

## 四則演算の記述とデータの内部表現

### 1. 四則演算の記述

4 則演算の記述がプログラミングの基本です。キーボードからの数値入力に対して演算結果を見やすい形式でディスプレイに出力するように工夫して下さい。

### 2. データの内部表現

プログラムの中で使用する**変数**に対して割り当てる記憶領域のサイズ、データの表現形式を特定する必要があります。コンピュータの内部では基本的に2進数を使ってデータを表現しています。今回は、データの内部表現を意識して処理結果を理解することを目標にします。

**変数**には名前(変数名)と型(int, long, float など)があり、「変数の宣言」によってあらかじめ変数名と型を決めておく必要があります(int m,n; など)。「変数の宣言」によってコンピュータのメモリが割り当てられますが、型によって何バイト割り当てられるかが異なります。整数を入れるための型は

int, short (2バイト, Mac の場合int は4バイト),

long (4バイト),

unsigned int, unsigned short (2バイト),

unsigned long (4バイト),

1バイトは8bit, 8桁の2進数で表現できる数は256通り,

2バイト(16bit)で表現できる数は $2^{16}=65,536$ 通り,

4バイト(32bit)で表現できる数は $2^{32}=4,294,967,296$ 通りです。

2バイトで十分大きな数を表現できるような印象を受けますが、計測データの処理においては、この範囲を超える記述が必要になることが珍しくありません。例えば、毎秒1回の計測を1日続けると

$$60 \times 60 \times 24 = 86,400 > 65,536$$

のデータが発生します。1ms毎に計測する場合はさらに86,400,000個になります。

2進数では数値は以下のように表現されます。

$$x = 2^b x_b + 2^{b-1} x_{b-1} + \dots + 2x_1 + x_0, \quad x_i \in \{0, 1\}, \quad 0 \leq i \leq b$$

と表わされるとき $x$ の2進数表記を

$$x_b x_{b-1} \dots x_1 x_0_{(2)}$$

と書く

2進数表記 $x_b x_{b-1} \dots x_1 x_0_{(2)}$ の各桁 $x_i \in \{0, 1\}, 0 \leq i \leq b$

をビット(bit: binary digit)と呼ぶ

負の数や小数はどのように表現すれば良いでしょうか？

例えばshort(2バイト)65,536通りのうち半分の32,768通りを負の数に割り当てる方法が考えられます。

0000000000000000 0

0000000000000001 1

0000000000000010 2

...

0111111111111110 32766

0111111111111111 32767

1000000000000000 -32768

1000000000000001 -32767

1000000000000010 -32766

...

1111111111111110 -2

1111111111111111 -1

負の数をこのように表現すると、32767+1は(shortで表わせる範囲を超えて)-32768になります。

同様にlong型の変数に2,147,483,647を入れてから1を加えると-2147483648になります。

## 課題

- (1) printf 文と sizeof 演算子を用いて int 型, short 型, long 型, unsigned int 型, unsigned short 型, unsigned long 型の記憶領域のサイズを以下の形式で表示するプログラムを作って下さい。

```
size of int = 4
size of short = 2
...
```

- (2) int 型, short 型, long 型, unsigned int 型, unsigned short 型, unsigned long 型の整数について, 表現できる最大・最小値を 10 進数で求めて下さい (テキスト 8 ページの指数表現  $2^{31}-1$  など, 極端な値付近の数値を実際に計算してみてください C の数学ライブラリでは指数は  $\text{double pow}(\text{double } x, \text{double } y)$  (テキスト 10 ページ参照) のように表現されることに注意して下さい。

- (3) Excel には DEC2BIN, DEC2HEX のような関数が用意されています。これらを利用して

```
± 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28
± 20-1, 21-1, 22-1, 23-1, 24-1, 25-1, 26-1, 27-1, 28-1
```

についてその 2 進, 16 進表現を求めて下さい。

- (4) 計算結果がその変数がとり得る範囲を超えた場合, どのようなことが起こるかを, arith.c に大きな値を入力して確かめて下さい。
- (5) printf 文で %d の代わりに %lx (4 バイト変数用), %hx (2 バイト変数用) を用いると, 値を 16 進数で表示することができます。これを使って arith.c を改造し, 10 進数に加えて 16 進数でも計算結果が表示されるようなプログラムを作成して下さい。2,147,483,647 + 1 がどのように表示されるか確認して下さい。
- (6) scanf 文で, 変数仕様と入力される数値の型が一致しないとき, どのようなことが起きるかを次のようなプログラムで試してみてください。short 型の値の範囲を超えた数値 (例えば 80,000) を入力し, 表示される結果について説明して下さい。

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
    short s0, s, s1;
    s0=0;
    s1=0;
    scanf("%d", &s);
    printf("s0 = %hd\n", s0);
    printf("s = %hd\n", s);
    printf("s1 = %hd\n", s1);
}
```

- (7) scanf 文を使って float 型, double 型の変数にそれぞれ実数値を入力し, 16 進数で表示するプログラムを作成して下さい (printf 文では 4 バイト変数を 16 進数表示する場合は %lx, 8 バイト変数を 16 進数表示する場合は %llx を使用して下さい)。-2.0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0 などの数値を入力し, 実数値がどのように表現されているか調べて下さい。
- (8) #define 文の中の整数演算はどのような型を使って行われているか確認して下さい。long 型の範囲を超えるような整数演算を記述した場合について, 表示される結果を説明して下さい。
- (9) エスケープシーケンスとして "%033[34mtest%033[0m\n" という文字列を使用した場合, これを 1 バイトごとに 16 進数に直すとどうなるか考えてみてください。例えば "test" の部分は 74 65 73 74 になります。%033 や %n は 1 バイトの文字であることを注意して下さい。"%n" の文字コードを知るにはどのようなプログラムを作成すればよいか考えて下さい。