

第11回光学シンポジウム

音響光学素子を用いたフィードバック系の不安定化とカオス

黒田和男・高山浩治・伊藤雅英・小倉磐夫

東京大学生産技術研究所

〒106 東京都港区六本木 7-22-1

光双安定系において、応答時間に比べ十分長い遅れ時間でフィードバック信号を戻すと、あるしきい値を超えたとき系が不安定化されカオスの状態が出現する。われわれは音響光学変調器を用いた遅延フィードバック系を組み、その安定性を調べた。カオスの発生には、非線形な動作をする部分が系内にあることが不可欠であるが、本実験では音響光学素子がそれに当たる。

実験装置を Fig. 1 に示す。Ar イオンレーザー光(波長 488 nm)を音響光学変調器(AOM)上に集光し、直進する0次波を高速光検出器で受ける。この信号を増幅してAOMに戻し、遅延時間 T のフィードバック系を構成する。ただし、 T は超音波が AOM 中を伝播するのに要する時間であり、われわれの系では 850 ns であった。一方、系の応答時間はレーザー光の径で決まり、110 ns であった。

入射光量 a を変化させたときの状態図を Fig. 2 に示す。

記号の意味は次のとおり。Sは定常状態、Pは周期的振動状態、Cはカオス状態を指す。 kPn と書いたときの系の状態は、 $t_c = T/k$ を基本クロックとして、 n 回異なる値をとったのち元の値に戻ることを意味する($k=1$ のときは省略)。したがってこのときの振動周期は $nt_c = nT/k$ となる。 kCn は kPn と同様の時間変化をとるが、各時刻の値がカオティックに変化する(周期カオス)。パラメータ a が最大のときはCは周期構造をもたない発達したカオス状態である。図中上下の矢印は、矢の方向への状態変化のみが許されることを、すなわちヒステリシスの存在を意味している。

結果をまとめると以下のとおり。

- ① 状態図全体は、定常状態と基本周期の分枝、3次、5次高調波の分枝、そしてカオスと非2ⁿ周期の周期状

態が混在する部分に分けられる。

- ② $k=1, 3, 5$ の分枝内で、 $kP2 \rightarrow kP4 \rightarrow kP8$ と続く周期倍化分枝と、 $kC8 \rightarrow kC4 \rightarrow kC2$ となる。周期的カオス状態の逆向きの分枝(の一部)が観測された。
- ③ 奇数次高調波への分枝が観測された。
- ④ 非2ⁿ周期(P6, P5, 5P3など)が観測された。
- ⑤ $a \geq 1.64$ で発達したカオスの状態が実現した。
- ⑥ 3次高調波の分枝の中でヒステリシスが観測された。
- ⑦ 周期が3倍になる分枝(5P8 \rightarrow 5P24)が見つかった。
- ⑧ 2次高調波(2P12, 2P20)が観測された。
- ⑨ 3次高調波分枝の $0.81 \leq a \leq 0.99$ において、5次高調波とも見える状態が生じた。

最後に、松下技研・川淵正己氏の協力に感謝します。

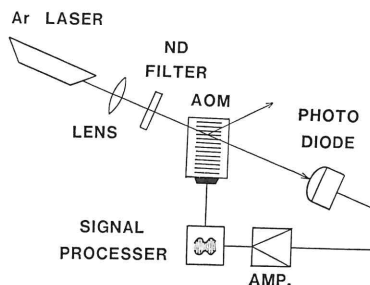


Fig. 1 Delayed-feedback system using the acousto-optic modulator.

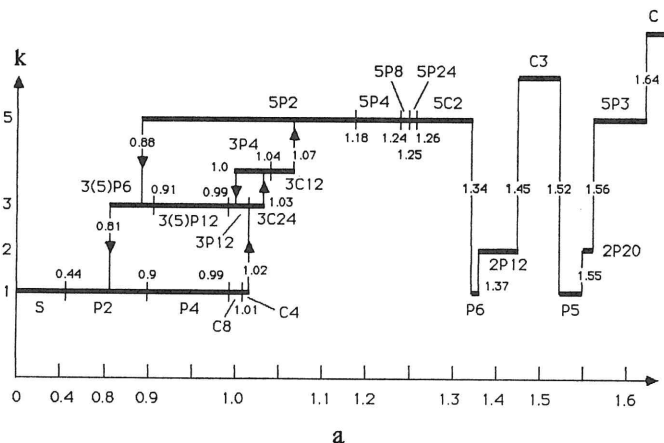


Fig. 2 Bifurcation map. Vertical axis denotes harmonic branches. Horizontal axis is the intensity of the incident beam a , and its scale is not linear.