

(慶大院理工) 常盤浩太郎、菅原道彦、藪下聡

tokiwa@sepia.chem.keio.ac.jp

【序】分子とレーザーのコヒーレントな相互作用を利用した量子制御法は分子の量子状態分布の反転、移動を実現するための有用な手段である。本研究では、共鳴条件下の 型 3 準位系およびはしご型 4 準位系の分布制御をレーザーのパルス面積の概念を用いて実現した。

【理論】多準位系の例として 型 3 準位系 (図 1a) とはしご型 4 準位系 (図 1b) について考える。光学遷移が可能な準位は、レーザー場との相互作用強度  $\Omega$  を通じてそれぞれ結ばれている。時間依存のシュレディンガー方程式より、それぞれの準位の展開係数  $c_i(t)$  は 型 3 準位系では(1)式において  $\Omega_{III} = 0$ 、 $c_4(t) = 0$  の場合で与えられ、はしご型 4 準位系では(1)式のように与えられる。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} c_1(t) \\ c_2(t) \\ c_3(t) \\ c_4(t) \end{bmatrix} = -\frac{i}{2} \begin{bmatrix} 0 & \Omega_I(t) & 0 & 0 \\ \Omega_I(t) & 0 & \Omega_{II}(t) & 0 \\ 0 & \Omega_{II}(t) & 0 & \Omega_{III}(t) \\ 0 & 0 & \Omega_{III}(t) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1(t) \\ c_2(t) \\ c_3(t) \\ c_4(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

相互作用強度  $\Omega$  が共通の形状関数  $f(t)$  を持ち、 $\Omega_k = \eta_k f(t)$  ( $k = I, II, III$ ) と表されるものとする、

$\tau \equiv \int_0^t df(t)$  を定義し、これを用いると (1)式は、

$$\frac{d}{d\tau} \begin{bmatrix} c_1(\tau) \\ c_2(\tau) \\ c_3(\tau) \\ c_4(\tau) \end{bmatrix} = -\frac{i}{2} \begin{bmatrix} 0 & \eta_I & 0 & 0 \\ \eta_I & 0 & \eta_{II} & 0 \\ 0 & \eta_{II} & 0 & \eta_{III} \\ 0 & 0 & \eta_{III} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1(\tau) \\ c_2(\tau) \\ c_3(\tau) \\ c_4(\tau) \end{bmatrix} \quad (2)$$

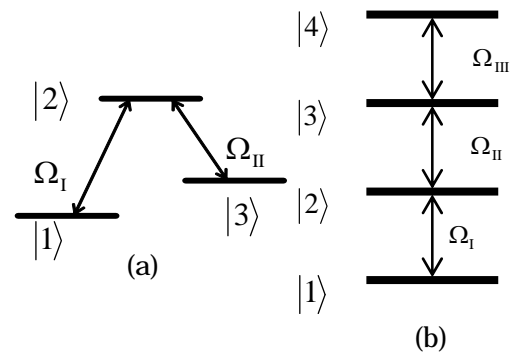


図 1 多準位系モデル図

のように変数変換することができ、ハミルトニアンは時間に非依存となるため、固有値問題に帰着し、解析的に解くことができるようになる。このとき、展開係数の解析解は  $S_k = \eta_k \tau$  で与えられるパルス面積に依存し、この解析解から、任意の準位分布を実現させることができるパルス面積を設計し求めることができる。

【結果】分布制御の例として 型 3 準位系においては  $|c_1|^2 = 0.3$ 、 $|c_2|^2 = 0.2$ 、 $|c_3|^2 = 0.5$  を目標分布とすると、これを実現するパルス面積は(2)式の解析解より  $S_I = 2.330$ 、 $S_{II} = 3.643$  であり、これと合わせて  $S_I$  と  $S_{II}$  の解の組み合わせは 4 組あることがわかった。はしご型 4 準位系においては  $|c_1|^2 = 0.1$ 、 $|c_2|^2 = 0.2$ 、 $|c_3|^2 = 0.3$ 、 $|c_4|^2 = 0.4$  を目標分布とすると、 $S_I = 3.068$ 、 $S_{II} = 4.266$ 、 $S_{III} = 4.145$  であり、これらのパルス面積の解の組み合わせは 8 組あり、型 3 準位系のときも含めて、これら異なるパルス面積の解の組み合わせでは、パルス照射後の展開係数の相対位相関係が異なっていることがわかった。

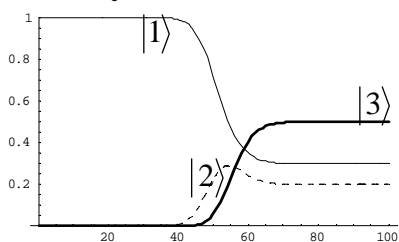


図 2 型 3 準位系の分布制御

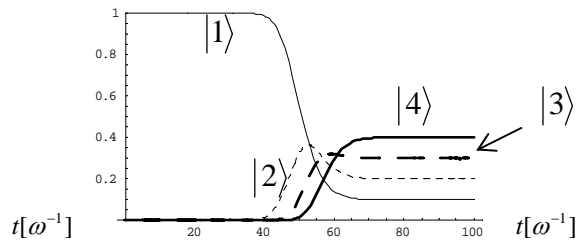


図 3 はしご型 4 準位系の分布制御