

相互光注入カオス発振半導体レーザーの軌道不安定性 Orbital Instability of chaotic laser diode with mutual optical injection

○海老澤 賢史^{1,2}、金澤 幸祐¹(1.新潟工大、2.早大理工)

○Satoshi Ebisawa^{1,2}, Kosuke Kanazawa¹, Shinichi Komatsu²

(1.Niigata Institute of Technology, 2.Waseda Univ.)

E-mail: satoshi_ebisawa@niit.ac.jp

半導体レーザー (laser diode, LD) は戻り光や他の LD からの光注入によりカオス発振することが知られ、その複雑で予測困難な波形は様々な工学応用に期待されている。このカオス発振 LD の軌道不安定性を定量化するため、リアプノフ指数などが用いられ線形化方程式より計算する方法 ([1] 他) も考案されている。しかし、LD を表す正確な方程式を記述することが困難であるためリアプノフ指数を計算することは難しい。一方、軌道不安定性を光強度のみから軌道拡大率なる量を用いて定量化する試み ([2] 他) もなされている。本研究では、戻り光 LD と、相互に LD が光注入する相互光注入 LD について、軌道拡大率 λ_{OEE} とリアプノフ指数 λ_{LSA} の関係性を調査し、 λ_{OEE} の信頼性を検証する。

図 1 は戻り光 LD 系において駆動電流が閾値の 1.1 倍のときの、戻り光量 r_{fb} に対する $r_{fb} \pm 0.01$ の範囲で計算した λ_{OEE} と λ_{LSA} の相互相関を示している。 $r_{fb} \leq 0.03$ の狭い範囲では高い相関を得るが、 r_{fb} が大きくなると相関値が急激に減少する。ある LD の光強度を $F(t)$ と表すとすれば、戻り光 LD は $F(t, F(t - \tau, F(t - 2\tau, F(t - 3\tau, \dots))))$ のように書くことができ、このため戻り光率が増加すると計算にレーザーの位相が反映されない λ_{OEE} では軌道不安定性を十分に表現できない。駆動電流を増加し戻り光の影響を相対的に少なくすることで λ_{OEE} が有効である範囲を拡大することが可能である。

また、LD1 と LD2 が相互に光注入する系を考え、LD2 の λ_{OEE} と λ_{LSA} の $r_{1 \rightarrow 2} \pm 0.01$ の範囲で計算した相互相関を $r_{1 \rightarrow 2}$ と $r_{2 \rightarrow 1}$ に対して示す (図 2)。 $r_{1 \rightarrow 2}$ 、 $r_{2 \rightarrow 1}$ はそれぞれ LD1 か

ら LD2、LD2 から LD1 への光注入率を表す。 $r_{2 \rightarrow 1} \leq 0.03$ の狭い範囲では高い相関を得て、 $r_{1 \rightarrow 2}$ の増大とともに急激に減少する。 $r_{2 \rightarrow 1}$ が増加すると、光注入項の影響が強まり、相互光注入 LD は $F(t, G(t - \tau, F(t - 2\tau, G(t - 3\tau, \dots))))$ とかけ、それぞれの LD のパラメーターが等しい場合には戻り光 LD と同様になり、図 1 に近づいていく。

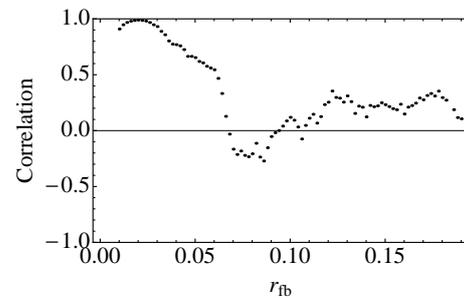


図 1: 戻り光率に対する λ_{OEE} と λ_{LSA} の相互相関 (戻り光 LD)

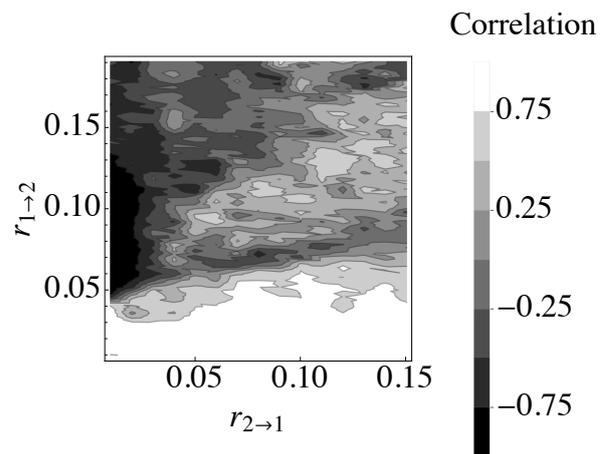


図 2: 光注入率に対する λ_{OEE} と λ_{LSA} の相互相関 (相互光注入 LD)

[1] K. Pyragas: Phys. Rev. E **58** (1998) 3067.

[2] S. Ebisawa and S. Komatsu: Appl. Opt. **46** (2007) 4386.