が成立つ。$E' \equiv E(\Omega') = -H_0 \mu \cos\theta'$, $E \equiv E(\Omega) = -H_0 \mu \cos\theta$. $\vec{h}(t)$ を与える分子の並進や廻転の運動を熱浴と考え、それとの相互作用によつて、スピン（磁気能率）は変動するのであるが、$\theta(\Omega, \Omega')$ はスピンの方位が Ω から Ω' へ移る遷移率である。ただしこの遷移確率はスピン，熱浴間のエネルギー授受の影響を考慮しないもの（熱浴の熱容量が大きい極限）である。$\theta(\Omega, \Omega')$ は Liouville 方程式 $\{ \partial/\partial t + \gamma \vec{\mu} \times \vec{h}(t) \cdot \partial/\partial \vec{\mu} \} f(\vec{\mu}, t) = 0$ を積分して、$\vec{h}(t)$ の過程をガウスとして熱浴に関する相関関数 $\langle h_\rho(t)\, h_\sigma(t+\tau) \rangle$ $(\rho, \sigma = +, -, z)$ を使うと、

$$\theta(\Omega, \Omega') = (G_1^* R_+ R_- + G_1 R_- R_+ + G_0 R_z^2)\, \delta(\Omega' - \Omega) \tag{2}$$

と書ける。$G_1 = \int_0^\infty dt \langle h_+(t)\, h_-(0) \rangle$, $G_0 = \int_0^\infty dt \langle h_z(t)\, h_z(0) \rangle$ $\left(h_\pm = \frac{h_x \pm i h_y}{\sqrt{2}}\right)$.

R_ρ は $\vec{\mu}$ 空間での無限小廻転オペレタの ρ $(=x, y, z)$ 成分。$R_\pm = (R_x \pm i R_y)\sqrt{2}$.

(1)に(2)を代入して、具体的な rate equation が得られ、それから磁化の成分 M_ρ の時間変化を支配する方程式を導くことができる。高温で、磁化が小さい近似においては、それは Bloch 方程式になり、$1/T_1 = 2\,\mathcal{R}e\,G_1$, $1/T_2 = G_0 + \mathcal{R}e\,G_1$ になる。スピンを量子論的に扱うことは、スピン演算子 $\vec{S}$ の Heisenberg 運動が Euler 角 $x \equiv (\theta, \varphi, \psi)$ をパラメータにふくむウニテール変換 $U(x)$ によつて定められることから、(1)における Ω の代りに x を確率変数とすることによつて、理論はやや複雑になるが、同様な考え方によつて、展開することができる。

コメント．ブラウン運動と揺動散逸定理

久　保　亮　五

熱平衡にある媒質中のブラウン粒子に対する Langevin eq. を $\dot{u} = -\gamma \mu + f(t)$ とすれば、抵抗係数 γ と fluctuation force $f(t)$ とは揺動散逸定理で

結ばれる。たとえばrを定数とすればf(x)はwhite noiseをもたなければならない。f(x)の相関時間を有限と仮定すると、rは振動数に依る抵抗でなければならない。このような考察は現象論の範囲でのブラウン運動の拡張に関していくつかの興味ある結果を導く。

スピンのブラウン運動として、Landau-Lifshitz 型の抵抗をふくむLangevin eq，を仮定すると、熱平衡分布を定常解にもつBloch 型緩和方程式が得られる。密度行列をスピン演算子で展開する展開係数についてのブラウン運動とすれば、容易に量子的スピンのブラウン運動理論もできる。（久保・橋爪：未発表）。

また、非線型抵抗をもつブラウン運動をこの見地から取扱うことも面白い（久保・橋爪：未発表）。

さらに、媒質が必らずしも熱平衡にはない場合、たとえば流れがある場合のブラウン運動に、あるいに回転系でのスピンの運動などを、上記の立場の拡張として考えることも面白い問題であろう。

Phonon Instabilityの統計力学

阿　部　龍　蔵

B_i の Easki 効果，CdS の電流飽和等、電流－電圧の特性に現われるkink を問題にするとき、通常の線型理論は使えない。このような現象では電子の移動速度が音速をこえるときフォノンの不安定性がおこると期待される。ここではフォノン－フォノンの相互作用を考慮してフォノンの分布関数N(q)が熱平衡分布からいかにずれるかを考察した。N(q)に対するボルツマン方程式をたてその定常解を求めると一種の積分方程式がえられ、フォノンの成長率$r(q)$がq^nに比例するとき$N(q)\propto q^{n-5}$が導かれる。ピエゾの場合には$n=-1$で$N(q)\propto q^{-6}$となり小さなqに対して平衡分布から大きくずれてくる。しかし、qの小さな場合に果してフォノン描像が正しいかには疑問が残る。