ca-9. 数の扱い

（コンピュータ・アーキテクチャ演習）

URL: https://www.kkaneko.jp/cc/ca/index.html

金子邦彦

アウトライン

9-1 浮動小数点数の扱い

9-2 ２の補数

9-3 算術シフト

9-4 論理シフト

9-1 浮動小数点数の扱い

```
// ConsoleApplication5.cpp : コンソー
//

#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int x, y;
    x = 20;
    y = x * x;
    printf("%d¥n", y);
    system("pause");

    return 0;
}
```

対応

```
    int x, y;
    x = 20;
00EF13DE  mov         dword ptr [x],14h
    y = x * x;
00EF13E5  mov         eax,dword ptr [x]
00EF13E8  imul        eax,dword ptr [x]
00EF13EC  mov         dword ptr [y],eax
    printf("%d¥n", y);
00EF13EF  mov         esi,esp
00EF13F1  mov         eax,dword ptr [y]
00EF13F4  push        eax
00EF13F5  push        0EF5858h
00EF13FA  call        dword ptr ds:[0EF9118h]
00EF1400  add         esp,8
00EF1403  cmp         esi,esp
00EF1405  call        __RTC_CheckEsp (0EF1145h)
    system("pause");
00EF140A  mov         esi,esp
00EF140C  push        0EF585Ch
00EF1411  call        dword ptr ds:[0EF9110h]
00EF1417  add         esp,4
00EF141A  cmp         esi,esp
00EF141C  call        __RTC_CheckEsp (0EF1145h)

    return 0;
00EF1421  xor         eax,eax
}
```

```
// ConsoleApplication5.cpp : コンソール
//

#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    double x, y;
    x = 20;
    y = x * x;
    printf("%f¥n", y);
    system("pause");

    return 0;
}
```

```
    double x, y;
    x = 20;
000A13DE  movsd     xmm0,mmword ptr ds:[0A5868h]
000A13E6  movsd     mmword ptr [x],xmm0
    y = x * x;
000A13EB  movsd     xmm0,mmword ptr [x]
000A13F0  mulsd     xmm0,mmword ptr [x]
000A13F5  movsd     mmword ptr [y],xmm0
    printf("%f¥n", y);
000A13FA  mov       esi,esp
000A13FC  sub       esp,8
...
000A1425  call      dword ptr ds:[0A9110h]
000A142B  add       esp,4
000A142E  cmp       esi,esp
000A1430  call      __RTC_CheckEsp (0A1145h)

    return 0;
000A1435  xor       eax,eax
```

対応

使用されるレジスタが **xmm0 に変わる**など，いくつかの変化

int を **double に変更**

9-4　２の補数

２の補数

- ２の補数は，負の整数も扱いたいときに便利
- ２の補数では，最上位ビットが符号ビット

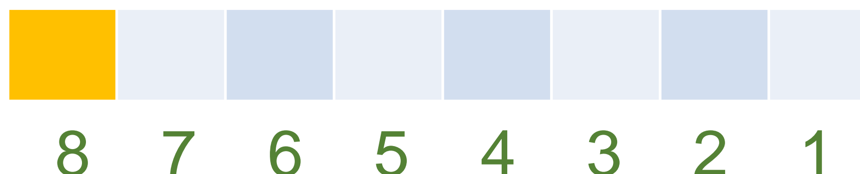
0　→　正の整数または０

1　→　負の整数

10進数の２	0	0	0	0	0	0	1	0
10進数の１	0	0	0	0	0	0	0	1
10進数の０	0	0	0	0	0	0	0	0
10進数の－１	1	1	1	1	1	1	1	1
10進数の－２	1	1	1	1	1	1	1	0

２の補数での符号ビット

８ビットの整数データの場合



２の補数では，**最上位ビット**は**符号ビット**

0 → 正の数，０
1 → 負の数
正なのか負なのかの区別に使う

演習

① ウェブブラウザを起動する

② python tutor を使いたいので，次の URL を開く

http://www.pythontutor.com/

※ Internet Explorer でうまく動かない場合があります

→ うまく動かないときは Google Chrome を試してください

※ 日本語モードはないので，英語で使う

③ 「Visualize your code and live help now」をク

Python Tutor - Visualize P ×

www.pythontutor.com

VISUALIZE CODE AND GET LIVE HELP

Learn Python, Java, C, C++, JavaScript, and Ruby

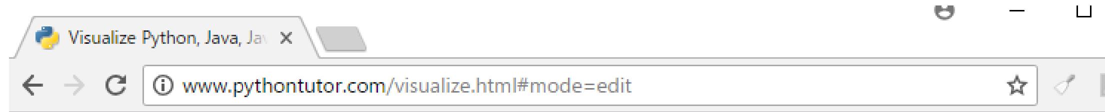
Python Tutor, created by Philip Guo (@pgbovine), helps people overcome a fundamental barrier to learning programming: understanding what happens as the computer runs each line of code.

Write code in your web browser, see it visualized step by step, and get live help from volunteers.

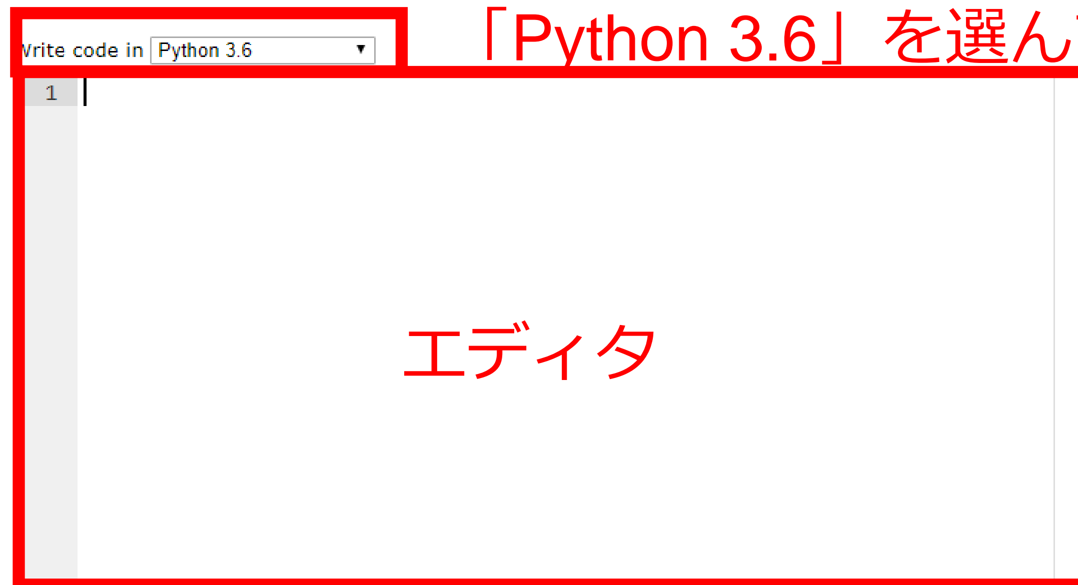
Related services: Java Tutor, C Tutor, C++ Tutor, JavaScript Tutor, Ruby Tutor

So far, **over 3.5 million people in over 180 countries** have used Python Tutor to visualize over 50 million pieces of code, often as a supplement to textbooks, lectures, and online tutorials.

Visualize your code and get live help now



言語を選べる.
「Python 3.6」を選んでおく



Help improve this tool by completing a **short user survey**
Keep this tool free by making a **small donation** (PayPal, Patreon, credit/debit card)

Visualize Execution | Live Programming Mode

実行のためのボタン

Advanced instructions: setting breakpoints | hiding variables | live programming

① 次のように書きなさい

Write code in Python 3.6

```
1 print( format( -2 & 0xff, 'b' ) )
2 print( format( -1 & 0xff, 'b' ) )
3 print( format( 0 & 0xff, 'b' ) )
4 print( format( 1 & 0xff, 'b' ) )
5 print( format( 2 & 0xff, 'b' ) )
6 print( format( 3 & 0xff, 'b' ) )
7
```

print(format(**-2** & 0xff, 'b'))

print(format(**-1** & 0xff, 'b'))

print(format(**0** & 0xff, 'b'))

print(format(**1** & 0xff, 'b'))

print(format(**2** & 0xff, 'b'))

print(format(**3** & 0xff, 'b'))

②「Visualize Execution」をクリック

Write code in Python 3.6

```
1  print( format( -2 & 0xff, 'b' ) )
2  print( format( -1 & 0xff, 'b' ) )
3  print( format( 0 & 0xff, 'b' ) )
4  print( format( 1 & 0xff, 'b' ) )
5  print( format( 2 & 0xff, 'b' ) )
6  print( format( 3 & 0xff, 'b' ) )
7
8
9
10
```

Help improve this tool by completing a **short user survey**
Keep this tool free by making a **small donation** (PayPal, Patreon,

Visualize Execution　Live Programming Mode

③「Last」ボタンをクリック

Python 3.6

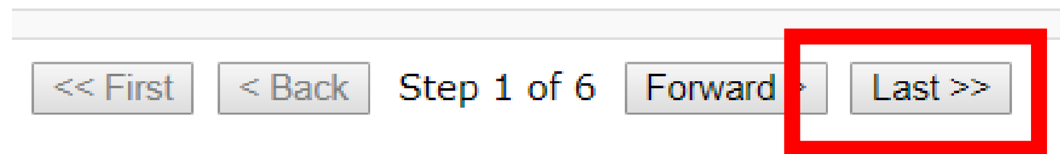
```
1  print( format( -2 & 0xff, 'b' ) )
2  print( format( -1 & 0xff, 'b' ) )
3  print( format( 0 & 0xff, 'b' ) )
4  print( format( 1 & 0xff, 'b' ) )
5  print( format( 2 & 0xff, 'b' ) )
6  print( format( 3 & 0xff, 'b' ) )
```

Edit this code

as just executed

o execute

ode to set a breakpoint; use the Back and Forward buttons to jump there.



④　結果を確認

Print output (drag lower right corner to resize)

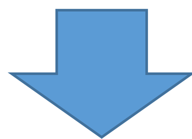
11111110	-2
11111111	-1
0	0
1	1
10	2
11	3
	10進数

9-3 算術シフト

算術シフト

整数を２倍したい，４倍したい，１／２倍したい，
１／４倍したい

数	１０（十進数）	0	0	0	0	1	0	1	0	（二進数）



0

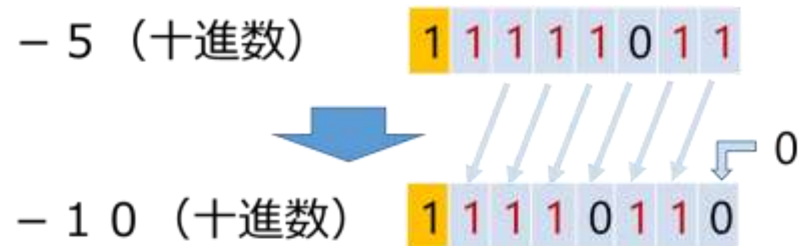
	２０（十進数）	0	0	0	1	0	1	0	0	（二進数）

ここでは，
最上位ビットは
符号ビット
（+か－かの記録）

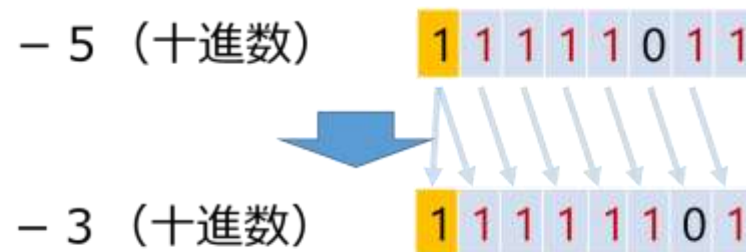
整数の２倍　＝　最上位ビット以外のビットを左に１つずらす（左シフト）

算術シフトの左と右

- **算術左シフト**
  - 最上位ビットは変化しない
  - 最上位ビット以外を左にシフト．できた空きには０を詰める

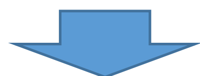


- **算術右シフト**
  - 最上位ビットは変化しない
  - 最上位ビット以外を右にシフト．できた空きには最上位ビットの値を詰める



算術左シフトによる２倍

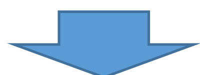
１０（十進数）　0 0 0 0 1 0 1 0　（二進数）



0

２０（十進数）　0 0 0 1 0 1 0 0　（二進数）

－５（十進数）　1 1 1 1 1 0 1 1　（二進数）※　２の補数



0

－１０（十進数）　1 1 1 1 0 1 1 0　（二進数）※　２の補数

最上位ビット以外を左に１つずらす（左シフト）．

最下位ビットに０を入れる

算術左シフトによる４倍

１０（十進数）　0 0 0 0 1 0 1 0　（二進数）

４０（十進数）　0 0 1 0 1 0 0 0　（二進数）

－５（十進数）　1 1 1 1 1 0 1 1　（二進数）※　２の補数

－２０（十進数）　1 1 1 0 1 1 0 0　（二進数）※　２の補数

最上位ビット以外を左に2つずらす（左シフト）．

最下位2つに，「００」を入れる

算術右シフトによる１／２倍

１０（十進数）

0	0	0	0	1	0	1	0

（二進数）

5（十進数）

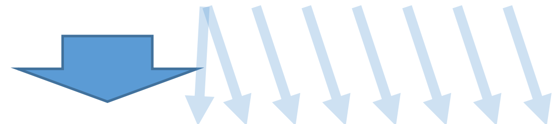
0	0	0	0	0	1	0	1

（二進数）

－5（十進数）

1	1	1	1	1	0	1	1

（二進数）※　２の補数



－3（十進数）

1	1	1	1	1	1	0	1

（二進数）※　２の補数

最上位ビット以外を右に１つずらす（右シフト）．

最上位から２番目のビットには，最上位ビットを入れる

算術シフト

- 整数を２倍，４倍，・・・，１／２倍，１／４倍・・・，したいときに使う
- **２の補数**では，符号ビットがある．符号ビットの部分はそのまま残すのが，**算術シフト**

算術右シフト sar の例

算術右シフトは 1/2倍, 1/4倍, ・・・

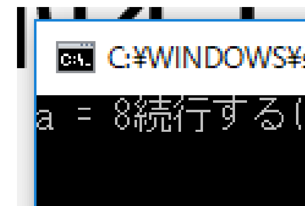
```
int main()
{
    int a;
    _asm {
        mov a, 32;
        sar a, 2;
    };
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

アセンブリ言語のプログラム

a に 32 をセット

a を 2ビット算術右シフト

実行結果の例



算術左シフト sal の例

算術左シフトは 2倍, 4倍, ・・・

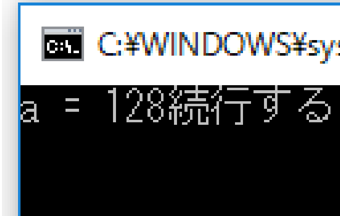
```
int main()
{
    int a;
    _asm {
        mov a, 32;
        sal a, 2;
    };
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

アセンブリ言語のプログラム

a に 32 をセット

a を 2ビット算術左シフト

実行結果の例



演習

* Visual Studio を起動しなさい
* Visual Studio で，Win32 コンソールアプリケーション用プロジェクトを新規作成しなさい

プロジェクトの「名前」は何でもよい

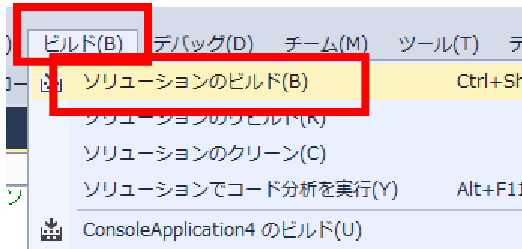
- Visual Studioのエディタを使って，ソースファイルを編集しなさい

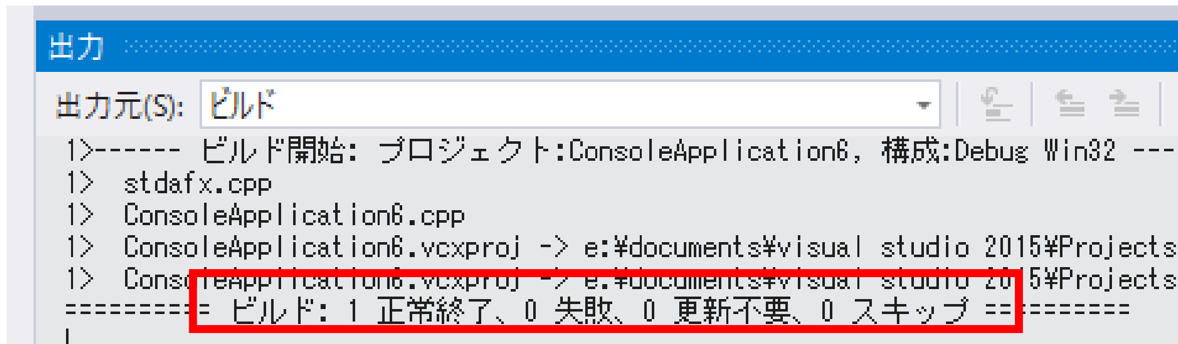
```
int main()
{
    int a;
    a = 300;
    a = a / 2;
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

追加

- ビルドしなさい．ビルドのあと「１　正常終了，０　失敗」の表示を確認しなさい

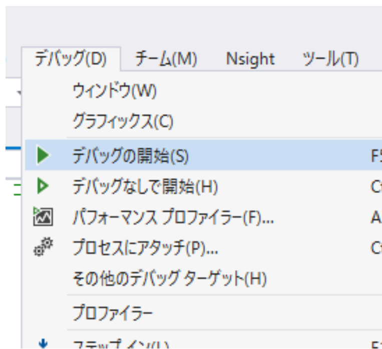
→　表示されなければ，プログラムのミスを自分で確認し，修正して，ビルドをやり直す





- Visual Studioで，ブレークポイントを設定しなさい

- Visual Studioで，デバッガーを起動しなさい.



「デバッグ」
→ **「デバッグ開始」**

- **ブレークポイント**の行で，実行が中断することを確認しなさい

あとで使うので，中断したままにしておくこと

- 逆アセンブルで「a = a / 2」のところを確認しなさい.

idiv ではなく sar になっている（算術シフト）

```
int main()
{
    int a;
    a = 300;
    a = a / 2;
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

```
000417AE  mov         dword ptr [a],12Ch
    a = a / 2;
000417B5  mov         eax,dword ptr [a]
000417B8  cdq
000417B9  sub         eax,edx
000417BB  sar         eax,1
000417BD  mov         dword ptr [a],eax
    printf("a = %d", a);
```

1ビットのシフト

- 次のように書き替えて，同じ手順を繰り返しなさい．

逆アセンブルで「a = a / 4」のところを確認しなさい．

```
int main()
{
    int a;
    a = 300;
    a = a / 4;
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

```
 a = a / 4;
417B5  mov    eax,dword ptr [a]
417B8  cdq
417B9  and    edx,3
417BC  add    eax,edx
417BE  sar    eax,2
417C1  mov    dword ptr [a],eax
 printf("a = %d", a);
```

2ビットのシフト

- 次のように書き替えて，今度は，変数 a の値を確認しなさい

```
int main()
{
    int a;
    _asm {
        mov a, 30;
        sar a, 3;
    }
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

３ビットのシフト
（８で割って，あまりを切り捨て）

- 次のように書き替えて， 変数 a の値を確認しなさい

```
int main()
{
    int a;
    _asm {
        mov a, 30;
        sal a, 3;
    }
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

ローカル	
名前	値
a	240

３ビットのシフト（８倍）

Pentium 系列プロセッサの算術演算命令の例

種類	命令	意味
算術演算	**add**	加算
	sub	減算
	imul	乗算
	idiv	除算
	sar, sal	算術シフト

9-4 論理シフト

論理シフトの例

2ビット目が１か０かを調べたい

他のビットは無視したい

1	0	0	0	1	0	1	0

論理右シフト

0	1	0	0	0	1	0	1

0	0	0	0	0	0	0	1

論理積

0	0	0	0	0	0	0	1

※ もし，元の２ビット目が０だったときは，
この値は「０ ０ ０ ０ ０ ０ ０ ０」