

強制振動系におけるカオスの実験的検証

大庭健吾 (指導教員 佐藤 憲史)

1. 研究の目的

カオスはいろいろな現象に関係している。大気の運動、蛇口から落下する水滴、心臓の鼓動(不整脈)、株価の変動などカオス現象は医学、工学、経済学、情報処理、自然科学など身近なところに存在している。本研究では強制振動がある実験系を製作しカオスを実験的に検証することを目的とする。

2. カオスの概要

複雑系において、長期的な未来予測ができないことがカオスの一般的な特徴である。システムが複雑になればなるほど、長期的な未来の予測はさらに難しくなる。いくつかの単純化された現象は数式を用いて表すことが出来る。その数式には初期値を代入しなければならないが、人間は初期値を正確に測ることが出来ない。この初期値の小さな誤差を複雑系に代入すると、その後の結果が指数関数的に大きく変わってしまう。この性質を初期値鋭敏性という。このような不安定な状態のため長期的未来予測が出来ない。

3. 実験器具を製作

図1のような強制振動がある実験系を製作した。実験系は2つのばねを使い、おもりと磁石を接続したものである。

①強制振動

磁石とコイルにより強制振動を起こした。コイルに正弦波の電流を流すと磁場が変化することにより磁石が上下に動く。

②センサーによる位置測定

測距センサーを使用しておもりの位置測定を行った。測距センサーは赤外LEDを利用した光学式センサーである。このときおもりに反射板をつけることでセンサーの感度を良くしている。センサーと反射板の距離を感度が良くなるように調整し測定する。

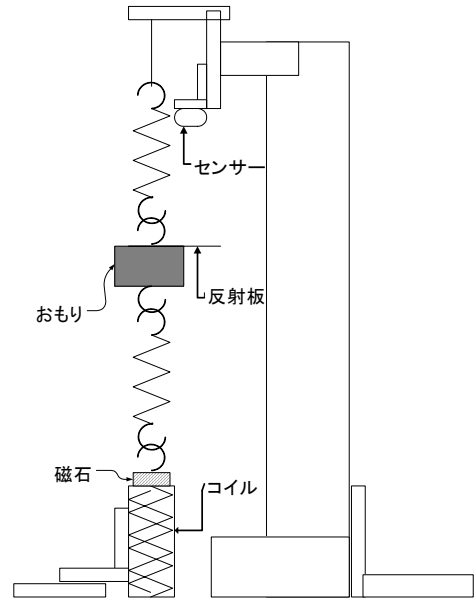


図1 制作した実験系の図

4. 実験

①強制振動がない場合の運動

センサーを用いて測定したおもりの位置の時間変化の一部を図2に示す。図2は正弦波状になっている。測定した結果をパソコンでフーリエ変換し、スペクトルを評価した。その結果を図3に示す。

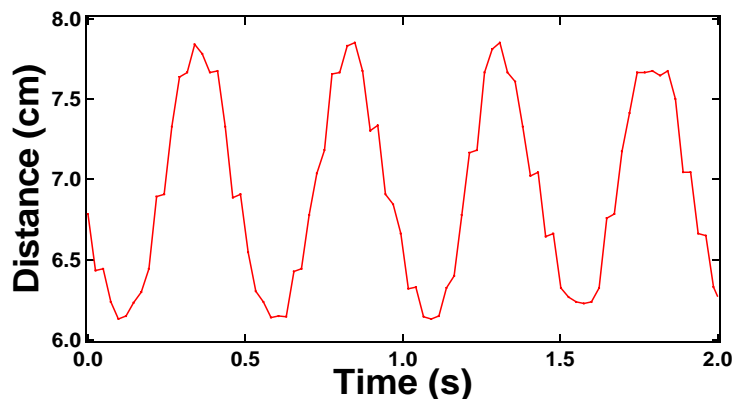


図2 強制振動がない場合の時間波形

1.84Hzにおいて鋭い線状のスペクトルが観測された。この結果から単振動していることがわかる。また単振動の倍の周波数のスペクトル成分は高調波である。

②強制振動を加えた場合の運動

強制振動の周波数や振幅を変化させて運動を測定した。強制振動の振幅が大きいときは強制振動の周波数成分がスペクトルに強くあらわれた。振幅が小さいときは円筒状のコイルと磁石の摩擦により強制振動が起こせなかった。強制振動の周波数が4.2Hzのときの結果の一部を図4に示す。このとき時間波形が正弦波から大きく崩れた。このスペクトルを図5に示す。図5の結果から強制振動がない場合の運動の周波数1.84Hzと強制振動の周波数4.2Hzでスペクトルの成分が観測された。

5. 考察

カオスになるとスペクトルは図3の鋭い線状にならずに広がる。しかし、図5は図3と変化はみられたがスペクトルは広がらず、明確なカオスがあらわれたと言えない。強制振動の振幅が大きいときは、強制振動の周波数で振動した。これは強制振動の引き込み現象が強いためである。

6. 今後の課題とまとめ

コイルと磁石の摩擦が大きかった。そこで更に摩擦の少ない装置を考える。またシミュレーションを行い、どの条件でカオスになるか十分検討する。

参考文献

- 下条 隆嗣：カオス力学入門、近代科学社、1992/10
 井上 政義：カオスと複雑系の科学、日本実業出版社、1996/07
 芹沢 浩：カオスの現象学、東京図書、1993/11
 戸田 盛和：カオス混沌の中の法則、岩波書店、1991/10

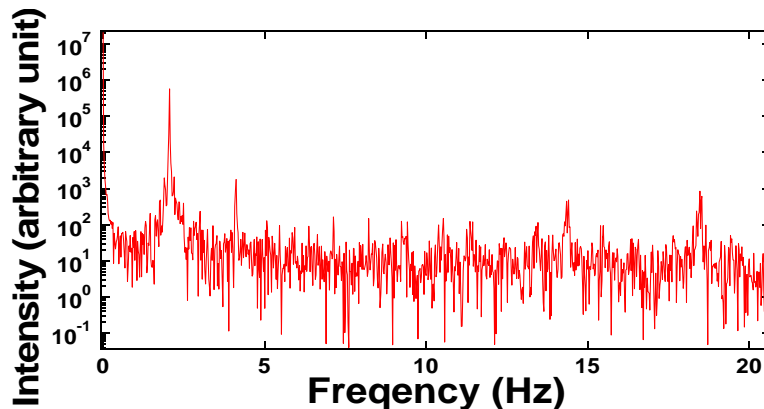


図3 強制振動がない場合のスペクトル

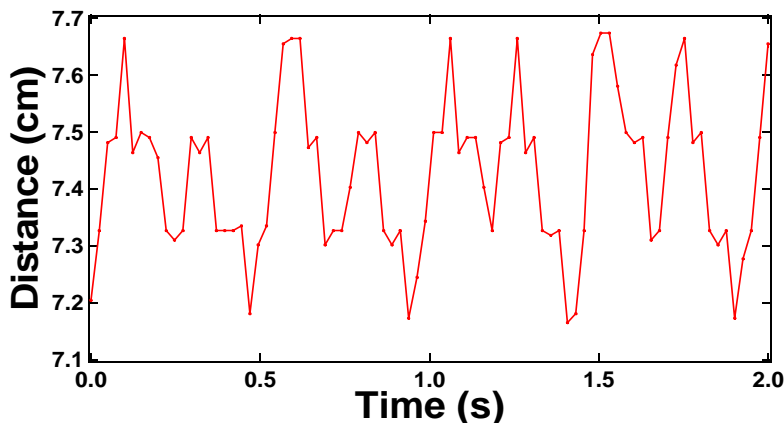


図4 強制振動 4.2Hz の時間波形

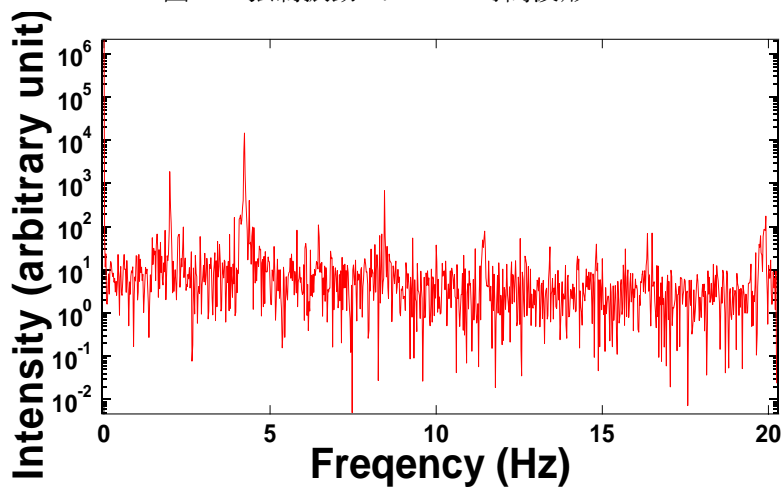


図5 強制振動 4.2Hz のスペクトル