

レーザー物理学 レポート No.7

82311971 佐々木良輔

問 17

閉じた 2 準位系でのレート方程式は, ポンピングのレートを Γ , 状態 2 から状態 1 への遷移レートを γ_{21} とすると

$$\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= -\Gamma N_1 + (\Gamma + \gamma_{21})N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} &= \Gamma N_1 - (\Gamma + \gamma_{21})N_2\end{aligned}\tag{17.1}$$

ただし準位 1 から準位 2 への緩和は無視している. 定常状態においてこれらの式は時間微分項を 0 とすることで

$$\Gamma N_1 = (\Gamma + \gamma_{21})N_2\tag{17.2}$$

である. ここで反転分布が形成される条件は $N_2/N_1 > 1$ なので, これを計算すると

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\Gamma}{\Gamma + \gamma_{21}}\tag{17.3}$$

ここで Γ, γ_{21} は共に正なので $N_2/N_1 \leq 1$ が常に成り立つ. したがって 2 準位系においては反転分布は作れない.

問 18

熱平衡状態において N_0 と N_1 の比は

$$\frac{N_1}{N_0} = e^{-\frac{W_1 - W_0}{k_B T}}\tag{18.1}$$

で与えられる. また W_0, W_1 間での緩和のみを考えるとレート方程式は

$$\begin{aligned}\frac{dN_0}{dt} &= -\gamma_{01} + \gamma_{10}N_1 \\ \frac{dN_1}{dt} &= \gamma_{01} - \gamma_{10}N_1\end{aligned}\tag{18.2}$$

したがって定常状態において

$$\begin{aligned} \gamma_{01}N_0 &= \gamma_{10}N_1 \\ \Leftrightarrow \quad \frac{\gamma_{01}}{\gamma_{10}} &= \frac{N_1}{N_0} \end{aligned} \tag{18.3}$$

(18.1), (18.3) から

$$\frac{\gamma_{01}}{\gamma_{10}} = e^{-\frac{w_1-w_0}{k_B T}} \tag{18.4}$$

となる.