

Cardioid 型共振器レーザーにおける発振スペクトルの数値的研究

Numerical simulation on spectral characteristics of the cardioid cavity laser

早稲田大学先進理工 〇榊原 大介, 川嶋 悠太, 篠原 晋, 原山 卓久

Waseda Univ. 〇Daisuke Sakakibara, Yuta Kawashima, Susumu Shinohara, Takahisa Harayama

E-mail : ds19960323@akane.waseda.jp

背景 最近の研究により, 光線ダイナミクスが強いカオス性を示す共振器では単一モード発振が観測されるのに対し, カオス性を有しない共振器では多モード発振が観測されることが報告されている[1, 2]。この結果は共振器形状による発振モード特性の制御可能性を示唆しており興味深い, 単一モード発振が完全カオス性をもつ共振器形状の二次元レーザーに普遍といえるかどうかについてはさらなる検証が必要である。完全カオス性を有する形状としては Stadium 型, D 型, Cardioid 型などが知られており, 既に Stadium 型, D 型について数値シミュレーションが行われ, ある条件下で単一モード発振が観測されている[3]。そこで本研究ではまだ検証が行われていない Cardioid 型共振器に着目し, 単一モード発振可能かどうか数値シミュレーションによる検証を行った。

数値シミュレーションの方法と結果 数値シミュレーションは Shrödinger-Bloch (SB) 方程式を数值的に解くことにより行う[4]。計算に用いた共振器形状と数値計算により得られた波動関数のパターンの例を Fig.1 に示す。ここで先行研究より, モード競合により単一モードの発振が起こる条件としてモード間の波数の差 Δ_{ij} と反転分布の緩和 $\tilde{\gamma}_{ij}$ の間の関係 $\tilde{\gamma}_{ij} \gg \Delta_{ij}$ が予想されている[2, 3]。そこで, $\tilde{\gamma}_{ij}$ 及びポンピングの強さを表す W_{∞} 以外のパラメータを固定し, W_{∞} を増大させた場合の発振スペクトルを $\tilde{\gamma}_{ij}$ を変えて測定した。その結果, 発振状態は単一モード発振と多モード発振に大別されることが分かった。その相図を Fig.2 に示す。縦軸は $\tilde{\gamma}_{ij}$, 横軸は発振閾値 W_{th} で規格化した W_{∞} (W_{∞}/W_{th}) である。単一モード発振を白丸で, マルチモード発振を黒丸で表している。今回 $\Delta_{ij} \approx 0.005$ であり, Δ_{ij} 及び

Fig 2 より, モード競合によりマルチモードから単一モードに変化する現象は広範なパラメタ領域で確認され, Δ_{ij} と $\tilde{\gamma}_{ij}$ の間の関係 $\tilde{\gamma}_{ij} > \Delta_{ij}$ を満たす条件下で常に起こりうるということが分かった。

結論 SBモデルを用いた数値解析により $\tilde{\gamma}_{ij} \gg \Delta_{ij}$ の条件下で単一モード発振が起こることが Cardioid 型共振器でも確認された。これより, モード競合による単一モード発振は完全カオス性に由来する普遍的な現象であると考えられる。

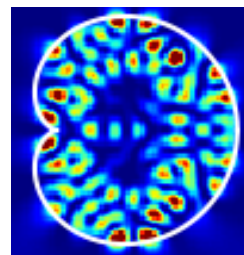


Fig.1 Cardioid cavity and lasing mode pattern

($\tilde{\gamma}_{ij} = 0.005$, $W_{\infty}/W_{th} = 42.1166$).

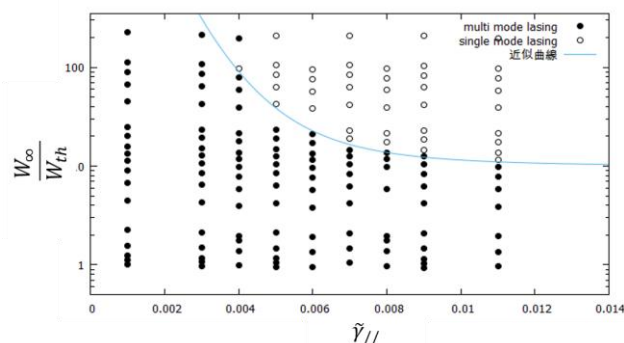


Fig.2 Phase diagram for the lasing states of the cardioid cavity laser.

参考文献

- [1] S.Sunada et.al, Phys. Rev. Lett. **116**, 203903,(2016).
- [2] T.Harayama, S.Sunada and S.Shinohara. *Photonics Research* 5,B39-B46 (2017).
- [3] M.Yoshikawa et al. (in preparation)
- [4] T.Harayama and S. Shinohara *Laser Photonics Rev.*5, 247 (2011).