

申請者	学科名	情報通信工学科	職名	准教授	氏名	福嶋 丈浩	印
調査研究課題	Penrose unilluminable room 共振器の光線解析						
交付決定額	300,000 円						
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担		
	代表	福嶋 丈浩	情報通信工学科・ 准教授	光エレクトロ ニクス	研究の実施と総括		
	分担者						
調査研究実績の概要	<p>【はじめに】 近年の半導体プロセス技術の進歩により、今日では任意の2次元形状を有するレーザ共振器を製作することが技術的に可能である。これまで、円形や楕円形、スタジアム形など様々な共振器形状を有する半導体レーザが実際に製作され、発振モードが調べられている[1]。2次元共振器における光線とモードの対応関係を調べることは、学術的な観点のみならず、応用の観点から見ても大変興味深い研究課題である。</p> <p>本研究では、照明問題の数理モデルとして興味を持たれているPenrose Unilluminable Roomと呼ばれる特殊な2次元形状[2, 3]をレーザ共振器に適用したときの光線軌道を解析した。</p> <p>【共振器の形状】 図1にPenrose Unilluminable Room共振器の形状を示す。上と下の曲面ミラーは長軸半径a、短軸半径bの楕円の半分である。ここで、点p_2とp_7は上の楕円の焦点であり、p_3とp_6は下の楕円の焦点である。また、領域Mの側面部分のミラー形状は、長軸半径$d/2$、短軸半径$f-w/2$の楕円の半分である。このような2次元共振器は、内部のどの位置に点光源を置いても必ず光線が届かない領域が現れるという大変興味深い性質を有している。今回、共振器パラメータを変化させて解析を行ったが、本報告書では、多彩な光線軌道が得られた共振器パラメータの組み合わせ ($a:b:d:g:w = 8:5:10:3:6$) について説明する。</p> <p>【解析方法と結果】 2次元共振器の光線ダイナミクスを解析する便利な方法として、ポアンカレ横断面という相空間に光線軌道を表示する方法が広く用いられている[1]。本研究においても同様の手法を用いて光線軌道を解析した。その結果、3種類のカオス軌道が現れることが明らかになった。1つ目は、図2(a)に示すように領域P, M, Qに閉じ込められる軌道であり、2つ目と3つ目は、図2(b)に示すように、それぞれ領域A, A', Pと領域B, B', Qに閉じ込められる軌道である。これらのカオス軌道の他に、さらに3種類の安定周期軌道が現れることが</p>						

明らかになった。1つ目は、図2(c)に示すように上下の曲面ミラーの間を往復する軸軌道であり、2つ目は、図2(d)に示す菱形の軌道である。3つ目は、図2(e)に示した2つのV字形軌道である。

【考察】

広範囲に光線が分布する図2(a)に示したカオス軌道や図2(c), (d)に示した軸や菱形の安定周期軌道は、一般的な2次元共振器にもよく見られる軌道である。今回解析したPenrose unilluminable room共振器の特徴として、図2(b)に示すように局所的に閉じ込められたカオス軌道が存在することやこれらの軌道と空間的に重なるようにV字形の安定周期軌道(図2(e))が存在することがあげられる。このような多彩な光線軌道を反映して、Penrose Unilluminable room共振器には、一般的な2次元共振器に比べて、より多彩なモードが現れると予想される。

【参考文献】

- [1] T. Harayama and S. Shinohara, *Laser & Photonics Reviews* **5**, 247-271 (2011).
- [2] H. T. Croft et al., *Unsolved problems in geometry* (Springer-Verlag, 1991).
- [3] E. W. Weisstein, "Illumination problem," MathWorld-A Wolfram Web Resource (<http://mathworld.wolfram.com/IlluminationProblem.html>).

調査研究実績
の概要

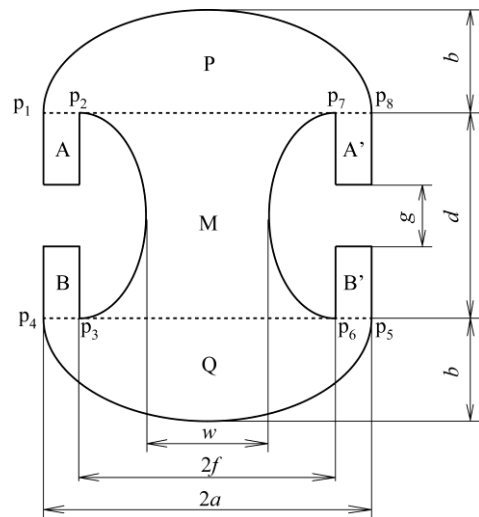


図1 Penrose unilluminable room 共振器の模式図.

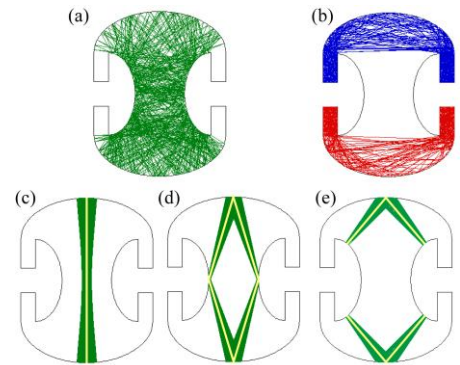


図2 カオス的な光線軌道 (a), (b) ならびに安定な周期軌道 (c), (d), (e).

成果資料目録

1. 福嶋文浩, 篠原晋, 砂田哲, 原山卓久, 坂口浩一郎, 徳田安紀: Penrose Unilluminable Room共振器の光線解析, 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 16a-A14-2, 2013.
2. 福嶋文浩, 篠原晋, 砂田哲, 原山卓久, 坂口浩一郎, 徳田安紀: Penrose Unilluminable Room共振器の光線解析, 第6回レーザー学会専門委員会「レーザーのカオス・ノイズダイナミクスとその応用」, 講演予稿, 2013.
3. T. Fukushima, S. Shinohara, S. Sunada, T. Harayama, K. Sakaguchi, and Y. Tokuda, "Ray dynamical simulation of Penrose unilluminable room cavity," *Frontiers in Optics, OSA Technical Digest on CD-ROM, JW3A.19*, 2013.
4. 福嶋文浩, 青木良介, 篠原晋, 砂田哲, 原山卓久, 坂口浩一郎, 徳田安紀: Penrose Unilluminable Room共振器レーザの発振モード, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 17p-D10-1, 2013