

量子リザーブローピングによる情報の非局在化過程の解析

Quantum reservoir probing of information scrambling

東大工 °小林 海翔, 求 幸年

Dept. of Appl. Phys., Univ. of Tokyo, °Kaito Kobayashi, Yukitoshi Motome

E-mail: kaito-kobayashi92@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

近年、物理系の非線形ダイナミクスを情報処理に応用する物理リザーブローピングが盛んに研究されている。そこでは、物理信号を通じてエンコードされた入力情報が系全体へ非局在化することで、時系列情報解析に必要な短期記憶性能が獲得される。特に、量子系を物理リザーブローピングとして用いた量子リザーブローピング[1]では、入力情報の非局在化過程において、情報がヒルベルト空間の高次元特徴量空間に射影され、エンタングルメントや重ね合わせなどに由来した強い非線形性を有する量子ダイナミクスにより情報が非線形変換される。こうした量子系に与えられた情報の非局在化過程はスクランブリングと呼ばれ、非時間順序相関関数や三体相互情報量などで定量化されるが、いずれも実験的な測定が困難であることが知られている。

そこで本研究では、情報処理を目的として量子系を用いる量子リザーブローピングとは対照的に、量子系の特性解明を目的として情報処理を行う量子リザーブローピングを開発した[2]。一次元量子スピン系に情報をパルス的に与え、誘起された量子ダイナミクスにおける各時刻のスピンやスピン相関の値から入力情報を推定する動的短期記憶タスクの性能評価により、情報の非局在化過程を解析した。その結果、量子的な多体相互作用を持つモデルと、有効的に自由フェルミ粒子系として記述されるモデルとの間で、動的短期記憶タスクの性能評価指標の振る舞いが大きく異なることを見出した(図1)。また、三体相互情報量との比較により、量子リザーブローピングでは実験的測定が比較的容易なスピンなどの値を用いるにもかかわらず、個々の量子系の特性を反映したスクランブリングを適切に評価可能であることを明らかにした。

本手法を一般の物理系へ拡張した物理リザーブローピングは、物理系を情報の非局在化過程から特徴付ける新たな手法として幅広い応用が期待される。

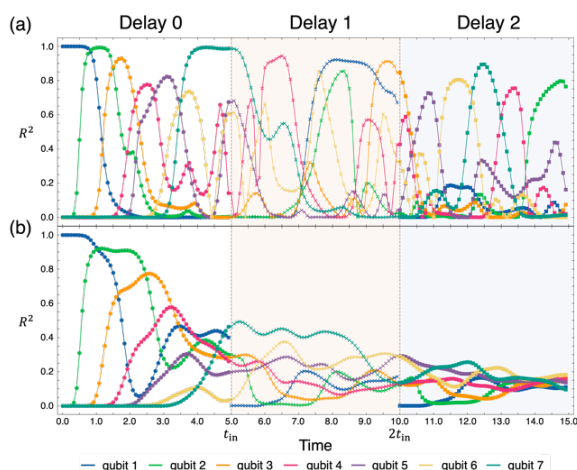


Figure 1: Performance of dynamical short-term memory task utilizing (a) a free fermion system and (b) a quantum many-body system as a quantum reservoir. Delay denotes discretized time length after input and R^2 represents determination coefficient.

[1] K. Fujii, K. Nakajima, Phys. Rev. Applied **8**, 02030 (2017). [2] K. Kobayashi, Y. Motome in preparation.