

テンソルネットワーク法が拓く計算素粒子物理学の新たな展開

筑波大学 計算科学研究センター 秋山進一郎

目的 テンソルネットワーク法的一种であるテンソル繰り込み群 (TRG) を発展させ、従来の数値計算手法 (モンテカルロ法など) では符号問題により解析が困難であった物理モデルへ適用し、非摂動領域の物理現象の解明を目指す。

内容 本研究では、ドメインウォールフェルミオンをテンソルネットワーク形式で定式化し、テンソルネットワークの近似的な縮約によってその経路積分を計算する手法の開発に取り組む。テンソルネットワーク形式に基づく数値計算手法を構築することにより、有限密度系やトポロジカル項を含んだ格子理論の数値研究を可能にすることを旨とする。

結果 本研究では、具体的な格子模型として2次元の量子電磁気学 (Schwinger模型) を考え、ドメインウォールフェルミオンを使った格子上の経路積分に対するテンソルネットワーク形式の構築を進めた。ドメインウォールフェルミオンを取り扱うために、2+1次元格子上的テンソルネットワークを近似的に縮約するためのアルゴリズムの開発も進め、テスト計算を実施した。また、Schwinger模型に θ 項を入れるための準備として、2次元のスカラー量子電磁気学を考え、 $\theta=\pi$ における臨界現象の解析手法としてGu-Wen比と呼ばれる分配関数比が有効であることを確認した (右図)。以上の成果を統合することで、ドメインウォールフェルミオンを使ったSchwinger模型のテンソルネットワーク計算の実現が視野に入ってきた。現段階では部分的な検証にとどまるが、現在遂行中のアルゴリズム開発が完了すれば、従来手法ではtopology freezingにより解析が困難であった領域の探索が可能になる見込みである。

利用した計算機 SQUID 汎用CPUノード群

