

光多層リザーバコンピューティング

Photonic Hierarchical Reservoir Computing

NTT 先端集積デバイス研究所 ○中島 光雅, 小仁所 志織, 田仲 顕至, 橋本 俊和

NTT Device Technology Labs. ○Mitsumasa Nakajima, Shiori Konisho, Kenji Tanaka,

Toshikazu Hashimoto, E-mail: mitsumasa.nakajima.wc@hco.ntt.co.jp

1. はじめに

機械学習の高速化・高効率化に向けて、人工ニューラルネットワーク (ANN) を光回路を用いて実現する技術が注目を集めている[1-4]。ANNの中でも、小脳を模した情報処理であるリザーバコンピューティング (RC) は、大半の演算処理をパッシブ回路で実現できるため、光回路との親和性が良く、近年精力的に研究が進められている[2-4]。光 RC を、より高度な問題に適応するためには、中間層であるリザーバ層のノード数を大規模化させる必要がある。一方、光実装の複雑性から現在実現されているノード数は 100 から 1000 程度であり、現状では光回路の適応範囲は限定的である。例えば、機械学習分野の初歩的な問題である手書き文字認識でさえも、数万規模のノードが必要であることが報告されている[5]。本稿では、一層あたりのノード数を増加させることなく光 RC の性能を向上する手法として、光 RC を多層化させる光多層 RC について検討する。

2. 光ディープ RC の構成

Fig. 1(a)にディープ RC のネットワーク構成について示す。本構成は、入力層・リザーバ層・出力層からなる RC 層を連結することで構成されており、各層の出力が次の RC 層の入力となっている。各入力層の結合重み (図中の赤矢印) 及び各リザーバ層の結合重み (図中の青矢印) はランダムに生成し、学習や更新は行わない。各出力層の結合重み (図中の緑矢印) のみ学習を行う。学習時は、各層に教師データを与えて、各層での出力と教師データの差が小さくなるように重みを更新する。従来の単層 RC と同様に、重み値は最小二乗法を用いて計算でき、誤差逆伝搬等の高コストな学習演算は不要である。

Fig.1(b)に提案する多層 RC の光実装形態について示す。本構成では、各層は単一の非線形素子と遅延リングで構成されており、各層の演算を時間領域でシェアすることで多層化している。これによって、単一の光 RC で多層化が容易に実現できる。本構成は既存の光 RC デバイスに繰り返し信号を導入することで実現されるため、大きなハード面でのアップデートがなく性能を向上するといった利点を有する。非線形素子等は従来報告のいずれを用いても構わないが、本検討では、外

乱に対する耐性や計算モデルとの一致性に優れる構成として、光変調器と PD を利用した構成[3]に着目し、計算・実験を行った。

3. 実験結果

Fig.1(b)の構成を用いて、シミュレーションによって多層化の効果を検討した。検討には、機械学習分野で汎用的に用いられる手書き文字データセット MNIST[6]を用い、ラベルデータとの一致精度によって性能を評価した。Fig. 3(a)に1層当たりのリザーバノード数に対する正答率の依存性を示す。参考として文献[5]における単層 RC の報告値も示す。図から分かるように、ノード数と共に正答率は上昇していき、1000 ノードで 98.7%の精度を示した。この値は単層での 2 万ノードの値と同等であり、従来の RC の報告と比較し、必要なリザーバノード数を 10 分の 1 以下に削減できていることが分かる。当日は光学ベンチトップでの実験結果等についても紹介する。

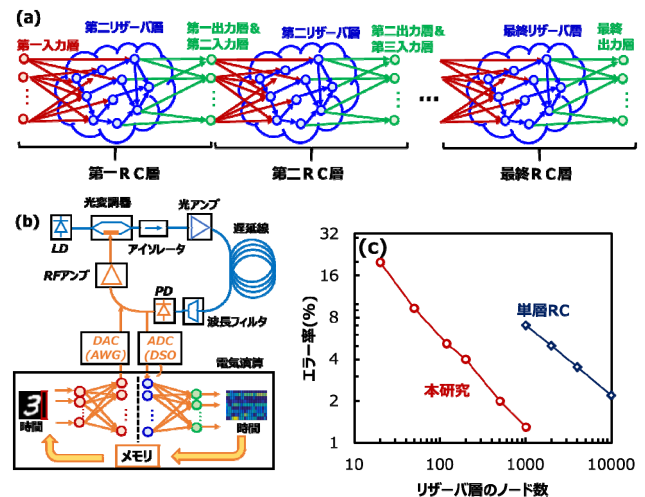


Fig. 1(a) ディープ RC の構成, (b)非線形遅延リングを用いたディープ RC の光実装(c) 手書き文字認識のエラー率とノード数の関係

- [1] Y. Shen *et al.*, Nat. photon. **11**, 441 (2017).
- [2] D. Brunner *et al.*, Nat. Commun. **4**, 1364 (2013).
- [3] L. Larger, *et al.*, Opt. Express **20**, 3241 (2012).
- [4] M. Nakajima *et al.*, CLEO2018., SM1C.4.
- [5] A. Jalalvand *et al.*, Neurocomputing **277** (2018).
- [6] Y. LeCun *et al.*, The MNIST database of handwritten digits. (1998).
- [7] G. Hinton *et al.*, Neural Comput. **18**, 1527-1554,(2006).