

フラストレーションに基づくスピングラスの 転移点についての予想

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

イジングスピングラスの絶対零度での相転移点とフラストレーションの間の興味深い関係について報告する。

スピングラスは統計力学のひとつの課題であるが、その研究を通して発展した理論は物理の枠を越え、情報処理の研究にも応用されている [1]。実際、スピングラス模型のある相境界が、量子誤り訂正符合の訂正限界と対応する [2]。そのため、その相境界を決定することは統計力学と情報科学の双方において重要な意味を持っている。

スピングラス模型では、プラケット（格子上の最小ループ、例えば正方格子上の最小正方形）上の相互作用しているスピンの組（ボンド）のすべてをエネルギーの最も低い状態にすることができない場合がある。例えば正方格子上にイジングスピンがあるとき、プラケットの4本のボンドのうち、1本もしくは3本が反強磁性的であると、スピンの向きをどのようにしても、少なくとも1本のボンドはエネルギーの高い状態にならざるを得ない。この状況を「フラストレーションがある」または「プラケットがフラストレートしている」と言う。スピングラス模型の低温での相転移にはこのフラストレーションが大きな役割を担っているという議論がある [1]。

私はスピングラス模型の一つである2次元の $\pm J$ イジング模型において、フラストレートしているプラケットの数の期待値に注目した。特に反強磁性ボンドの数を変化させたときにフラストレーションがどう応答するかを計算した。そして「反強磁性ボンドの数の期待値の変化とフラストレートしているプラケットの数の期待値の変化が等しい」という条件が満たされるとき、相図上での系の位置が、他の方法で数値的に評価されている相転移点と精度良く一致することを発見した。

残念ながら、上で述べた条件が正確な相転移点を与えるという直接的な根拠はまだみつかっていない。したがって、この条件は「予想」に過ぎない。しかしこの数値の一致は、スピングラスの背後に潜むまだ見ぬ豊かな構造を示唆しているのかもしれない。

参考文献

[1] 西森秀稔, 『スピングラス理論と情報統計力学』, 岩波書店, (1999).

[2] E. Dennis, A. Kitaev, A. Landahl, and J. Preskill, J. Math. Phys. **43**, 4452 (2002).