

テンソルネットワーク法を使ったO(N)模型の研究

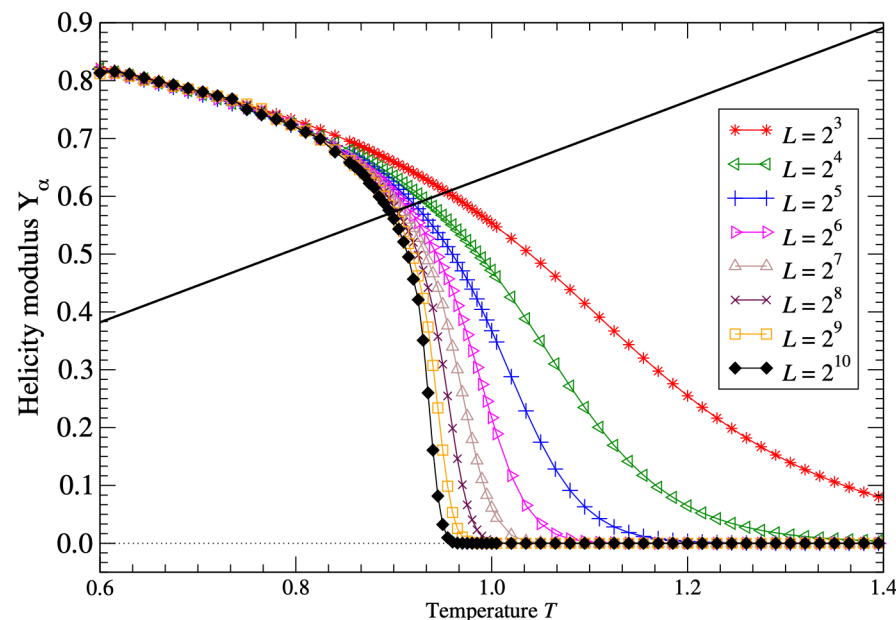
筑波大学 計算科学研究センター 秋山進一郎

目的 素粒子物理学における格子理論の数値計算に対し、テンソルネットワーク法の開発・応用を進めることで、従来の確率論的な手法では符号問題などのために解析が困難であった非摂動領域の物理を解明することを目的とする。

内容 本研究では、格子理論が持つグローバル対称性の一部で境界上の自由度を捻った分配関数を計算する方法をテンソルネットワークの枠内で開発する。そして、分配関数そのものを秩序変数として用いて、連続対称性の自発的な破れやBrezinskii-Kosterlitz-Thouless (BKT) 相転移を検知する方法論を構築する。

結果 本研究では、テンソル繰り込み群 (TRG) が境界上の自由度を捻った分配関数を効率的に計算できる枠組みであることを示し、対称性の自発的な破れを伴う相転移および臨界現象の解析に有効であることを明らかにした。具体例として、2次元イジング模型および3次元O(2)模型を解析し、分配関数のみから臨界点を同定した。さらに有限サイズスケーリングにより、3次元O(2)模型の臨界温度 $T_c=2.2017(2)$ 、臨界指数 $\nu=0.663(33)$ を得た。また、2次元O(2)模型についてはヘリシティモジュラス (右図) を分配関数から直接求めることでBKT転移を調べ、転移温度 $T_{\text{BKT}}=0.8928(2)$ を決定した。

利用した計算機 SQUID 汎用CPUノード群



2次元O(2)模型のヘリシティモジュラス