

(3) 非線型スピン緩和の理論

お茶の水大・理 柴田文明

スピン緩和というのは古い問題であり, Bloch, Bloembergen-Purcell-Pound, Kubo-Tomita 等の著名な理論がある。Bloch 方程式というのはスピンの平均値に対する線型方程式であって通常の実験解析によく用いられている。緩和過程を記述する微視的理論を作ってみると必然的に非線型項があらわれることとなる。そこで平衡のごく近傍, という条件を外すと非線型効果を扱うことは不可避となる。

我々は以前に減衰理論とスピン系に対する位相空間の方法とを用いて此の問題に対する基礎方程式を得ていたが, 今回は此の方程式を厳密に解く事とする。通常の実験状況ではスピンの大きさ J は 1 のオーダーの量である。すると普通のブラウン運動の時のように揺ぎを微小量と見做すことは出来ない。これが厳密な扱いを要求される理由である。

密度行列は c -数空間に写影されて分布関数となっているのだが, 此の分布関数を $(2J+1)^2$ 個の球関数を用いて展開し展開係数の方程式に問題を変換してしまう。 J のオーダーが 1 であれば我々は厳密に問題を解く事が可能である。実際 $J=1$ の時に分布関数, 一次モーメント, 二次キュムラントの時間発展を様々な初期条件の下に解き結果を図示することが出来た。さらに一般的には l -次のモーメントに対して

$$\langle S_z^l \rangle_t = c_{0,l} + \sum_{n=1}^{2J} c_{n,l} \cdot e^{-t/\tau_n}, \quad (l=1, 2, \dots)$$

と解を求めることが出来る。即ち非線型スピン緩和過程は $2J$ 個の緩和時間で記述される多重緩和過程である。これは実験的に検証される事と思われる。

$J=3/2$ も解析的に解ける。詳細は本論文を。