

機械構造のカオス振動

永井健一（群馬大学工学部 機械システム工学科）
〒376 桐生市天神町1-5-1 E-mail nagai@cc.gunma-u.ac.jp
Phone. 0277-30-1584, FAX No. 0277-30-1599

Key Words : カオス, 非線形振動, 薄肉構造要素, 動的座屈現象, 力学系の定式化
カオスの分析, 相空間, ポアンカレ図, リアプノフ指数, リアプノフ次元.

1. はじめにカオス

近年, カオスや複雑系が種々の分野で注目されています. 規則正しい現象のなかにも, わずかな変化がきっかけとなり, 乱れはじめ, それが複雑な混乱状態となった経験はないでしょうか. 原因の一端に, カオスがあるかもしれません.

カオス(chaos)は聖書の天地創造の一節の中に”地は混沌であって, 闇が深淵の面にあり. . .”と述べられています⁽¹⁾. カオスはギリシャ語の”深い淵”の意味から底のみえぬ混沌, 混乱や無秩序を意味します. 無秩序に対して, 秩序(cosmos)があり, 秩序は調和(harmony)の表われとしての宇宙や世界を意味します. さて, 調和のリズムに対してカオスは一見無秩序と言われます.

ここではまず, 簡単な力学モデルを用いて, カオス振動の特徴や発生の原因を探ります. ついで, 機械構造の解析モデルの定式化とその応答の解析法や実験法を述べます. さらに調和振動とカオス振動とを比較し, カオスの解析法などを説明します. 最後に機械構造要素に生じるカオス現象の特徴などを紹介します.

2. カオス振動の特徴

決定論的動力学系に従う現象でも, 一見不規則で予測が不可能な応答を示す現象をカオス(deterministic chaos)と言う. なお, 力学系とは, 状態を示す量が運動方程式などの法則に従い, 時間と共に状態量が決定される系のことである. 決定論的動力学系とは系の運動方程式や入力 that 確定されている場合を意味する. 従来, 決定論的問題では線形系でも非線形系でも, 決定された結果を得るものとされてきた. この考え方をニュートンの思考と言う. しかし, 近年この考え方はすべての現象について適用できないことが明らかになった. その役目をカオスが果たしたとも言えよう.

カオス的振動現象は力学系の性質や周期的な入力の大きさにより, つぎのように変化する. まず, 微小な入力振幅のもとで, 系の応答は規則正しく振幅は小さい. 系の応答を求めるためには, 運動方程式に線形近似を与えた式に基づき, 基本的な現象が解明される. しかし, 入力の振幅が比較的大きくなると, 線形理論では対処できない各種の非線形振動現象や周期解からずれた振動挙動が生じる. その場合は, 非線形の影響を考慮した運動方程式により, 非線形振動応答を求める. さらに特定な条件のもとでは, 周期入力にもかかわらず複雑なカオス状応答が発生する. さらには, 全く無秩序な挙動に移行する. すなわちカオスは規則的な挙動と全くの無秩序な挙動の中間状態と言える. カオス振動現象は, 主に非線形力学の解析に基づき明らかにされる.