

D 型微小共振器レーザーにおける単一モード発振現象の数値的検証

Numerical Verification of Single-Mode Lasing in a D-Shaped Microcavity Laser

早稲田大学先進理工 °吉川 真生, 外崎 真広, 篠原 晋, 原山 卓久

Waseda Univ. °Manao Yoshikawa, Mahiro Tonosaki, Susumu Shinohara, Takahisa Harayama

E-mail: m-yoshikawa@asagi.waseda.jp

二次元微小共振器レーザーは光線波動対応を理論と実験により調べることができる題材である。特に、光線ダイナミクスが完全カオス性を示す共振器は詳しく調べられ、波動的モードの波動関数に光線カオスが如何に刻印されているかが解明されている。

最近の実験的研究により、光線カオスが発振スペクトル特性にも影響することがわかってきた。具体的には、完全カオス性を持つ形状のひとつであるスタジアム型二次元微小共振器レーザーにおいて、複数のモードが発振するのに十分なゲインを与えていても、単一モードでの発振となる現象が実験的に観測されている [1]。

これは光線軌道の強カオス性を反映して、すべてのモードの電場強度が共振器全体に広がり、利得媒質を通じて強く相互作用するため、最も利得を得やすい一つのモードが他のすべてを抑制することが原因であると予想されている。また、理論的には $|\Delta_1 - \Delta_2| \ll \gamma_{||}$ の条件下で単一モード発振が起こるとされている。ここで Δ_1, Δ_2 は発振モードの周波数であり、 $\gamma_{||}$ は利得媒質の縦緩和率である [2]。このように、単一モード発振はスタジアム型に限らず、完全カオス形状の二次元微小共振器レーザーに共通する普遍的な特性であると予想されている。

一方、同じく完全カオス性を持つ形状である D 型の二次元微小共振器レーザーの実験では、単一モードではなくむしろ 1000 程度の非常に

多数のモードの発振が起こることが報告されている [3]。これは文献 [1] の実験が CW 励起であるのに対して文献 [3] の実験がパルス励起であることが違いを生んでいると予想されている [2]。文献 [3] の素子はコンタクト抵抗が大きく CW 励起が不可能であったため、D 型素子の CW 発振を調べることは大変重要である。

本研究では電場と利得媒質の状態を記述する Maxwell-Bloch モデルと、それに近似を加え、数値計算コストを削減した Schrödinger-Bloch モデルの二つのモデルを CW 励起の D 型微小共振器レーザーに適用し、様々なパラメータ値に対して数値計算を行った。その結果、実験 [1] と同様の単一モード発振が再現された。また、パラメータ空間における単一モード発振条件を決定することができ、縦緩和率 $\gamma_{||}$ の値が大きいほど単一モード発振が起こりやすいという結果が得られた。これは文献 [2] の理論予測と一致する。

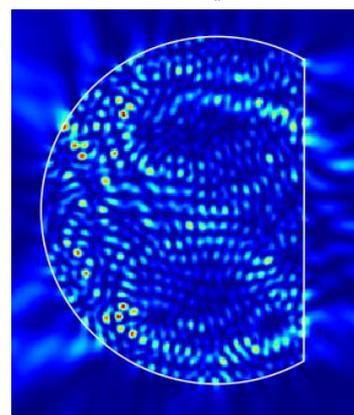


Fig: The spatial intensity pattern of single-mode lasing in a D-shaped microcavity

- [1] S. Sunada et al., Phys. Rev. Lett. **116**, 203903 (2016).
- [2] T. Harayama et al., Photon. Res., **5**(6), B39-B46 (2017).
- [3] B.Redding et al., PNAS, **112**(5), 1304-1309 (2015)