入門講習会 第四回

1. 今日の内容

   お題となる問題はなし。前回の演習の続きを行う。

   おまけとして、テーマとして未分類のことを説明する。

2. 不定値

   いままで変数は、代入または初期化をした後に利用していた。では、代入も初期化も行っていない変数の中身はどうなっているのだろうか。これは試しに次のプログラムを組んでみればわかる。

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
    int x, y, z;

    printf("%d %d %d¥n", x, y, z);
    return 0;
}
```

   実は、初期化されていない変数には値が入っている。しかしこの値は意味のない不定値である。厳密には、かつては何かのプログラムで利用されていた値だったが、そのプログラムの終了とともに使われなくなったゴミの値である。

   実行結果は、筆者の場合は以下のようになった。表示される値は環境や時によって異なる。

```
2 2 0
```

3. キャスト演算子

   プログラミングをしていると、型を変換したいときがたまにある。そんなとき、ある型の値を別の型に変換する演算子が C では用意されている。これをキャスト演算子という。以下のような書式で用いる。

```
(型)値
```

   型には、int や double や char などが入れられる。値には、変数や定数を入れる。これによって、変数や定数を目的の型に変換することができる。

   例を見てみよう。以下は、実数 x の値を整数値に変換して y に代入するプログラムである。

```c
#include <stdio.h>
```

```c

int main(void) {
    double x;
    int y;

    scanf("%lf", x);
    y = (int)x;
    printf("x: %f¥n", x);
    printf("y: %d¥n", y);

    return 0;
}
```

実行結果は以下のようになる。15.13 が入力例である。

```
15.13
x: 15.130000
y: 15
```

15.13 が x に代入された後、

```
y = (int)x;
```

によって、15.13 を整数型に変換して y に代入される。整数型に変換すると小数点以下が切り捨てられ、結局 15 が y の値となる。

キャスト演算子は型を明示的に変換したいときに使える。次に述べる「暗黙の型変換」によっても型は変換されるが、型を任意のタイミングで変換したいならキャスト演算子を使うべきである。

もっとも、キャストを多用する機会はあまりない。無理やりキャストするくらいなら変数の型を最初から合わせておくべきであるからである。

4. 暗黙の型変換

整数型の変数に無理やり実数を代入するとどうなるのだろうか。試しにやってみよう。以下のプログラムは、前項のプログラムからキャスト演算子の記述を取り除いたものである。

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double x;
    int y;
```

```
    scanf("%lf", x);
    y = x;
    printf("x: %f¥n", x);
    printf("y: %d¥n", y);

    return 0;
}
```

実行結果は以下のようになる。15.13 が入力例。

```
15.13
x: 15.130000
y: 15
```

キャスト演算子を用いなくても、15.13 が y に代入されるとき、整数値に変換されていることが分かるだろう。y が整数型の変数だったから、自動的に 15.13 は整数値に変換されたのだ。

この変換を「暗黙の型変換(暗黙のキャスト)」と言う。

暗黙の型変換が行われるのは代入ときのだけではない。実は異なる型同士で何かしらの演算を行った際にも暗黙の型変換が起こる。

演算時の型変換のとき、なるべく表現力の高い型に変わると思っておけばよい。例えば、整数と実数の計算の時、計算式中の整数値は実数にキャストされてから計算が行われる。

例を見てみよう。整数 a, b の平均値を実数 c1, c2 に代入し、それを出力するプログラムである。c1 と c2 で微妙に計算式を変えていることに注目してほしい。

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    int a, b;
    double c1, c2;

    scanf("%d %d", a, b);
    c1 = (a + b) / 2;
    c2 = (a + b) / 2.0;
    printf("%f¥n%f¥n", c1, c2);

    return 0;
}
```

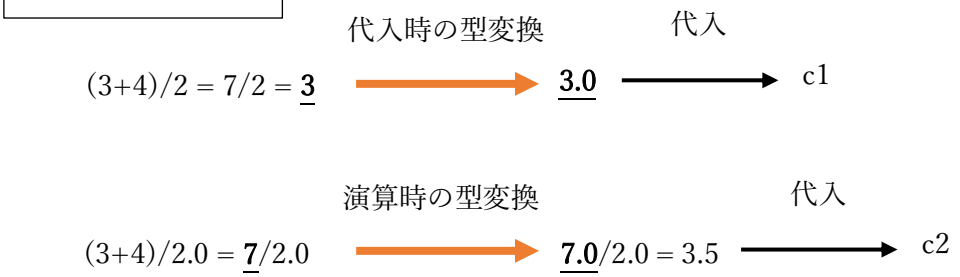
実行結果は以下のようになる。3, 4 が入力例。

```
3 4
3.000000
3.500000
```

c1 では小数点以下が切り捨てられている。なぜならば、c1 の計算では整数同士でしかやっていないからだ。整数同士の割り算は切り捨てのため、小数点以下が切り捨てられた後に、実数への型変換が行われ、c1 に代入される。

一方 c2 では、まず足し算は整数同士なので、a+b は整数値 7 に読み替えられる。7/2.0 を計算するとき、式中に 2.0 という実数が入っているため(実数定数を明示したい場合は小数点をつける)、計算式中の 7 は実数 7.0 に型変換される。計算結果は実数であり、それがそのまま c2 へと代入される。

a = 3, b = 4 のとき



暗黙の型変換はその名の通り、「暗黙」のうちに起こる。そのため、型変換について考慮していなかったことによるバグが起こるかもしれない(筆者は起こりました)。

異なる型同士の演算をしなければならなくなった場合、暗黙の型変換について考えよう。double 型、int 型、long long int 型のうちどれか二つ以上の型の変数が一つのプログラムで宣言されているときは、特に注意が必要である(long long int については別のときに話します)。

5. 四捨五入

ここでは、非負実数の小数第一位を四捨五入した整数値を求めることを考えよう。

単に 0.5 を加えて、整数型にキャストすればよい。なぜなら、もし小数第一位が 6 以上なら、繰り上がりが起こるからである。

実数 3.819 の小数第一位を四捨五入

int 型へキャスト

3.819 + 0.5 = 4.319 ⟶ 4

例を見てみよう。以下は、入力する整数値を四捨五入して、整数値で表示するプログラムである。

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double x;
    int y;

    scanf("%lf", &x);
    y = (int)(x + 0.5);
    printf("%d¥n", y);

    return 0;
}
```

実行結果は以下のようになる。3.613, 5.12 が入力例。

```
3.613
4
```

```
5.12
5
```

6. 切り上げと整数同士の割り算

小数点以下切り上げというのは、「ある数について、小数部分が 0 より大きいならば、その数に 1 を加えて小数点以下を切り捨てる」という意味である。よって、前項をまねた方法で、「実数値に変換して、0.9 を加えて、整数値に戻す」という方針ではうまくいかないことに注意しよう。なぜなら、0.9 を加えても小数第二位以下に何も影響を及ぼさないからだ。例えば、割り算の結果が 3.001 の場合が反例である。

まず、簡単に思いつくのは次の方法である。（実数値）−（実数値の整数部分）> 0 であるかどうかを判定し、真なら小数点以下を切り捨てた数に 1 加えるという方法である。

入力値を切り上げるプログラムは以下のように書ける(実行結果は省略)。

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double x;

    scanf("%lf", &x);
    if(x - (int)x > 0) printf("%d¥n", (int)x + 1);
    else printf("%d¥n", (int)x);

    return 0;
}
```

ちなみに、このようにしなくても、切り上げを行うための関数 ceil があらかじめ C では用意されている。

```
ceil(値)
```

実数値を値の部分に書くと、その値を切り上げた値を返す。ただし返ってくるのは実数型であるため、計算や出力時には注意が必要である。

ただし abs と同様、ソースコード上部に#include <math.h>を記述する必要がある。以下は ceil を使って先のコードを書き換えたものである。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void) {
    double x;

    scanf("%lf", &x);
    printf("%d¥n", (int)ceil(x));

    return 0;
}
```

[補足]

double 型の精度の限界により、切り上げが正しく行われない場合があるので注意が必要である。例えば先のプログラムにおいて、5 に限りなく近い数 5.0000000000000001 を入力すると、6 ではなく 5 の値が出力されてしまう。

```
5.0000000000000001
```

```
5
```

一般に、実数を扱うときは誤差のことを考えなくてはならない。この辺りはやや込み入った話になるため、詳細は割愛する。

ここで、正整数 a, b の割り算の結果を切り上げ、それを c に代入するという問題を考えてみよう。

C 言語では、整数同士の割り算は小数点以下を切り捨てる。しかし、小数点以下を切り上げたいときがたまにある。では先ほどのように ceil を使って、

```
c = (int)ceil((double)a / b);
```

と書けばよいのだろうか。それも一つの方法だろう。しかし、できるだけ整数同士の計算は整数だけで扱いたい。なぜなら、実数には誤差が入ることがあるからだ。

以下、割り算記号「/」の結果が切り捨てであることに注目しよう。

実数への変換を介さずに割り算の結果を切り上げる方法が 2 つ考えられる。一つは、「割った余りが 1 以上なら、割り算の結果に 1 加える」という方法である。

```
if (a % b > 0) c = a / b + 1;
else c = a / b;
```

もし a が b で割り切れなければ、必ず割り算の結果は小数点以下の数を持ってしまう。だから割り算の結果に 1 加えなくてはいけない。

もう一つは、a を割られる数、b を割る数として、割り算の結果を(a+b-1)/b と計算することである。

```
c = (a + b - 1) / b;
```

もし(a+b)/b だったら、(a+b)/b = a/b + 1 となってしまい、小数点以下に 0 以外の数字があろうが 1 を加えることになってしまうのだが、b より 1 小さい(b-1)を a に加えることで、切り上げを実現している。

厳密にこのことを示したいなら、a を b で割った商を n、余りを m として a = nb + m と表して、(a+b-1)/b に代入してみよう。

$$\frac{a+b-1}{b} = \frac{nb+m+b-1}{b} = n+1+\frac{m-1}{b}$$

m = 1, 2, …, b − 1 のとき、$\frac{m-1}{b} < 1$であるから、この数は切り捨てによって 0 となる。よって、割り算の結果として(n+1)が残り、切り上げができていることが分かる。

先に説明した if 文を用いる方法のほうが直感的でわかりやすいが、この方法の方がより簡潔に書ける。どちらがいいかは好みによる。

試しに、二つの方法でそれぞれ試したプログラムを書いてみよう。以下は、入力された正整数 a, b に対して、a÷b を切り上げた値を表示するプログラムである。

```
#include <stdio.h>
```

```c
int main(void) {
    int a, b;

    scanf("%d %d", &a, &b);

    printf("Method1: ");
    if(a % b > 0) printf("%d¥n", a / b + 1);
    else printf("%d¥n", a / b);

    printf("Method2: ");
    printf("%d¥n", (a + b - 1) / b);

    return 0;
}
```

実行結果は以下のようになる。

```
37 10
Method1: 4
Method2: 4
```

37÷10＝3.7 だが、これを切り上げて 4 としている。