

2次元 clock model における BKT 状態の判別と CNN の有効性 Identification of BKT phases in two-dimensional clock model using CNN

香川蒼太
Sota Kagawa

本研究では、Berezinskii – Kosterlitz – Thouless (BKT) 状態を示す統計力学模型によって生成されたデータセットを用い、秩序状態・無秩序状態・BKT 状態の分類を行った。その結果、特に BKT 状態の分類において、機械学習手法の一つである畳み込みニューラルネットワーク (CNN) が極めて有効に機能することを明らかにした。

BKT 転移は転移温度以下において系が特徴的な長さスケールを持たないフラクタル構造を形成する相転移として知られており、機械学習によって解析することは一般に困難である。しかし、BKT 状態はくりこみ変換の下で不変な性質を持ち、一方で CNN は入力データに対して局所演算と粗視化を繰り返すという点において、一種のくりこみ変換として解釈できる。そのため、CNN は BKT 状態の構造解析に適していると考えられる。

本研究では、BKT 転移あるいは 2 次相転移を示す 2 次元 clock model¹⁾ によって生成したデータセットを用い、CNN と全結合ニューラルネットワーク (MLP) との性能比較を行った。その結果、MLP では秩序状態や無秩序状態と比べて分類精度が著しく低下していた BKT 状態について、CNN を用いることで分類精度が大幅に向上することが確認された (図 1)。さらに本手法を応用することで、数理物理学において長年議論されてきた 5 状態 2 次元 clock model が BKT 転移を示す可能性が高いことを示した。

文献

- 1) J. V. José, et. al, Phys. Rev. B **16**, 1217 (1977).

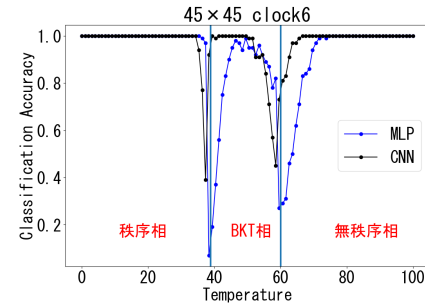


図 1: 6 状態 2 次元 clock model における分類精度の温度依存性。