

その real part) と考えることによつて、実験に対応するような singularity を説明出来る可能性があることを示した。しかし、実験結果もそれほどまだ十分でないし、今後、consistent な理論を作つて行きたい。

(reference)

- 1) R. Kubo, J. Phys. Soc. Japan 17 (1962) 1100.
- 2) M. Suzuki, 物性研究 vol.3 , no. 5 (1965) 317

## 比熱の対数発散と現象論

高野文彦

2次相転移の Landau 流の現象論で、比熱の対数発散を得るにはどうすればよいかを考える。

一般にある物理量  $X$  を、ある値  $x$  にとめたときの自由エネルギー  $F(x)$  は、系のハミルトニアンを  $\mathcal{H}$  とすると

$$e^{-\beta F(x)} = \text{Tr} [e^{-\beta \mathcal{H}} \delta(X-x)] \quad , \quad \beta = 1/kT$$

で与えられると考えると、同じ条件の下での内部エネルギー  $U(x)$  は

$$\begin{aligned} U(x) &= \text{Tr} [e^{-\beta \mathcal{H}} \mathcal{H} \delta(X-x)] / \text{Tr} [e^{-\beta \mathcal{H}} \delta(X-x)] \\ &= \partial(\beta F(x)) / \partial x \end{aligned}$$

となる。

強磁性体を考え、 $X$  として spin density の Fourier 成分をとり、その値を  $s_q$  にしたときの自由エネルギーを  $s_q$  について展開し

$$F(s_q) = F_0 + \frac{1}{2} \sum_q f_q s_q s_{-q} + \dots$$

とかく。平衡のときの自由エネルギー  $F$  は

二次相転移・不可逆過程

$$e^{-\beta F} = \int \dots \int e^{-\beta F(s_q)} \prod_q ds_q$$

で与えられるが、上の展開を2次まででとめれば

$$F = F_0 + \frac{1}{\beta} \sum_q \log \sqrt{\beta f_q / \pi}$$

となり、内部エネルギー  $U$  は

$$U = \frac{\partial(\beta F)}{\partial \beta} = U_0 + \frac{1}{2} \frac{1}{\beta f_q} \frac{\partial(\beta f_q)}{\partial \beta}$$

となる。これは

$$U(s_q) = U_0 + \frac{1}{2} \sum_q \frac{\partial(\beta f_2)}{\partial \beta} s_q s_{-q}$$

を  $e^{-\beta F(s_q)}$  を weight として平均したものに等しい。

一方内部エネルギー  $U(s_q)$  は、ハミルトニアン の形より

$$U(s_q) = -\sum J(q) s_q s_{-q}$$

で与えられるはずであるから、上式と比べると

$$f_q = \frac{\varphi(q)}{\beta} - J(q) \quad (\varphi(q) \text{ は温度によらない任意関数})$$

となるべきことになる。つまり  $f_q$  は  $T$  の linear term しか含まれないことになる。  $f_{q=0}$  が  $T > T_c$  では正、  $T < T_c$  では負になることは、  $T_c$  を適当にとれば成り立ち、また  $\varphi(q)$  に  $q^{3/2}$  の項を仮定すれば Abe の理論になる。ただし帯磁率  $\chi$  や自発磁化の異常性は説明できない。