強磁性体の相転移

—イジングモデルによる分子場近似—

発表者 佐々木克行

指導教員 堺英二郎

強磁性体・・・

粒子間の相互作用が弱い磁気モーメントの集まりが常磁性であり、強いものが強磁性であって、統計力学的手法も異なる。特に後者については、理論的にさまざまな手段で研究されており、統計力学の最も広く活躍する対象の1つになっている。強磁性には、強磁性体、反強磁性体などがあるが、本研では、強磁性体の相転移を考える。

イジングモデル・・・

イジングモデルでは、2つの向きのどちらかしか持たないスピン（磁気モーメント）が各格子点に配置された格子を考える。隣接スピン間にはスピンの平行（互いに同じ向き）の場合はエネルギー $-J$ 、反平行（互いに逆向き）の場合は $+J$ となる相互作用が働く。交換相互作用は距離とともに劇的に減少するので、最隣接格子のみを考えればよい。強磁性体では、スピンが平行に配向したほうがエネルギー的に有利（エネルギーが低くなる）である。

外部磁場がない場合、ハミルトニアンは

$$H(s_1, \dots, s_N) = -J \sum_{\langle i, j \rangle} s_i s_j \quad s = \pm 1 \quad (1)$$

ここで、和の部分は最隣接格子点の組すべてについてとる。よってハミルトニアンは格子に依存し、特に配位数は重要である。

$T = 0$ ではすべてのスピンが平行にそろおう。一方、高い温度 $kT \gg J$ では相互作用は重要でなくなり、エントロピーが高いスピンの配向（つまり乱雑な配向）が実現する。

イジングモデルが相転移をするかどうか知るには、式(1)の分配関数を計算する。しかしこの計算は最も単純な3次元格子についても難しい。今日でも3次元の格子に対する解析解は存在しない。よって、何らかの近似が必要になる。

分子場近似・・・

この近似では、1つのスピンの最隣接格子点にある z 個のスピンの中には、上向きと下向きのスピンが全系におけるそれぞれの出現確率に比例して存在すると仮定する。本研ではこの近似を考え、分子場近似の成り立つ条件とは何かを説明する予定。