

今回の内容

11.1 繰り返しの処理 (続き)	11-1
11.2 演習問題	11-6
11.3 今回の実習内容	11-7

11.1 繰り返しの処理 (続き)


今回は、引き続き、繰り返しの処理に関するプログラミングの考え方について勉強します。

フラグ 次のようなプログラムを作ること考えます。


キーボードから正の整数を入力すると、それが素数であるかどうかを判定して表示するプログラム (prime.c)

素数とは、1 と自分自身以外の数では割り切れないような 2 以上の整数のことです。このプログラムをコンパイルして実行したら、次の例のように動かなければなりません。

素数でない数が入力された場合

 正の整数 => 38
38は素数ではありません

素数が入力された場合

 正の整数 => 37
37は素数です

正の整数が素数であるかどうかを判定するためには、次のような仕事を行えばよいはずですが。

1. 正の整数をキーボードから入力してもらい、それを変数 (たとえば n) に格納しておく。
2. 2 から $n-1$ までの整数で割ったときの余りをそれぞれ計算する。
3. n が 1 以下であるか、あるいは (手順 2 の) いずれかの数で割ったときの余りが 0 ならば「素数でない」と出力し、どの数で割ったときの余りも 0 でなければ「素数です」と出力する。

この内、手順の 2 は繰り返しの処理 (while 文) になりますし、手順の 3 は場合分けの処理 (if 文) になります。では、「(手順 2 の) いずれかの数で割ったときの余りが 0」という条件をどうやって調べたらよいのでしょうか? ある変数の値がある定数に等しいとか、ある定数より大きいとかいった類の条件であれば、それをそのまま if 文の条件式の部分に書けばよいわけですが、「いずれかの数で割ったときの余りが 0」という条件をそのまま if 文の条件式の部分に書くことはできません。「割ったときの余りが 0」ということは、あくまで 2 から $n-1$ までのそれぞれの整数に対して (手順 2 の繰り返しの処理の中で) 分かるだけです。このような場合、次のように考えてプログラムを作るとうまく行きます。

- 繰り返しの処理を始める前に、ある変数 (たとえば found) に 0 を格納しておく。
- 手順 2 の繰り返しの処理では、それぞれの数で割ったときの余りが 0 だった場合に、その印として変数 found に 1 を代入する。

- 手順3の段階で、変数 `found` に格納されている値が1の場合は「いずれかの数で割ったときの余りが0」と解釈し、0の場合は「どの数で割ったときの余りも0でない」と解釈する。

どの数で割っても割りきれない(余りが0でない)場合は、変数 `found` には繰り返しの処理を始める前に代入した0が格納されたままのはずですし、いずれかの数で割りきれた(余りが0だった)のなら、そこで変数 `found` の値は1に変わってしまっているはずで

メモ

変数 `found` は「それまでに割りきれた数があるかどうか」という情報を保持していると考えることができます。変数 `found` が1ならそのような数があったわけですし、0ならまだそのような数は見つかっていないということです。この `found` のように、何かの仕事を繰り返して(続けて)ゆく中で、ある特定の状況がすでに起きたかどうか(ある特定の条件がすでに成り立ったかどうか)を示すために使われる変数を「フラグ(旗)」と呼びます。その特定の状況が起きたときに変数の内容を書き換えることを「フラグを立てる」といいます。この例では、まず最初に `found` に0を代入して(フラグを降ろしておき、「ある数で `n` が割りきれた」という状況でフラグを立てています。このフラグは、`while` 文による繰り返しの処理がすべて完了した時に調べられ、そこで場合分けの処理を行うわけです。

メモ

次は、以上のような考えに沿って書かれたプログラムです。


```


prime.c
#include <turtle.h>

main ()
{
    int n, k, found;

    tPrintf("正の整数 => ");
    tScanf("%d", &n);
    found = 0;
    k = 2;
    while (k < n) {
        if (n % k == 0)
            found = 1;
        k = k+1;
    }
    if (n <= 1 || found == 1)
        tPrintf ("%dは素数ではありません\n", n);
    else
        tPrintf ("%dは素数です\n", n);
}

```

素数でない数が入力された場合
 正の整数 => 38
 38は素数ではありません

素数が入力された場合
 正の整数 => 37
 37は素数です

繰り返しの処理の途中終了 `prime.c` のプログラムの行っている仕事をよく観察すると、一部無駄な仕事を行っていることが分かります。2から順に $n-1$ までの数で n を割ってみていますが、一度ある数で割りきれた (フラグを立てた) のなら、それ以上の数についてさらに調べていく必要は無いはずです。このような考えに基づいて繰り返しの条件を書き換え、以下のようなプログラムにすることもできます。

```
found = 0;
k = 2;
while (found == 0 && k < n) {
    if (n % k == 0)
        found = 1;
    k = k+1;
}
```

つまり、フラグが立っていない (まだ割り切れる数が見つからない) 場合に限り繰り返しの続けるわけです。

`break` 文による繰り返しからの脱出 先の例では `while` 文の条件式を工夫することで、不要な繰り返しの処理を取り除きましたが、C ではもっと直接的な方法で繰り返しの処理の途中終了を行うことができます。次のプログラムを見てください。

```
found = 0;
k = 2;
while (k < n) {
    if (n % k == 0) {
        found = 1;
        break;
    }
    k = k+1;
}
```

このプログラムでは、`while` 文の条件式は `prime.c` と変わっていません。変わっているのは n が k で割りきれたときに実行される `if` 文の中です。変数 `found` のフラグを立てているのは同じですが、それに引き続いて `break;` という文を実行しています。

この `break` は `if` や `while` と同じように C の予約語の 1 つで、繰り返しの処理などを途中で終了するときに用います。`while` 文の中で `break;` が実行されると、そこで `while` 文全体の実行が

終了します。そこで繰り返しの処理が終るわけです。二重三重の while 文の中で break; が実行された場合は、一番内側の (つまりその break 文の 1 つ外側の) while 文の実行が終了します。

メモ

prime.c を break 文を使ってこのように書き換えると、フラグとして使っていた found という変数も必要が無くなっていることに気づきます。変数 k を 2 から順に $n-1$ まで動かして、その数で n が割りきれれるかどうかを調べているわけですから、最後まで割りきれなかった場合には k の値が n と等しくなって繰り返しの処理が終っているはずですし、もし途中の数で割りきれってしまったのなら、k は n に達する前に (つまり $k < n$ が成り立っている状態で) 繰り返しの処理が (break 文によって) 終了しているはずですよ。ですから while 文の後で $k < n$ が成り立っているかどうかを調べることで「いずれかの数で割ったときの余りが 0」かどうかを判定することができます。このような考えに基づいて prime.c を書き直すと次のようなプログラムになります。

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

main ()
{
    int n, k;

    tPrintf("正の整数 => ");
    tScanf("%d", &n);
    k = 2;
    while (k < n) {
        if (n % k == 0)
            break;
        k = k+1;
    }
    if (n <= 1 || k < n)
        tPrintf ("%dは素数ではありません\n", n);
    else
        tPrintf ("%dは素数です\n", n);
}
```

素数でない数が入力された場合
正の整数 => 38
38は素数ではありません

素数が入力された場合
正の整数 => 37
37は素数です

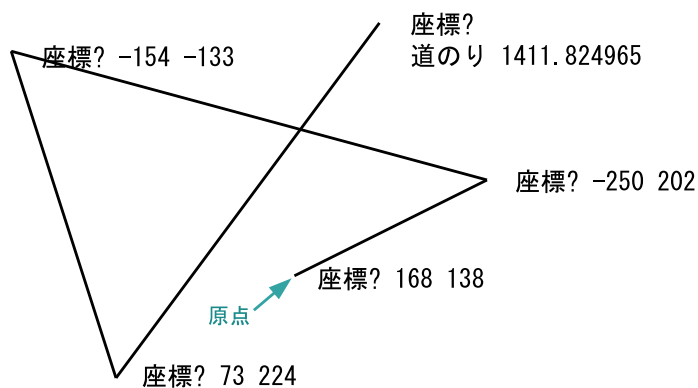
この smartprime.c も prime.c と同じように正しく素数かどうかを判定して出力してくれます。

メモ

break 文の応用 break 文はいろいろと応用が効きます。つぎの route.c は、tScanf を使ってキーボードから x 座標と y 座標の値を読み込み、カメを指定された点に次々と移動させていくプログラムです。C 言語では、繰り返しの条件として () の中に定数の 1 を書いておくと、while 文は永遠に繰り返しの続けるようになります。tScanf という関数は、戻り値としてキーボードから読み取ることのできたデータの個数を整数値として返しますので、この数が 2 でない場合に、break 文を使って繰り返しの終了し、これまでの移動の道のり (合計) を表示するようにしています。

```
route.c
1 #include <turtle.h>
2
3 main ()
4 {
5     double x, y, sum;
6
7     sum = 0;
8     while (1) {
9         tPrintf("座標? ");
10        if (tScanf("%lf%lf", &x, &y) != 2)
11            break;
12        sum = sum + tMoveTo(x, y);
13    }
14    tPrintf("道のり %f\n", sum);
15 }
```

下図は、このプログラムを起動後、キーボードから「168 138」、「-250 202」、「-154 -133」、「73 224」の順に入力し、最後に、何も入力せずに Enter キーを押した場合の実行例です。

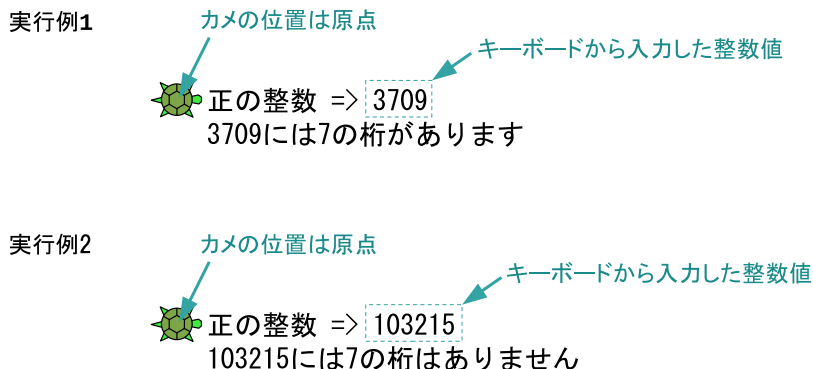


tScanf の関数呼び出しによって表示された箱に何も入力せずに Enter キーを押すと、戻り値は 0 となりますので、プログラム 11 行目の break 文が実行されて、while 文による繰り返しの処理がそこで終了します。

メモ

11.2 演習問題

1. 正の整数を入力すると、その数を10進数で表したときに7という数字が現れるかどうかを判定し、次の実行例のように表示するプログラム `has7.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。正の整数でないものが入力された場合を考慮に入れる必要はありません。

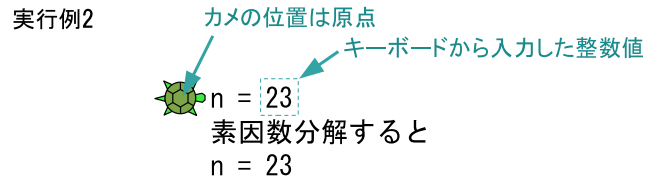
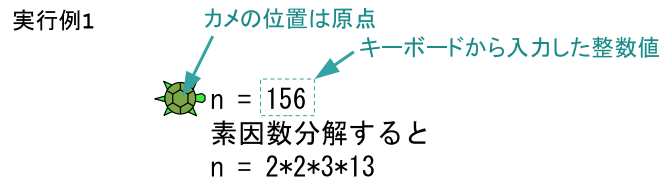


ヒント 整数値を記憶する2つの変数(たとえば) `m`、`n` とフラグを1つ用意しておき、次のような形のプログラムにすれば ok です。

- (1) 変数 `n` をキーボードから入力された整数で初期化する。
- (2) 変数 `n` の値を変数 `m` にコピー(代入)する。
- (3) フラグを降ろしておく。
- (4) `m` が正である限り、次の2つの処理を繰り返す。
 - (4a) もし、`m` の1の位(`m` を10で割った余り)が7ならば、フラグを立てる。
 - (4b) `m` を10で割った商を、`m` に代入する。
- (5) もし、フラグが立っているのなら、入力された整数 `n` に7の桁があることを、そうでなければ7の桁がないことを表示する。

フラグを立てる代わりに、繰り返しの処理を `break` 文を使って途中終了し、その後、途中で終了したかどうかを調べて判定することもできます。

2. キーボードから2以上の整数を入力すると、その整数を素因数分解した結果をつぎのように表示するプログラム `pfact.c` を作成し、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。このプログラムが表示する「=」の両側には半角のスペースが1つありますが、「*」の両側にはありません。素因数は小さい順に表示してください。



ヒント「 $2*2*3*13$ 」の部分を表示するためには(あまり効率のよい方法ではありませんが)整数値の変数 n と k を用意して、つぎのような形のプログラムにすると簡単です。

- (1) 入力された整数値を n に格納する
- (2) k を 2 で初期化する
- (3) k が n に満たない間、つぎの仕事を繰り返す
 - (a) k が n の約数なら、 k の値と $*$ を表示して、 n を k で割った商を n に代入する
 - (b) 約数でない場合は、 k の値を 1 増やす
- (4) n の値を表示する

11.3 今回の実習内容

1. プリントをもう一度読み返しましょう。prime.c、smartprime.c、route.c の3つの例題プログラムについて、それぞれテキストエディタを使ってソースファイルを作成し、コンパイル、実行して、正しく動作することを確認してください。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. 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、「課題の提出と確認」の Web ページからの提出を忘れないでください。
3. クイズに答えてください。前回までと同様に「課題の提出と確認」の Web ページで「第 11 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。

付録：前回の演習問題のプログラム例

fine.c

```
#include <turtle.h>

main()
{
    tPrintf("He said, \"I'm 100%% fine.\\n");
    tPrintf("But I didn't think so.");
}
```

vfollow.c

```
#include <turtle.h>

main ()
{
    int x, y;
    double d;

    while (tGetClick() == 1) {
        x = tClickX();
        y = tClickY();
        d = tMoveTo(x, y);
        tPrintf("( %d,%d)\n距離 = %.1f", x, y, d);
    }
    tPenUp();
    tMoveTo(0, 0);
}
```

asterisks.c

```
#include <turtle.h>

main ()
{
    int i, k, n;

    tPrintf("行数? ");
    tScanf("%d", &n);
    k = 0;
    while (k < n) {
        k = k + 1;
        i = 0;
        while (i < k) {
            tPrintf("*");
            i = i + 1;
        }
        tPrintf("\\n");
    }
}
```

spiral3.c

```
#include <turtle.h>

main()
{
    int i, n;
    double a;

    tPrintf("初項と辺の数? ");
    tScanf("%lf%d", &a, &n);
}
```



```
i = 0;
while (i < n) {
    tForward(a);
    tTurn(120);
    a = a * 1.3 + 8;
    i = i + 1;
}
}
```