

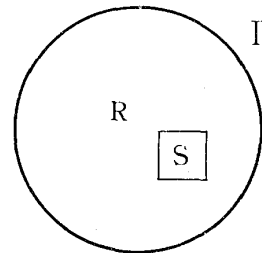
開放系における応答

京大・教養 川崎辰夫

一般にすべての系は開いており，閉じた系という概念は疑似的，又は実際的な観点から導かれるものである。ある系からその一部に着目し，残りの効果を外場という古典的な形（即ち反作用を無視出来る形）でとらえ得る場合には，系の記述はエルミートなハミルトニアンで十分である。しかし生体系を含め多くの結合系の一部に着目した場合（例えば電子-音量子系の電子）着目した部分空間を記述するハミルトニアンは，もはやエルミートではあり得ない。このような系の動的法則がどのように導かれ，どのような性質をもつか（例えば線型応答はどう表現されるのか，揺動散逸定理はどうなるのか）。

ここでは，いわゆる揺動散逸定理が ① 消された系からの寄与がマルコフ的 ② 時間対相関関数が時間変位，反転に対して不変の時に成立つという事は結果をのべるにとどめ¹⁾ ゆらぎの寄与をも少し仔細に調べてみる。

全系 T から適当な射影演算子 P により S 系へ縮約する ($Px(t) \equiv X(t)$) すると S 系は開放系であり，そこでの運動法則は，



$$\begin{aligned} \dot{X}(t) = & i L X(t) + \\ & + \int_0^t ds K(t-s) X(s) + I(t) \end{aligned} \quad (1)$$

(L, K, I は演算子) となる。この性質を論ずる事は別の機会にして，更に新しい射影演算子 Q により上式を線型化する。

$$\dot{X}(t) = i \Omega X(t) + \int_0^t ds \Psi(t-s) X(s) + F(t) \quad (2)$$

²⁾ これはいわゆる Mori 公式に相当するものである。 P, Q の演算の順序は考える問題に

より利不利が存在する。線型応答の範囲内では輸送係数 $\Psi(z)$ と残余力 $F(t)$ との間の関係が揺動散逸定理を与えるものであり、今の場合

$$\Psi(z) = \Psi_L(z) + \Psi_K(z) + \Psi_I(z) \quad (3)$$

L, K, I は夫々 (1) 式の第一項、第二項のみ及び両者の干渉項を意味し ((1) 式の $I(t)$ は簡単の為ここでは省略) 残余力の

$$F(z) = F_L(z) + F_K(z) + F_I(z) \quad (4)$$

の相関関数で与えられる。例えば

$$\Psi_L(z) = (i(1-Q)L F_L(z), X^*) / (X, X^*) \quad (5)$$

でこれは本来の S 系のみから来る輸送係数であり Ψ_K が R 系からの寄与、 Ψ_I がその干渉項から来るものという型でまとめられる。 S 系への寄与がマルコフ的な場合には、元へもどって S 系のリユービュ演算子を非エルミートに拡張するだけで十分である。³⁾

最初の射影演算子 P のとり方は問題別に考えねばならないが、普通の開放系では

$$PA = (\text{tr}_R \rho)^{-1} \text{tr}_R \rho A$$

ととれば十分である。モード別の空間に分離するような演算の場合には、直積空間とならないので注意を要する。

参 考 文 献

- 1) Prog. Theor. Phys. 49 (1973), 2149
- 2) ibid 2151
- 3) W.Weidlich, Z.Phys. 248 (1971), 234