

SATOROOT

松本 悟

平成 25 年 10 月 20 日

目次

0	前書き	3
0.1	どんな人向け	3
0.2	方針	3
0.3	作業環境	3
0.4	お約束事	3
1	ROOT	4
1.1	ROOT とは	4
1.2	なぜ ROOT	4
1.3	ROOT のインストール	4
2	ROOT をコマンドラインで使う	6
2.1	ROOT を起動する	6
2.1.1	ROOT の起動画面を省略する	6
2.1.2	ROOT の起動画面を常に省略する	7
2.1.3	ROOT がデフォルトで読み込むファイル	7
2.2	ROOT を終了する	7
3	ROOT でマクロを読む/実行する方法	8
3.1	hello.cpp の実行方法 1	8
3.2	hello.cpp の実行方法 2	8
3.3	hello.cpp の実行方法 3(推奨)	9
4	幾つかの常套手段	10
4.1	引数を数字にする	10
4.2	引数を文字列にする	10
4.3	引数を複数にする	10
5	関数を描く	12
5.1	練習	13
5.2	解答例	13
6	ヒストグラムを描く	15
6.1	練習	15
6.2	解答例	16

7 TRandom と TCanvas	18
7.1 練習	18
7.2 解答例	19
8 TGraph	20
8.1 ファイルから読み込んでグラフ化する	20
8.1.1 練習	21
8.1.2 解答例	22
8.2 ランダムウォーク	23
8.2.1 練習	23
8.2.2 解答例	23
9 任意の関数に従うヒストグラムを描く	25
9.1 練習	26
9.2 解答例	27
10 File への出力	29
10.1 練習	30
10.2 解答例	30
11 File からの入力	31
12 tree に出会う	32
12.1 meettree.cpp を実行する	32
12.2 Tree を扱う	33
12.3 Tree からヒストグラムを描く	33
12.4 練習	34
12.5 解答例	35
13 Tree から読んで描く	35
13.1 練習	35
13.2 解答例	35
14 ネイティブプログラム	36
A 名前空間	37
A.1 名前空間 std::	37
A.2 名前空間 TMath::	37
B ROOT で使う色	38
C ROOT で使うスタイル	40

0 前書き

0.1 どんな人向け

- 実験系の研究室に配属されてデータの解析をする段階になった人
- 先輩に「ROOT 使えるようになったってね」と言われちゃった人

そんな人の為の覚え書き。SATOROOT とは、本ドキュメントの前身を私の後輩が作業する為に作成していたディレクトリ名から拝借した名前である。

0.2 方針

とりあえず動かす。C++の細かいお作法とか正しい言葉の使い方とかは無視。動かす上で必要なお作法やおまじないについてはその都度紹介したりしなかったりする。とにかく動かせるようにすることを目指す。ただし、自分で調べることに重きを置くのでサンプルを示したらその都度サンプルをいじる練習問題を提供する。

0.3 作業環境

著者の作業環境は

- OS X 10.8.5
- ROOT version 5.34/09

0.4 お約束事

- \$ — プロンプトを表す記号。パソコンがユーザーの入力を受け入れる状態を表す。
- root[i] — i には数字が入る。コマンドライン上で ROOT を作業している時の行番号である。i を省略することもある。
- SATOROOT — この覚え書きで使用する全てのファイルは SATOROOT 以下のディレクトリで行う。

1 ROOT

1.1 ROOT とは

ROOT(<http://root.cern.ch/drupal/>) とは、高エネルギー業界で広く普及している膨大なデータを効率的に扱うためのフレームワークです。C++のお作法でプログラミングします。コメントライン上で ROOT と対話的にプロットやプログラミングを行うことが出来ます。

1.2 なぜ ROOT

世の中のいろんなニーズに応えた結果です。(投げやり)

1.3 ROOT のインストール

ROOT のインストール作業を行う。

- /usr/local/hep/root/5.34.09 — ROOT のライブラリ置き場
- /tmp — コンパイルを実行する時の場所

各ディレクトリの作成

```
$ sudo mkdir -p /usr/local/hep/root/v5.34.09
$ mkdir ~/tmp
```

ROOT のソースコードのダウンロードと展開

```
$ cd ~/tmp
$ sudo wget ftp://root.cern.ch/root/root_v5.34.09.source.tar.gz
$ ls
root_v5.34.09.source.tar.gz
$ sudo tar zxvf root_v5.34.09.source.tar.gz
$ ls
root
root_v5.34.09.source.tar.gz
```

環境変数の定義

```
$ export ROOTSYS=/usr/local/hep/root/v5.34.09
```

インストール作業

```
$ cd root
$ sudo ./configure --prefix=/usr/local/hep/root/v5.34.09
```

以下のコメントが出てくると configure は成功

To build ROOT type:

```
make
make install
```

指示に従い、`make` 及び `make install` を行う。コンパイルする。

```
$ make
```

以下のコメントが出てくると `make` は成功

```
=====
===                ROOT BUILD SUCCESSFUL.                ===
=== Run 'make install' now.                                ===
=====
```

インストールする。

```
$ su
Password:
$ make install
...
$ exit
```

一時ファイルの削除

```
$ cd ../
$ pwd
/tmp
$ rm -rf root
```

環境変数ファイルの作成

ROOT 用の環境変数定義を書き込んだ `setup.sh` を準備して、ホームディレクトリに置く。

— setup.sh —

```
export ROOTSYS=/usr/local/hep/root/v5.34.09
export PATH=${ROOTSYS}/bin:${PATH}
export LD_LIBRARY_PATH=${ROOTSYS}/lib/root:${LD_LIBRARY_PATH}
```

ホームディレクトリ内のファイル `.bash_profile` に以下の一文を追加する。

```
source /usr/local/hep/root/setup.sh
```

その後、

```
source .bash_profile
```

2 ROOT をコマンドラインで使う

2.1 ROOT を起動する

```
$ root
```

ROOT の起動画面が立ち上がり、



図 1: ROOT の起動画面

```
*****
*
*          W E L C O M E  t o  R O O T          *
*
*  Version   5.34/09           26 June 2013    *
*
*  You are welcome to visit our Web site      *
*      http://root.cern.ch                    *
*
*****
```

```
ROOT 5.34/09 (v5-34-09@v5-34-09, Jun 26 2013, 17:10:36 on macosx64)
```

```
CINT/ROOT C/C++ Interpreter version 5.18.00, July 2, 2010
```

```
Type ? for help. Commands must be C++ statements.
```

```
Enclose multiple statements between { }.
```

という一連の情報が表示された後、

```
root[0]
```

となって ROOT が立ち上がり操作可能になる。

2.1.1 ROOT の起動画面を省略する

root 起動時に -l オプションをつければ起動画面は省略される。

```
$ root -l
```

2.1.2 ROOT の起動画面を常に省略する

いちいち `-l` オプションをつけるのが面倒くさい人は `bash` 起動時に自動的に読み込まれるファイル `~/.bash_profile` に次の文章を追加する。

```
alias root="root -l"
```

次に `source` コマンドを使用すればよい。

```
$ source ~/.bash_profile
```

この状態でも ROOT の起動画面を省略しない場合には

```
$ \root
```

2.1.3 ROOT がデフォルトで読み込むファイル

2.2 ROOT を終了する

```
root[] .q
```

3 ROOT でマクロを読む/実行する方法

ROOT への命令文が書かれたプログラムのソースコード `hello.cpp` を準備しよう。

— `hello.cpp` —

```
#include <iostream>
void hello(){
    std::cout << "Hello, world" << std::endl ;
}
```

ざっとプログラムの流れを眺める。

1. `#include <iostream>`

`#include` とは、C++のお作法であってヘッダファイル/ライブラリを読み込むということである。今の場合 C++で標準入出力を行う為に必要となるライブラリ `<iostream>` を読み込むという意味

2. `void hello(){`

マクロの名前を準備するかを記述している箇所である。C++では関数を定義する時に

`<型名> <関数名> (<引数>){HogeHoge}`

という書き方をする。今の場合だと

`<型名> = void`、`<関数名> = hello`、`<引数> = 無し`、といった具合である。暫くの間はマクロ名とファイル名を同じにする。

3. `std::cout << "Hello, world" << std::endl ;`

`std::cout` は標準出力を意味している。`<<` は標準出力先に続き文字列や数字を渡す。`"Hello, world"` を標準出力に渡している。`std::endl` は改行を意味する。

4. `}`

2 行目の `{` に対応する括弧

今はソースコードを理解しなくてもいいが、気になる人は付録 A などを参考にして理解せよ。

3.1 `hello.cpp` の実行方法 1

`hello.cpp` を ROOT 起動時に実行するには、

```
$ root hello.cpp
```

上記のコマンドを実行すると、

```
root [0]
Processing hello.cpp...
Hello, World
```

3.2 `hello.cpp` の実行方法 2

別の方法は ROOT をいったん起動して、プログラムを”ロード”して実行するという手段。

```
$ root
root [0] .L hello.cpp
root [1] hello()
Hello, World
```


3.3 hello.cpp の実行方法 3(推奨)

ロードする時に C++コンパイラを通してマクロに含まれるエラーメッセージなどを表記してくれる方法。やり方は '+' をロードするファイル名の末尾につける。(<http://root.cern.ch/drupal/content/compiling-macros>)

```
$ root
root [0] .L hello.cpp+
```

例えば hello.cpp の `std::endl`; のセミコロンが無い時にはどうなるかというと、下のようエラーメッセージと何が悪いのかをコンパイラが返してくれる。

```
Info in <TUnixSystem::ACLiC>: creating shared library /Users/SATOROOT/hello_cpp.so
In file included from /Users/SATOROOT/hello_cpp_ACLiC_dict.cxx:17:
In file included from /Users/SATOROOT/hello_cpp_ACLiC_dict.h:34:
/Users/SATOROOT/hello.cpp:3:42: error: expected ';' after expression
std::cout << "Hello, World" <<std::endl
^
;
In file included from /Users/SATOROOT/hello_cpp_ACLiC_dict.cxx:17:
In file included from /Users/SATOROOT/hello_cpp_ACLiC_dict.h:18:
/usr/local/hep/root/v5.34.09/include/root/G__ci.h:971:7: \
warning: private field 'type' is not used [-Wunused-private-field]
int type;
^
/usr/local/hep/root/v5.34.09/include/root/G__ci.h:972:7: \
warning: private field 'tagnum' is not used [-Wunused-private-field]
int tagnum;
^
/usr/local/hep/root/v5.34.09/include/root/G__ci.h:973:7: \
warning: private field 'typenum' is not used [-Wunused-private-field]
int typenum;
^
/usr/local/hep/root/v5.34.09/include/root/G__ci.h:975:19: warning: \
private field 'isconst' is not used
[-Wunused-private-field]
G__SIGNEDCHAR_T isconst;
^
/usr/local/hep/root/v5.34.09/include/root/G__ci.h:977:29: warning: \
private field 'dummyForCint7' is not used
[-Wunused-private-field]
struct G__DUMMY_FOR_CINT7 dummyForCint7;
^
5 warnings and 1 error generated.
clang: error: no such file or directory: '/Users/SATOROOT/hello_cpp_ACLiC_dict.o'
Error in <ACLiC>: Compilation failed!
```

4 幾つかの常套手段

4.1 引数を数字にする

引数としてある整数を与えて、その数自身、その数の二乗、その数の三乗を出力するサンプルプログラムがusual1.cppである。

——usual1.cpp——

```
#include <iostream>
#include "TMath.h"
void usual1(int i){
    std::cout << i << std::endl ;
    std::cout << TMath::Power(i,2) << std::endl ;
    std::cout << TMath::Power(i,3) << std::endl ;
}
```

実行方法は次の通りである。

```
$ root
root [0] .L usual1.cpp+
root [1] usual1(3)
3
9
27
```

なお、#include "TMath.h"という命令文によって、ROOT に組み込まれている定数や数式演算を使用可能にしている。<http://root.cern.ch/root/html/TMath.html>

4.2 引数を文字列にする

引数を文字列にしたい場合には

——usualchar.cpp——

```
#include <iostream>
void usualchar(char *name){
    std::cout << "character string = " << name << std::endl ;
}
```

実行方法は次の通りである。

```
$ root
root [0] .L usualchar.cpp
root [1] usualchar("test")
character string = test
```

4.3 引数を複数にする

複数個の引数を与えたい時には引数の () の中に、, を挟んで定義すれば良い。

—usualage.cpp—

```
#include <iostream>
void usualage(char *name,int i){
    std::cout << name << " is " << i << " years old." << std::endl ;
}
```

実行方法は次の通りである。

```
$ root
root [0] .L usualage.cpp
root [1] usualage("satoru",24)
satoru is 24 years old.
```

5 関数を描く

早速、関数を ROOT で関数を描こう。sinfunction.cpp を見てほしい。

sinfunction.cpp

```
#include "TF1.h"
#include "TMath.h"
TF1 *sinfunction(){
    TF1 *f = new TF1("f","TMath::Sin(x)" );
    f->Draw() ;
    return f ;
}
```

そしてとりあえず実行して欲しい。

```
$ root
root [0] .L sinfunction.cpp+
root [1] sinfunction()
Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>:  created default TCanvas with name c1
(class TF1*)0x7fe64437b580
```

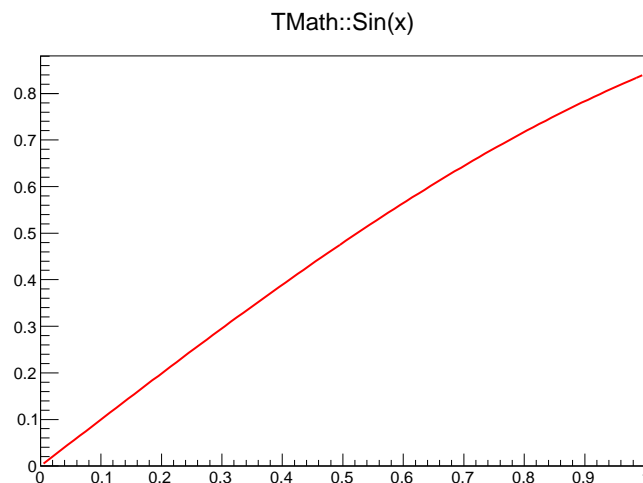


図 2: sinfunction.cpp の実行結果

おそらく、思っていたような定義域でない、軸に名前がついていないなどいろいろな不満があるだろう。それらは全て人間が指定してあげる必要がある。そういった手法も紹介していく。

これまであまりにすっ飛ばしてきたので、sinfunction.cpp を一行目から簡単に見ていこう。(C++のお作法をしっかり学ぶつもりは無いので説明はそれなりの質なので気になる箇所は自分でググるべし)

1. #include "TF1.h"
ROOT で関数を描く為に必要となるライブラリ"TF1.h"を読み込むという意味
2. #include "TMath.h"
ROOT で特定の定数 π や e などの値や、関数 $\sin(x)$ 、 $\exp(x)$ などを使用する時に必要となるライブラリ"TMATH.h"を読み込む。
3. TF1 *sinfunction(){
マクロの名前を準備するかを記述している箇所である。<型名> = TF1、<関数名>=sinfunction、<引数>

=無し、を表している。`*sinfunction` というのは `sinfunction` という関数のポインタを意味するが、これ以上は触れない。

4. `TF1 *f = new TF1("f","TMath::Sin(x)") ;`

ここからが `sinfunction.cpp` の本文。この行の左辺では `TF1` という型のポインタ `f` を定義している。`new` とは C++ のお作法でメモリを動的に確保する為のものである。`TF1("f","TMath::Sin(x)")` とは左辺で定義した `f` というポインタの名前を `f` として、その間数は `TMath` というライブラリの中で定義された `Sin(x)` という関数にするという意味。

5. `f->Draw() ;`

`f` というポインタを描く。4 行目のやり方で定義されたポインタ `f` に対して命令を与える時には `->` というアロー演算子を用いる。

6. `return f ;`

7. `}`

3 行目の `{` に対応する括弧。

5.1 練習

1. 定義域を $-\pi$ から π に変更せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TF1.html#TF1:TF1@1>

2. $2 \sin(x/2)$ を描け。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TF1.html#TopOfPage> の B - Expression using variable x with parameters

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TFormula.html#TFormula:SetParameter>

3. $\sin(x)$ と $\cos(x)$ を一緒に描け。また $\sin(x)$ の線を赤色、 $\cos(x)$ の線を緑色にせよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TF1.html#TF1:Draw>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttLine.html#TAttLine:SetLineColor>

5.2 解答例

1. 定義域を $-\pi$ から π に変更せよ。

```

sinfunctionsol1.cpp
...
TF1 *sinfunctionsol1(){
    double pi = TMath::Pi() ;

    TF1 *f = new TF1("f","TMath::Sin(x)", -pi, pi) ;
    ...
}

```

2. $2\sin(x/2)$ を描け。

```
sinfunctionsol2.cpp
...
TF1 *sinfunctionsol2(){
    double pi = TMath::Pi() ;

    TF1 *f = new TF1("f","[0]*TMath::Sin([1]*x)", -pi, pi) ;
    f->SetParameter(0, 2.) ;
    f->SetParameter(1, 0.5) ;
    ...
}
```

3. $\sin(x)$ と $\cos(x)$ を一緒に描け。また $\sin(x)$ の線を赤色、 $\cos(x)$ の線を緑色にせよ。

```
sinfunctionsol3.cpp
#include "TF1.h"
#include "TMath.h"
TF1 *sinfunctionsol3(){
    double pi = TMath::Pi() ;

    TF1 *f = new TF1("f","TMath::Sin(x)", -pi, pi) ;
    TF1 *f2 = new TF1("f2","TMath::Cos(x)", -pi, pi) ;

    f->SetLineColor(kRed) ;
    f2->SetLineColor(kGreen) ;

    f->Draw() ;
    f2->Draw("same") ;
    return f ;
}
```

6 ヒストグラムを描く

hist1.cpp

```
#include "TH1.h"
#include <iostream>

TH1D *hist1(){
    std::cout << "Start!!" << std::endl;
    TH1D *h = new TH1D("h","h",100,-5.,5.);
    h->FillRandom("gaus") ;
    h->Draw();
    return h;
}
```

まずは実行してみてほしい。すると、

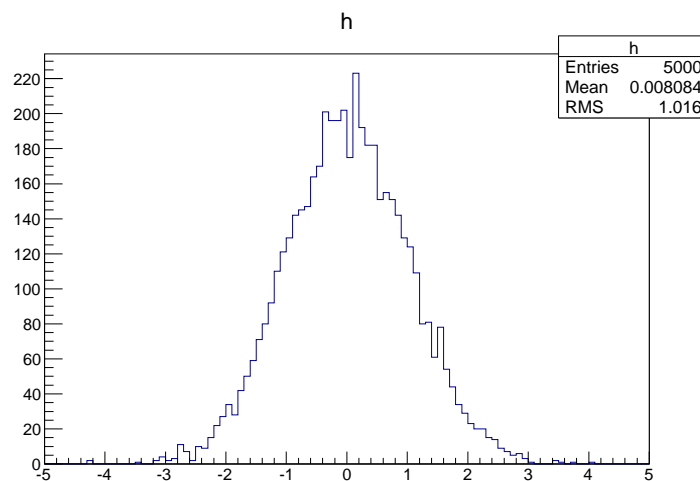


図 3: ヒストグラムの図

6.1 練習

1. ヒストグラムを統計誤差付きで評価せよ

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TH1.html#TH1:Draw>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/THistPainter.html#HP01a>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/THistPainter.html#HP01b>

2. ヒストグラムの最大値を取得せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TH1.html#TH1:GetMaximum>

3. ヒストグラムの最大値が納められた bin の bin 番号を取得せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TH1.html#TH1:GetMaximumBin>

4. ヒストグラムの最大値が納められた bin のエラーの値を取得せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TH1.html#TH1:GetBinError>

5. GUI を用いてグリッドを描け。最終的に図 4 のように描け。

ヒント GUI では < View > から < Editor > を選択する。するとキャンバスの左側に様々な編集ツールが表示される。

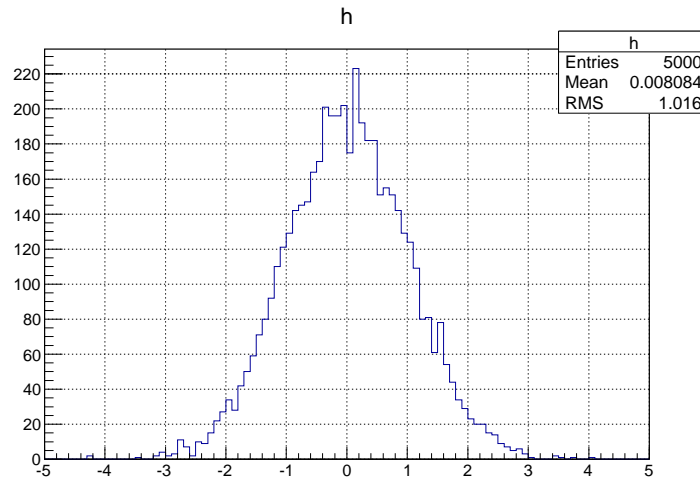


図 4: グリッドを描いたヒストグラム

6. ROOT で `h->Draw()`; を行ったら、

Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1

というメッセージが出ただろう。文字どおり、c1 というキャンバスが作られ、そこに h が描画されている。c1 を "c1.eps" として保存せよ。

ヒント ROOT のキャンバスなどは全て TObject からの派生である。

<http://root.cern.ch/root/html/TObject.html#TObject:SaveAs>

6.2 解答例

1. ヒストグラムを統計誤差付きで評価せよ

hist1sol1.cpp

```
...
TH1D *hist1sol1(){
    ...
    h->Draw("E");
    ...
}
```

2. ヒストグラムの最大値を取得せよ。

```
root [0] .L hist1.cpp+
root [1] hist1()
Start!!
Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1
```



```
(class TH1D*)0x7f97b4b7bda0  
root [2] h->GetMaximum()  
(const Double_t)2.2300000000000000e+02
```

3. ヒストグラムの最大値が納められた bin の bin 番号を取得せよ。

```
root [3] h->GetMaximumBin()  
(const Int_t)52
```

4. ヒストグラムの最大値が納められた bin のエラーの値を取得せよ。

```
root [4] int maxbinnum = h->GetMaximumBin()  
root [5] h->GetBinError(maxbinnum)  
(const Double_t)1.49331845230680784e+01
```

5. GUI を用いてグリッドを描け。最終的に図 4 のように描け。

6. c1 を”c1.eps”として保存せよ。

```
root [6] c1->SaveAs("c1.eps")  
Info in <TCanvas::Print>: eps file c1.eps has been created
```

7 TRandom と TCanvas

乱数とキャンバスの操作に出会う。

canran.cpp

```
#include "TCanvas.h"
#include "TH1.h"
#include "TRandom3.h"
#include "TStyle.h"
TCanvas *canran(){
    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","c1",600,600) ;
    TRandom3 *r = new TRandom3();
    TH1D *h = new TH1D("h","h-title;x;y",100,-5,5) ;
    for(int i = 0 ; i<100000 ; i++){
        h->Fill(r->Uniform(-3.,3.)) ;
    }
    h->Draw("HE") ;
    c1->SaveAs("c1.eps") ;
    return c1 ;
}
```

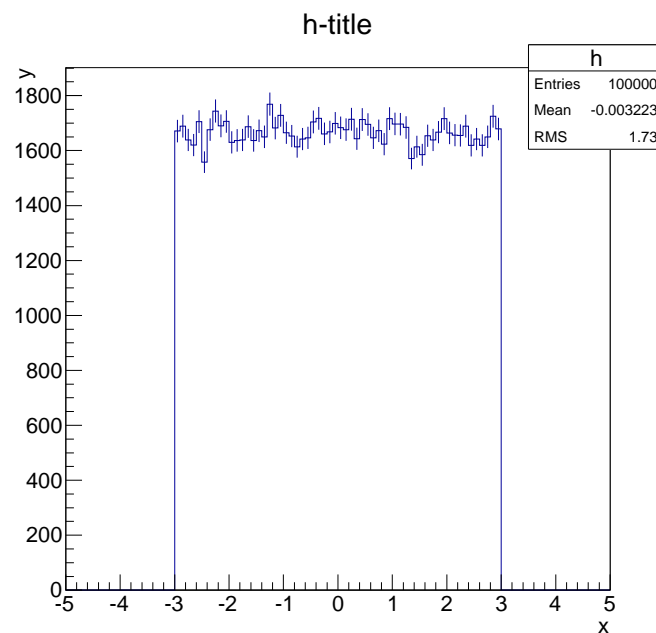


図 5: canran.cpp の実行結果

7.1 練習

1. プログラムの各行を説明せよ。

ヒント メルセンヌツイスタとはメルセンヌ数という数の特徴を用いた乱数生成子のこと。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom3.html>

2. 今は `h->Fill(r->Uniform(-1.,1.))` ; としているが、`h->Fill(r->Exp(1.))` ;、`h->Fill(r->Gaus(1.,1.))` ;、`h->Fill(r->Binomial(3,0.3))` ;、`h->Fill(r->PoissonD(1))` ; などとした時の挙動を確かめよ。

ヒント これを気に幾つかの基本的な確率分布について調べよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:Exp>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:Gaus>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:Binomial>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:Poisson>

3. `hist1` を繰り返し実行した時にヒストグラムに変化があるかどうか検証せよ。変化がない場合、この原因を突き止めて実行毎に違うヒストグラムが出来上がるような仕様へ変更せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:TRandom>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:SetSeed>

7.2 解答例

1. プログラムの各行を説明せよ。
2. 今は `h->Fill(r->Uniform(-1.,1.))` ; としているが、`h->Fill(r->Exp(1.))` ;、`h->Fill(r->Gaus(1.,1.))` ;、`h->Fill(r->Binomial(3,0.3))` ;、`h->Fill(r->PoissonD(1))` ; などとした時の挙動を確かめよ。
3. `hist1` を繰り返し実行した時にヒストグラムに変化があるかどうか検証せよ。変化がない場合、この原因を突き止めて実行毎に違うヒストグラムが出来上がるような仕様へ変更せよ。

— canransol1.cpp —

```
...
TCanvas *canransol1(){
    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","c1",600,600) ;
    TRandom3 *r = new TRandom3() ;
    r->SetSeed(unsigned (time(NULL))) ;
    ...
}
```

8 TGraph

ROOT を使って x 座標及び y 座標を与えてグラフを描くことが大いに考えられる。ROOT では TGraph を使うことで実現できる。

8.1 ファイルから読み込んでグラフ化する

シンチレータと光電子増倍管を組み合わせた検出器を考える。光電子増倍管からの信号にある閾値を設け、光電子増倍管に印加する電圧を変化させて単位時間あたりにどれだけの取量が得られたかを測定した実験を考える。この時、下記のような形式のデータファイルをきつと作ることだろう。

```
-----plateaudata.plt-----  
# HV[V]   Counts[c/min]  
1400    3  
1450    1  
1500    2  
1550   10  
1600   14  
1650   20  
1700   80  
1750  250  
1800  600  
1850  900  
1900 1000  
1950 1050  
2000 1060  
2050 1090  
2100 1095  
2150 1100  
2200 1105  
2250 1108  
2300 1109  
2350 1105  
2400 1110  
2450 1120  
2500 1150  
2550 1240  
2600 1350  
2650 1505  
2700 1700
```

plateaudata.plt をプロットする方法はいくつか在る。おそらく入り番簡単なのは `gnuplot`(<http://www.gnuplot.info>) を用いる方法である。`gnuplot` でこのテキストを図に起こす方法は下記の通り。

```
$ gnuplot  
gnuplot> plot "plateaudata.plt"
```

実行結果は図 6 のようである。

これを ROOT で行う最低限のサンプルプログラムを示す。

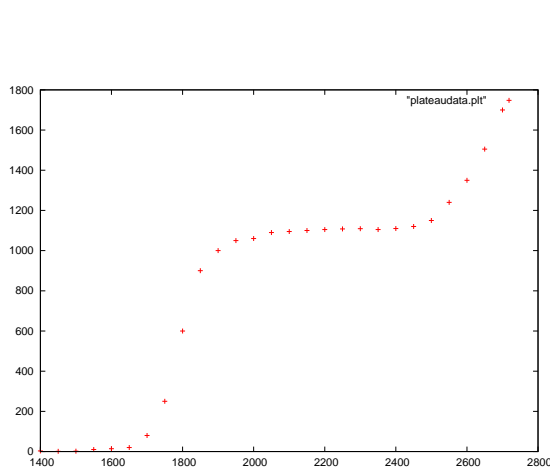


図 6: plateaudata.plt を gnuplot を用いて描いた時の様子。

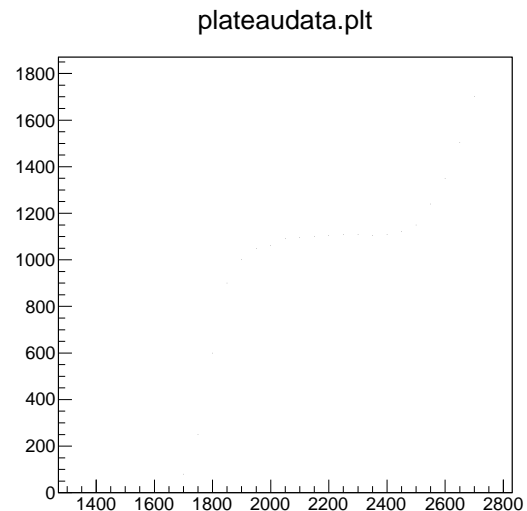


図 7: plateaudata.plt を plateauplot.cpp を用いて描いた時の様子。

plateauplot.cpp

```
#include "TGraph.h"
#include "TCanvas.h"

TCanvas *plateauplot(){
    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "c1", 600, 600) ;
    TGraph *f = new TGraph("plateaudata.plt", "%lf %lf") ;
    f->Draw("AP") ;
    return c1 ;
}
```

この実行結果が図 7 である。

8.1.1 練習

1. プログラムの各行を理解せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TGraph.html>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TGraph.html#TGraph:TGraph@10>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TGraph.html#TGraph:Draw>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TGraphPainter.html>

2. 引数をデータファイル名にするように変更せよ。

3. 図 7 を見てわかるように、デフォルトではマーカーのサイズが小さい。マーカーサイズを調整したり、軸のタイトルを変更するなどしておしゃれせよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttMarker.html#TAttMarker:SetMarkerStyle>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttMarker.html#TAttMarker:SetMarkerSize>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttMarker.html#TAttMarker:SetMarkerColor>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttPad.html#TAttPad:SetLeftMargin>

8.1.2 解答例

1. プログラムの各行を理解せよ。
2. 引数をデータファイル名に変更せよ。
3. 図7を見てわかるように、デフォルトではマーカーのサイズが小さい。マーカーサイズを調整したり、軸のタイトルを変更するなどしておしゃれせよ。

```

...
TCanvas *plateauplotsol1(char *datafilename)){
    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "c1", 600, 600) ;
    c1->SetGrid(1,1) ;
    c1->SetLogy() ;
    c1->SetLeftMargin(0.14) ;
    TGraph *f = new TGraph(datafilename, "%lf %lf") ;
    f->SetMarkerStyle(20) ;
    f->SetMarkerSize(1.1) ;
    f->SetMarkerColor(kRed) ;
    f->SetTitle("Plateau Curve") ;
    f->GetXaxis()->SetTitle("Voltage[V]") ;
    f->GetYaxis()->SetTitle("Counts[c/min]") ;
    f->GetYaxis()->SetTitleOffset(1.4) ;
    f->Draw("AP") ;
    return c1 ;
}

```

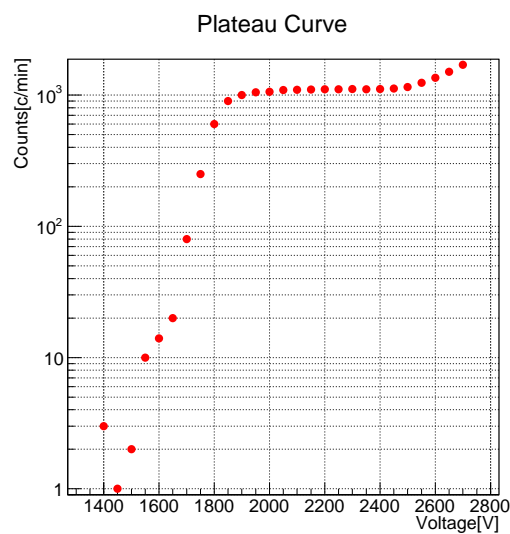


図 8: plateauplotsol1.cpp の実行結果。

8.2 ランダムウォーク

— randomwalk.cpp —

```
#include "TRandom3.h"
#include "TCanvas.h"
#include "TGraph.h"

TCanvas *randomwalk(){
    const int imax = 100 ;
    double x[imax] = {0.} ;
    double y[imax] = {0.} ;

    TRandom3 RandomGenerator(unsigned(time(NULL))) ;
    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "c1", 600,600) ;
    c1->SetGrid(1,1) ;
    for(int i = 1 ; i < imax ; i++){
        x[i] = RandomGenerator.Uniform(-1., 1.) + x[i-1] ; // 前の位置から [-1,1] だけ x 座標を移動
        y[i] = RandomGenerator.Uniform(-1., 1.) + y[i-1] ; // 前の位置から [-1,1] だけ y 座標を移動
    }
    TGraph *f = new TGraph(imax, x, y) ;
    f->SetLineStyle(1) ;
    f->SetLineWidth(2) ;
    f->SetLineColor(kRed) ;
    f->SetMarkerStyle(20) ;
    f->SetMarkerSize(1.1) ;
    f->SetMarkerColor(kBlue) ;

    f->Draw("APL") ;
    return c1 ;
}
```

8.2.1 練習

1. プログラムの各行を説明せよ

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TGraph.html>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TGraph.html#TGraph:TGraph@2>

2. 今は x,y それぞれの変化は [-1,1] で与えているが、現在位置から半径 1 の円周上が新しい点になるようにプログラムを変更せよ。これは TGraph の練習というよりも乱数の練習である。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TRandom.html#TRandom:Circle>

8.2.2 解答例

1. プログラムの各行を説明せよ

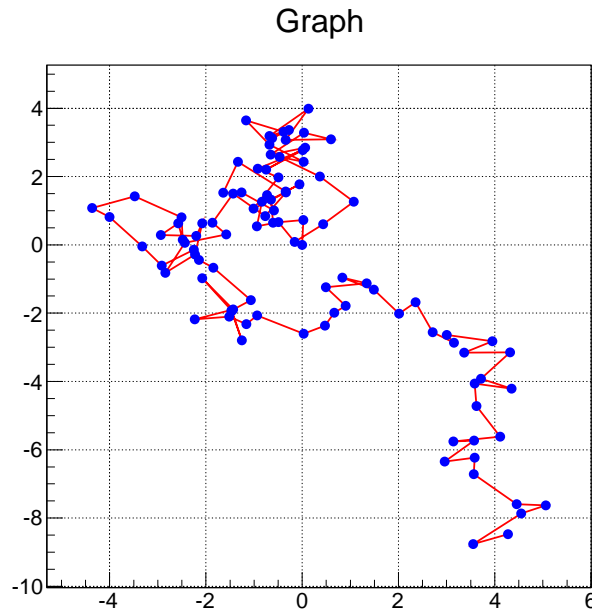


図 9: randomwalk.cpp の実行結果

2. 今は x, y それぞれの変化は $[-1, 1]$ で与えているが、現在位置から半径 1 の円周上に新しい点になるようにプログラムを変更せよ。

randomwalksol1.cpp

```
...
TCanvas *randomwalksol1(){
    const int imax = 100 ;
    double x[imax] = {0.} ;
    double y[imax] = {0.} ;
    double deltax ;
    double deltay ;
    double radius = 1.0 ;
    ...
    for(int i = 1 ; i < imax ; i++){
        RandomGenerator.Circle(deltax, deltay, radius) ; // 半径radiusの円周上に一様に乱数を
        生成する。
        x[i] = deltax + x[i-1] ; // 前の座標から deltax だけ移動する
        y[i] = deltay + y[i-1] ; // 前の座標から deltay だけ移動する
    }
    TGraph *f = new TGraph(imax, x, y) ;
    ...
}
```

念のため、実行方法は次の通り。

```
$ root
root[0] .L plateauplotsol1.cpp+
root[1] plateauplotsol1("plateaudata.plt")
```


9 任意の関数に従うヒストグラムを描く

自分で定義した関数に従って乱数を生成してヒストグラムを描こう。

—ranfun.cpp—

```
#include "TCanvas.h"
#include "TF1.h"
#include "TH1.h"
#include "TMath.h"
TH1D *ranfun(){
    double range_min = 0. ; // 0 [ns]
    double range_max = 8000.e-9 ;// 8000 [ns]
    double tau      = 2.2e-6 ; // it means lifetime
    double bgd = 0.5 ; // Background
    int nbin = 100 ; // histogram bin num
    int imax = 1000000 ; // event

    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","c1",600,600) ;
    c1->SetGrid(1,1) ; // Canvas c1 にグリッドを描く
    c1->SetLogy(1) ; // Canvas c1 の縦軸を log で

    TF1 *f = new TF1("f","TMath::Exp(-x/[0])+[1]", range_min, range_max) ;
    f->SetParameter(0, tau) ;
    f->SetParameter(1, bgd) ;
    // f->SetParameters(tau,bgd) ; // <--上の二行はこの一行と等価

    TH1D *h = new TH1D("h","Decay curve (Muon);TDC [s] ; Counts ", nbin, range_min, range_max) ;
    for(int i=0; i < imax; i++){
        h->Fill(f->GetRandom()) ;
    }
    h->Draw("HE") ;

    /*****\
    * Decay Curve Fitting
    \*****/
    /* If you want to use fit, then please uncomment
    gStyle->SetOptFit(1101) ;
    TF1 *muon = new TF1("muon","[0]*TMath::Exp(-x/[1])+[2]") ;
    muon->SetParameters(2e+3, 2e-6, 1e+2) ;
    muon->SetLineColor(kBlue) ;
    muon->SetLineWidth(4) ;
    h->Fit(muon) ;
    */
    return h ;
}
```

9.1 練習

1. プログラムの各行の役割を理解せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TF1.html#TF1:GetRandom>

2. 図 10 のようなおしゃれをしたヒストグラムを描け。

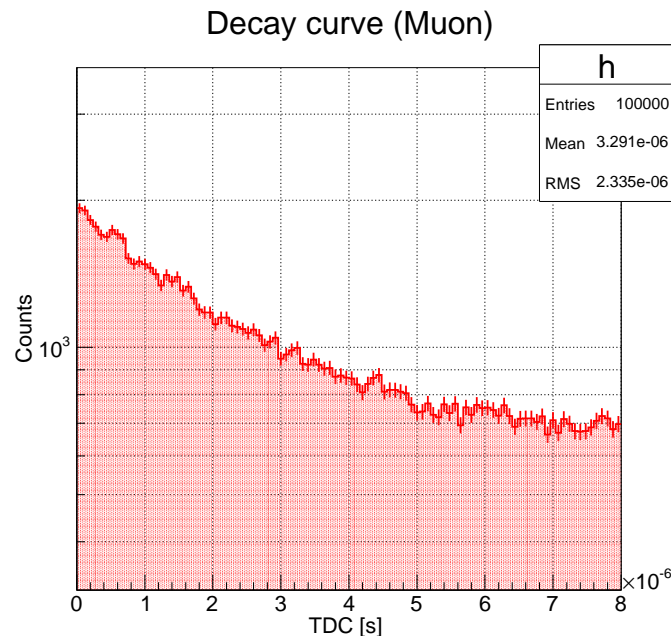


図 10: 各種の設定をいじったヒストグラム

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TH1.html#TH1:GetXaxis>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/doc/TAxis.html#TAxis:CenterTitle>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TH1.html#TH1:SetTitleOffset>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttFill.html#TAttFill:SetFillColor>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TAttFill.html#TAttFill:SetFillStyle>

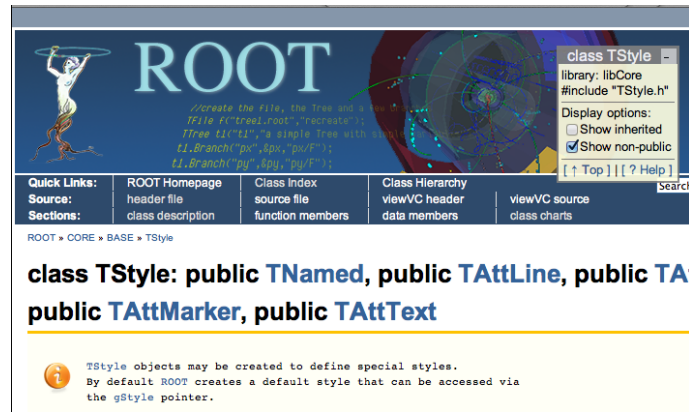
3. `ranfun.cpp` の下部 `Decay Curve Fitting` 以下のコメントアウトされている箇所 `/* ... */` をアンコメントして実行してみよ。

ヒント この状態で `ranfun.cpp` をコンパイルオプション付きでロードしたらエラーメッセージが出るだろう。何を `include` すべきかはコンパイラが認識し兼ねている単語と 'ライブラリ' などの言葉と一緒に検索せよ。それが ROOT に関連しているものであれば各 `class` を説明しているページの右上に何を `include` すべきかが書いてある。

<http://root.cern.ch/root/html/TStyle.html>

4. フィッティングの情報が誤差付きで描かれるように変更せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TStyle.html#TStyle:SetOptFit>



9.2 解答例

1. プログラムの各行の役割を理解せよ。
2. 図 10 のようなおしゃれをしたヒストグラムを描け。

```

...
ranfunso11.cpp
...
TH1D *ranfunso11(){
    ...
    h->GetXaxis()->CenterTitle() ;
    h->GetYaxis()->CenterTitle() ;
    h->GetYaxis()->SetTitleOffset(1.4) ;
    h->SetFillStyle(3002) ;
    h->SetFillColor(kRed-4) ;
    h->SetLineColor(kRed) ;
    h->SetLineWidth(2) ;
    ...
}

```

3. ranfun.cpp の下部 Decay Curve Fitting 以下のコメントアウトされている箇所/* ... */をアンコメントして実行してみよ。
4. フィッティングの情報が誤差付きで描かれるように変更せよ。

```

...
ranfunsol2.cpp
...
TH1D *ranfunsol2(){
    ...
    // If you want to use fit, then please uncomment
    gStyle->SetOptFit(1111) ;
    TF1 *muon = new TF1("muon","[0]*TMath::Exp(-x/[1])+[2]" ) ;
    muon->SetParameters(2e+3, 2e-6, 1e+2) ;
    muon->SetLineColor(kBlue) ;
    muon->SetLineWidth(4) ;
    h->Fit(muon) ;
    ...
}

```

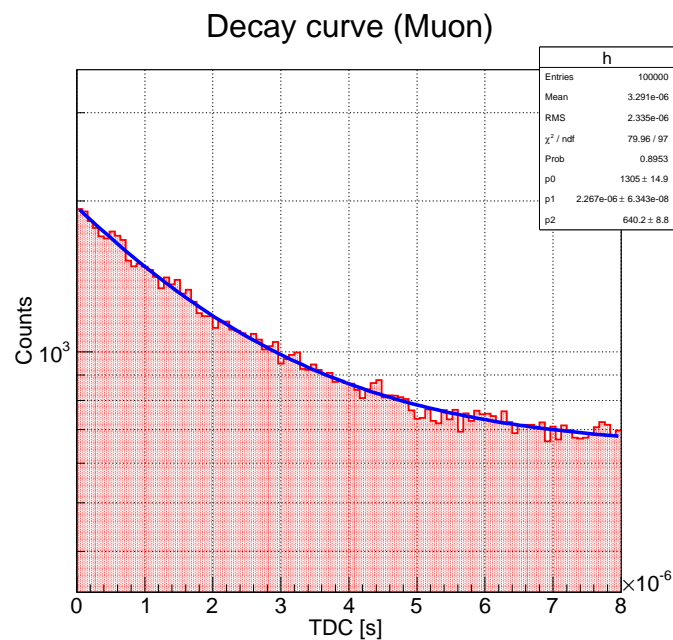


図 11: ranfunsol2.cpp の実行結果

10 File への出力

— fileout.cpp —

```
#include "TCanvas.h"
#include "TH1.h"
#include "TMath.h"
#include "TRandom3.h"
#include <fstream>
#include <iostream>
TCanvas *fileout(){
    std::ofstream outputfile; // file の出力先
    outputfile.open("output.plt" );// file を開く

    TRandom3 Random(unsigned(time(NULL)));

    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","c1") ;

    int imax = 100000; // event 数の最大値
    double start ; // start の時刻を擬似的に与える。
    double stop ; // stop の時刻を擬似的に与える。
    double tdc ; // TDC でのカウント数を擬似的に与える。
    double life = 2.2e-6 ; // Muon の平均寿命を入力する。

    TH1D *h1 = new TH1D("h1","h1",200,0,8000e-9) ; // [s]
    for(int i = 0; i < imax; i++){
        start = Random.Uniform(0., 1.e-9) ; // start の時刻を擬似的に与える。
        stop = Random.Exp(life) ; // 指数関数に従った乱数だけ立った時刻を stop とする
        stop += start ; // start してから 指数関数に従った乱数だけ立った時刻を stop とする
        tdc = stop - start ; // このプログラムだけを見るとこの処理は余分な処理だが、TDC の理の為
        std::cout << tdc << " [s] :: " << start << " " << stop << std::endl;
        // output という出力先に start と stop をスペース区切りで出力する
        outputfile << start << " " << stop << " " << endl ;
        h1->Fill(tdc) ; // ヒストグラムに詰める
    }
    h1->Draw("H") ; // 確認用にヒストグラムを出力する。
    outputfile.close(); // ファイルを閉じる return c1 ;
}
```

— output.plt —

```
4.8318e-10 1.59013e-06
8.88674e-11 2.45466e-06
8.04413e-10 1.65805e-06
...
```

10.1 練習

1. プログラムの各行を理解せよ

ヒント <fstream> なるものを include している。これはファイル操作の時に今回使用するライブラリである。
(今回は使用していないが、ROOT には TFile.h なるクラスも存在する。)

2. 出力先のファイル名を今はマクロ内に直書きしているが、引数をファイル名にせよ

10.2 解答例

1. プログラムの各行を理解せよ

2. 出力先のファイル名を今はマクロ内に直書きしているが、引数をファイル名にせよ

```
----- fileoutsol1.cpp -----  
...  
TCanvas *fileoutsol1(char *outputfilename){  
    std::ofstream outputfile; // file の出力先  
    outputfile.open(outputfilename );// file を開く  
    ...  
}
```

```
root[0] .L fileoutsol1.cpp+  
root[1] fileoutsol1("output2.plt")
```

11 File からの入力

先程出力したファイルからデータを読み込んでヒストグラムを描くことを経験しよう。

—filein.cpp—

```
#include "TCanvas.h"
#include "TF1.h"
#include "TH1.h"
#include "TMath.h"
#include "TStyle.h"
#include <fstream>

TCanvas *filein(char *file_name){
    double range_min = 0. ;
    double range_max = 8000.e-9 ;// 8000 [ns]
    int nbin = 100 ;
    double start ; // TDC start
    double stop ; // TDC stop
    double tdc ; // delta T

    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","c1",600,600) ;
    c1->SetGrid(1,1); // Canvas c1 にグリッドを描く
    c1->SetLogy(1) ; // Canvas c1 の縦軸を log で
    gStyle->SetOptFit(1) ;
    TH1D *h = new TH1D(file_name,"Decay curve (Muon);TDC [s] ; Counts ",
    nbin, range_min, range_max);
    ifstream fin(file_name) ;
    while(fin >> start >> stop){
        tdc = stop - start ;
        h -> Fill(tdc) ;
    }
    h->Draw("HE");

    /*****
    * Decay Curve Fitting
    *****/

    TF1 *muon = new TF1("muon","[0]*(TMath::Exp(-x/[1])+[2])" ) ;
    muon->SetParameters(2e+3, 2e-6, 0.5) ;
    muon->SetLineColor(kBlue) ;
    muon->SetLineWidth(4) ;
    h->Fit(muon) ;

    return c1 ;
}
```

12 treeに出会う

ROOT には拡張子に `.root` を拡張子としたファイルがある。(以下 `root` ファイルと呼ぶ。)ここでは `root` ファイルにデータを詰める方法とその使い方を示す。やることは

1. `start` と `stop` の 2 行が書かれたデータを開く
2. `start` と `stop`、及びその差を読んで TDC の値とする。
3. `start`、`stop`、TDC の値を Tree というものに格納する。
<http://root.cern.ch/drupal/content/ttree-and-its-data>
4. Tree を `root` ファイルに書き出す。

—meettree.cpp—

```
#include <fstream>
#include "TFile.h"
#include "TTree.h"

TTree *meettree(char *datafile, char *rootfile = "output.root"){

    double start ; // TDC start
    double stop  ; // TDC stop
    double tdc   ; // delta T

    TTree *tree = new TTree("tree","tree"); //TTree 作成
    //Branch 準備
    tree->Branch( "start", &start, "start/D" ); // start を格納する為のブランチ
    tree->Branch( "stop" , &stop , "stop/D" ); // stop を格納する為のブランチ
    tree->Branch( "tdc" , &tdc , "tdc/D" ); // start と stop の時間差 を格納する為のブランチ

    ifstream fin(datafile) ;
    while(fin >> start >> stop){
        tdc = stop - start ;
        tree->Fill() ;
    }

    TFile *fout = new TFile(rootfile, "recreate");
    tree->Write(); // tree を書き込む
    fout->Close(); // file close

    return tree ;
}
```

12.1 meettree.cpp を実行する

```
$ root
root [0] .L meettree.cpp+
root [1] meettree("output.plt","test.root")
```



```
(class TTree*)0x7fc1d22a1b70
```

すると、作業ディレクトリに `test.root` というファイルが出来ている。(出力ファイルのデフォルト名は `output.root` なので、`meettree` 実行時に第二引数を指定しなかった場合、出来上がる `root` ファイルは `output.root` である。) これが `root` ファイルである。

12.2 Tree を扱う

以降、前節で出力したファイル名が `test.root` だとして話を進める。`test.root` に収められている Tree の扱いの走りを紹介する。

```
$ root test.root
root [0]
Attaching file test.root as _file0...
```

次に、今我々が扱えるものが何かを表示する。

```
root [1] .ls
TFile** test.root
TFile* test.root
KEY: TTree tree;1 tree
```

`tree` というのが存在するのがわかる。`tree` の情報を表示するには、`Print` を使う。

```
root [2] tree->Print()
*****
*Tree      :tree      : tree                                     *
*Entries   : 1000000 : Total =          4808328 bytes File Size =   2406559 *
*          :          : Tree compression factor =    2.00                *
*****
*Br    0 :start      : start/D                                     *
*Entries : 1000000 : Total Size=   1602694 bytes File Size =    801872 *
*Baskets :    26 : Basket Size=   32000 bytes Compression=    2.00      *
*.....*
*Br    1 :stop       : stop/D                                     *
*Entries : 1000000 : Total Size=   1602664 bytes File Size =    801846 *
*Baskets :    26 : Basket Size=   32000 bytes Compression=    2.00      *
*.....*
*Br    2 :tdc        : tdc/D                                     *
*Entries : 1000000 : Total Size=   1602634 bytes File Size =    801820 *
*Baskets :    26 : Basket Size=   32000 bytes Compression=    2.00      *
*.....*
```

これらが `tree` で扱える情報である。

12.3 Tree からヒストグラムを描く

`tree` に入った情報を書き出すのは簡単である。

```
root [3] tree->Draw("start")
Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1
root [4] tree->Draw("stop")
```

などとすれば、ヒストグラムが描かれる。(このテキストの `fileout.cpp` でどのような乱数で `start` や `stop` を与えたのかを思い出せ。)

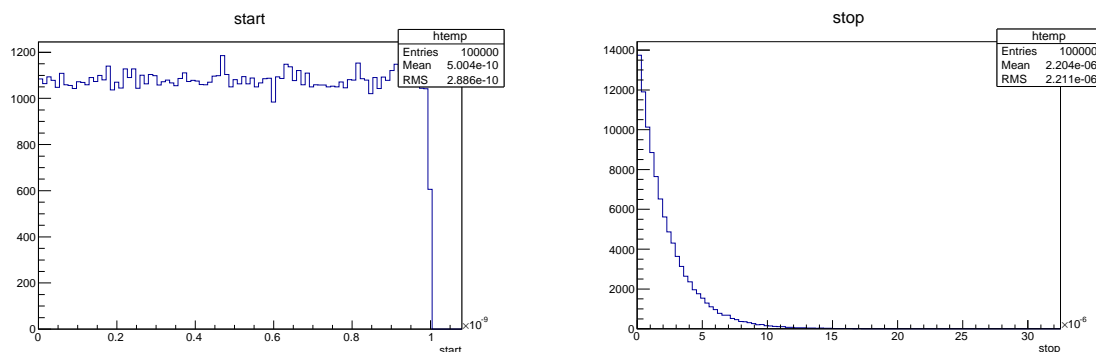


図 12: `tree->Draw("start")` 実行によって表示される `start` のヒストグラム
図 13: `tree->Draw("stop")` 実行によって表示される `stop` のヒストグラム

何もしなければ bin 数やヒストグラムの領域は自動で決まるが設定することももちろん出来る。

```
root [5] tree->Draw("start>>h(100, 0., 1e-9)")
```

などとすればわかるだろう。

12.4 練習

1. コマンドライン上で `tdc` の値格納用のヒストグラムのを用意した後、TDC のヒストグラムを描け。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TTree.html#TTree:Draw@2>

2. `tdc` を x 軸、`start` を y 軸とした図 14 のような 2 次元ヒストグラムをコマンドラインから描け。

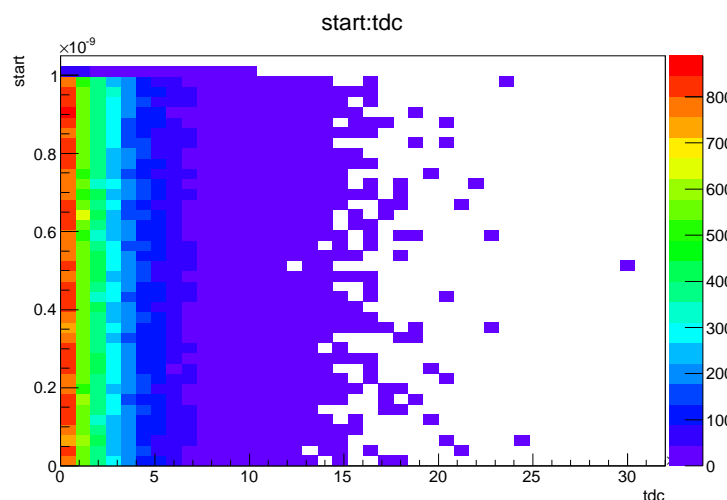


図 14: `start` 実行によって表示される `start` のヒストグラム

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/THistPainter.html#HP01c>

12.5 解答例

1. コマンドライン上で tdc の値格納用のヒストグラムのを用意した後、TDC のヒストグラムを描け。

```
root [] TH1D *h = new TH1D("h", "h", 100, 0., 8000e-9)
root [] tree->Draw("tdc>>h")
Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1
```

2. tdc を x 軸、start を y 軸とした図 14 のような 2 次元ヒストグラムをコマンドラインから描け。

```
root [] tree->Draw("start:tdc","", "colz")
```

13 Tree から読んで描く

meettree2.cpp

```
#include "TCanvas.h"
#include "TFile.h"
#include "TH1D.h"
#include "TTree.h"

TH1D *meettree2(char *InputRootFileName){

    TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "c1") ;
    TFile *file = new TFile(InputRootFileName,"READ") ;
    TTree *t = (TTree*)file->Get("tree") ;

    TH1D *h = new TH1D("h","TDC",100, 0., 8000e-9) ; // 8000[ns]
    t->Draw("tdc>>h") ;

    c1->cd() ;
    h->Draw() ;

    return h ;
}
```

13.1 練習

1. プログラムの挙動を理解せよ。

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TFile.html#TFile:TFile@2>

ヒント <http://root.cern.ch/root/html/TDirectoryFile.html#TDirectoryFile:Get>

2. これまでの知識を動員して、meettree2.cpp を改良せよ。具体的には軸に単位を追加したり、自動的に Fit したりするなどせよ。

13.2 解答例

14 ネイティブプログラム

A 名前空間

「あめ」といった時にそれがどういう内容を表すだろうか？識別する方法としては、

1. 「「気象現象」に属する「あめ」
2. 「「食べ物」に属する「あめ」

などとしてしまえば、「あめ」の表す内容は明確になる。この時の「気象現象」や「食べ物」のようなくりに当たる概念が名前空間である。この時使用した「属する」という言葉を C++ ではスコープ演算子 "::" で表す。つまり、先程の例を C++ 風に表現すると下記のようなになる。

1. 気象現象::あめ
2. 食べ物::あめ

A.1 名前空間 std::

プログラム中で

```
#include <iostream>
```

と宣言すれば、名前空間 std が使用可能となる。具体的な使い方としては、

```
std::cout << "abc" << std::endl;
```

などである。意味としては、abc という文字列と std::endl という改行命令を std::cout で設定されている標準出力外面へ出力する。

A.2 名前空間 TMath::

プログラム中で

```
#include "TMath.h"
```

と宣言すれば、名前空間 TMath が使用可能となる。<http://root.cern.ch/root/html/TMath.html> またコマンドライン上で ROOT を使用する時には宣言の必要はない。

```
root [] TMath::C()
(Double_t)2.997924580000000000e+08
root [] TMath::Pi()
(Double_t)3.14159265358979312e+00
root [] TMath::Power(2,3)
(Double_t)8.000000000000000000e+00
root [] TMath::Abs(-2.)
(Double_t)2.000000000000000000e+00
root [] TMath::Sin(1.)
(Double_t)8.41470984807896505e-01
```

などである。上記の入力や引数や返り値の意味することは各自で調べよ。

B ROOT で使う色

<http://root.cern.ch/root/html/TAttFill.html#F1>

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

図 15: ROOT で使用できる色

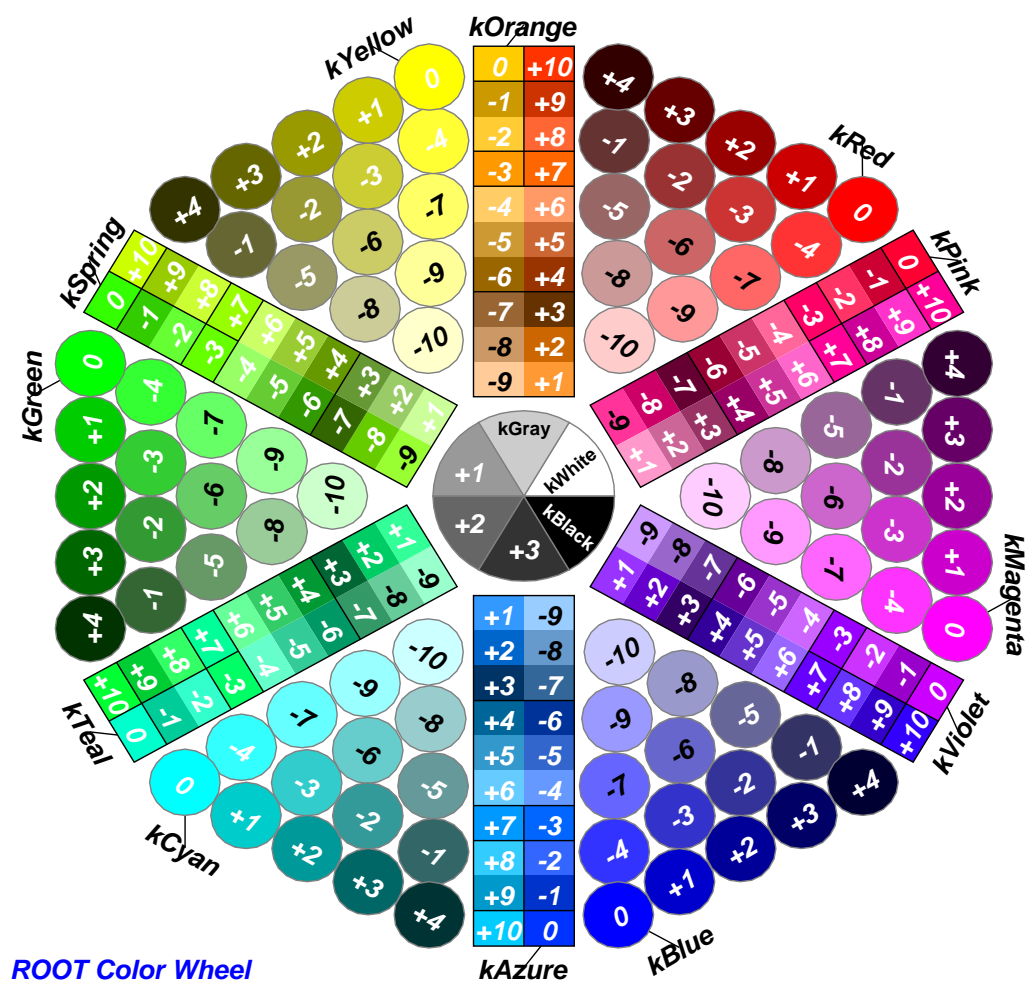


図 16: ROOT で使用できる色

C ROOT で使うスタイル

<http://root.cern.ch/root/html/TAttFill.html#F2>

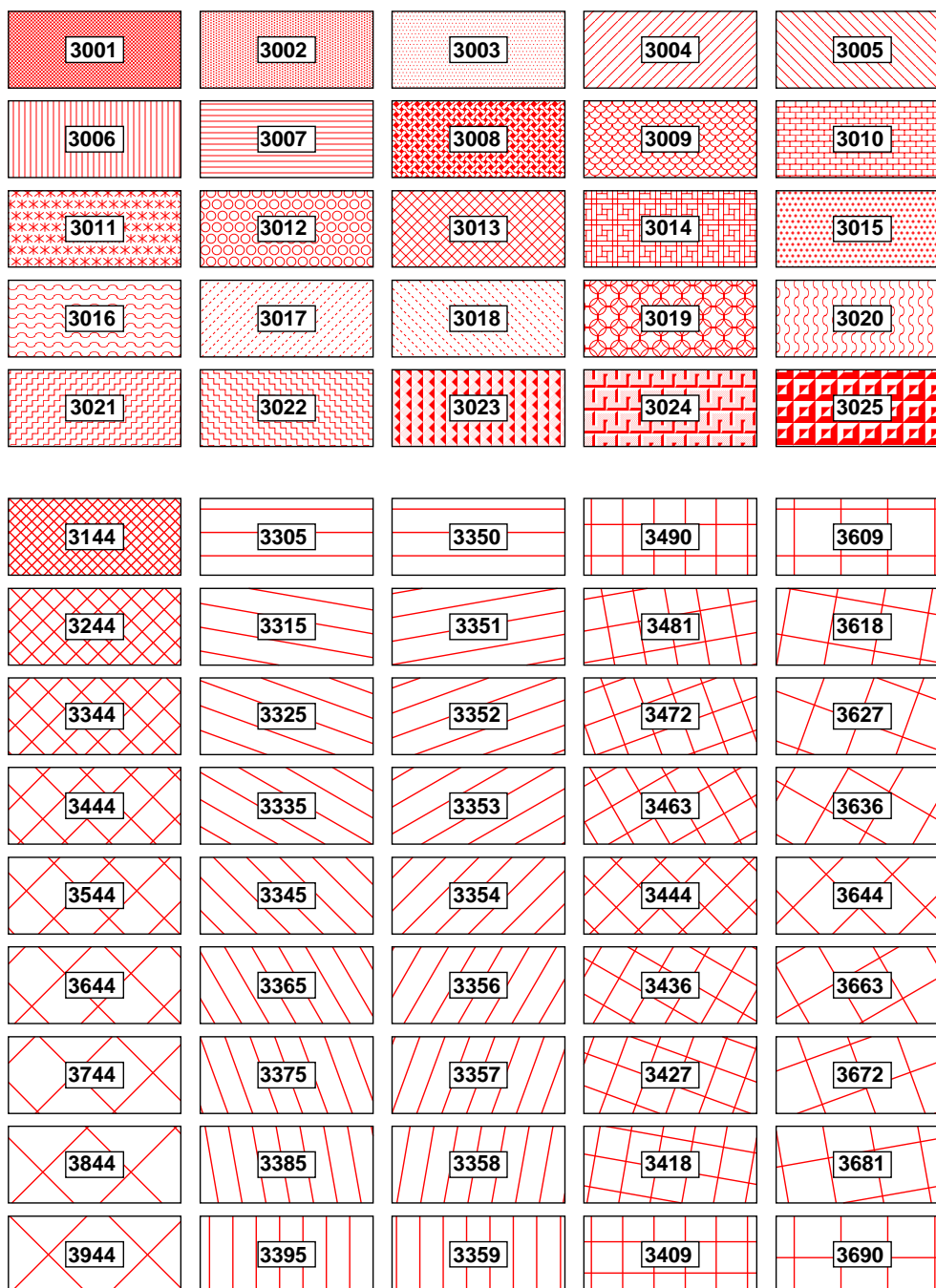


図 17: ROOT で使用できるスタイル