

超伝導ニューラルネットワークのためのシグモイド型 活性化関数を持つニューロンの動作実証

Demonstration of the neuron with sigmoidal activation function for superconducting neural network

横国大院理工 ○(M2) 山口 大貴, 山梨 裕希, 吉川 信行

Dept. of Electrical and Computer Eng., Yokohama Natl. Univ.

○Daiki Yamaguchi, Yuki Yamanashi, Nobuyuki Yoshikawa

E-mail: yamaguchi-daiki-ph@ynu.jp

人工ニューラルネットワーク (ANN: Artificial Neural Network) は人間の脳を模倣した回路であり、データ分析の新しい手法として注目されている。超伝導集積回路は高速動作かつ低消費電力での動作が可能であるため [1]、エネルギー効率の良い ANN が実現可能である。超伝導回路である rf-SQUID を応用した回路は、回路への入力磁束に対する出力磁束の特性がシグモイド関数や双曲線正接関数に近似できることがわかっている [2]。本研究では、データ分析が可能な超伝導 ANN モデルの実現のために、活性化関数として双曲線正接シグモイド関数を持つニューロンの設計を行った。設計したニューロンの等価回路、レイアウトマスクを図 1 に示す。設計したニューロンはバイアス (I_{bias}) を印加することで、ニューロンの閾値を変更することが出来る。図 2 にニューロンの測定波形を示す。実験において、ニューロンがシグモイド関数型の動作していること、バイアスの印加によってニューロンの閾値が変化することを確認した。また、設計したニューロンの臨界電流値を dc-SQUID を用いて等価的に変調を行った回路を作成し、符号関数の活性化関数を持つ量子磁束パラメトロンによるニューロンと組み合わせた ANN を構成した。構成された ANN は、2 入力 1 出力の場合、各ニューロンの臨界電流値および、バイアスを変更することで、出力“0”、“1”の境界を変調することが可能である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18K04280、JP19H05614 の助成を受けたものである。本研究に使用された回路は、産業技術総合研究所 (AIST) の超伝導クリーンルーム (CRAVITY) において、AIST-HSTP プロセスを用いて作製された。

参考文献

- [1] N. Takeuchi et al., *Supercond. Sci. Technol.*, vol. 26, art. no. 035010, 2013.
- [2] I. I. Soloviev et al., *J. Appl. Phys.*, vol. 124, art. no. 152113, 2018.

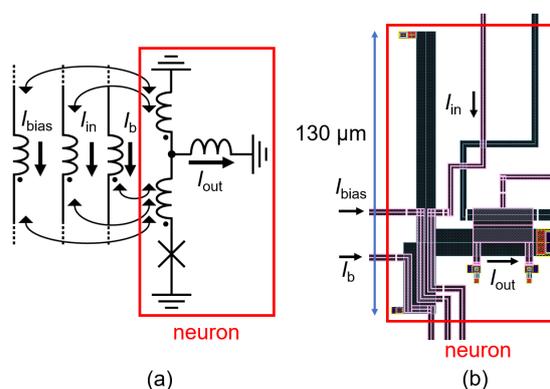


図 1: (a) Equivalent circuit diagram and (b) Layout mask of the neuron with sigmoidal activation function.

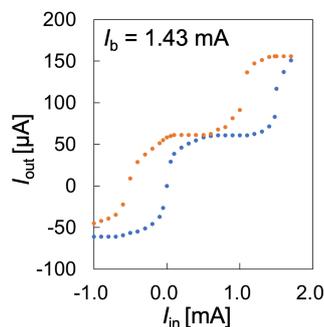


図 2: Measurement result of the neuron with sigmoidal activation function. The blue dotted line is the waveform when $I_{\text{bias}} = 0$ mA, and the orange dotted line is the waveform when $I_{\text{bias}} = 0.5$ mA.