

レート方程式に基づくモデルを用いた量子ドットリザーバの性能検証 Performance verification of quantum-dot reservoir utilizing rate-equation-based model

阪大院情¹, 阪大院工², 九大院シス情²

○下村 優¹, 西村 隆宏², 小塚 淳¹, 堅 直也³,

宮田 裕基³, 坂井 駿一³, 小倉 裕介¹, 谷田 純¹

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University¹,

Graduate School of Engineering, Osaka University,²

Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University³

°Suguru Shimomura¹, Takahiro Nishimura², Jun Kozuka¹, Naoya Tate³,

Yuki Miyata³, Shunichi Sakai³, Yusuke Ogura¹, Jun Tanida¹

E-mail: s-shimomura@ist.osaka-u.ac.jp

リザーバーコンピューティング (RC) は、時系列データなどの処理が可能なりカレントニューラルネットワークモデルである[1]。入力情報を高次元空間にマッピングすることで高度な処理を行う。RC のハードウェア実装には、過去の入力に依存して状態を変化させ信号を出力する機構が必要である。我々は、入力光に応じてエネルギー状態が動的に変動する量子ドット (QD) ネットワークを利用した光 RC の実現を目指している。フェルスター共鳴エネルギー移動 (FRET) により、ネットワーク内部の QD 間でエネルギー伝搬が発生する。この伝搬・蛍光発生は光入力とエネルギー状態に依存するため、過去の入力を反映した光信号を出力する機構として利用できる。これまで時系列パルス入力に応じて時間応答が変化することを実験的に示してきた[2]。本研究では、QD のエネルギー状態をレート方程式で記述し、実験で取得したパラメータ値を組み入れた数値シミュレーションをもとに、独立して動作する複数の QD ネットワークからの時間応答を利用した時系列データの予測能力を検証した。

図1に本研究で想定したQDネットワークを利用した分散型RCモデルの概略を示す。それぞれのQDネットワークはランダムに分散したQDによって構成されている。時系列データを符号化した光パルス列を入力すると、QDネットワーク内部でFRETが発生する。FRETはネットワーク内部に存在するQDの位置関係やエネルギー状態に応じて発生する。その結果、各QDのエネルギー状態が変動し、ネットワークからFRETの伝搬経路やQDのエネルギー状態に応じた蛍光が出力される。ネットワークは構造に応じて固有の状態変化・蛍光応答を示す。分散型RCでは、多数の時間応答の線形回帰によって予測を実現する。したがって、多数のQDネットワークを用意し、各ネットワークから発生した固有の信号を利用することで、時系列データの予測が可能となる。

図2に2bit-XORデータ入力に対する予測結果を示す。20種類のQDネットワークから取得した時間信号から、リッジ回帰を用いてデータを予測した。正解データに対応して、予測値が増減していることがわかる。予測データに閾値を設定し2値化したところ、正解率は95.5%であった。本結果より、QDネットワークを利用して分散型RCによる時系列データ予測が行えることを確認できた。本研究はJST, CREST, JPMJCR18K2の支援を受けたものである。

[1] H. Jaeger *et al.*, Science **304**, 78–80 (2004). [2] 宮田 他, レーザー学会学術講演会第41回年次大会, H05-20p-VIII-04 (2021).

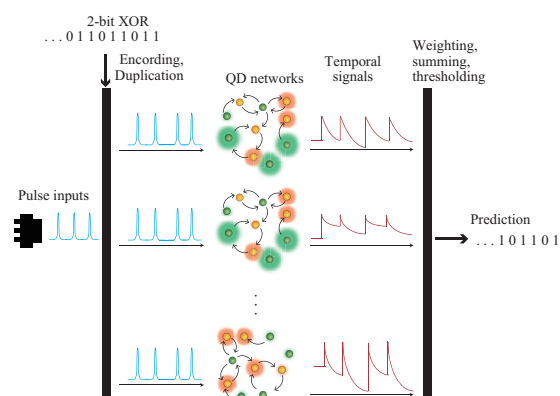


図1 QDネットワークを用いたRCモデルの概要。

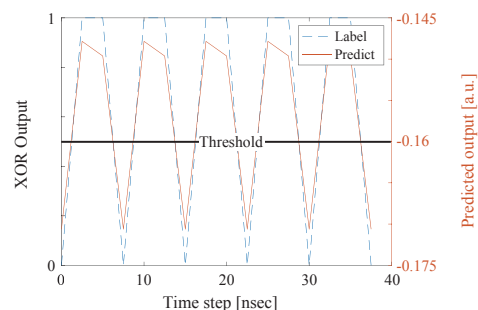


図2 2bit-XORデータの正解値と予測結果。