

Z_n 対称性を持つ 3 次元古典スピン系の相構造

東京工業大学 物性物理学専攻 押川正毅¹

Z_n 対称性は離散的な対称性であるが、 $n \rightarrow \infty$ の極限では連続的な $U(1)$ 対称性に帰着すると考えられる。従って Z_n 対称性を持つスピン系は、離散的な対称性と連続的な対称性を補間するものととらえることができる。 Z_n 対称性を持つ代表的なモデルとして n 状態クロックモデルが挙げられるが、他にも立方格子上の 3 状態反強磁性 Potts モデルなど、有効的に Z_n 対称性を持つと考えられるモデルもある。

Z_n 対称性を持つスピン系の相構造については、2 次元ではくりこみ群による議論 [1] が良く知られている。それによれば、 $n > 3$ では高温の無秩序相、低温での秩序相 (Z_n 対称性が自発的に破れた相) の中間の有限の温度領域に 2 次元 XY モデルの低温相と等価な相が出現する。一方、3 次元ではいろいろな説が主張されてきた。例えば、比較的大きな系のモンテカルロシミュレーションによると、2 次元の場合と同様に、中間温度領域に XY モデルの低温相と等価な相が出現するとの報告 [2, 3, 4] もある。

本研究では、Blankschtein 等によるくりこみ群の議論 [5] を発展させ、秩序パラメータについてのスケーリング則を導いた。くりこみ群の議論によると、3 次元では中間相は実際には (熱力学的極限での) 相としては存在しない。しかし、中間温度領域ではくりこみの効果により、離散的な対称性の効果が小さくなり、かなり大きなサイズの系でないと XY モデルと区別がつかなくなる。モンテカルロシミュレーションによって見いだされた「中間相」はこの有限サイズ効果によるものであると考えられる。(文献 [6] も参照。) 実際に、いくつかのサイズにおけるシミュレーションの結果は、くりこみ群の議論から導いたスケーリング則に非常に良く適合した。このことは、以上のくりこみ群の考え方を支持するものである。

詳しくは、文献 [7] を参照されたい。ただし、轟木の指摘により、以下の点を訂正する。モデルによっては、低温で二種類の秩序相の間の転移が見られる場合がある。文献 [7] ではこのような転移は Gaussian 固定点によって記述される二次転移であることを示唆した。しかし、轟木のシミュレーション [8] によるとこのような転移は一次転移である。くりこみ群の議論を再検討すると、轟木の主張するように一次転移が正しいことがわかった。

参考文献

- [1] D. Nelson, in *Phase Transitions and Critical Phenomena*, Vol. 7 ed. by C. Domb and J. L. Lebowitz, Academic Press, London. (1983).

¹ E-mail: oshikawa@stat.phys.titech.ac.jp

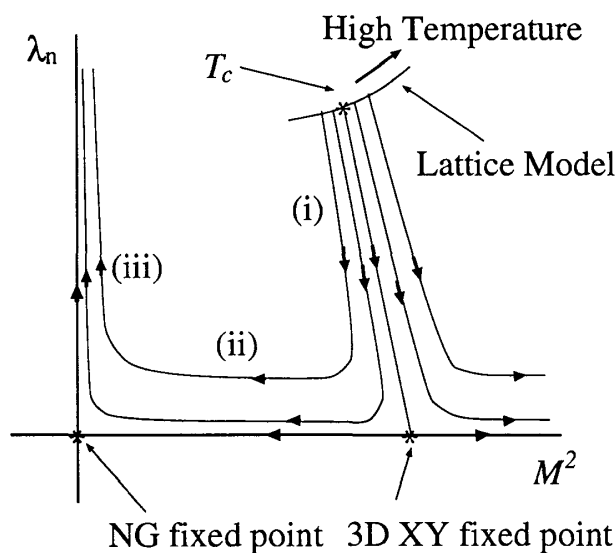


図 1: Z_n 対称性を持つ 3 次元系のくりこみ群によるフロー。臨界温度 T_c より少し低い温度では、一旦離散的な対称性の効果が弱められ、XY モデルに近づくが、最終的には離散的な対称性が破れた固定点に引き込まれる。

- [2] M. Kolesik and M. Suzuki, Physica A **216**, 469 (1995).
- [3] R. K. Heilmann, J.-S. Wang, R. H. Swendsen, Phys. Rev. B **53**, 2210 (1996).
- [4] R. Kishi, Master thesis, Tokyo Institute of Technology (1999).
- [5] D. Blankschtein, M. Ma, A. N. Berker, G. S. Grest and C. M. Soukoulis, Phys. Rev. B **29**, 5250 (1984).
- [6] S. Miyashita, J. Phys. Soc. Jpn. **66**, 3411 (1997).
- [7] M. Oshikawa, Phys. Rev. B **61**, 3430 (2000).
- [8] 轟木義一、私信 (2000); 本研究会の報告も参照