

量子プロセッサを用いた量子リザーバーコンピューティング

Quantum Reservoir Computing with Quantum Processor Unit

東京農工大 [○]渡部健太、沖田涼、三木司、小山諒也、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

[○]K. Watanabe, R. Okita, T. Miki, R. Koyama, and J. Shirakashi

E-mail: s17221z@st.go.tuat.ac.jp

近年、IBM-Q に代表される誤り訂正を行わない Noisy Intermediate-Scale Quantum device (NISQ) と呼ばれる量子計算機が、新たな計算手法を用いたハードウェアとして注目されている[1]。一方、機械学習の方法の 1 つにリザーバーコンピューティング(RC)がある。リザーバーとして用いる物理系に量子ダイナミクスが適しているという報告があり[2]、実際の NISQ デバイスで実装された量子リザーバーコンピューティングが検討されている[3]。これまで我々は、Au ナノギャップを用いた RC を報告してきた[4]。今回、我々は新たにリザーバーとして、量子プロセッサの IBM-Q を用いて RC を実装し、ベンチマークタスクである Short-Term-Memory (STM)タスクを検討した。

本研究は量子計算機用の SDK である Qiskit を用いて行った。図 1 に、IBM-Q による RC のシステム概要図を示す。まず Input 層で、ある timestep における入力時系列データから各 Qubit に適用する Ry ゲートの回転角 θ を決定した。次に、生成した量子回路をクラウド上で IBM-Q に実装し、Z 測定を行った。このとき得られた確率分布より、各 Qubit の期待値を算出した。これらの期待値をリザーバーのトポロジーを示す関数に入れて、スピン状態を算出した。最後に Readout 層で System Output と Desired Output の比較を行い、エラーを算出した。これで得られたスピン状態とエラーを次の timestep における回転角 θ にフィードバックした。このとき θ は、入力時系列データ、スピン状態、及びエラーの和で与えられ、 $0 \sim \pi/2$ の値となるようにした。Readout 層の学習には、線形回帰を用いた。今回は、5Qubit を用いて、STM タスクを行った。遅延 $D=1$ の時、リザーバーの出力波形が正解データの波形を模擬できている様子が確認された。この結果より、量子プロセッサに実装された Qubit の非線形なダイナミクスを利用した RC が時系列データを処理できることが示唆された。

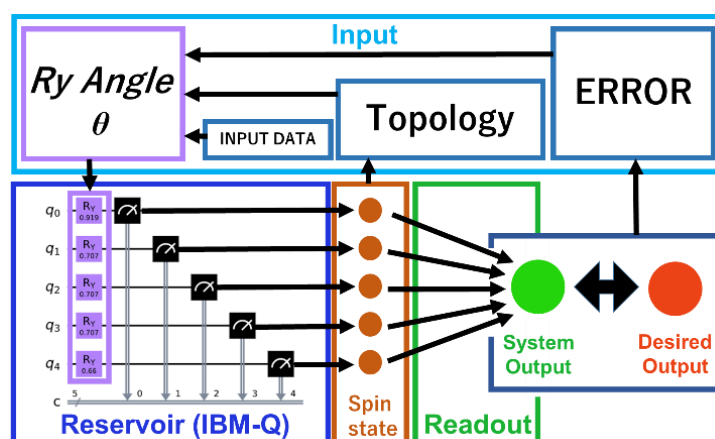


Fig. 1 Schematic of quantum reservoir computing with IBM-Q.

References

- [1] J. Preskill, Quantum 2 (2018) 79.
- [2] K. Fujii and K. Nakajima, Physical Review Applied 8 (2017) 024030.
- [3] S. Dasgupta, K. E. Hamilton, P. Lougovski, and A. Banerjee, arXiv:2004.08240 (2020).
- [4] K. Sakai, T. Miki, R. Kiyokawa, R. Koyama, K. Watanabe, and J. Shirakashi, 2020 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA2020), D1L-B3, November 16-19, 2020, Okinawa, Japan.