

第2部 振り子の運動のシミュレーション

①周期を計算しよう

作業の手順：以下のサンプルプログラムを Emacs で作成しよう。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main (void)
{

    float g, L, T;                                /* 変数を宣言する */

    g = 9.8;                                       /* 定数を代入する */

    printf ("Length [m]? \n");
    scanf ("%f", &L);                             /* 条件を入力する */

    T = 2.0 * 3.14159 * sqrt (L / g);

    printf ("T = %9.3f \n", T);                   /* 結果を出力する */

    return 0;
}
```

メモ：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

②とりあえず 10 秒後まで計算しよう

作業の手順：前回作成したプログラムをコピーして、Emacs で完成させよう。

実行したら出力ファイルの内容を gnuplot で作図しよう。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main (void)
{

    int i;
    float g, L, angle, theta, x, u,
           dxdt, dudt, t;
    FILE *fp;

    g = 9.8;

    printf ("Length [m], angle [deg.]?\\n");
    scanf ("%f,%f", &L, &angle);
    theta = 3.14159 / 180.0 * angle;

    x = L * theta;
    u = 0.0;

    fp = fopen ("output.txt", "w");
    fprintf (fp, "%9.3f %9.3f\\n", 0.0, angle);

    for (i=1; i<=1000; i++)

        dxdt = u;
        theta = x / L;
        dudt = - g * sin (theta);

        x = x + 0.01 * dxdt;
        u = u + 0.01 * dudt;

        t = 0.01 * i;

        angle = 180.0 / 3.14159 * theta;

    fprintf (fp, "%9.3f %9.3f\\n", t, angle);
```

```
/* 結果をファイルに出力する */
```

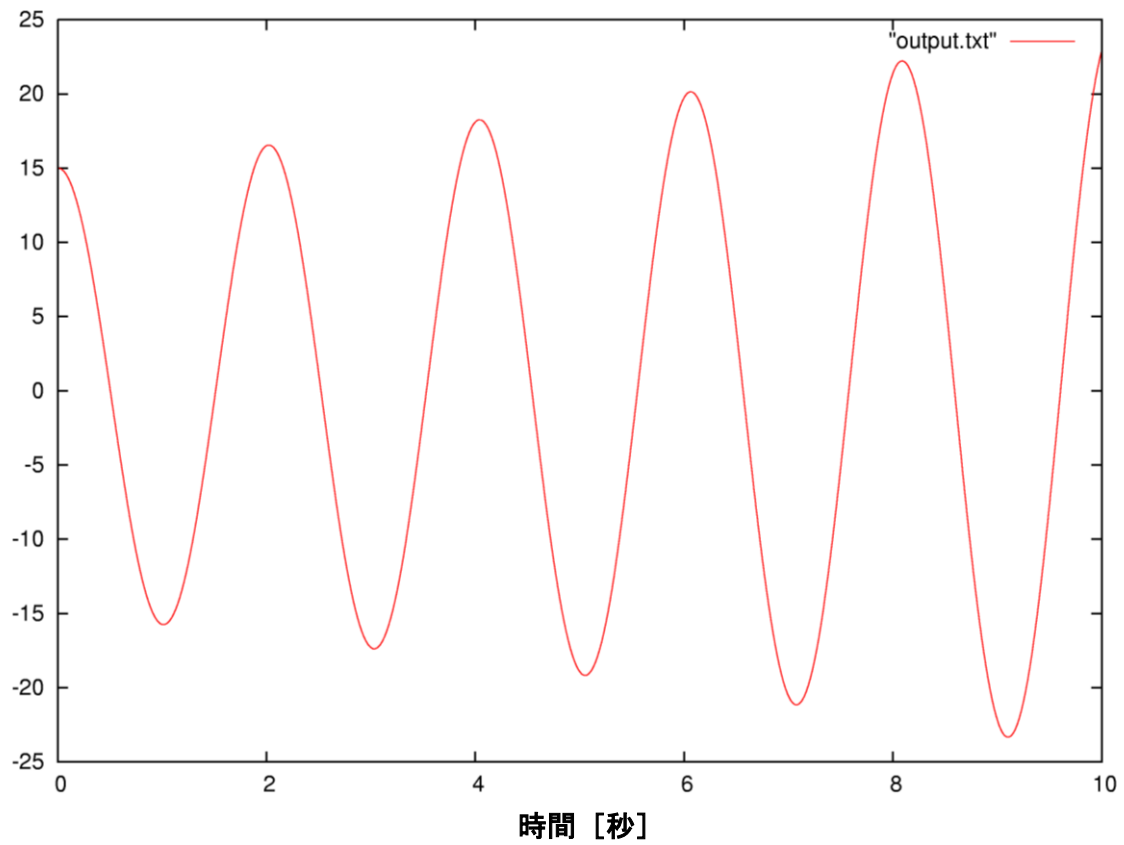
```
}
```

```
fclose (fp);  
return 0;
```

```
/* ファイルを閉じる */
```

```
}
```

振れ幅 [度]



計算結果の例（長さ 1 m、振幅 15° の場合）

③リープフロッグ法で計算しよう

作業の手順：②で作成したプログラムをコピーして、Emacs で完成させよう。

実行したら出力ファイルの内容を gnuplot で作図しよう。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main (void)
{

    int i;
    float g, L, angle, theta,
           x, u, xminus, uminus, xplus, uplus,
           dxdt, dudt, t; /* 変数を宣言する */
    FILE *fp;

    g = 9.8; /* 定数を代入する */

    printf ("Length [m], angle [deg.]? \n");
    scanf ("%f,%f", &L, &angle); /* 条件を入力する */
    theta = 3.14159 / 180.0 * angle;

    x = L * theta; /* 初期値を計算する */
    u = 0.0;

    fp = fopen ("output.txt", "w"); /* ファイルを開く */
    fprintf (fp, "%9.3f %9.3f\n", 0.0, angle); /* 結果をファイルに出力する */

    for (i=1; i<=1000; i++) /* 同じ処理を 1000 回繰り返す */
    {

        dxdt = u; /* 時間微分を計算する */
        theta = x / L; /* 角度を計算する */
        dudt = - g * sin (theta); /* 時間微分を計算する */

        if (i == 1) /* 次の時刻の値を計算する */
        {

            xplus = x + 0.01 * dxdt; /* 初回だけ計算方法を変える */
            uplus = u + 0.01 * dudt;

        }else{

            xplus = xminus + 2. * 0.01 * dxdt;
            uplus = uminus + 2. * 0.01 * dudt;

        }

    }

}
```

```

}

xminus = x;                                /* 次の時刻に進むために */
uminus = u;                                /* x を  $x^-$  に代入する */

x = xplus;                                  /* 次の時刻に進むために */
u = uplus;                                  /*  $x^+$  を x に代入する */

t = 0.01 * i;                               /* 経過時間を計算する */
theta = x / L;                              /* 角度を計算する */
angle = 180.0 / 3.14159 * theta;

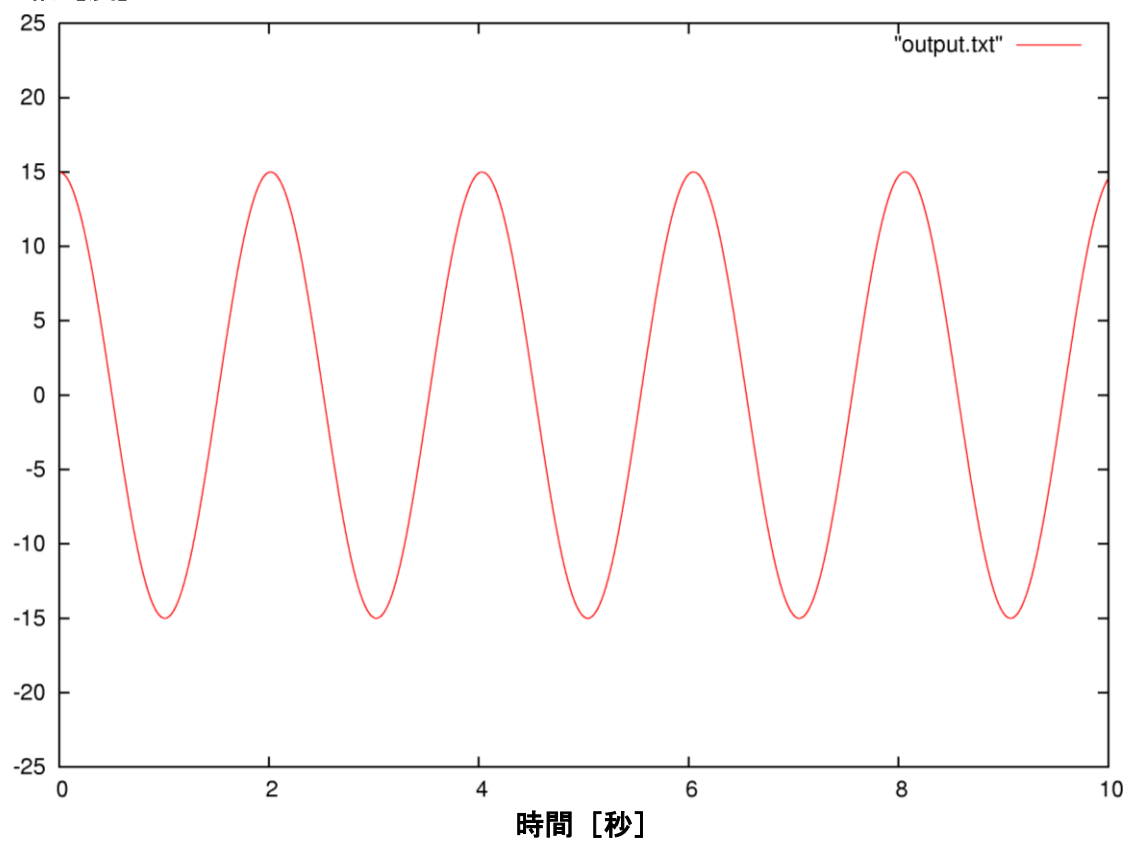
fprintf (fp, "%9.3f %9.3f\n", t, angle);    /* 結果をファイルに出力する */

}

fclose (fp);                                /* ファイルを閉じる */
return 0;
}

```

振れ幅 [度]



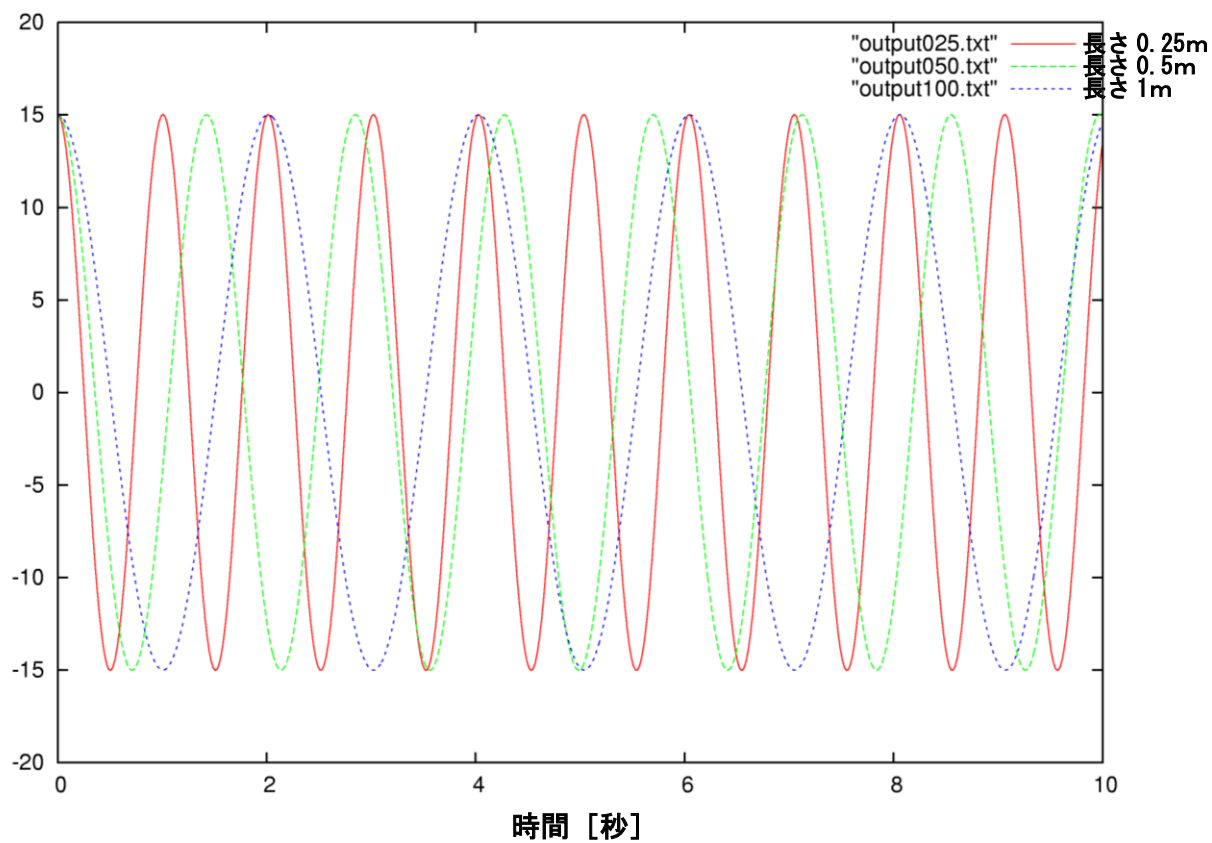
計算結果の例（長さ 1 m、振幅 15° の場合）

④実験してみよう

実験 1 : 振幅を変えないで長さだけを変えてシミュレーションをしてみよう。

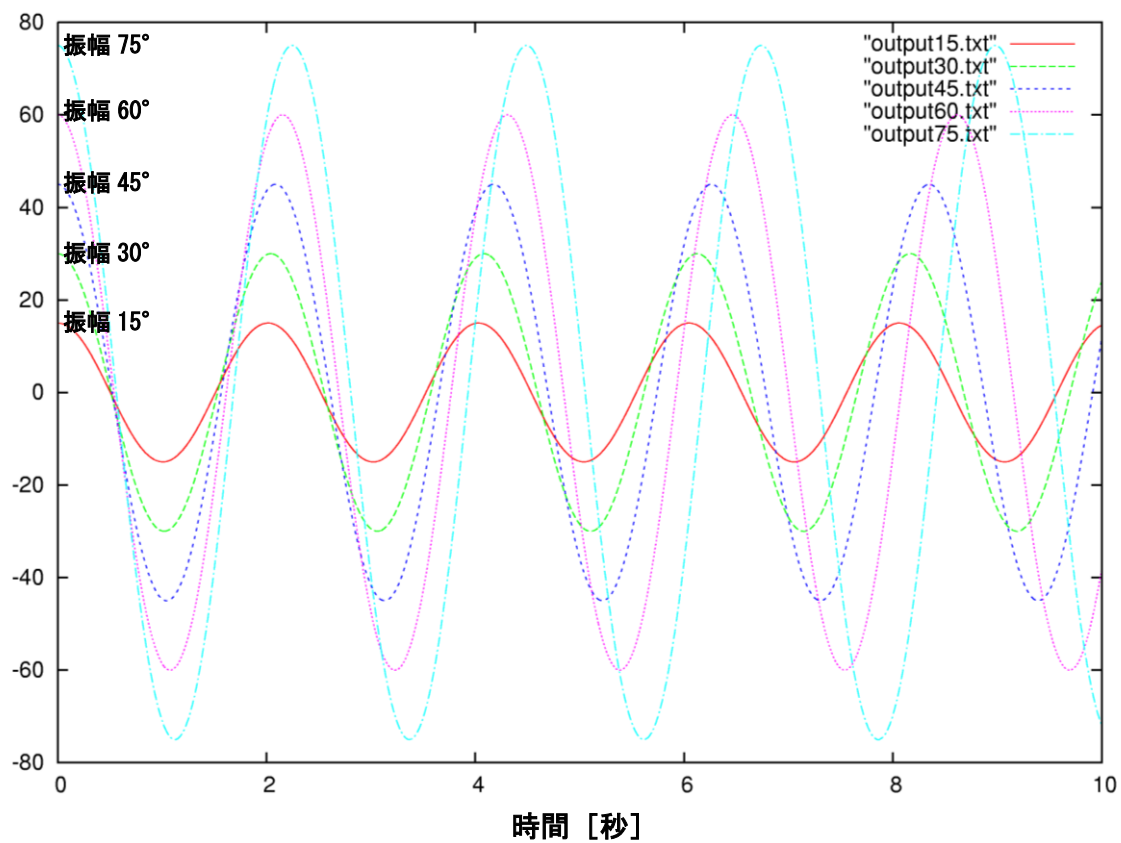
実験 2 : 長さを変えないで振幅だけを変えてシミュレーションをしてみよう。

振れ幅 [度]



実験 1 の結果の例（振幅 15° の場合）

振れ幅 [度]



実験 2 の結果の例（長さ 1 m の場合）