

横磁場 Ising 模型に対する実空間くりこみ群

宮崎 涼二

東京工業大学 大学院理工学研究科 物性物理学専攻

本講演では、量子スピン系に対する実空間くりこみ群の研究について発表する。より具体的に述べると、本講演の内容は2次元、3次元の横磁場 Ising 模型に対する実空間くりこみ群の方法の提案である。その方法は1次元系に対して行われた既存の方法の拡張であり、2次元、3次元において臨界指数 ν の良い結果を与える。

実空間くりこみ群は「空間を測る尺度(スケール)を変えたときに系の見え方がどのように変わるか」を考察することで、系のマクロなスケールのふるまいを導き出そうという考え方である。この発想は相転移・臨界現象を解析する上で有用であり、その適用方法の研究は特に古典スピン系に対して目覚ましい発展を遂げた。古典スピン系に対する方法の確立の後、量子スピン系への応用に注目が集まり、特にブロック・スピン変換を基礎とする多くの方法が試みられた。ブロック・スピン変換とは、いくつかのスピンを含んだブロックを一つのスピンに置き換える変換である。この変換によって隣り合うスピンの間隔が大きくなるので、その間隔が変換前のものと等しくなるように空間スケールを変える。この一連の過程の前後におけるハミルトニアンを比較すると、相転移点や臨界指数を計算することができる。ブロック・スピン変換を基礎とする方法はイメージしやすく、また定性的に良い結果を与えたが、その結果は定量的には満足できないものが多かった。しかし Fernandez-Pacheco が考案した方法 [1] は稀有な例外であり注目に値する。この方法は1次元横磁場 Ising 模型に適用され、その結果は転移点と臨界指数 ν について厳密解と一致する値を導出するという驚くべきものであった。

我々は Fernandez-Pacheco の方法の2次元、3次元への拡張を試みた。とりわけ2次元量子スピン系は興味深い現象が多く、量子スピン系を扱う方法の2次元への応用は意義深い。2次元系としては正方格子上の横磁場 Ising 模型を扱った。横磁場 Ising 模型は古典スピン系と重要な対応関係がある初等的な量子スピン系であり、実空間くりこみ群の量子スピン系への応用の第一歩目に適している。我々は1次元系に対する方法を2次元系に自然に拡張するために、変換を二段階に分けて行った。まず横方向について1次元系の場合と同じように計算し、つづいて縦方向について同じ計算を行うのである。しかし、これだけでは結果が横方向と縦方向について非対称になってしまうため、横方向と縦方向の順番を入れ替えた計算をうまく組み合わせ、対称性を回復させた。この方法により得た臨界指数 ν は、他の信頼できるであろう数値計算の結果とも近く、定量的に良い結果である。また、3次元系の場合も2次元系の場合と同じ発想に基づいて変換を三段階に分けて行い、臨界指数 ν の精度の高い値を計算することに成功した。

本講演では方法の詳細な説明と今後の展望について述べる。

参考文献

- [1] A. Fernandez-Pacheco, Phys. Rev. D **10**, 3173 (1979).