補遺B

FORTRANのPCへのインストール

著者らはWindowsではCygwinとgfortranをインストールして使ってます。以下のサイトを参照ください。

https://www.cygwin.com/

http://www2.kuma.u-tokai.ac.jp/~kfuji/cygwin/cygwin.htm#install

Macでは以下のサイトにgfortran, gccのバイナリーがありますそれを著者らは使ってます。

https://hpc.sourceforge.net/

FORTRAN参考書

FORTRAN （F77）の入門書があります。

JIS FORTRAN入門 (上)（下） 1984　森口 繁一 (著)　東京大学出版会
が未だに最高の入門書だと思っております。

入門 Fortran90実践プログラミング
東田幸樹, 山本芳人, 熊沢友信 Softbank books
も良書です。

FORTRANの文法が以下のところで公開されております。

[NAG社（日本ニューメリカルアルゴリズムズグループ株式会社）提供]
Fortran 入門　https://www.nag-j.co.jp/fortran/index.html
Fortran Tip集 https://www.nag-j.co.jp/fortran/tips/index.html
Fortran 2003入門 https://www.nag-j.co.jp/fortran/fortran2003/index.html
Fortran 数値計算入門 https://www.nag-j.co.jp/fortran/numerical/index.html
OpenMP入門 https://www.nag-j.co.jp/openMP/index.html
Fortran検定 https://www.nag-j.co.jp/fortran/exam/index.html
京大人環境富田博之氏のFORTRAN90, 95プログラミングのサイトおよび著書
改訂版 『Fortran90/95プログラミング』 （冨田・齋藤： 培風館）。（2011年4月）
もおすすめです
https://www7b.biglobe.ne.jp/~fortran/education/fortran90/sec0.html

FORTRANソースコードの編集環境

1. Linux(MacOS)や仮想的なLinux(Cygwin)が使える環境が望ましい。
unix(linux) コマンドでプログラム編集，翻訳，実行，ファイル管理を一元的に行えます。MacOSではX端末(Xterm, Xquartz)をつかいます。Winでは，メモ帳や秀丸editor等でも編集可能で，その後cygwinでgfortranでコンパイルして実行しています。

2. Linux上でつかえるテキストエディター(たとえばvi editor)でプログラムを編集します。

Vi editorの使い方　（東大計算機センター）

https://www.cc.u-tokyo.ac.jp/public/VOL3/No5/vi-editor-guide.pdf

Linux(unix)コマンドがつかえる
例えばxtermでコマンドで以下をたたく
(winではcygwinで)

gfortran -v ⏎

以下のような出力が出ればOK→gfortran が動いている

```
gfortran -v
Using built-in specs.
COLLECT_GCC=gfortran
COLLECT_LTO_WRAPPER=/usr/local/libexec/gcc/aarch64-apple-darwin21.5.0/12.1.0/lto-wrapper
Target: aarch64-apple-darwin21.5.0
Configured with: ../gcc-12-branch-gcc-12-1-darwin/configure --enable-languages=c++,fortran --with-sysroot=/Library/Developer/CommandLineTools/SDKs/MacOSX.sdk --with-gmp=/usr/local --with-mpfr=/usr/local --with-mpc=/usr/local
Thread model: posix
Supported LTO compression algorithms: zlib
gcc version 12.1.0 (GCC)
```

次にFORTRANプログラムを作成します。

a=10.0, b=3.0, c=a+b　を計算する

test.fというファイル（以後プログラムは ***.fとする）をつくります。(プログラム解説は次頁)

vi test.f　⏎

-------ここから（この行必要無し）以下カラムもそろえて！２行目以降は7カラムから記述すること

```
c1234567890
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      a=10.0d0
      b=3.0d0
      c=a+b
      write (6,*) a,b,c
      stop
      end
```

------------ここまで（この行必要無し）

vi 画面上のコントロールモードでzzでファイル保存

プログラムの内容を簡単に解説します

```
c1234567890 !プログラムは7カラム目から入力します その確認のためのコメント行
      implicit real*8 (a-h,o-z) !a-h,o-zで始まる変数は16桁の倍精度です
      a=10.0d0 ! **d0は10.0×10^0の倍精度 1000は1.0d3あるいは1000.0d0とかけます
      b=3.0d0
      c=a+b   ! +足し算, -引き算, ×かけ算 , /割り算,  べき乗** (√２は2.0**0.5d0)
      write (6,*) a,b,c  !a,b,cの結果を6番（画面)に出力する. *は任意の型式で
      stop       !プログラムの実行はここでおわり
      end        ! プログラムはここでおわり
```

プログラムの機械語への翻訳:コンパイル Compile

gfortran tes.f ⏎

プログラムにエラーがなければ実行可能なファイルa.outがプログラムが存在するdirectoryに作られる。Windowの場合は,a.exeが作られます。

プログラムの実行:ラン Run

a.out ⏎　(winではa.exe ⏎)

その結果，以下の様な画面が表れればOK

```
$ a.out
  10.000000000000000       3.0000000000000000       13.000000000000000
```

1.0から100.0までを加算する：ループ計算

test2.fというプログラムをつくります。

vi test2.f ⏎

--------------ここから（この行必要無し）色は入力必要無し

```
c234567890
      implicit real*8 (a-h,o-z)
     sum=0.0d0    !初期値入力
     do i=1, 100 !ループ青の部分を100回くりかえします。
       a=real(i)   !iは整数なので実数にします. real( )は実数にする関数
       sum=sum+a    !aをそれまでのsumに加えます
       write (6,*) a,sum  !ループの中は１カラム右（８カラムから）に書きます
     enddo   !ループはここまで
      stop
      end
```

---------------------------ここまで（この行必要無し）

vi 画面上のコントロールモードでzzでファイル保存

翻訳・実行・出力： その結果，以下の様な画面が表れればOK

```
$ gfortran test2.f ⏎
$ a.out ⏎
   1.0000000000000000        1.0000000000000000
   2.0000000000000000        3.0000000000000000
   3.0000000000000000        6.0000000000000000
   4.0000000000000000        10.000000000000000
   5.0000000000000000        15.000000000000000
   6.0000000000000000        21.000000000000000
   7.0000000000000000        28.000000000000000
   8.0000000000000000        36.000000000000000
   9.0000000000000000        45.000000000000000
   10.000000000000000        55.000000000000000
...
   90.000000000000000        4095.0000000000000
   91.000000000000000        4186.0000000000000
   92.000000000000000        4278.0000000000000
   93.000000000000000        4371.0000000000000
   94.000000000000000        4465.0000000000000
   95.000000000000000        4560.0000000000000
   96.000000000000000        4656.0000000000000
   97.000000000000000        4753.0000000000000
   98.000000000000000        4851.0000000000000
   99.000000000000000        4950.0000000000000
   100.00000000000000        5050.0000000000000
```

出力を画面だけではしんどいのでファイルに書き出します。

test3.fというプログラムをつくります。

vi test3.f ⏎

```
-------------ここから（この行必要無し）
c234567890
      implicit real*8 (a-h,o-z)
     open(1, file='aaa.txt') ! aaa.txt⏎というファイルに書き出す準備
     sum=0.0d0 !初期値入力
     do i=1, 100 !赤の部分を100回くりかえします。
      a=real(i)    !iは整数なので実数にします
      sum=sum+a    !aをそれまでのsumに加えます
      write (1,*) a,sum ! 1は'aaa.txt'というテキストファイルです
     enddo
      close(1) ! ファイルを閉じます
      stop
      end
---------------------------ここまで（この行必要無し）
```

翻訳・実行・出力

```
$ gfortran test3.f ⏎
$ a.out ⏎
```

なにも画面には出力されません。

vi aaa.txt　⏎

でaaa.txtのファイルを確認して下さい。

これでプログラムで数字データを書くことが出来るようになりました。

ファイルの読み込み・配列を使った計算

次に，先ほど作成した‘aaa.txt’を読み込んでその値および値間の演算を行います。test4.fというファイルをつくります。

vi test4.f ⏎

```
-------------ここから（この行必要無し）色の入力はできない
c234567890
          implicit real*8 (a-h,o-z)
          integer, parameter : :  ndim=500 !配列の大きさ
          dimension d(ndim),  e(ndim) !配列はd(1),d(2),....,d(500)まで
          open(1, file=‘aaa.txt’)    !入力ファイルの準備
          open(2, file=‘bbb.txt’)    !出力ファイルの準備
          do i=1, 100
           read (1,*) d(i), e(i)
          enddo
          write (6,*) d(1),d(2), d(99), d(100) !ちゃんと読み込んでいるかチェック
          write (6,*) e(1),e(2), e(99), e(100)
          do i=2, 100
            write (2,*) i, d(i)-d(i-1),  e(i)-e(i-1) ! i行，第一列，第２列の引き算をファイルbbb.txtに
          enddo
         close(1)
         close(2)
         stop
         end
---------------------------ここまで（この行必要無し）
```

```
$ gfortran test4.f ⏎
$ a.out ⏎
```

画面には以下の出力

```
 1.0000000000000000       2.0000000000000000       99.000000000000000       100.00000000000000
 1.0000000000000000       3.0000000000000000       4950.0000000000000       5050.0000000000000
```

ファイルbbb.txtは以下のようになる。

```
vi bbb.txt ⏎
```

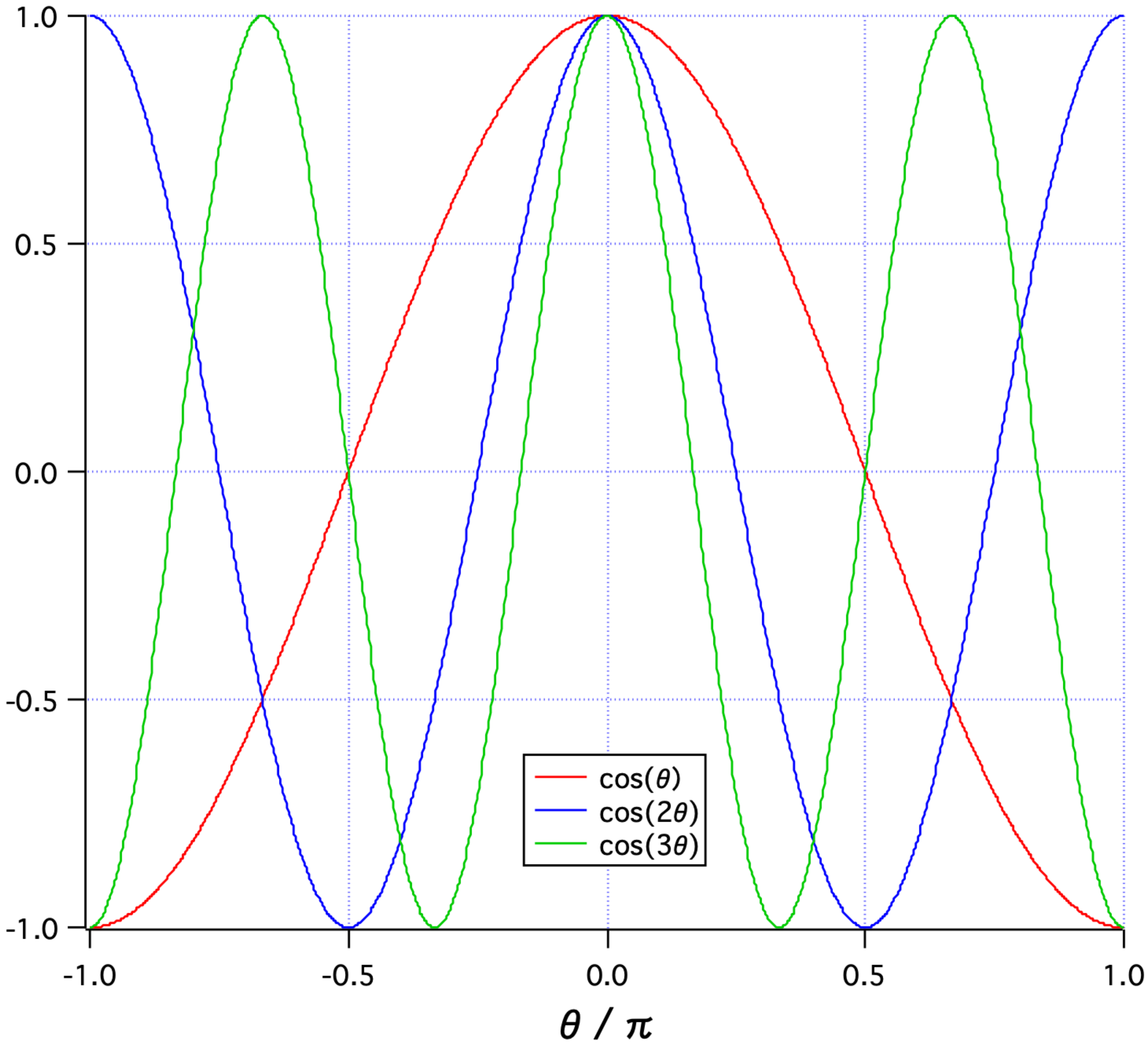
```
           2   1.0000000000000000        2.0000000000000000
           3   1.0000000000000000        3.0000000000000000
           4   1.0000000000000000        4.0000000000000000
           5   1.0000000000000000        5.0000000000000000
           6   1.0000000000000000        6.0000000000000000
           7   1.0000000000000000        7.0000000000000000
           8   1.0000000000000000        8.0000000000000000
           9   1.0000000000000000        9.0000000000000000
          10   1.0000000000000000        10.000000000000000
          11   1.0000000000000000        11.000000000000000
          12   1.0000000000000000        12.000000000000000
          13   1.0000000000000000        13.000000000000000
          14   1.0000000000000000        14.000000000000000
          15   1.0000000000000000        15.000000000000000
...
          95   1.0000000000000000        95.000000000000000
          96   1.0000000000000000        96.000000000000000
          97   1.0000000000000000        97.000000000000000
          98   1.0000000000000000        98.000000000000000
          99   1.0000000000000000        99.000000000000000
         100   1.0000000000000000        100.00000000000000
```

練習問題：フーリエ級数を計算してみよう

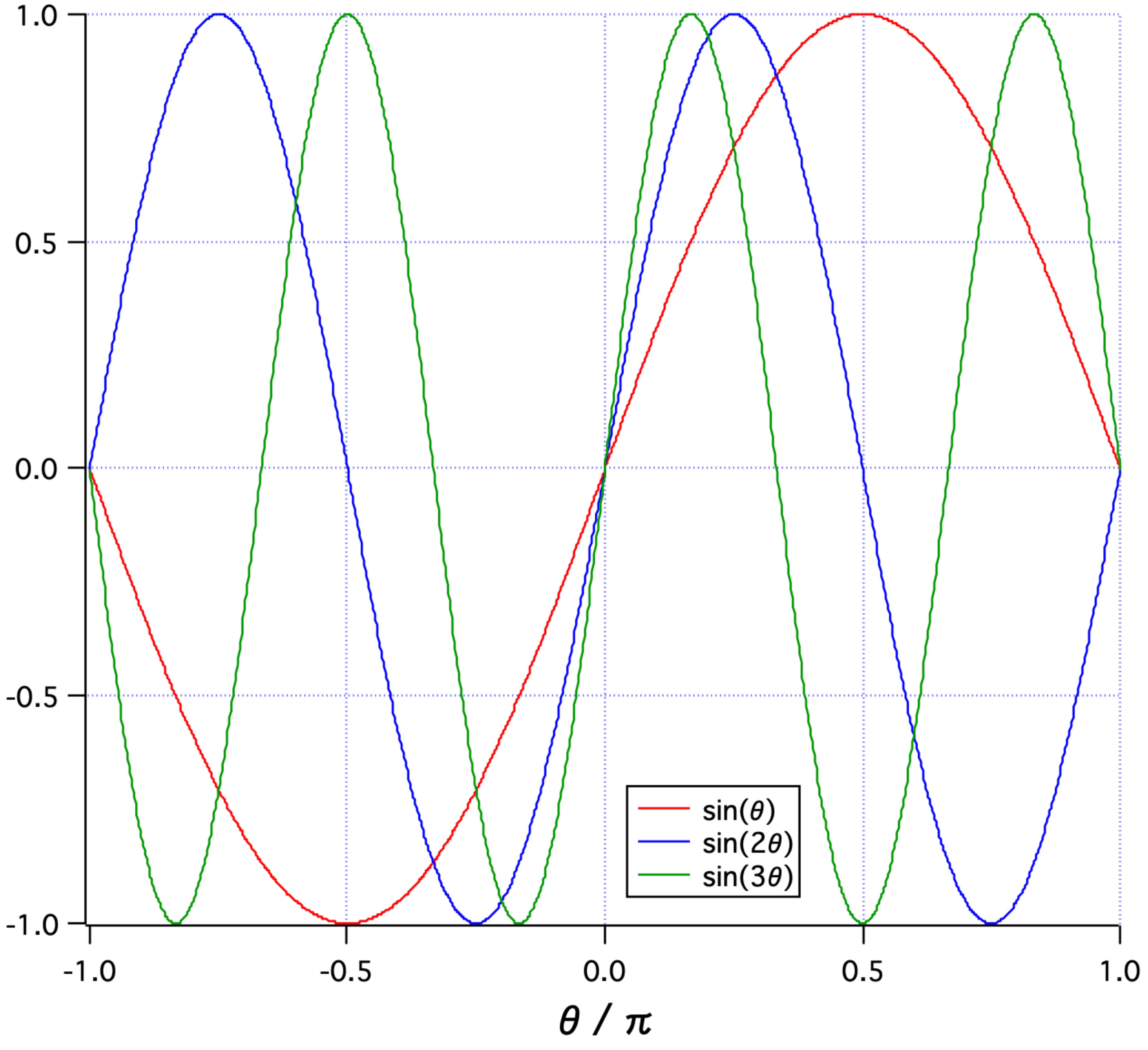
$$f(\theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta)$$

$f(\theta)$は[-π,π]での周期関数

$\cos(n\theta)$



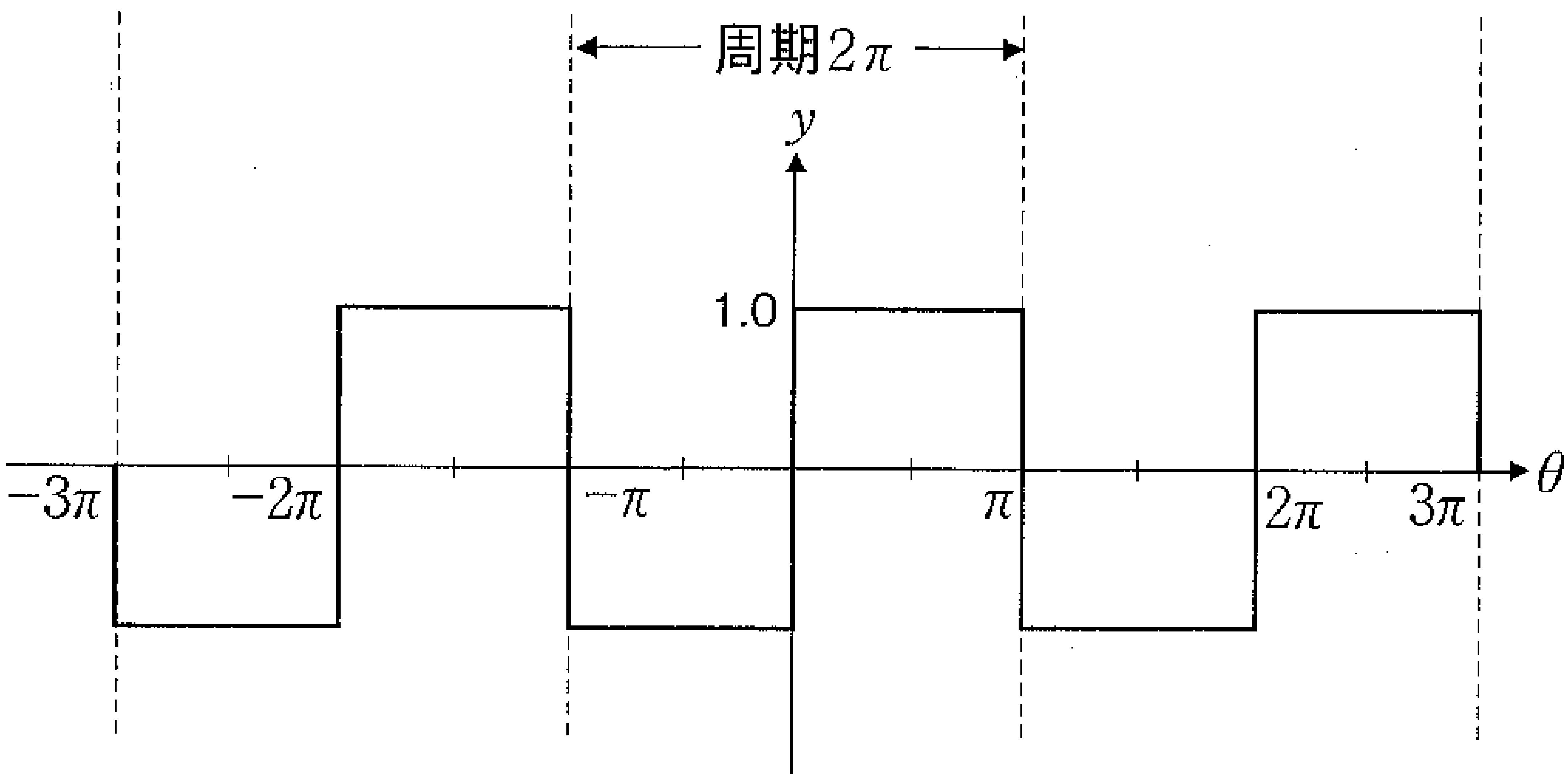
$\sin(n\theta)$



演習問題

$f(\theta)$が以下の場合のフーリエ級数を求めよ。

$$f(\theta) = \begin{cases} -1, & -\pi < \theta < 0 \\ 0, & \theta = -\pi, 0, \pi \\ 1, & 0 < \theta < \pi \end{cases}$$



演習問題解答1

$$a_0 = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \underbrace{f(\theta)}_{\text{odd}}\, d\theta = 0$$

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \underbrace{f(\theta)}_{\text{odd}}\, \underbrace{\cos(n\theta)}_{\text{even}}\, d\theta = 0$$

演習問題解答2

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(\theta)\sin(n\theta)d\theta$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{0}(-1)\sin(n\theta)d\theta + \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\pi}\sin(n\theta)d\theta$$

$$= -\frac{1}{\pi}\left[\frac{-\cos(n\theta)}{n}\right]_{-\pi}^{0} + \frac{1}{\pi}\left[\frac{-\cos(n\theta)}{n}\right]_{0}^{\pi}$$

$$= -\frac{1}{\pi}\left[-\frac{1}{n} + \frac{(-1)^n}{n}\right] + \frac{1}{\pi}\left[-\frac{(-1)^n}{n} + \frac{1}{n}\right]$$

$$= \frac{2}{\pi}\left[\frac{1}{n} - \frac{(-1)^n}{n}\right]$$

$$f(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\theta) = \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{1}{n} - \frac{(-1)^n}{n}\right]\sin(n\theta)$$

$$f(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\theta) = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{n} - \frac{(-1)^n}{n} \right] \sin(n\theta)$$

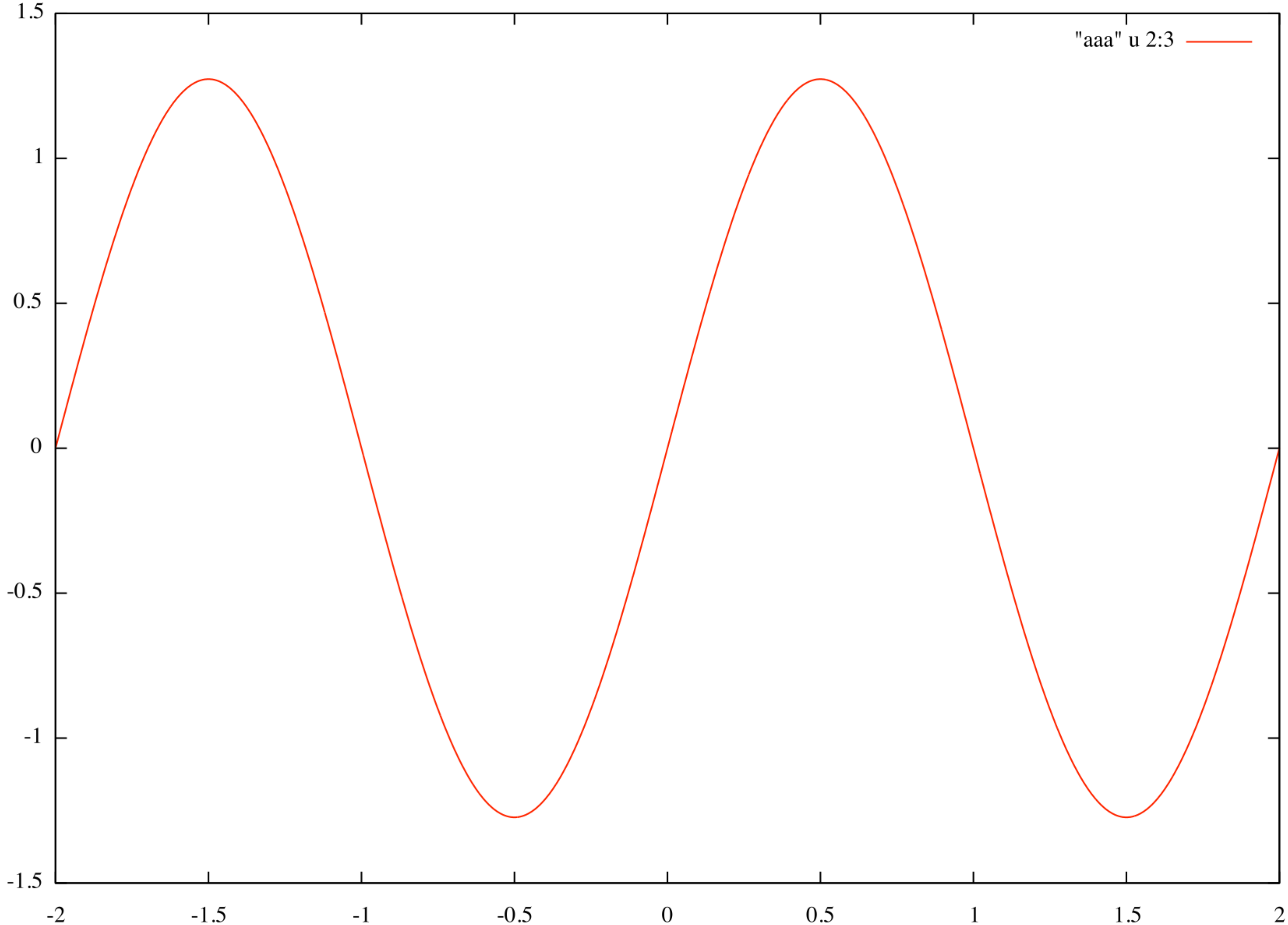
FORTRANでθを-2πから2πまで動かしたときの
n=1, 3, 10, 100, 1000, 10000までの和を計算しよう

```
c2345678
      implicit real*8 (a-h,o-z)
      pi=acos(-1.0d0)
      open (1,file="aaa.txt")
      do i=1, 1001
        theta=-2.0d0*pi+real(i-1)/1000.0d0*4.0d0*pi
        sum=0.0d0
      do j=1, 10000 ! n=10000の場合 n=1,3,10,…にする
        sum=sum+2.0d0/pi*(1.0d0/real(j)
     &           -(-1.0d0)**j/real(j))*sin(real(j)*theta)
      enddo
      write (1,*) theta, theta/pi, sum
     enddo
     close(1)
     stop
     end
```

演習問題
解答3
および
計算
FORTRAN
コード
FS.f

演習問題
計算結果 1

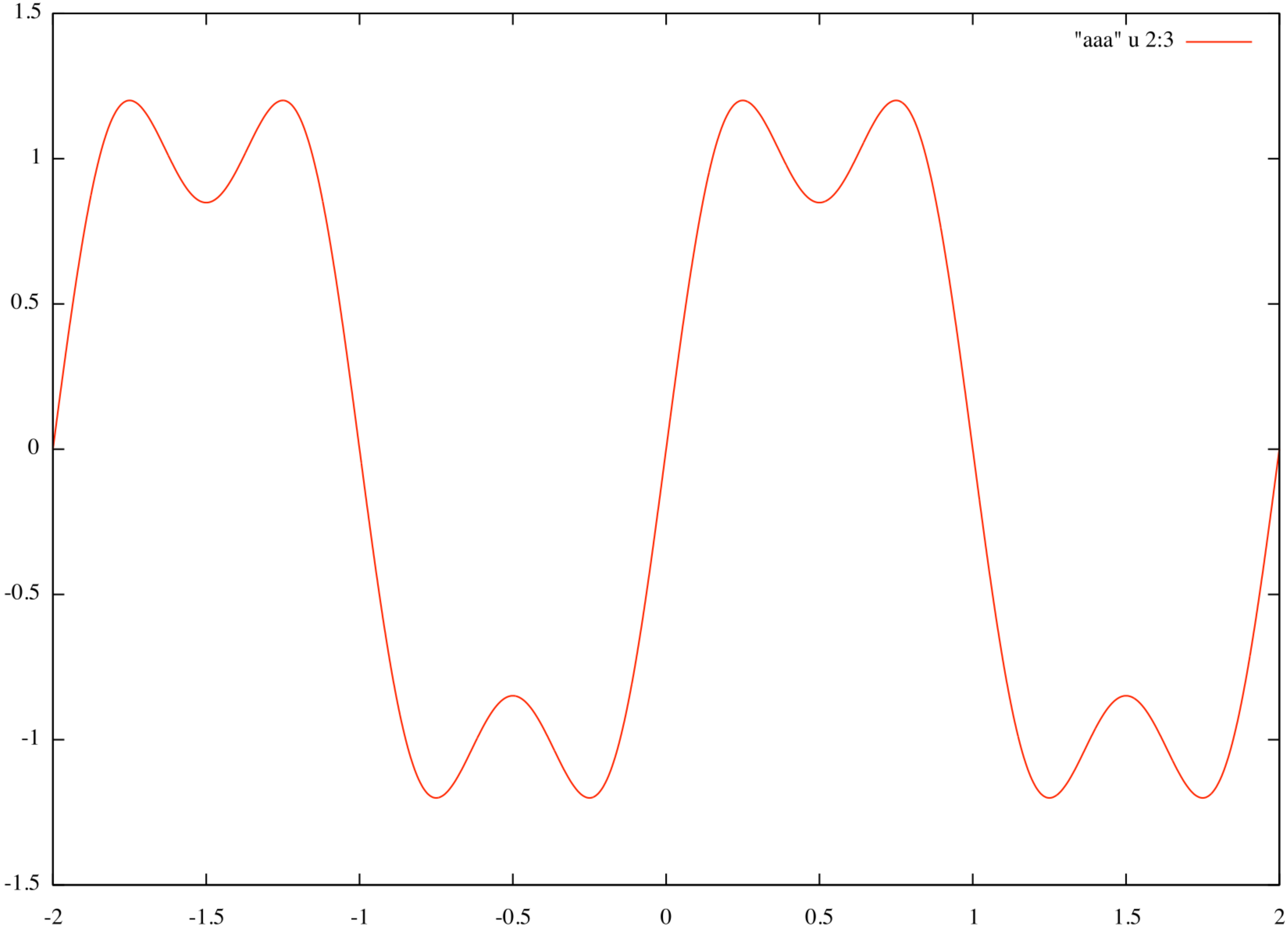
n = 1→3→10→100→1000



θ / π

演習問題
計算結果2

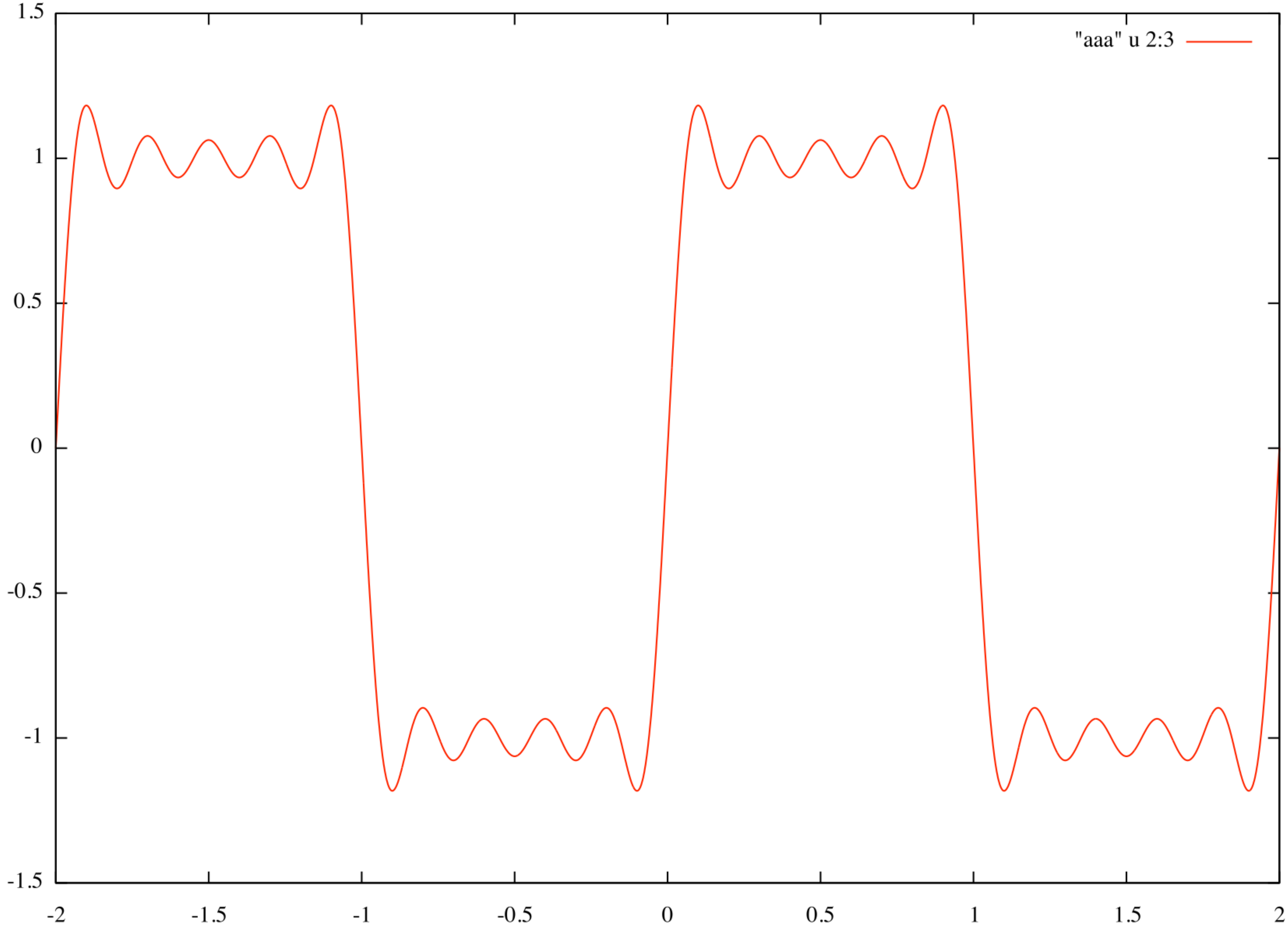
$n = 1 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 100 \rightarrow 1000$



θ / π

演習問題
計算結果3

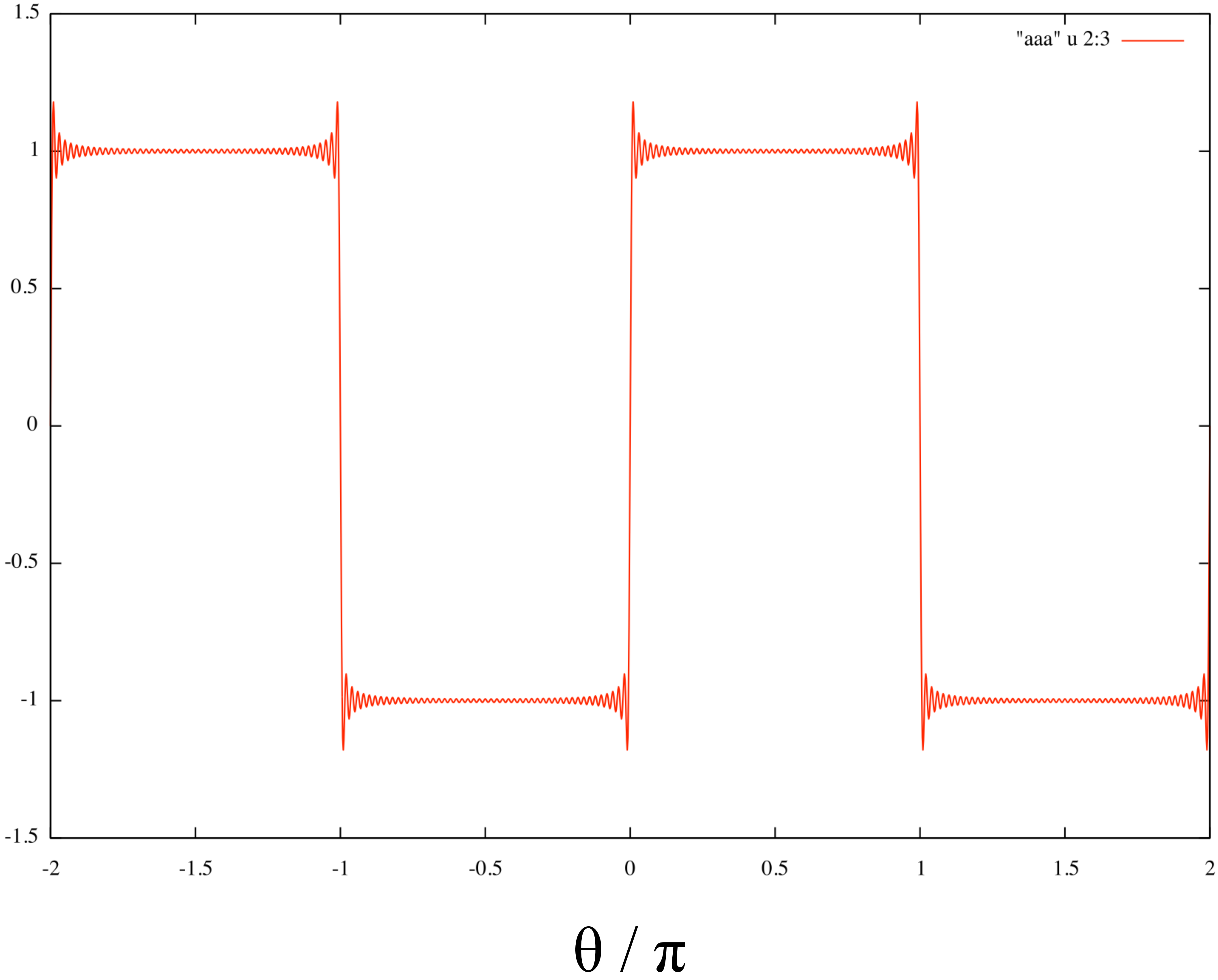
$n = 1 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 100 \rightarrow 1000$



θ / π

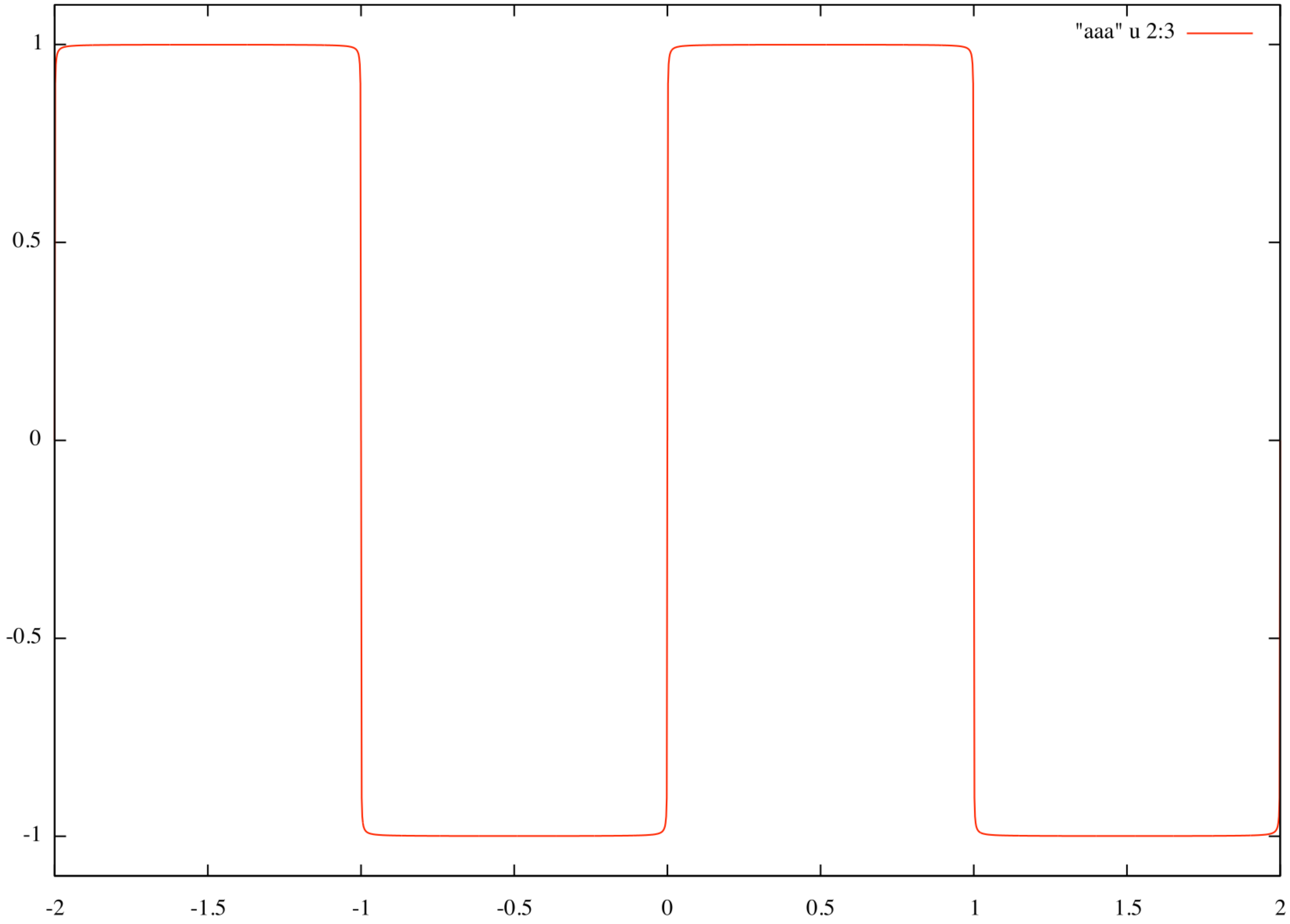
演習問題
計算結果4

n = 1→3→10→100→1000



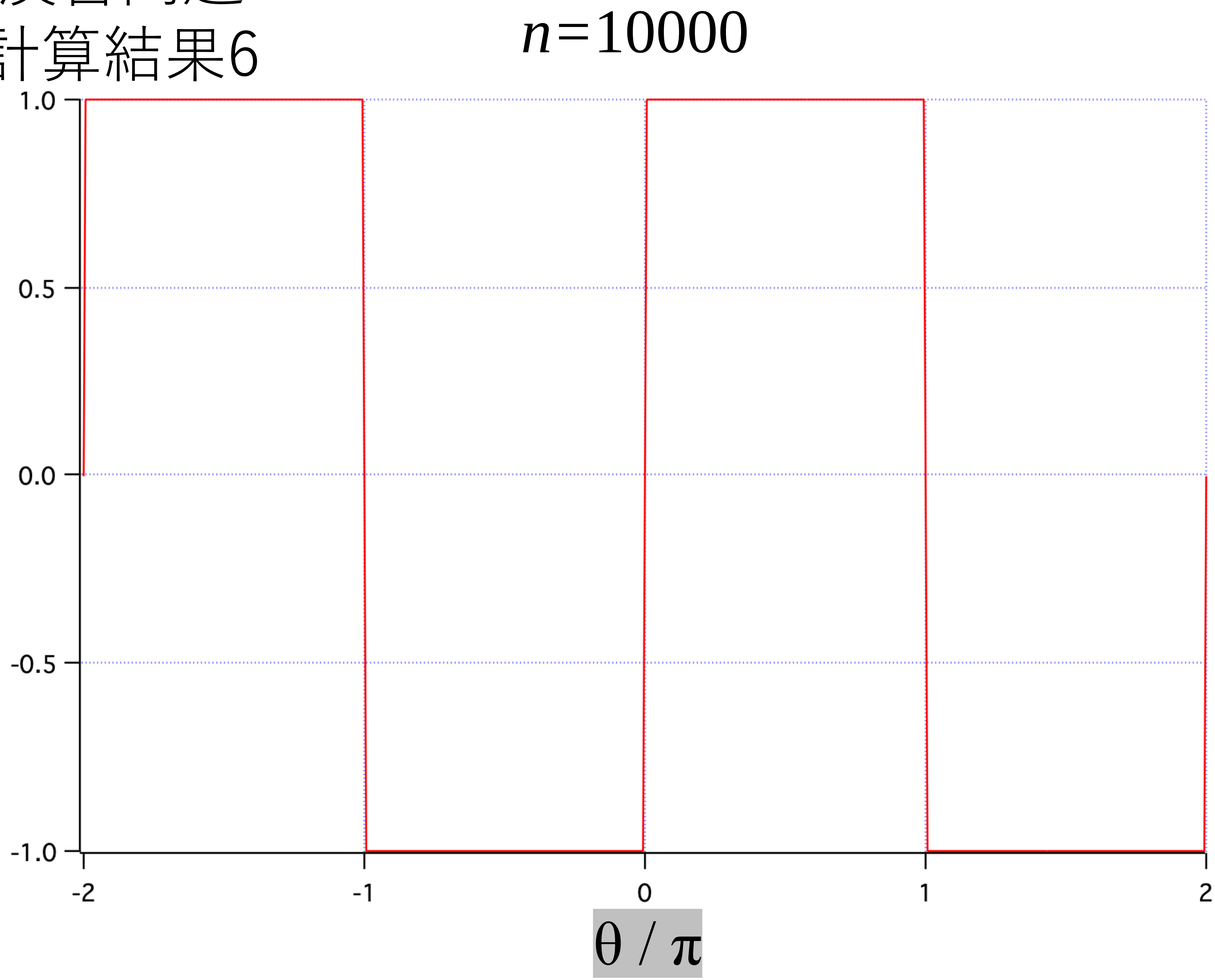
演習問題
計算結果5

$n = 1 \to 3 \to 10 \to 100 \to 1000$



θ / π

演習問題
計算結果6



終わりに

これであなたもプログラマーの仲間入りです。非常に簡単な例だけ述べましたが，もうちょっと勉強すれば何でも計算できそうですよね！

プログラムを書けるということは，今後ますます重要になり，ある意味「創造する側」か「単なるユーザー側」かに別れてくると思います。当然創造する側にいることは何かとアドバンテージがありますよね。