

上田 宏

理化学研究所計算科学研究センター
研究員

テンソルネットワークによる量子状態圧縮技術の高度化

§ 1. 研究成果の概要

本研究ではテンソルネットワーク(TN)法と呼ばれる数値的手法を量子計算機と古典計算機の混合環境下で活用することで、多様な量子状態をよりコンパクトに表現する手続きを構築することを目的としている。2019年度は、任意の古典イジング模型において、無限小の量子的相互作用を新たに導入することで基底状態から所望の数の低エネルギー状態が高速に探索できることを、最大30量子ビットの数値シミュレーションで明らかにした。Quantum inspired な本手法は量子超越性を持たないものの、自明にその計算の中核をNISQのような強い制限を持つ量子計算機に引き渡せたり、量子的ハミルトニアンの高エネルギー状態探索へ拡張できたりする特徴を持っている。

これと並行して、任意の量子多体系の基底状態を最良近似しうるTN状態の構造を、相互情報量を参照しながら探索する手続きを提案した。具体的には代表的なTNである行列積状態や樹状TNを含む3階テンソルの組み合わせだけで表現できる最も単純なクラスのTNを対象に、1次元ランダム量子ハイゼンベルグ模型において本アルゴリズムの有効性を検証した。すべてのTNパターンが網羅的に調べられる少数系においては、本アルゴリズムが与えるTNの約9割が網羅的に調べて得られる最良TNと一致する結果を得た。