

スタジアム形微小共振器における共振周波数の統計分布

Statistical distribution of resonance frequency in a stadium-shaped microcavity

岡山県立大情報工 〇福嶋 文浩, 竹原 さくら

Okayama Pref. Univ., 〇Takehiro Fukushima and Sakura Takehara

E-mail: fuku@c.oka-pu.ac.jp

【はじめに】光線軌道が不規則な振る舞いを示すカオス共振器には、複雑な電磁場分布を示す波動カオスモードが現れることが知られている[1]。近年、カオス共振器を用いたレーザにファイラメンテーションを抑制する効果があることが報告され、関心が高まっている[2,3]。カオス共振器のモード間隔やモード損失は不規則に変化するため、レーザ発振を制御するには共振周波数の統計的な性質を知ることが重要である。これまで我々はスタジアム形のカオス共振器について研究を行ってきた[4,5]。本研究では、スタジアム形微小共振器に対して十分な数の共振器モードを計算して複素共振周波数の統計分布を調べたので、その結果について報告する。

【解析モデル】モード解析には有限要素法に基づく物理解析ソフトウェア COMSOL Multiphysics[®]を用いた。図1に解析モデルを示す。スタジアム形共振器の半円部分の半径 R を $1.5\ \mu\text{m}$ 、共振器長 L を $6.0\ \mu\text{m}$ に設定した。半導体レーザを想定して共振器内部の屈折率を 3.3 、共振器外側(真空)の屈折率を 1.0 に設定した。なお、共振器内部の損失はゼロとした。解析領域は1辺の長さ D が $8.4\ \mu\text{m}$ の正方形とし、解析領域境界での光の反射を抑えるために四隅を散乱境界条件に設定した。周波数 $353\ \text{THz}$ (波長 $850\ \text{nm}$) を中心に 2222 個の共振器モードを求めて、複素共振周波数実部の間隔 Δf_r と複素共振周波数虚部 f_i のヒストグラムを求めた。

【解析結果】図2に複素共振周波数実部の間隔 Δf_r のヒストグラムを示す。図中の赤線は指数関数でフィッティングを行った結果を示している。相関係数 r は 0.995 と見積もられ、モード間隔が指数分布に従うことが示された。一方、図3は複素共振周波数虚部 f_i のヒストグラムを表している。図中の赤線は対数正規分布関数でフィッティングを行った結果を示している。相関係数 r は 0.984 と見積もられ、複素共振周波数虚部(モードの損失係数)が対数正規分布で良く近似できることが示された。しかしながら、ヒストグラムには $3\ \text{THz}$ 付近に小さなピークが見られる。このピークは直線部分の2つの平行なミラーで閉じ込められたファブリー・ペロー型モードによって形成されたものである。さらに、2倍サイズの共振器に対しても同様の解析を行い、複素共振周波数実部の間隔 Δf_r と複素共振周波数虚部 f_i の分布がそれぞれ指数関数と対数正規分布関数で良く近似できることを確認した。

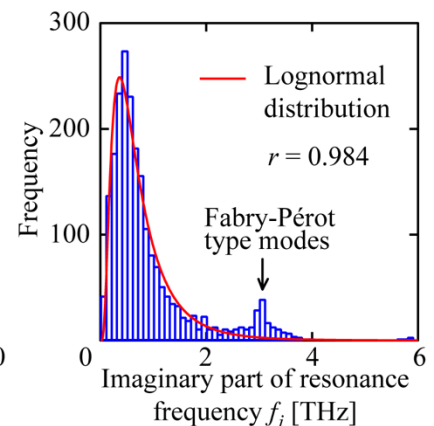
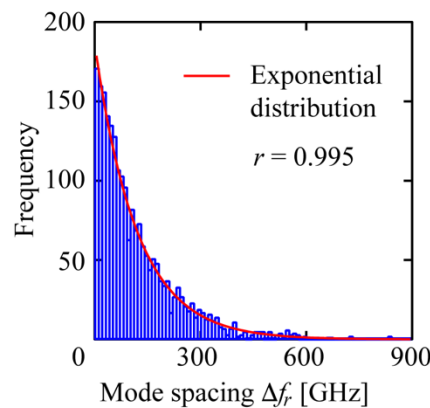
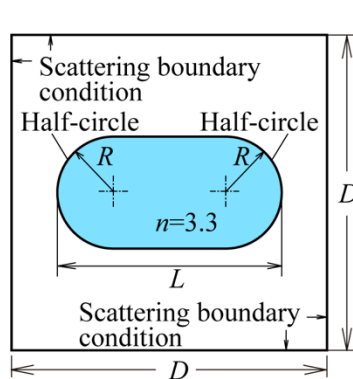


Fig. 1 Calculation model.

Fig. 2 Histogram of mode spacing.

Fig. 3 Histogram of imaginary part of resonance frequency.

【参考文献】

[1] T. Harayama et al., "Two-dimensional microcavity lasers," *Laser & Photonics Reviews*, vol. **5**, pp. 247-271, 2011. [2] S. Bittner et al., "Suppressing spatiotemporal lasing instabilities with wavechaotic microcavities," *Science*, vol. **361**, pp. 1225-1231, 2018. [3] L. Yang, "Fighting chaos with chaos in lasers," *Science*, vol. **361**, p. 1201, 2018. [4] T. Fukushima et al., "Stadium and quasi-stadium laser diodes (invited paper)," *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. **10**, pp. 1039-1051, 2004. [5] T. Fukushima, "Modal interactions in microstadium optical cavities (invited talk)," *Proc. of ICTON 2018*, We.D4.2, 2018.