

植山 宏

所が、よく調べてみますと(4)式には一つ重要な項が抜けて居り、こう旨く行かない事が分りました。詳しくは、物性研究に投稿中の論文⁷⁾を見て下さい。

この結果は非線型系では(3)の型の方程式は期待出来ない事を示している様です。

参 考 文 献

- 1) Prog. Theor. Phys. 48 (1972), 1090 : 50 (1973), 713 (E).
- 2) 物性研究 20 (1973), 275.
- 3) 物性研究 19 (1972), 131・153 & 269 : 20 (1973), 423.
- 4) M.S.Green, J.Chem. Phys. 20 (1952), 1281.
- 5) R.Zwanzig, Phys. Rev. 124 (1961), 983 :
See also, Phys. Rev. A5 (1972), 2680.
- 6) 岩波講座 「統計力学」
- 7) 物性研究 21 No.2 「Green の公式に就いて」

スピン系，レーザー系での緩和過程

東大・理 柴 田 文 明

スピン(又は原子)系での緩和・吸収過程をスピンのブラウン運動という立場から考察する。古典論での議論は多くなされているが、特にレーザー系等を考える場合には量子論的取り扱いが不可避である。しかし量子論での Langevin 方程式の取り扱いには Kubo¹⁾ によって指摘された如くかなりの注意を要する。そこで Lax²⁾ によって導入された ordering の手法を用いて系の変数を q 数から c 数の空間に投影する。その結果得られた quasi-distribution function に対する master eq. は

$$\frac{\partial}{\partial t} P(M, m, M^*, t) = \mathcal{L} P(M, m, M^*, t), \quad (1)$$

ここで

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \frac{1}{2\tau_1} e^{\frac{\partial}{\partial m}} \left[\frac{N}{2} + m + \frac{\partial}{\partial M} M + \frac{\partial}{\partial M^*} M^* \right] + \frac{1}{2} e^{-\frac{\partial}{\partial m}} \left[\left(\frac{1}{\tau_1'} + \frac{1}{\tau_b} \cdot \frac{\partial^2}{\partial M \partial M^*} \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{\tau_1} \cdot \frac{\partial^4}{\partial^2 M \partial M^{*2}} \right) \times \left(\frac{N}{2} - m \right) \right] - \frac{1}{2} \left[\frac{1}{\tau_1} \left(\frac{N}{2} + m \right) + \frac{1}{\tau_1'} \left(\frac{N}{2} - m \right) \right. \\ & \left. + \left(i\omega_0' - \frac{1}{\tau_2'} - \frac{1}{\tau_0} \right) \frac{\partial}{\partial M} M - \left(i\omega_0' + \frac{1}{\tau_2} + \frac{1}{\tau_0} \right) \frac{\partial}{\partial M^*} M^* \right. \\ & \left. - \frac{1}{\tau_1} \left(N \frac{\partial^2}{\partial M \partial M^*} + \frac{\partial^2}{\partial M^2 \partial M^*} + \frac{\partial^3}{\partial M \partial M^{*2}} \right) \right]. \end{aligned}$$

この式の中で M, m, M^* は $S^{(-)}, S^{(0)}, S^{(+)}$ に応じた c 数であり，Kubo-Hashitsume³⁾ の式の拡張となっている。通常の Fokker-Planck 近似を行ない，熱浴が調和振動子であるとすれば (1) は

$$\frac{\partial}{\partial t} P(M, m, M^*, t) = \mathcal{L}_{FP} P(M, m, M^*, t), \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{FP} = & \left(\frac{1}{T_2} - i\omega_0' \right) \frac{\partial}{\partial M} M + \left(\frac{1}{T_2} + i\omega_0' \right) \frac{\partial}{\partial M^*} M^* + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial m} \left[\frac{1}{\tau_1} \left(\frac{N}{2} + m \right) \right. \\ & \left. - \frac{1}{\tau_1'} \left(\frac{N}{2} - m \right) \right] + \frac{1}{4} \frac{\partial^2}{\partial m^2} \left[\frac{1}{\tau_1} \left(\frac{N}{2} + m \right) + \frac{1}{\tau_1'} \left(\frac{N}{2} - m \right) \right] \\ & + \frac{1}{2\tau_1} \left(\frac{\partial^2}{2m \partial M} M + \frac{\partial^2}{\partial M \partial M^*} M^* + N \frac{\partial^2}{\partial M \partial M^*} \right), \end{aligned}$$

となる。この段階に対応する式を Ueyama⁴⁾ は得ていると言うのだが，本質的に異なる式であり以下に行なう我々の議論を彼の式を用いて行なう事は出来ない。注意すべきは (2) で M と M^* の過程は Gaussian-white であるが，他のものはそうはならない (Gaussian ではあるが white ではない)。(2) に対応した Langevin eq. を書いてみれば，それは Bloch eq. そのものに random force の加えられたもので

あることが解り Kubo-Hashitsume のものとは異なっている。(2) の横方向の解は

$$P(M, M^*, t / M', M'^*, 0) = \frac{1}{\pi \zeta(t)} \exp \left[-\frac{1}{\zeta(t)} \left| M - M' e^{i\omega'_0 t - \gamma t/2} \right|^2 \right], \quad (3)$$

$$\zeta(t) = \frac{N}{2\tau_1 \gamma} (1 - e^{-\gamma t}).$$

これより時間相関々数, 吸収強度を求める事が出来て Lorentzian が得られる。縦方向に関しては F-P 近似の式ではなくて, (1) の厳密解が得られて P の母関数 F に対する結果は

$$F_n(x, t) = (\tau_1 + \tau'_1)^{-N} x^{-N/2} \left[(\tau_1 + \tau'_1 e^{-t/T_1}) x + \tau'_1 (1 - e^{-t/T_1}) \right]^{N/2+n} \\ \times \left[\tau_1 (1 - e^{-t/T_1}) x + (\tau'_1 + \tau_1 e^{-t/T_1}) \right]^{N/2-n}.$$

以上の問題の本質は解けたのであるが, 議論の詳細は他日にゆずる。

参 考 文 献

- 1) R.Kubo, J.Phys. Soc. Japan Suppl. 26 (1969) 1
- 2) M.Lax, Phys. Rev. 172 (1968) 350
- 3) R.Kubo and N.Hashitsume, Progr. theor. Phys. Suppl. 46 (1970) 210
- 4) H.Ueyama, 物性研究 20 (1973) 423