## 分散型量子ドットリザーバの性能におけるパルス光強度依存性

Dependence between optical pulse's intensity and performance of quantum-dot reservoir

阪大院情<sup>1</sup>, 阪大院工<sup>2</sup>, 九大院シス情<sup>2</sup>

<sup>0</sup>下村 優<sup>1</sup>, 西村 隆宏<sup>2</sup>, 小塚 淳<sup>1</sup>, 坂井 駿一<sup>3</sup>,

中村 明寬<sup>3</sup>, 竪 直也<sup>3</sup>, 小倉 裕介<sup>1</sup>, 谷田 純<sup>1</sup>

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Osaka University<sup>2</sup> Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University<sup>3</sup> <sup>o</sup>Suguru Shimomura <sup>1</sup>, Takahiro Nishimura <sup>2</sup>, Jun Kozuka<sup>1</sup>, Shunichi Sakai<sup>3</sup>, Naoya Tate<sup>3</sup>, Yusuke Ogura<sup>1</sup>, and Jun Tanida<sup>1</sup> E-mail: s-shimomura@ist.osaka-u.ac.jp

リザーバコンピューティング (RC) は、時系列信号を予測する再帰性ニューラルネットワー クの1種である.近年、物理現象を用いて RC をハードウェア実装する手法が注目されてい る[1]. 我々は, 量子ドット (QD) 群のエネルギー状態に基づくフェルスター共鳴移動 (FRET) 現象によって構築される QD ネットワークを用いた QD リザーバシステムの実現をめざして いる.これまでに数値シミュレーションによって、複数の QD ネットワークで構成される分 散型 QD リザーバシステムが時系列信号を予測できることを示した [2]. QD リザーバの予測 性能は、ネットワークを構成する各 QD のエネルギー状態に応じた蛍光の時間応答に依存す る.本研究では、レート方程式を用いた数値シミュレーションにより、QDのエネルギー状態 を変調する入力光パルスの照射強度と QD リザーバの予測性能との関係性を評価した.

図1に入力する光パルスの光強度に応じた時間応答変化の概略を示す. OD ネットワーク はランダムに分散した QD で構成されている.時系列信号が符号化された光パルス列を QD に入射すると、OD 間で FRET が発生し、エネルギーリンクとした OD ネットワークが構築さ れる.FRETは,各QDの保有エネルギーとQDの空間分布に応じて動的に変化し,エネルギ

ーを保有する各ODの発光確率に応じて指数関数 的に減衰する蛍光信号が生成される.光パルスの 照射強度が増加すると、多数の QD が励起され、 FRETにおいてエネルギー散逸が発生する. そ の結果, QD のエネルギー状態と FRET によるエ ネルギー伝搬経路が変化し,異なる時間応答が得 られる. 分散型 QD リザーバでは, 複数の QD ネ ットワークから得られる時間応答の学習によっ て時系列信号の予測を行う. したがって, パルス 光の照射強度の調節によるQDのエネルギー状態 の変化によってネットワークの時間応答を変調 でき、予測性能が変化する. 図2に入力光パルス 列のピーク強度の変化における 2bit-XOR 信号の 予測精度を示す. シミュレーションでは, 10 個の QD ネットワークで構成される QD リザーバを用 いて予測性能を評価した. 照射強度に応じて予測 精度が変化しており、照射強度が 2.6×10<sup>8</sup> W/cm<sup>2</sup> のとき予測精度が84%となった.これは、照射強 度の変化によって、QD ネットワークが問題に適 した時間応答を生成したことを示している.本結 果より、入力光パルスの照射強度の調節により QD リザーバの予測性能を向上できることを確認 できた.本研究は JST CREST, JPMJCR18K2 の支 援を受けたものである.



Fig.1 Difference of temporal signals generated from QD network by changing intensity of optical pulse signals.



Fig.2 Dependence between peak intensity of optical pulse and prediction accuracy of 2bit-XOR signal.

[1] G. Tanaka, et al., Neural network, 115 100-123 (2019). [2]下村,他,第68回応用物理学会春季学術講演会, 19p-Z28-10 (2021)