

2次元接続されたジョセフソン接合を用いた リザーバー計算の画像分類応用における性能について

Performance evaluation of reservoir computing

with two-dimensionally connected Josephson junctions for image recognition

東北大¹, 電通大² ○(M2) 渡邊 紘基¹, 水柿 義直², 守谷 哲¹, 山本 英明¹, 佐藤 茂雄¹

Tohoku Univ.¹, Univ. of Electro-Communications², ○Kohki Watanabe¹, Yoshinao Mizugaki²,

Satoshi Moriya¹, Hideaki Yamamoto¹, Shigeo Sato¹

E-mail: watanabe.koki.s6@dc.tohoku.ac.jp

リザーバー計算はニューラルネットワークを利用した機械学習手法の一つで、学習コストが低く、少ないニューロン数で構成できる点から、AI技術の社会実装への応用が期待されている。リザーバー計算のネットワークの一部は非線形な物理素子で構成することができる。物理素子で置き換える手法に、ジョセフソン伝送線路 (Josephson Transmission Line: JTL) を用いたものがある [1]。

JTLを用いたリザーバー計算では、入力信号は電圧値として、JTL上のジョセフソン接合 (Josephson Junction: JJ) に抵抗を介して入力される。入力電圧は抵抗を通すことで電流に変換される。JJに流れる電流が臨界電流値を超えると、JJは抵抗として振る舞うようになる。JJが次々に抵抗状態に変わることによって、入力電流は高速にJTL上を伝搬していく。JTL上のランダムな位置から信号を入力することで、JTL内部で信号が衝突し合い、複雑なJJの電圧変化を引き起こす。この複雑なJJの電圧変化を利用することで、入力情報を高次元空間にマッピングすることが可能となる。

本研究では、インダクタを介して2次元に接続された81個のJJを用いてリザーバーを構成し、数字画像を学習させた (図1)。数値シミュレーションにより、良好な画像分類 [2] の結果が得られた (図2)。リザーバー回路の実装方法と各種パラメータ依存性とあわせて報告する。

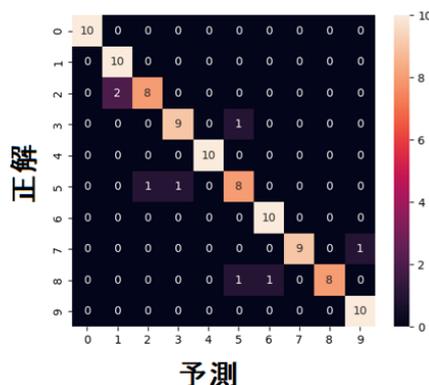


図1: 画像データ (上) とリザーバーの回路図 (下) 図2: 混同行列 (学習枚数: 100 枚)

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 (JP20H00596, JP20H02201, JP21H05164, JP21K17818, JP22H03657, JP22K19821), JST CREST (JPMJCR19K3), ならびに東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の助成を受けて実施された。

参考文献

- [1] G. E. Rowlands, M.-H. Nguyen, G. J. Ribeill, A. P. Wagner, L. C. Govia, W. A. Barbosa, D. J. Gauthier, and T. A. Ohki, "Reservoir computing with superconducting electronics," *arXiv preprint arXiv:2103.02522*, 2021.
- [2] C. Du, F. Cai, M. A. Zidan, W. Ma, S. H. Lee, and W. D. Lu, "Reservoir computing using dynamic memristors for temporal information processing," *Nature communications*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2017.