

今回の内容

2.1 C プログラムの文	2-1
2.2 場合分けの処理	2-2
2.3 演習問題	2-10
2.4 今回の実習内容	2-11

2.1 C プログラムの文

これまで見てきた C プログラムは、プログラム中に書かれている指示をそこに書かれている順に実行させていくものでした。この作業の 1 つ 1 つは、`tForward` を使ったカメの移動であったり、`=` を使った変数への値の代入であったりしましたが、C プログラムでは、これらのようにひとまとまりの作業を行わせるための指示を文¹と呼びます。たとえば、前回の例題 `var1.c` の中に現れているつぎの 6 行は、それぞれ C プログラムの文になっています。

```
a = 300 / 1.41421;
tForward(a);
tTurn(135);
tForward(300);
tTurn(135);
tForward(a);
```

C プログラムのもっとも基本的な文はすべて「;」(セミコロン)で終わります。上の例では 1 つの行に 1 つの文を書き、複数の行にわたって 1 つの文を書いたり、また複数の文を 1 つの行にまとめて書いてもかまいません。どのように書いても C プログラムとしては同じ意味になります。たとえば上の 6 行をつぎのように書いてもまったく同じ意味です。

```

a
= 300
/ 1.41421
;tForward (a
); tTurn (135)
; tForward ( 300 );
tTurn(135);tForward (a);
```

ただし、`1.41421` や `tForward`、`tTurn` などは、この一連の文字(や数字、記号)の列で、ひとまとまりの意味を持ちますので、これを複数の行に分割して書くことはできません。また、プログラムとしてたとえ同じ意味であっても、後でプログラムを読んで理解したり、保守・修正したりするためには、人間にとって読みやすく書いておくことが重要です。プログラムは単に動けばよいというものではないことに注意しましょう。

メモ

¹英単語 `statement` の訳語です。

2.2 場合分けの処理

決まりきった作業を常に同じように行うのではなく、時と場合によって違った作業をプログラムに行わせたいことがあります。Cではこのために `if` 文とよばれる形の文を使うことができます。つぎのプログラムは、マウスでクリックされた座標が (x, y) であったときに、原点 $(0, 0)$ と $(|x|, 0)$ 、 $(0, |y|)$ の3点を頂点とする直角三角形を描きます。

```
abs1.c
#include <turtle.h>

main()
{
    int x, y;

    tGetClick();
    x = tClickX();
    y = tClickY();
    if (x < 0)
        x = -x;
    if (y < 0)
        y = -y;
    tMoveTo(x, 0);
    tMoveTo(0, y);
    tMoveTo(0, 0);
}
```

まず、注目して欲しいのは

```
if (x < 0)
    x = -x;
```

の部分です。ここでは、変数 x の値が負の時 (0 より小さい時) に限って $x = -x$; を実行しています。変数 x の値が負でない (0 以上の) 時には、 $x = -x$; は実行されません。続く、

```
if (y < 0)
    y = -y;
```

では、変数 y について同じ作業をしています。

メモ

if 文の書き方 ここで使われている `if` は C の予約語 (特別な意味を持った単語²) で、このように特定の条件が成立した場合にのみ、特定の作業を行わせることができます。この形の文を **if 文** と呼びます。if 文の一般的な形は

```
if (条件式)
    文
```

²前回説明したように、予約語である `if` を変数の名前として用いることはできません。

で、「条件式」が成り立っている時に限って「文」の部分が実行されます。「条件式」が成り立っている時にのみ実行される「文」の部分を、この if 文の **then** 節と呼びます。C プログラムでは、複数の行にわたって文を書いても 1 行にまとめて文を書いても同じ意味になりますから、この if 文全体を

if (条件式) 文

のように 1 行に書いても同じ意味になります。また、条件式を囲っている (や) の両側には空白があってもなくてもどちらでもかまいません。

メモ

if 文の条件式 if 文ではいろいろな条件を指定することができますが、ここではごく基本的なものだけを紹介します。a や b の部分には任意の数式を書くことができます。それぞれの数式がまず計算されてその結果が比較されます。

条件式	条件式の意味
$a == b$	a と b の値が等しい
$a < b$	a の値が b より小さい
$a <= b$	a の値が b 以下である

条件式	条件式の意味
$a != b$	a と b の値が等しくない
$a > b$	a の値が b より大きい
$a >= b$	a の値が b 以上である

これらの条件式は a や b が実数値でも整数値でも使うことができます。一方が実数値でもう一方が整数値の場合は、四則演算の場合と同じように、整数値が実数値に変換されてから比較が行われます。コンピュータの中の実数値はあくまで近似値でしかありませんから、多くの場合、プログラム中に $a == b$ や $a != b$ と書いて 2 つの実数値が等しいかどうかを調べることは意味がありませんので注意が必要です。たとえば、実数値の変数 x、y があつたとき、 $x/y*y == x$ が常に成り立つとは限りません。

残念ながら C 言語では、これらの ==、!=、<、<=、>、>= は 2 つの値を比較することしかできませんので「 $a < b < c$ 」や「 $a < b, c$ 」、「 $a > 0, b < 0$ 」のような書き方はできません。このように書くと、別の意味になってしまいますので注意してください。「 $a < b$ と $b < c$ が共に成り立つ」といったように複数の条件を組み合わせる方法については第 4 回に勉強する予定です。

メモ

重なった if 文 if 文はその一部として(条件が成り立っている時にのみ実行される)文 (then 節)を持っていますが、if 文全体としても1つの文となります。ですから

```
if (条件式1)
    if (条件式2)
        文
```

のように「条件式₁」が成り立っている時に限って実行する文 (then 節) が、また、別の if 文となることもできます。この例の場合、結局「条件式₁」と「条件式₂」が共に成り立っている時のみ「文」が実行されます。どちらかの条件が成り立っていない場合には「文」は実行されません。

メモ

複数の文を条件付きで実行する 条件付きで実行したい文が複数ある場合には、それらの文を { と } で囲って

```
if (条件式) {
    文1
    文2
    ⋮
    文n
}
```

のように書きます。「条件式」が成り立っている時のみ「文₁」...「文_n」が順に実行されます。「条件式」が成り立っていない場合はこれらの文は実行されません。このようにいくつかの文を { と } で囲ってひとまとまりにしたものをブロックと呼びます。ブロックはあたかもそれが1つの文であるかのように扱われます。この例では、どこからどこまでの文が条件付きで実行されるのかが見やすいように「if (条件式)」がかかっている部分を字下げして(行の先頭から間を空けて)書いています³。どのように書いてもプログラムとしては同じ意味になりますが、このように書いておくことで、自分の書いたプログラムがより理解しやすいものになり、プログラムの誤りも少くなります。ただし、いくら字下げして書いても、{ や } を書かずに

```
if (条件式)
    文1
    文2
    ⋮
    文n
```

³多くのエディタでは、TAB キーを押すと、4文字あるいは8文字分の字下げがなされますので、この機能を使って字下げすることをおすすめします。

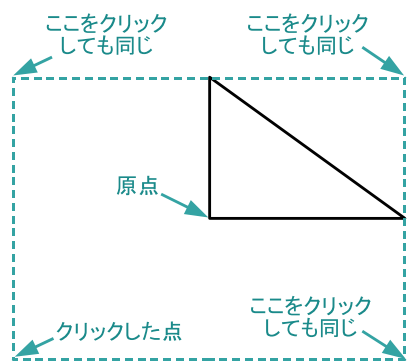
と書いてしまうと、条件付きで実行される then 節は「文₁」だけになってしまい、「文₂」...「文_n」は「条件式」が成り立っていない場合にも実行されてしまいますので注意が必要です。「条件式」がかかるのは「if (条件式)」の直後の文一つだけであり、それより後の文は、この if 文とは独立な文と見なされます。

メモ

else 付きの if 文 条件が成り立っている時と成り立っていない時とで違った作業をそれぞれ行うこともできます。つぎの abs2.c というプログラムは、abs1.c と同じことを行うプログラムですが、これを別のやり方で実現しています。

```
#include <turtle.h>
main()
{
    int x, y;

    tGetClick();
    x = tClickX();
    y = tClickY();
    if (x < 0)
        tMoveTo(-x, 0);
    else
        tMoveTo(x, 0);
    if (y < 0)
        tMoveTo(0, -y);
    else
        tMoveTo(0, y);
    tMoveTo(0, 0);
}
```



この abs2.c をコンパイルして実行してみると、abs1.c の時とまったく同じように動きます。このプログラムで使われている else も C の予約語の 1 つで、if と共に用いられます。else を伴う if 文の一般的な形は

```
if (条件式)
    文1
else
    文2
```

です。もちろん、この 4 行を 1 行で (あるいは 2 行や 3 行で) 書てもかまいません。「条件式」が成り立っている場合には「文₁」が実行され、成り立っていない場合には「文₂」が実行されます。「文₁」や「文₂」はブロックであったり、あるいはそれ自体が if 文であったりしてももちろんかまいません。「条件式」が成り立っている時にのみ実行される「文₁」を (else が無い場合とおなじように) こ

の if 文の **then** 節と呼び、「条件式」が成り立っていない時にのみ実行される「文₂」を、この if 文の **else** 節と呼びます。

else は、{ と } を使って明示的にその対応が分かるようプログラムが書かれていない場合はもっとも近い if を対をなしますので、たとえば

```
if (条件式1) if (条件式2) 文1 else 文2
```

のようにプログラムを書くと

```
if (条件式1) { if (条件式2) 文1 else 文2 }
```

と書いたのと同じ意味になります。この **else** を最初の if と対にしたい場合は

```
if (条件式1) { if (条件式2) 文1 } else 文2
```

のように書く必要があります。

メモ

3つ以上の場合分け **else** 付きの if 文の then 節や **else** 節を、さらに if 文とすることで、3つ以上の場合の場合分けを実現することができます。つぎは、マウスでクリックした点が、平面を3つの直線 $x = 0$ 、 $y = \frac{x}{\sqrt{3}}$ 、 $y = -\frac{x}{\sqrt{3}}$ で分割してできる6つ領域のどこに属するかを、原点を端点とした2つの線分を描いて示すプログラムです。

```
#include <turtle.h>
main()
{
    int x, y, t;

    tGetClick();
    x = tClickX();
    y = tClickY();

    if (x >= 0) {
        if (y > x / 1.73205)
            t = 30;
        else if (y > - x / 1.73205)
            t = -30;
        else
            t = -90;
    }
    else {
        if (y < x / 1.73205)
            t = -150;
    }
}
```

```

        else if (y < - x / 1.73205)
            t = 150;
        else
            t = 90;
    }

    tTurn(t);
    tForward(200);
    tTurn(120);
    tPenUp();
    tForward(200);
    tTurn(120);
    tPenDown();
    tForward(200);
}

```

このプログラムでは、まず クリックされた点の x 座標が0以上であるか負であるかで2通りに場合分けし、それぞれの場合を、さらに、直線 $y = \frac{x}{\sqrt{3}}$ と直線 $y = -\frac{x}{\sqrt{3}}$ で分けられた領域のどこにあるかで3通りに場合分けしています。

```

    if (y > x / 1.73205)
        t = 30;
    else if (y > - x / 1.73205)
        t = -30;
    else
        t = -90;

```

の部分では、 $x \geq 0$ の場合に、 (x, y) が3つの領域のどれに属するかを判定しています。C というプログラミング言語に、あたかも

else if (条件式) 文

という形の構文があって、それを使っているようにも見えますが、実はそうではありません。場合分けに関するプログラムの意図が理解しやすいように、プログラムの書式を工夫しているだけです。このプログラムを、if 文の構造がよく分かるように then 節や else 節を { } で括って書くと、

```

    if (y > x / 1.73205) {
        t = 30;
    }
    else {
        if (y > - x / 1.73205)
            t = -30;
        else
            t = -90;
    }

```

のようになります。else if と続くのは、単に、else 付きの if 文の else 節(条件が成り立っていないとき実行される文)が、また (else 付きの) if 文の形をしているからに過ぎません。

変数の代入の性質を考えると、この部分は

```

    t = -90;
    if (y > x / 1.73205)
        t = 30;
    else if (y > - x / 1.73205)

```

```
t = -30;
```

と書いても同じ動作となりますが、この場合は、else 付きの if 文の else 節が else なしの if 文の形になっています。

メモ

if 文の応用例 ここで、if 文を使った場合分けの処理を応用したプログラムの例を見てみましょう。次のプログラム outward.c は、2 点をクリックすると、原点に近い方の点から遠い方の点へ矢印を描きます。ただし、2 つの点が原点から同じ距離にある場合は、矢印ではなく線分で結びます。

```
#include <turtle.h>
```

```
main()  
{
```

```
    int x1, y1, x2, y2, dd1, dd2, t;
```

```
    tGetClick();
```

```
    x1 = tClickX();
```

```
    y1 = tClickY();
```

```
    dd1 = x1 * x1 + y1 * y1;
```

```
    tGetClick();
```

```
    x2 = tClickX();
```

```
    y2 = tClickY();
```

```
    dd2 = x2 * x2 + y2 * y2;
```

```
    if (dd1 > dd2) {
```

```
        t = x1;
```

```
        x1 = x2;
```

```
        x2 = t;
```

```
        t = y1;
```

```
        y1 = y2;
```

```
        y2 = t;
```

```
    }
```

```
    tPenUp();
```

```
    tMoveTo(x1, y1);
```

```
    tPenDown();
```

```
    tMoveTo(x2, y2);
```

```
    if (dd1 != dd2) {
```

```
        tTurn(150);
```

```
        tForward(50);
```

```
        tTurn(120);
```

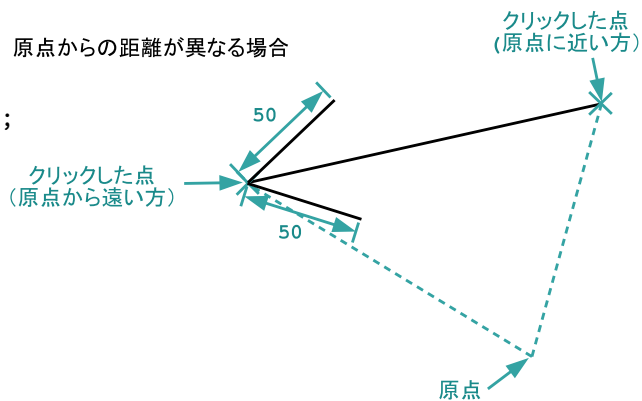
```
        tPenUp();
```

```
        tForward(50);
```

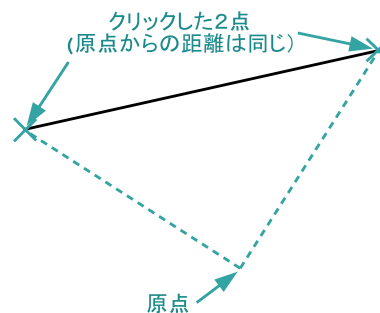
```
        tTurn(120);
```

```
        tPenDown();
```

原点からの距離が異なる場合



原点からの距離が等しい場合




```
        tForward(50);  
    }  
}
```

このプログラムでは、まず、クリックされた2点の座標を取得して、それぞれ、変数 x_1 、 y_1 の組と x_2 、 y_2 の組で記憶し、原点からの距離の2乗を計算して、変数 dd_1 と dd_2 にそれぞれ代入しています。続く `if` 文では $dd_1 > dd_2$ という条件を調べ、この条件が成り立っているときだけ、

```
t = x1;  
x1 = x2;  
x2 = t;  
t = y1;  
y1 = y2;  
y2 = t;
```

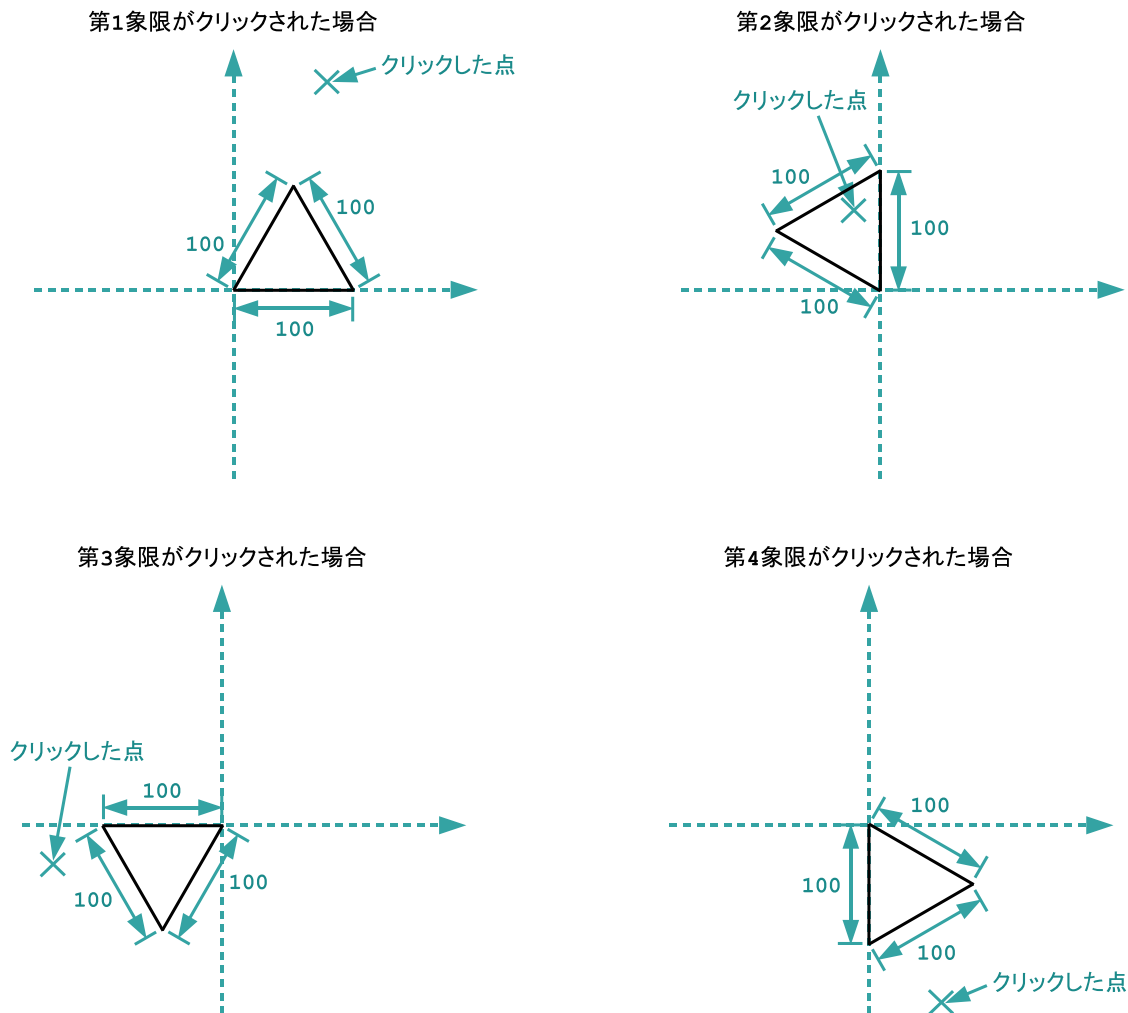
を実行して、変数 x_1 、 y_1 の組と x_2 、 y_2 の組で記憶されている2つの点の座標を交換しています。変数 x_1 と x_2 の内容を交換するためには、まず x_1 の値を、別に用意しておいた変数 t にコピーしておき、 x_1 には x_2 の値を格納します。続いて x_2 に (変数 t に記憶しておいた) 変数 x_1 の古い値を格納すれば交換完了です。同じことを、変数 y_1 と y_2 について行えば、座標の交換が完了します。この `if` 文が実行されることで、変数 x_1 と y_1 には、原点に近い方の点の座標が、 x_2 と y_2 には、原点から遠い方の点の座標が格納された状態になります。もし、初めからそうであった場合や、距離が等しい場合は、この `if` 文は何もしません。

このプログラムは、続いて、点 (x_1, y_1) から点 (x_2, y_2) に向けて線分を描き、さらに、 dd_1 と dd_2 の値が異なる場合のみ矢印の先端を描きます。

メモ

2.3 演習問題

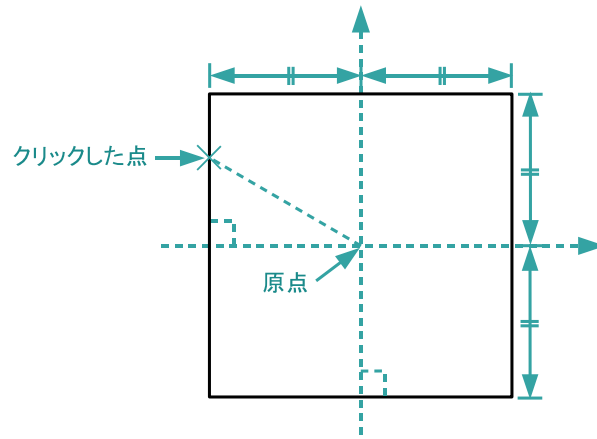
1. 座標軸上以外の点をクリックすると、クリックした点が第1象限に属するのなら点 (100, 0)、第2象限なら点 (0, 100)、第3象限なら点 (-100, 0)、第4象限なら点 (0, -100) と原点を頂点とし、もう1つの頂点がクリックされた象限内に位置する (次の図のような) 正三角形を描く C プログラム `quadrant.c` を作り、コンパイル、実行して、正しく動作することを確認しなさい。座標軸上の点がクリックされた場合のプログラムの動作を気にする必要はありません。



ただし、プログラム中で、`tForward()`、`tBackward()`、`tMoveTo()` を使うのは、合わせて3か所以下となるように工夫してください。

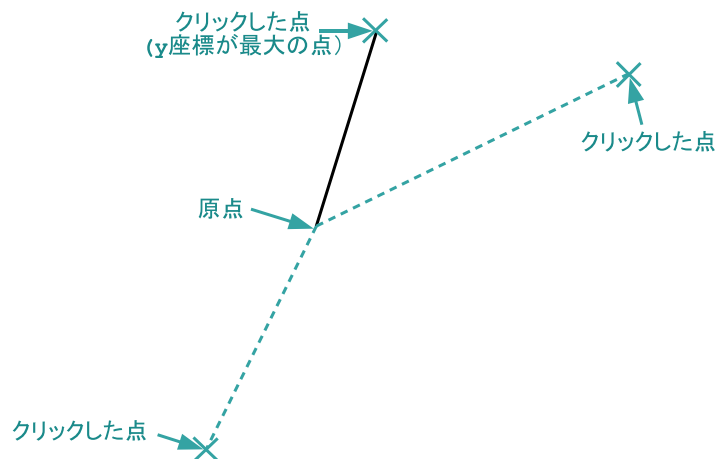
注意: このプログラムが正しく動作するかどうかをテストするためには、マウスでクリックしようとしている座標を正確に知る必要があります。プログラムを起動して、コントロール (Ctrl) キーを押した状態にすると、ウィンドウの左上にマウスポインタの座標が表示されるとともに、マウスの動きが遅くなって、特定の座標の点をクリックしやすくなります。この機能を使ってプログラムをテストしてください。

2. 原点以外の1点をクリックすると、その点を辺上に含む、図のような正方形を描く C プログラム `box.c` を作り、コンパイル、実行して、正しく動作することを確認しなさい。



ヒント: クリックされた点の座標を (x, y) とすると、この正方形の1辺の長さは、 $|x|$ と $|y|$ の最大値の2倍であることに注意しましょう。

3. 3点をクリックすると、その内、 y 座標が最大の点に向けて、原点から線分を描く C プログラム `topmost.c` を作り、コンパイル、実行して、正しく動作することを確認しなさい。 y 座標が最大の点が複数ある場合は、そのいずれかの1点(どれでも ok)と結ぶようにしてください。



2.4 今回の実習内容

1. このプリントをゆっくり読み返しましょう。`slice.c` と `outward.c` の2つの例題プログラムについては、それぞれソースプログラムを作成し、コンパイル、実行してみて正しく動くかどうか確認しましょう。プログラムが完成したら「課題の提出と確認」の Web ページから提出してください。
2. 10 ページの演習問題に取り組みましょう。それぞれのプログラムが完成したら、やはり「課題の提出と確認」の Web ページから提出してください。プログラムは適当な字下げをして書くようにしてください。
3. クイズに答えてください。前回と同様に「課題の提出と確認」の Web ページで「第2回 クイズ」を選択し、「送信」のボタンをクリックしてクイズに答えてください。

プログラミング及び実習 I ・第2回・終わり

```
#include <turtle.h>

main()
{
    double a;

    a = 49;
    tForward(a);
    tTurn(120);
    a = a * 1.3 + 8;
    tForward(a);
    tTurn(120);
    a = a * 1.3 + 8;
    tForward(a);
    tTurn(120);
    a = a * 1.3 + 8;
    tForward(a);
    tTurn(120);
    a = a * 1.3 + 8;
    tForward(a);
    tTurn(120);
    a = a * 1.3 + 8;
    tForward(a);
}

```

```
#include <turtle.h>

main()
{
    double d, w;

    tGetClick();
    tPenUp();
    tMoveTo(tClickX(), tClickY());
    d = 100;
    w = d / 1.73205 * 2.0;
    tPenDown();
    tTurn(150);
    tForward(w);
    tTurn(120);
    tForward(w / 3.0);
    tTurn(-90);
    tForward(d);
    tTurn(90);
    tForward(w / 3.0);
    tTurn(90);
    tForward(d);
    tTurn(-90);
    tForward(w / 3.0);
    tTurn(120);
    tForward(w);
}

```

```
#include <turtle.h>

```

```

main()
{
    int x, y;

    tPenUp();
    tGetClick();
    x = tClickX();
    y = tClickY();
    tMoveTo(x, y);
    tPenDown();
    tGetClick();
    tMoveTo(tClickX(), tClickY());
    tGetClick();
    tMoveTo(tClickX(), tClickY());
    tMoveTo(x, y);
}

```

triangle.c (その2:3回クリックしてから動き出す)

```

#include <turtle.h>

main()
{
    int x1, y1, x2, y2, x3, y3;

    tPenUp();
    tGetClick();
    x1 = tClickX();
    y1 = tClickY();
    tGetClick();
    x2 = tClickX();
    y2 = tClickY();
    tGetClick();
    x3 = tClickX();
    y3 = tClickY();
    tMoveTo(x1, y1);
    tPenDown();
    tMoveTo(x2, y2);
    tMoveTo(x3, y3);
    tMoveTo(x1, y1);
}

```