共振器 QED 系における超蛍光-レーザークロスオーバーの理論 III

Theory of Superfluorescence-Laser Crossover in a Cavity QED System III

○ 瀬崎 陸 [1]、石川 陽 [1*]、宮島 顕祐 [2]、小林 潔 [1**](1. 山梨大院工、 2. 東理大院理)

○Riku Sezaki[1], Akira Ishikawa[1*],Kensuke Miyajima[2],Kiyoshi Kobayashi[1**]

(1.University of Yamanashi, 2. Tokyo University of Science.)

*E-mail: aishikawa@yamanashi.ac.jp **E-mail: kkoba@yamanashi.ac.jp

超蛍光とは、複数の 2 準位系が光を介してコヒーレントな相関を持つことで、集団的に自然放出をする現象である［1］。近年ではレーザーに代わる超短パルスコヒーレント光源への応用を念頭に固体における超蛍光の研究が盛んに行われている［2］。しかし、超蛍光とレーザーの包括的な理解は未だにされておらず、これは両者の起源である自然放出と誘導放出が競合する系の複雑さによるものである。

前回までの講演［3］では、共振器 QED 系 (図 1) のモデルから超蛍光の起源である自然放出とレーザーの起源である誘導放出の両者を扱える全量子論を用いて超蛍光が定常状態におけるレーザーとは異なるメカニズムを持つコヒーレント光源になり得ることを示すために、定常励起 P を 2 準位系に与え、さらに 2 準位系からの共振器モード以外への光放出 Γ を考慮した場合の発光ダイナミクスについて検討した。定常状態において、2 準位系のダンピングする割合 β とポンピング P を変えることで、レーザーと超蛍光で同様の発光しきい値特性が見られ、しきい値以上の定常励起を与えた状態で結合係数の比 g/κ を変えた時の発光ダイナミクスを調べたところ、レーザー領域 ($g > \kappa$)(図 2 左) では発光時間波形は単調に増加した後、定常状態に達する。一方で超蛍光領域 ($g < \kappa$)(図 2 右) では超蛍光的なパルス状発光の後、振動しながら徐々に定常状態に達し、共振器 QED 系において、レーザーとは異なる超蛍光を起源とするメカニズムによるコヒーレント光放射の可能性を示した。本発表では 2 次の光子相関関数 $g^{(2)}(\tau)$ を、得られた Luminescence 方程式［3］を演算子について 4 次にまで拡張を行い計算し、得られた結果からレーザーと超蛍光領域それぞれにおいて放出される光の統計的性質を明らかにすることで、超蛍光がコヒーレント光源になりうるかを検討する。

［1］R.H.Dicke, Phys. Rev. **93**, 99 (1954).

［2］K Miyajima et al., J.Phys. Condens. Matter **21**, 195802 (2009).

［3］R.Sezaki et al., Appl. Phys. A **123**, 690 (2017).

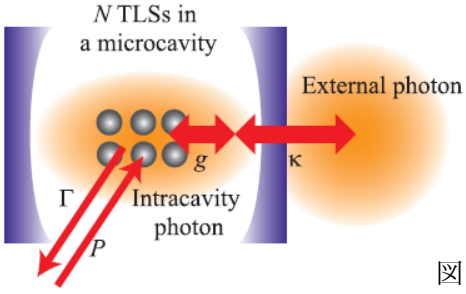

図 1 共振器 QED 系の模式図

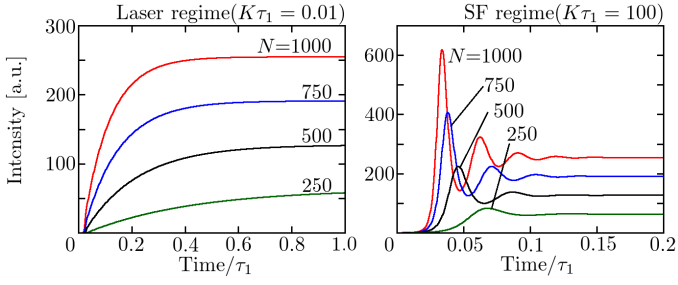

図 2 2 準位系の数 N、結合係数の比 $K\tau_1 \propto g/\kappa$ を変えた時の発光の時間波形 ($P = 0.75, \beta = 0.01, \tau_1$ は 2 準位系の輻射寿命,K は共振器内光子の損失レート)

© 2018年 応用物理学会