作技術があること、またCMOSエレクトロニクスとの相性が良いといった利点がある。このような理由から、シリコン光集積回路は、大規模な光量子回路を実装するためのプラットフォームとして期待されている。これまで、オンチップでの量子もつれ光生成や量子状態測定に関する報告、また約 60dB を超える消光比で動作する光干渉計の実現といった報告もあり、各デバイスの性能も向上している。

このような背景のもと、近年、この光量子回路へ機械学習の手法を適用した、高度で効率的に学習させることが可能なアルゴリズムの提案やその実現に関する研究が報告され始めている[1]。これまでに、量子回路モデルをベースとした量子機械学習アルゴリズムの提案や、超伝導量子ビットを用いたそのアルゴリズムの実装に関する報告がある[2]。今回、我々は、シリコン光導波路上で光量子回路を実装、さらに実装した光量子回路を使って、ボソン系での光量子分類器の実装を試みているので、その結果を報告する。

機械学習の中でも、分類器 (Classifier) は、教師あり学習という部類に属しており、入力されたデータをある決まったカテゴリー (クラス) へ分類するものである。本研究で実装する量子分類器の概略を図1に示す。まず、任意の量子状態を準備し、その状態へ分類したいデータ $\{x_i\}$ をエンコードする。次にデータがエンコードされた量子状態を光量子回路へ入力し、ある特定の出力 m が得られる確率 $P(m)$ を測定する。この時、ある閾値を設け、例えば確率 $P(m)$ が閾値よりも高ければ yes、低ければ No というように、データを分類する。光量子回路で実装するユニタリ変換は、機械学習の手法を用いて、

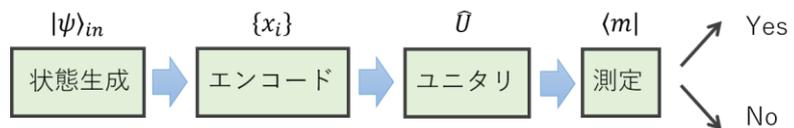


図1 : 光量子分類器の概略

所望の分類が実装できるように学習させる。

実験では、シリコン光導波路を用いた光量子回路を使って、任意の量子状態をオンチップ上で生成し、実装した光量子回路を使って分類を行う。発表では、最新の実験結果について報告する予定である。

[1] K. Mitarai, M. Negoro, M. Kitagawa, and K. Fujii, Phys. Rev. A 98, 032309 (2018)

[2] V. Havlicek, et. al. Nature, 567, 209-212 (2019)