

## 「計算機実験 I」 実習課題 (EX2)

- 講義のページ: <http://exa.phys.s.u-tokyo.ac.jp/ja/lectures/2017S-computer1>

- 準備練習

1. 計算結果をグラフにする際には、以下の点に特に注意する必要がある。
  - グラフの横軸や縦軸が整数値を取る変数の場合、小数 (0.5, 1.5 など) の目盛や数字は付けない。
  - グラフの縦軸や横軸の値が非常に小さい (大きい) 時には、10 の冪表示とする。(例: 0.00000001 ではなく  $10^{-8}$ )
  - グラフの縦軸と横軸には変数名を (必要であれば単位も) 付ける。
  - プロットしているデータが種類の時は、レジェンド (凡例) は不要。
  - レジェンドは意味のあるものに。[例: ファイル名 “prog-1.dat” ではなく “Runge-Kutta (h=0.01sec)”]
  - 収束の様子 (幕) を見る (見せる) には、収束先の値を引いた上で両 log プロットする。指数関数的な収束の場合には片 log プロットを使う。

gnuplot (あるいは他を使っている場合はそのソフト) で、これらをどのように設定するか調べよ。

2. EX1 の基本課題 1、2 で作成したグラフを改善せよ。

- 基本課題

1. 空気による摩擦のあるバネの問題を考える。壁にバネが繋がれ、バネの先には質量  $m$  の物体が繋がっている。床との摩擦は考えないものとする。バネの伸びる方向に  $x$  座標を取り、自然長の位置を原点とすると、物体の運動方程式は以下のように与えられる。

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - \kappa \frac{dx}{dt}$$

ここで、 $k$  はバネ定数、 $\kappa$  は摩擦の比例定数とする。Euler 法 (講義 L2 スライド p.4) を使い  $x(t)$  を 30 [sec] まで計算せよ。その際、刻み幅  $h$  の大きさを変化させ、解の変わる様子を確認せよ。ただし、 $k = 2$  [N/m],  $\kappa = 0.2$  [kg/sec],  $m = 1$  [kg]、初期条件は  $x(0) = 10$  [m]、 $x'(0) = 0$  [m/sec] とする。

2. 中点法 (L2 スライド p.7)、4 次の Runge-Kutta 法 (L2 スライド p.8) を用いて同様の計算を行い、精度の向上の様子を調べよ。
3. 摩擦が無い場合 ( $\kappa = 0$ ) について Euler 法、4 次の Runge-Kutta 法を用いてシミュレーションを行い、全エネルギー (運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの和) の時間変化を観察せよ。さらに、シンプレクティック法 (L2 スライド p.17) を用いたプログラムを作成し、全エネルギーがどのように振る舞うか調べよ。

- 応用課題

1. 方程式によっては、刻み幅を小さくしても、なかなか精度が上がらないものがある。一つの例として、“硬い方程式” 知られている。“硬い方程式” とは何か、これを精度良く解くためにはどうすれば良いか調べよ。また、具体的な問題について計算を行ってみよ。
2. Numerov 法とシューティング法を用いて、一次元調和振動子のシュレディンガー方程式の固有エネルギーと固有関数の組をいくつか求めよ。