

計算物理学実習 2021 年度課題 No. 2

1. 理工学 ITC のワークステーション・ルームのワークステーションにログインし、作業用ディレクトリディレクトリ `~/comp-phys/j2` を作成する。作業はこのディレクトリで行う。また、以下では FORTRAN プログラムは自由形式で書くこととする。
2. 作業用ディレクトリディレクトリ `~/comp-phys/j2` を作成する。
3. 1 変数の 1 階の常微分方程式 $\frac{dx}{dt} = f(t, x)$ を、テキスト 45 頁の PAD を参考にして、Runge-Kutta 法で解く。 $f(t, x) = x \cos(t)$ とし、 $t = 0$ で $x(0) = 1$ という初期条件で $t = 0$ から $t = 10$ 迄の $x(t)$ を求め、厳密解と比較する。
 - (a) Runge-Kutta 法で解くプログラムを PAD を用いて設計する。図 J2-3, J2-4 に例を示す。
 - (b) 計算用ワークステーション上で FORTRAN プログラムを書く。
 - (c) $t = 0$ で $x(0) = 1$ という初期条件で $t = 0$ から $t = 10$ 迄の $x(t)$ を求める。時間刻み τ を $\tau = 0.01$ とする。時間 $10\tau = 0.1$ ごとに t と $x(t)$ を出力する。
 - (d) 厳密解を解析的に求める。
 - (e) 厳密解を数値的に計算するプログラムを PAD を用いて設計し、計算用ワークステーション上で FORTRAN プログラムを書く。
 - (f) 時刻 $t = 0$ から $t = 10$ 迄、時間 0.1 ごとに t と $x(t)$ の厳密解を計算し出力する。
 - (g) Runge-Kutta の結果と厳密解の結果をグラフにプロットして比較する。グラフを印刷する。
 - (h) ソース・ファイルを印刷する。
4. gnuplot で理工学 ITC のワークステーションの X ウィンドウの画面上にグラフを描く。
5. テキスト 56 頁の課題 3-A 前半
 - (a) 調和振動子の運動方程式を Runge-Kutta 法で解くプログラムを PAD を用いて設計し、計算用ワークステーション上で FORTRAN プログラムを書く。
 - (b) $t = 0$ で $x(0) = 0$, $v(0) = 1$ の初期条件で $t = 10$ 迄の $x(t)$, $v(t)$ を計算する。時間刻み $\tau = 0.01$ とし、時間 $10\tau = 0.1$ ごとに t , $x(t)$, $v(t)$ を出力する。
 - (c) 厳密解を解析的に求める。

- (d) 厳密解を数値的に計算するプログラムを PAD を用いて設計し、FORTRAN プログラムを書く。
- (e) 時刻 $t = 0$ から $t = 10$ 迄、時間 0.1 ごとに $t, x(t), v(t)$ の厳密解を計算し出力する。
- (f) Runge-Kutta の結果と厳密解の結果をグラフにプロットして比較する。グラフを印刷する。
- (g) ソース・ファイルを印刷する。

6. テキスト 56 頁の課題 3-A 後半

- (a) $t = 0$ で $x(0) = 0, v(0) = 1$ の初期条件で $t = 8$ 迄解き、 $x(8), v(8)$ を計算する。時間刻みは $\tau = 1/4, 1/8, 1/16, \dots, 1/4096$ と変える。各 τ ごとに τ , 誤差 $|x(8) - \sin 8|, |v(8) - \cos 8|$ を出力する。
- (b) 誤差 $|x(8) - \sin 8|, |v(8) - \cos 8|$ 対 τ の両対数グラフを描き、誤差が τ の何乗に比例しているかを検討する。
- (c) ソース・ファイル、グラフを印刷する。

7. テキスト 56 頁の課題 3-B

- 初期条件は $t = 0$ で $\theta = 0, \omega = 0, \phi = 0$ とする。
- 時間刻みは $(2\pi/\Omega) \times 10^{-3}$ とする。
- $\phi \in [0, 2\pi)$ となるようにするには、例えば図 J2-1 のようにする。
- $\theta \in (-\pi, \pi]$ となるようにするには、例えば図 J2-2 のようにする。

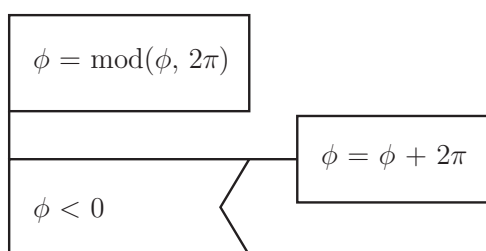


図 J2-1

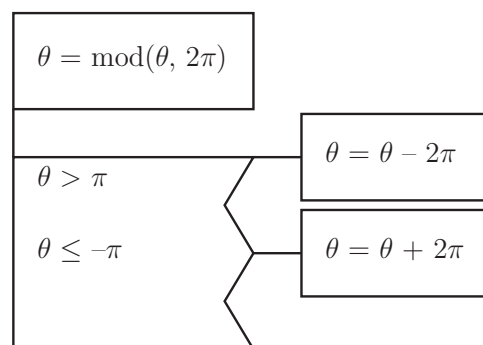


図 J2-2

- $\phi = 0$ の面でのポアンカレ断面の計算には $\phi = 0$ となる時刻 t が $2\pi/\Omega$ の整数倍であることを用いる。
- 最初の $50 \times (2\pi/\Omega)$ の時間が経過した後の、 $1000 \times (2\pi/\Omega)$ の時間分の結果をポアンカレ断面の計算に用いる (ポアンカレ断面に 1000 点プロットする)。
- アトラクターのプロットには、最初の $50 \times (2\pi/\Omega)$ の時間が経過した後、 $(2\pi/\Omega) \times 10^{-2}$ (10 ステップ) おきに $100 \times (2\pi/\Omega)$ の時間分の結果をとったものを用いる (10000 点プロットする)。
- テキストのように、アトラクターの 3 次元プロットを描くには次のようにする。

- (a) ϕ の値、 θ の値、 ω の値が空白で区切られて 1 行に 1 組ずつ書き込まれたデータファイルを作る。

ϕ_1	θ_1	ω_1
ϕ_2	θ_2	ω_2
ϕ_3	θ_3	ω_3
\vdots	\vdots	\vdots

- (b) gnuplot を起動し、gnuplot のプロンプトに対し、

```
> set parametric ←
```

とタイプする。

- (c) gnuplot のプロンプトに対し、

```
> splot "データファイル名" with points ↵
```

とタイプすることにより、3次元プロットが描かれる。

8. レポート

- テキスト 56 頁の課題 3-A と課題 3-B のレポートとして以下のものを提出してください。

- (a) プログラムの PAD およびその説明
- (b) ソース・ファイルを印刷したもの
- (c) 出力のグラフを印刷したもの
- (d) 考察ならびに感想

締切りは 11/10(水) です。

pdf 形式のファイルとして、keio.jp/授業支援/レポートへ提出してください。

- 余裕のある人は課題 3-C のレポートも提出してください。

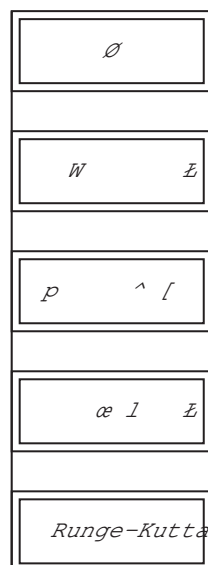
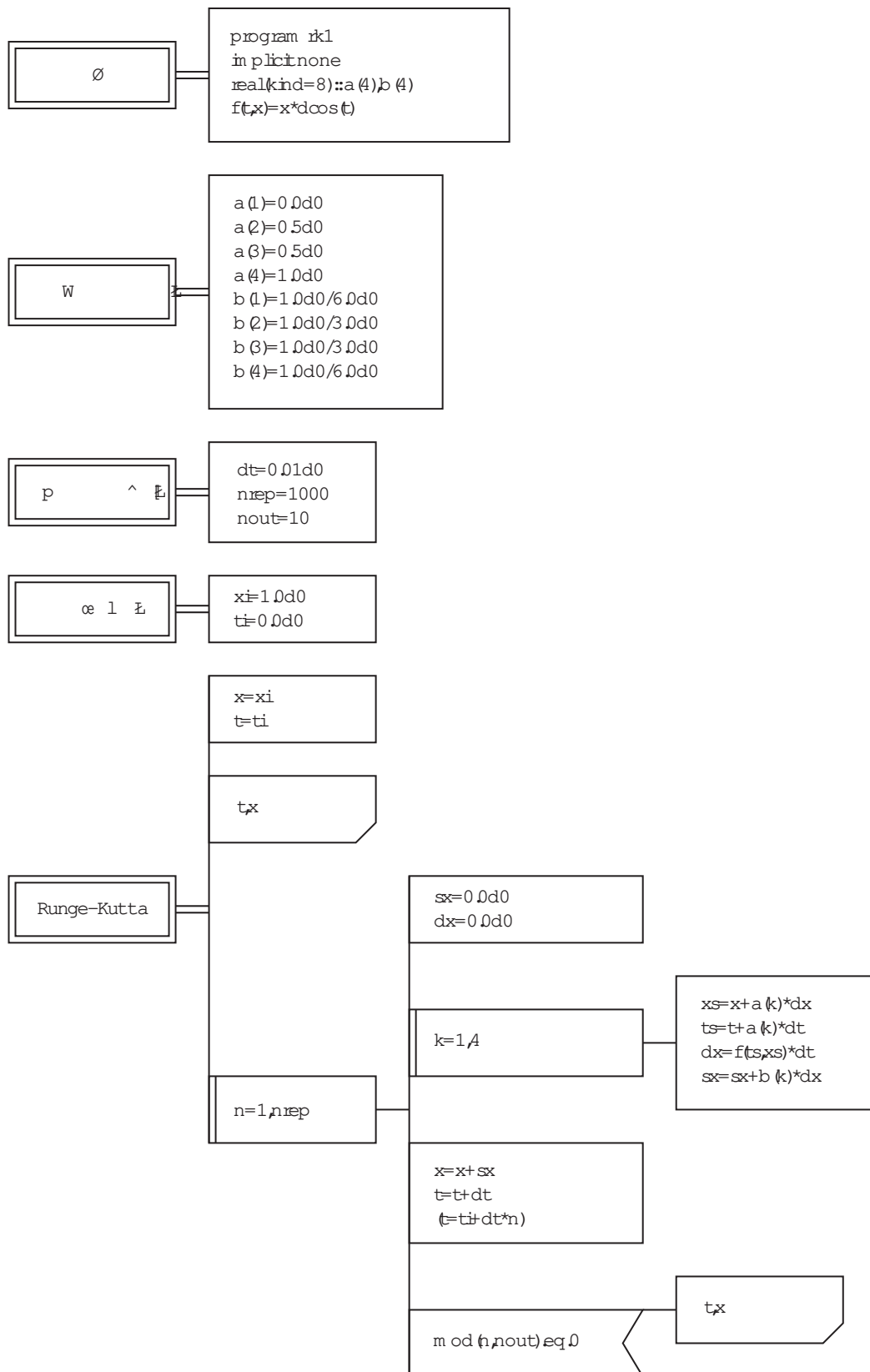


図 J2-3



☒ J2-4