

転移温度付近における磁気/電気熱量効果の微視的理論

Microscopic study on magnetocaloric and electrocaloric effects near the critical point

○本美 仁志、橋爪 洋一郎、中嶋 宇史、岡村 総一郎(東理大理)

○Hitoshi Honmi, Yoichiro Hashizume, Takashi Nakajima, Soichiro Okamura (Tokyo Univ. of Sci.)

E-mail: 1515632@ed.tus.ac.jp

低温生成の有効な手段として断熱消磁法が知られている。この方法では磁性体の外部磁場を断熱的に消失させることで、エントロピーを変化させず、磁性体の周囲の熱を吸収し、温度変化が生じる。特に、転移温度近傍では系のエントロピーが劇的に変化することから、より顕著に温度変化が現れる。このような現象は磁性体材料のみならず、誘電体材料においても報告されており電気熱量効果と呼ばれる。これらの効果は実験的にも解析的にも報告されているが、その温度変化 ΔT は熱力学的なマクスウェルの関係式の積分形を用いて算出することが主として行われる。しかし、熱力学的一般論によって適切なハミルトニアンに基づいた磁化や分極を用いて物質の特徴を反映させることは、積分を解析的に実行することが極めて難しいため、数値解析を超えて温度変化とミクロなパラメータの関係を定性的に説明することは困難である。

本研究では、これまでの熱力学的一般論ではなくミクロな視点から断熱変化を解析することでその系固有の温度変化を求められることを示す。まず初めに、Husimi-Temperley 模型や Slater 模型といったカノニカル分布やミクロカノニカル分布によって解析できる系における導出の指針を示し、温度変化を求めた。実際に、温度や外場等を含むエントロピーが一定となるように外場を消失させることで積分を用いずに温度変化を求められ、その結果はそれぞれ Fig. 1 と Fig. 2 のようになる。Fig. 1 は横軸にスピン間相互作用で規格化した温度を、Fig. 2 は横軸に Slater energy で規格化した温度を用いている。これらより転移温度近傍における断熱変化は、スピン間相互作用や Slater energy といった系を特徴づける量を強く反映した振る舞いを示すことが明らかとなった。さらに、より一般的な系におけるハミルトニアンから断熱変化を考えることで、系における秩序変数の揺らぎと比熱の比によって温度変化は決定づけられることが示された。このように断熱温度変化を通して系を構成するミクロなパラメータを推定することもできることがわかる。

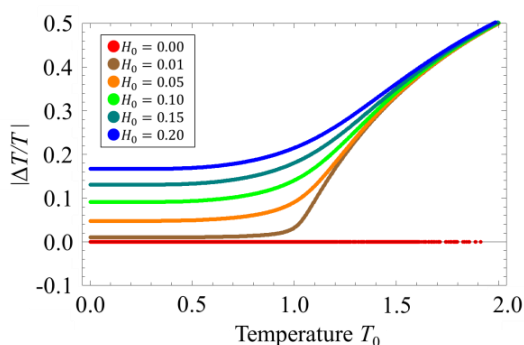


Fig. 1 Adiabatic temperature change of Husimi-Temperley model.

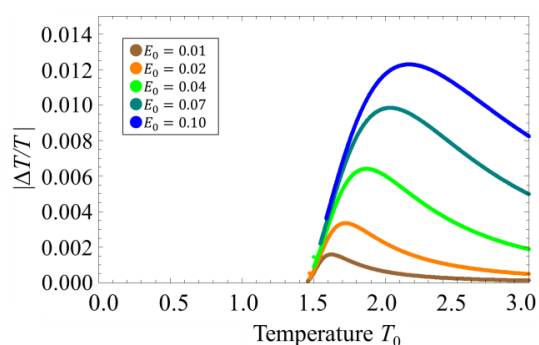


Fig. 2 Adiabatic temperature change of Slater model.