

リング共振器クロスバーアレイ型光回路を用いた 光ニューラルネットワークの検証

Investigation of optical neural network using microring resonator crossbar arrays

○大野 修平, トープラサートポン カシディット, 高木 信一, 竹中 充 (東大院工)

○Shuhei Ohno, Kasidit Toprasertpong, Shinichi Takagi, and Mitsuru Takenaka

(The University of Tokyo)

E-mail: ohno@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】深層学習においてボトルネックとなる積和演算を高速化するため、Si フォトニクス技術をもとにした光集積回路による光ニューラルネットワークの研究が活発化している[1]。我々は素子面積の小型化が可能なリング共振器に注目し、Fig. 1 のようなクロスバーアレイ型光回路による光深層学習を提案している[2]。この光回路は多波長光源を入力とし、光位相シフタを実装したリング共振器で積算を行い、その結果の光信号をフォトディテクタにより一括で電流信号に変換して加算を行うことで、光による行列演算が実行できる。本研究では、3 入力 3 出力のクロスバーアレイ型光回路を試作し、その動作を検証したので報告する。

【素子構成】試作した光回路の写真を Fig. 2(a)に示す。この光回路の構成は Fig. 1 のようになっており、 3×3 の行列演算が可能になっている。Fig. 2(b)のように各リング共振器上には熱光学位相シフタ用の TiN ヒーターが装荷されている。出力部には Fig. 2(c)のように Ge フォトディテクタが集積されており、リング共振器により出力された光信号を電流に変換して出力することができる。光位相シフタ、フォトディテクタの電極は金ワイヤを通してプリント基板に接続されており、全ての位相シフタを同時に制御できるほか、3 つのフォトディテクタの出力電流を同時に検出できる測定系となっている。

【実験結果】試作した光回路を用いて光ニューラルネットワークを構成し、Iris dataset[3]と呼ばれるデータセットで3 種類のアヤメの品種の分類を行う実験を行った。入力する特徴量は Petal width を除いた3 種類とした。ニューラルネットワークとして、隠れ層が1 層でその次元数が3 となるモデルを想定し、非線形関数として ReLU 関数を用いた。まずコンピュータ上で50 組のデータにより学習を行い、この分類を可能にするニューラルネットワークのモデルを生成した。次に光回路内の光位相シフタの印加電圧を、フォトディテクタから出力される電流が所望の電流に近づくようにフィードバック制御を行うことで、生成したモデル内の行列計算が可能になるように最適化した[4]。最後に、プログラムされた光回路に学習に用いられていない100 組のデータに対応する光強度の光信号を入力することで光による行列計算を行い、その結果を元にニューラルネットワークの出力を計算した。負の行列の値を用いるために一つの行列計算に対して光回路は二回プログラムし、リング共振器による積算以外の演算はコンピュータ上で行った。以上の手順で100 組のデータを分類した分布は Fig. 3 のようになった。コンピュータ上で同様の分類を行った場合の正解率が97%であるのに対して、この検証実験による分類の正解率は91%であった。以上の結果から、リング共振器クロスバーアレイ型光回路が光深層学習への応用に有用であると分かった。

【謝辞】本研究の一部は JST CREST 特定課題調査 (JPMJCR1907) および旭硝子財団研究助成の支援により実施した。

【参考文献】

- [1] L. D. Marinis et al., IEEE Access, 7, 175827 (2019).
- [2] S. Ohno et al., Proc. Int. Conf. Solid State Semicon. Dev. Mat. (2019) B-2-04.
- [3] <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/iris>
- [4] A. N. Tait et al., Opt. Express, 26, 26422 (2018).

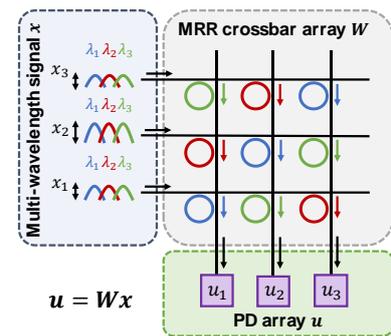


Fig. 1: Schematic of microring resonator (MRR) crossbar array.

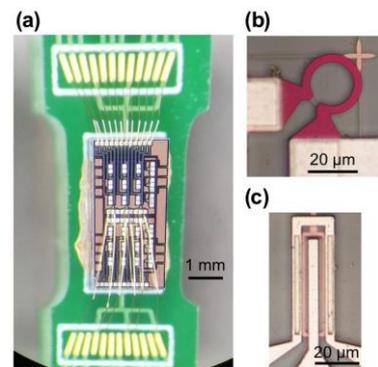


Fig. 2: (a) Plan-view photograph of MRR crossbar array, (b) MRR and (c) Ge photodetector (PD).

Predicted	Label		
	setosa	versicolor	virginica
setosa	33	0	0
versicolor	0	28	4
virginica	0	5	30

Fig. 3: Experimental label prediction of optical neural network.