ca-13. サブルーチン

（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

13-1 サブルーチン

13-2 サブルーチン呼び出しと復帰

13-3 演習

13-1 サブルーチン

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

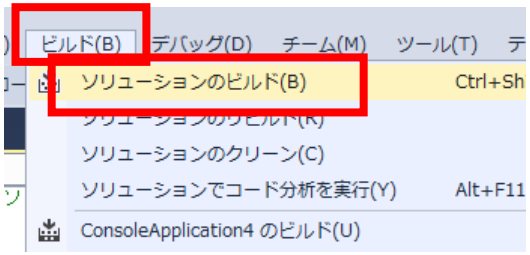
プロジェクトの「名前」は何でもよい

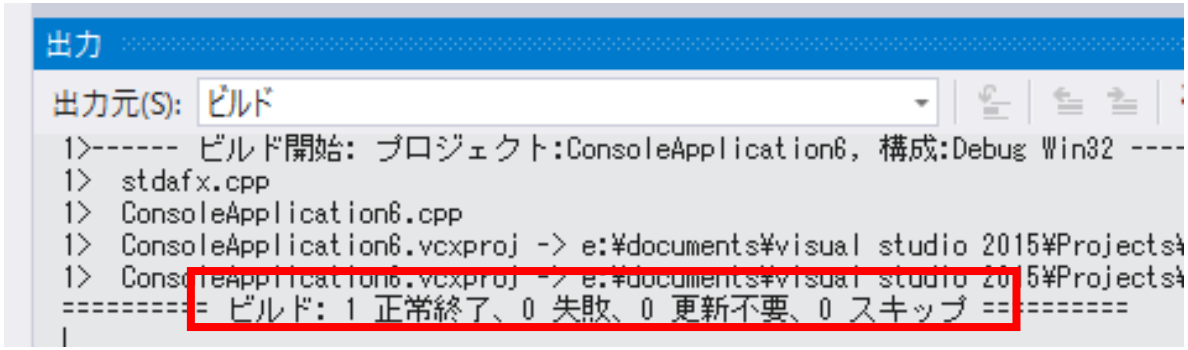
- Visual Studioのエディタを使って，ソースファイルを編集しなさい

```
4       #include "stdafx.h"
5
6       double foo(double a)
7       {
8           return a * 1.08;
9       }
10
11      int main()
12      {
13          double p;
14          p = 120;
15          printf("%f¥n", foo(p));
16          p = 200;
17          printf("%f¥n", foo(p));
18          return 0;
19      }
```

- 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「return a * 1.08;」の行に，ブレークポイントを設定しなさい

```
4    #include "stdafx.h"
5
6    double foo(double a)
7    {
8        return a * 1.08;
9    }
10
11   int main()
12   {
13       double p;
14       p = 120;
15       printf("%f¥n", foo(p));
16       p = 200;
17       printf("%f¥n", foo(p));
18       return 0;
19   }
```

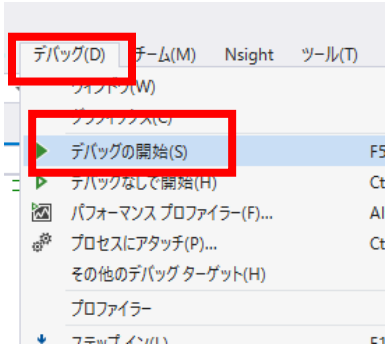

```
4    #include "stdafx.h"
5
6    double foo(double a)
7    {
8        return a * 1.08;
9    }
10
11   int main()
12   {
13       double p;
14       p = 120;
15       printf("%f¥n", foo(p));
16       p = 200;
17       printf("%f¥n", foo(p));
18       return 0;
19   }
```

① 「**return a * 1.08;**」の行をマウスでクリック

② 「デバッグ」→「**ブレークポイントの設定/解除**」

③ ブレークポイントが設定されるので確認．赤丸がブレークポイントの印

- Visual Studioで，デバッガーを起動しなさい.

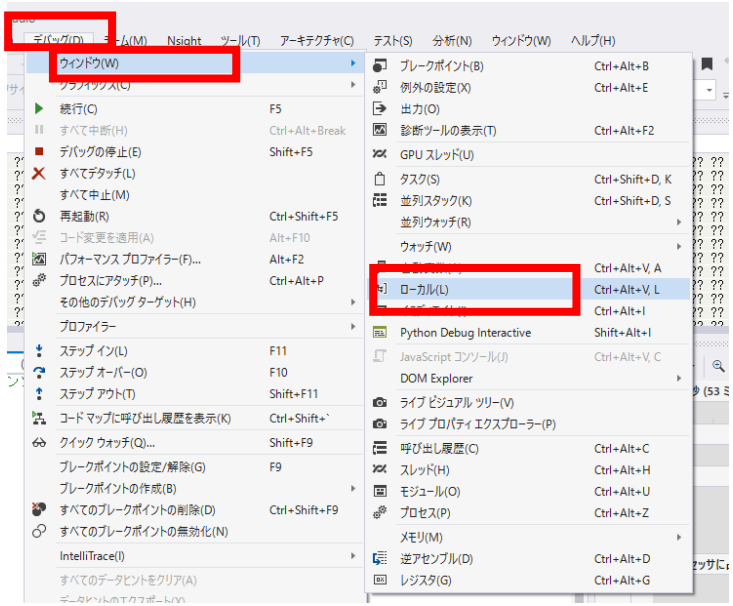


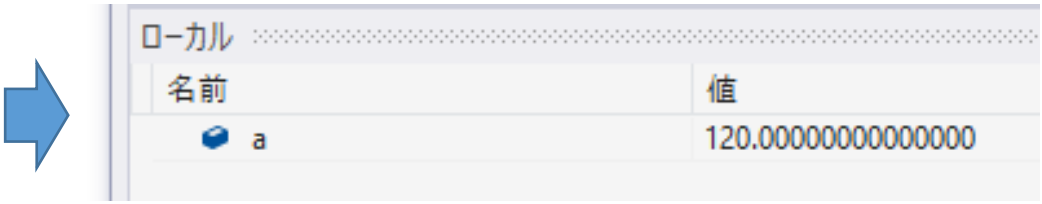
「デバッグ」
→ 「**デバッグ開始**」

- 「return a * 1.08;」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

「return a * 1.08;」の
行で実行が
中断している

- 「return a * 1.08;」の行で，実行が中断した状態で，変数の値を表示させなさい．手順は次の通り．



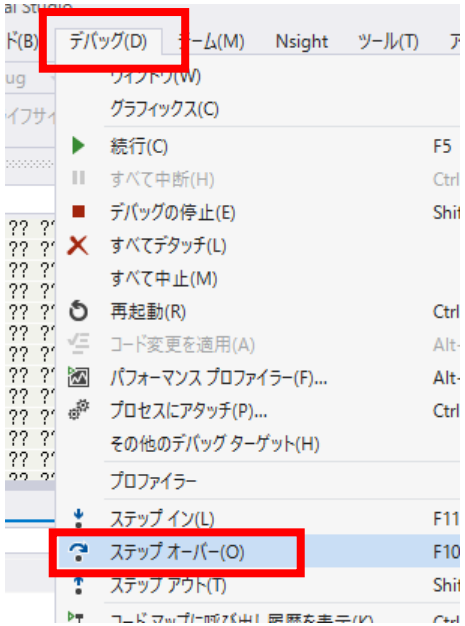


① 「デバッグ」
→ 「ウインドウ」
→ 「**ローカル**」

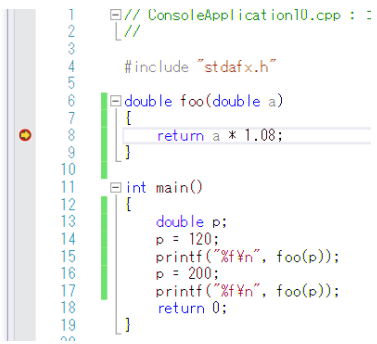
② 変数名と値の対応表が表示される

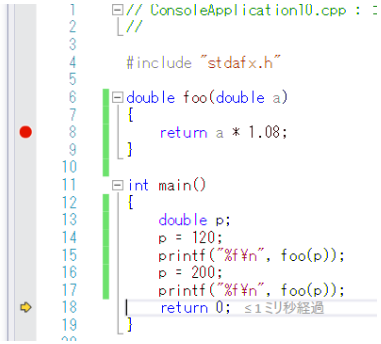
変数 **a** の値 **120**

- ステップオーバーの操作を１回ずつ行いなさい.



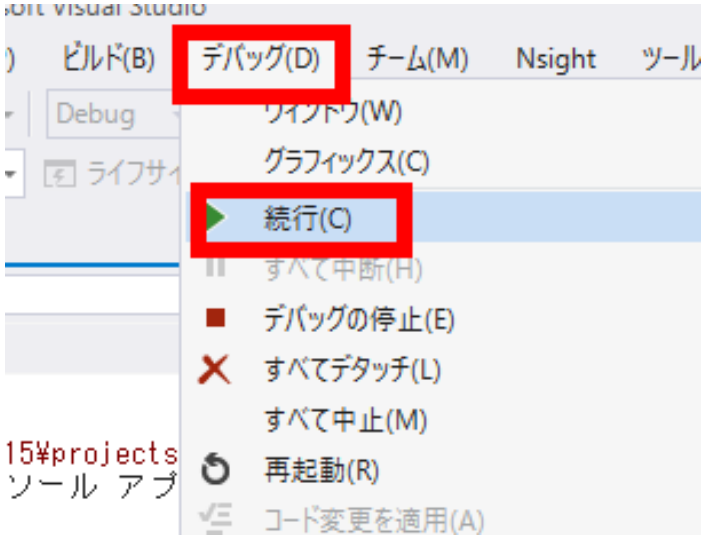
「デバッグ」
→「**ステップオーバー**」
（あるいは F10 キー）





みどころ,
黄色の矢印が動く.
あるときは **foo 関数の中**.
あるときは **main 関数の中**

- 最後に，プログラム実行の再開の操作を行いなさい．これで，デバッガーが終了する．



「デバッグ」
→ 「**続行**」

サブルーチン呼び出しのための call 命令

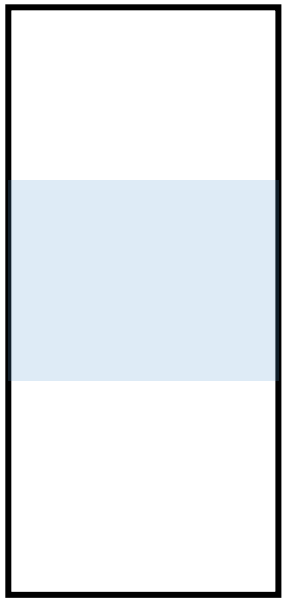
```
1   // ConsoleApplication10.cpp : 
2   //
3
4   #include "stdafx.h"
5
6   double foo(double a)
7   {
8       return a * 1.08;
9   }
10
11  int main()
12  {
13      double p;
14      p = 120;
15      printf("%f¥n", foo(p));
16      p = 200;
17      printf("%f¥n", foo(p));
18      return 0; ≤1ミリ秒経過
19  }
```

```
    p = 200;
0008183D  movsd       xmm0,mmword ptr [__real@406900000
00081845  movsd       mmword ptr [p],xmm0
    printf("%f¥n", foo(p));
0008184A  sub         esp,8
0008184D  movsd       xmm0,mmword ptr [p]
00081852  movsd       mmword ptr [esp],xmm0
00081857  call        foo (0811B3h)
0008185C  fstp        qword ptr [esp]
0008185F  push        offset string "%f¥n" (086B30h)
00081864  call        _printf (08131Bh)
00081869  add         esp,0Ch
    return 0;
```

Visual Studio の C++ プログラム

アセンブリ言語の call 命令
「**call foo ・・・**」
で**サブルーチンの先頭へジャンプ**

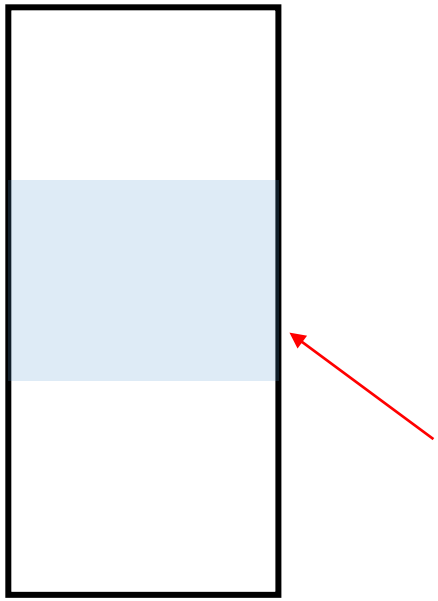
コンピュータでのスタックの作り方



メモリ

事前に，メモリ内に
スタック専用エリアを確保
（システムスタックエリア）

コンピュータでのスタックの作り方

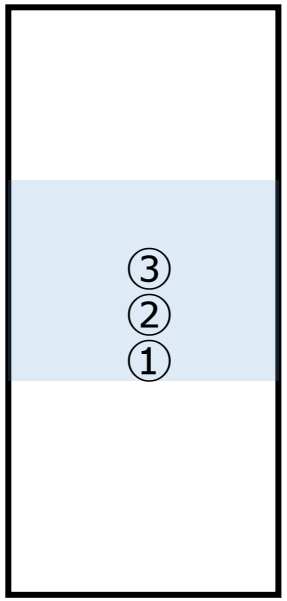


メモリ

最初は空

コンピュータでのスタックの作り方

①，②，③の**順**で
プッシュすると・・・



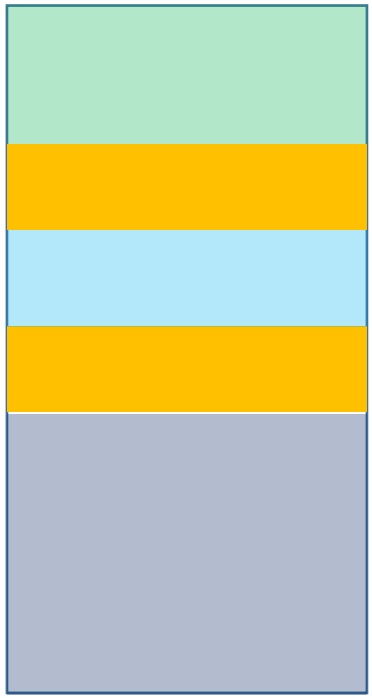
メモリ

一番最後にプッシュ
した③が一番上

データが入る

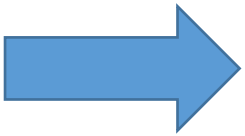
13-2 サブルーチン呼び出しと復帰

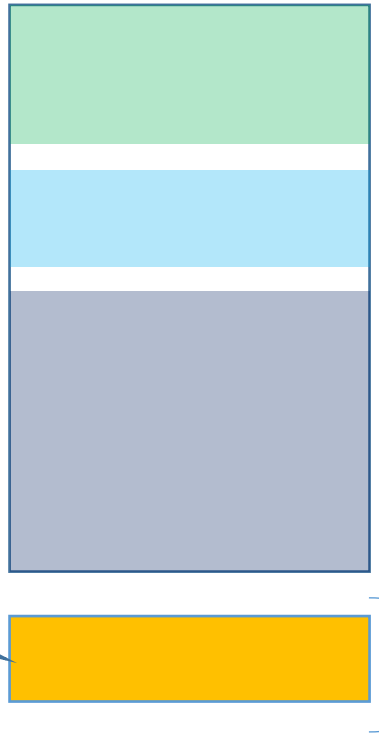
サブルーチンとは



サブルーチンなし

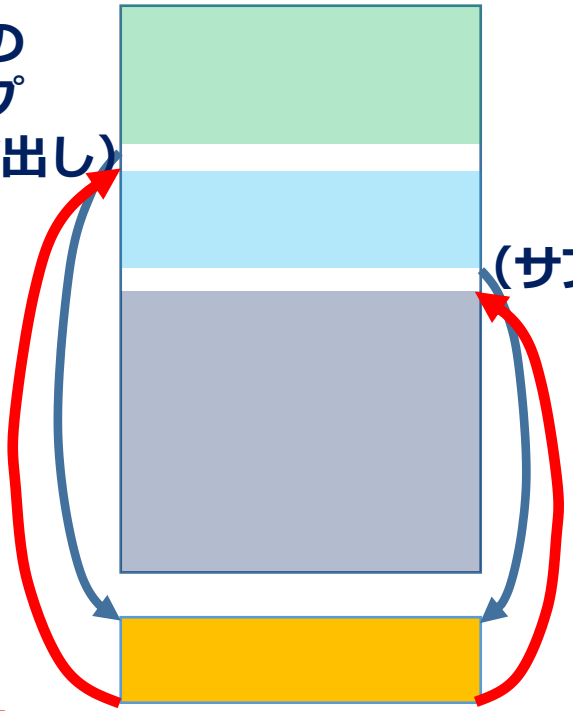
サブルーチンを
使うように，
プログラムを書き換え





サブルーチンあり

サブルーチン呼び出しと復帰



サブルーチンの
先頭へジャンプ
（サブルーチン呼び出し）

サブルーチンの
先頭へジャンプ
（サブルーチン呼び出し）

元のところ（戻りアドレス）へ
ジャンプ（復帰）

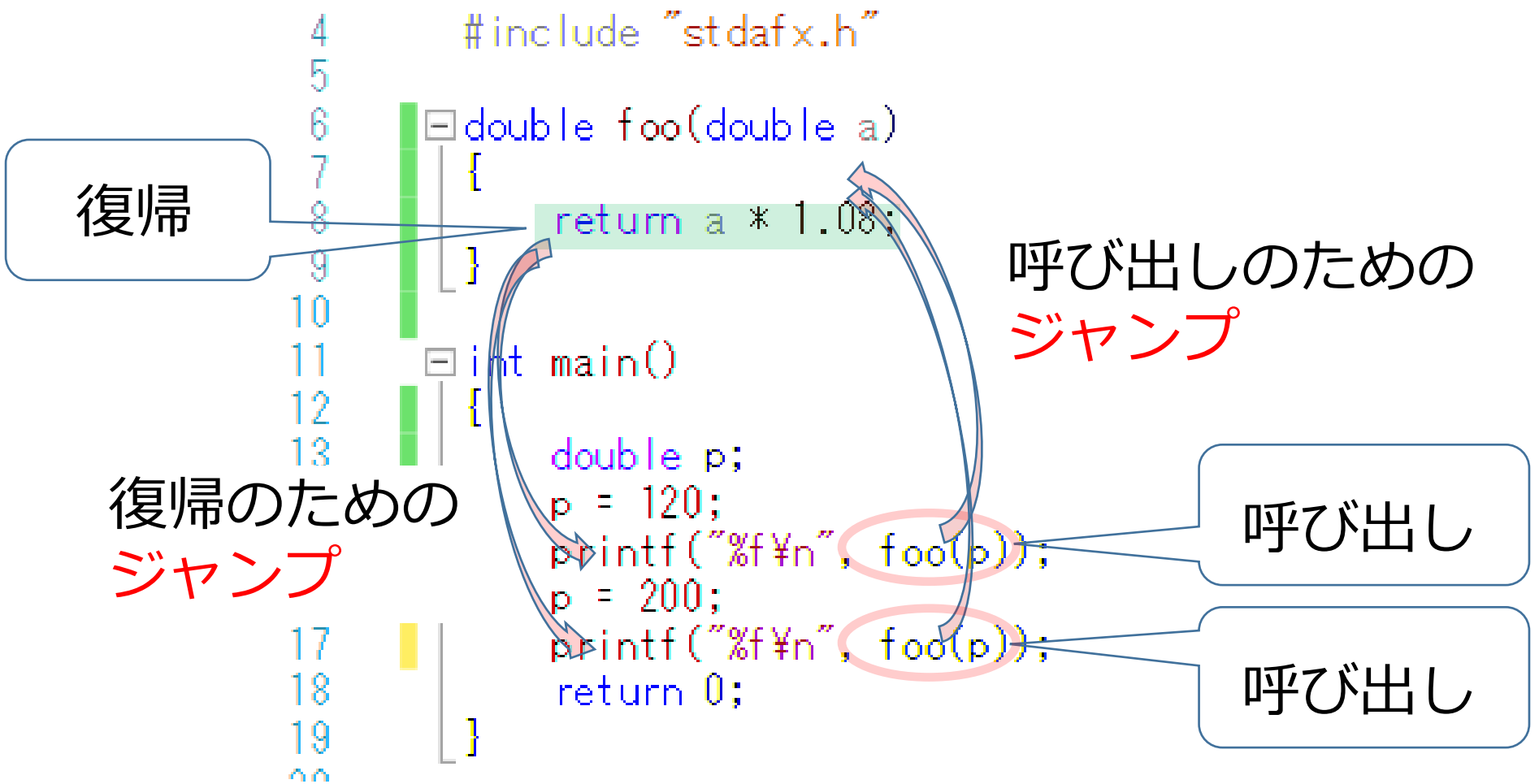
サブルーチン

元のところ（戻りアドレス）へ
ジャンプ（復帰）

サブルーチン呼び出しと復帰

- プログラムの中から,
- サブルーチンの先頭にジャンプ（サブルーチン呼び出し）して,
- あとで戻ってくる（復帰）

サブルーチン呼び出しと復帰



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

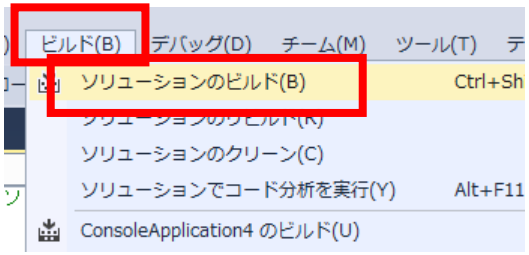
プロジェクトの「名前」は何でもよい

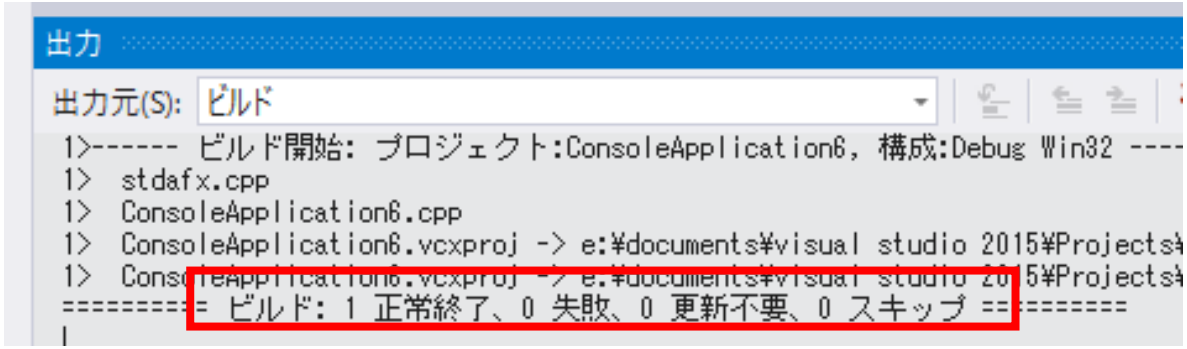
- Visual Studio のエディタを使って，ソースファイルを編集しなさい

```
4       #include "stdafx.h"
5
6   double foo(double a)
7   {
8       return a * 1.08;
9   }
10
11  int main()
12  {
13      double p;
14      p = 120;
15      printf("%f¥n", foo(p));
16      p = 200;
17      printf("%f¥n", foo(p));
18      return 0;
19  }
```

- 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「return a * 1.08;」の行に，ブレークポイントを設定しなさい

```
4    #include "stdafx.h"
5
6    double foo(double a)
7    {
8        return a * 1.08;
9    }
10
11   int main()
12   {
13       double p;
14       p = 120;
15       printf("%f¥n", foo(p));
16       p = 200;
17       printf("%f¥n", foo(p));
18       return 0;
19   }
```

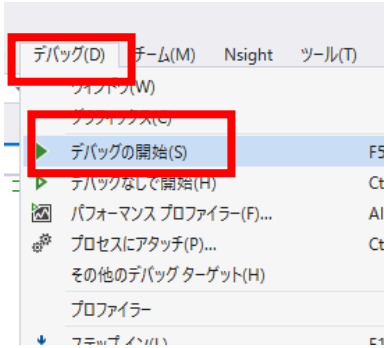

```
4    #include "stdafx.h"
5
6    double foo(double a)
7    {
8        return a * 1.08;
9    }
10
11   int main()
12   {
13       double p;
14       p = 120;
15       printf("%f¥n", foo(p));
16       p = 200;
17       printf("%f¥n", foo(p));
18       return 0;
19   }
```

① 「**return a * 1.08;**」の行をマウスでクリック

② 「デバッグ」→「**ブレークポイントの設定/解除**」

③ ブレークポイントが設定されるので確認．赤丸がブレークポイントの印

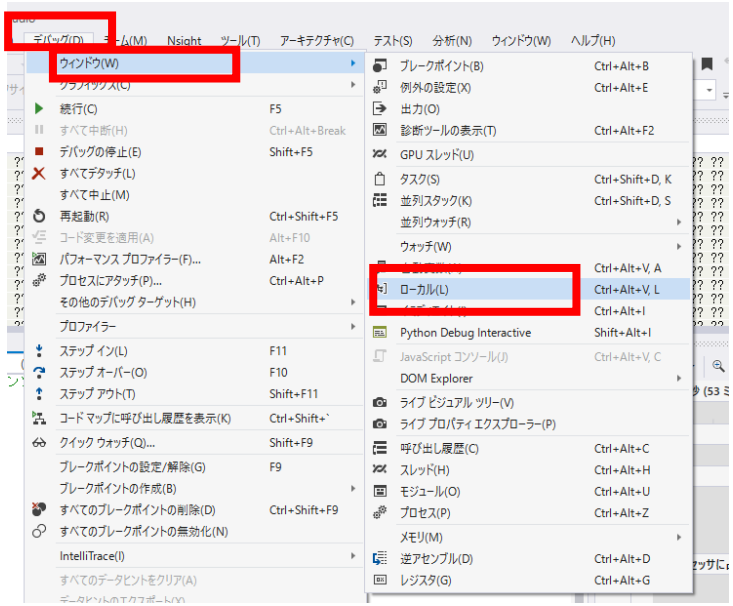
- Visual Studio で，デバッガーを起動しなさい.

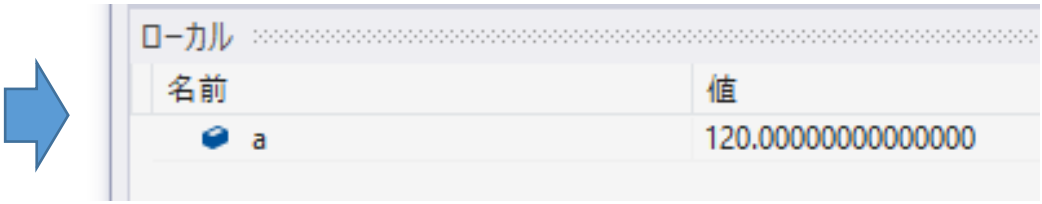


「デバッグ」
→「**デバッグの開始**」

- 「return a * 1.08;」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

- 「return a * 1.08;」の行で，実行が中断した状態で，変数の値を表示させなさい．手順は次の通り．



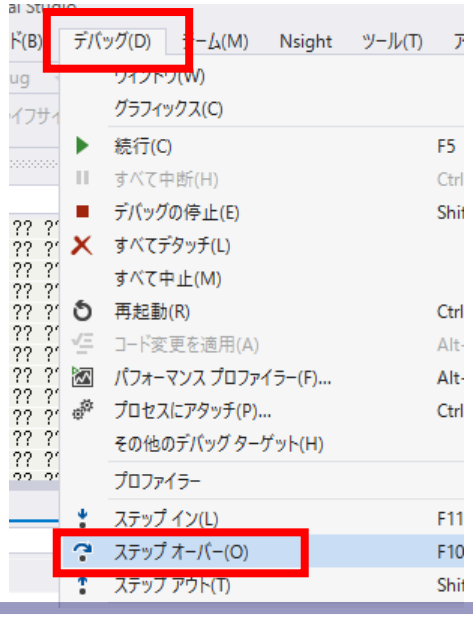


① 「デバッグ」
→ 「ウインドウ」
→ 「**ローカル**」

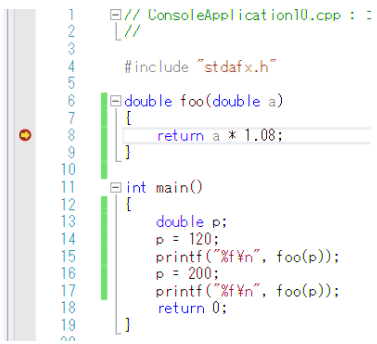
② 変数名と値の対応表が表示される

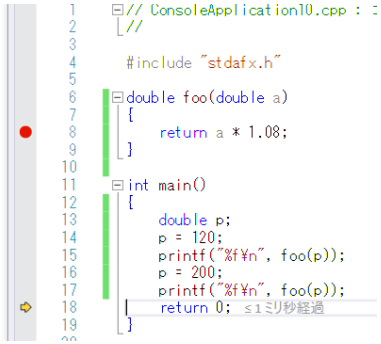
変数 **a** の値 **120**

- ステップオーバーの操作を１回ずつ行いなさい.



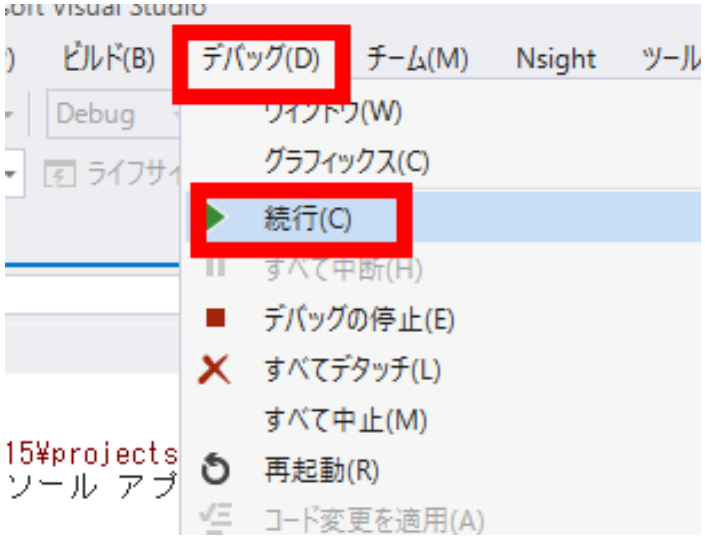
「デバッグ」
→「**ステップオーバー**」
（あるいは F10 キー）





みどころ,
黄色の矢印が動く.
あるときは **foo 関数の中**.
あるときは **main 関数の中**

- 最後に，プログラム実行の再開の操作を行いなさい．これで，デバッガーが終了する．



「デバッグ」
→「**続行**」

サブルーチン呼び出しのための call 命令

```
1   // ConsoleApplication10.cpp : 
2   //
3
4   #include "stdafx.h"
5
6   double foo(double a)
7   {
8       return a * 1.08;
9   }
10
11  int main()
12  {
13      double p;
14      p = 120;
15      printf("%f¥n", foo(p));
16      p = 200;
17      printf("%f¥n", foo(p));
18      return 0; ≤1ミリ秒経過
19  }
```

```
    p = 200;
0008183D  movsd       xmm0,mmword ptr [__real@406900000
00081845  movsd       mmword ptr [p],xmm0
    printf("%f¥n", foo(p));
0008184A  sub         esp,8
0008184D  movsd       xmm0,mmword ptr [p]
00081852  movsd       mmword ptr [esp],xmm0
00081857  call        foo (0811B3h)
0008185C  fstp        qword ptr [esp]
0008185F  push        offset string "%f¥n" (086B30h)
00081864  call        _printf (08131Bh)
00081869  add         esp,0Ch
    return 0;
```

Visual Studio の C++ プログラム

アセンブリ言語の call 命令
「**call foo ・・・**」
で**サブルーチンの先頭へジャンプ**

- 次のように書き替えて，同じ手順を繰り返しなさい．

```
 6  double foo(double a)
 7  {
 8      return a * 1.08;
 9  }
10
11  int main()
12  {
13      double x[6] = { 30, 100, 50, 200, 80, 40 };
14      double y[6];
15      int i;
16      for (i = 0; i < 6; i++) {
17          y[i] = foo(x[i]);
18      }
19      return 0;
20  }
```

13-3 サブルーチン呼び出しに関する演習

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

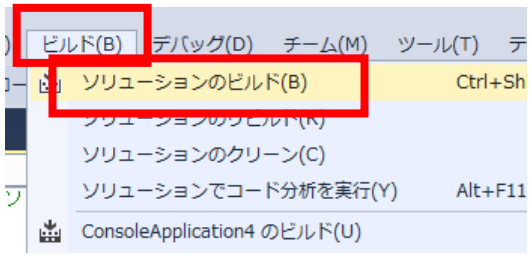
- Visual Studio のエディタを使って，

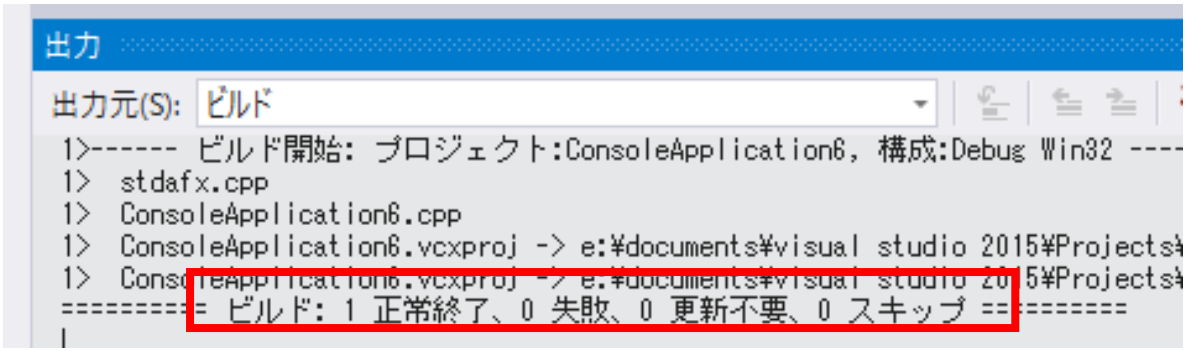
ソースファイルを編集しなさい

```
double foo(double a)
{
    return a * 1.08;
}
double bar(double x)
{
    return foo(x) * 100;
}
int main()
{
    double p;
    p = 12;
    printf("%f¥n", bar(p));
    p = 20;
    printf("%f¥n", bar(p));
    return 0;
}
```

- 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

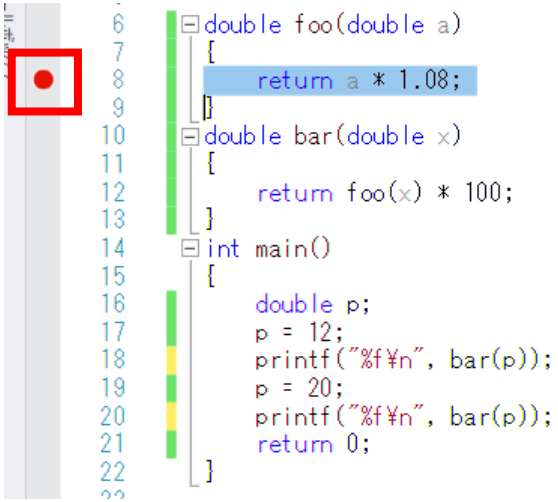
→　表示されなければ，プログラムのミスを自分で確認し，修正して，ビルドをやり直す





- Visual Studio で「return a * 1.08;」の行に，ブレークポイントを設定しなさい

```
double foo(double a)
{
    return a * 1.08;
}
double bar(double x)
{
    return foo(x) * 100;
}
int main()
{
    double p;
    p = 12;
    printf("%f¥n", bar(p));
    p = 20;
    printf("%f¥n", bar(p));
    return 0;
}
```

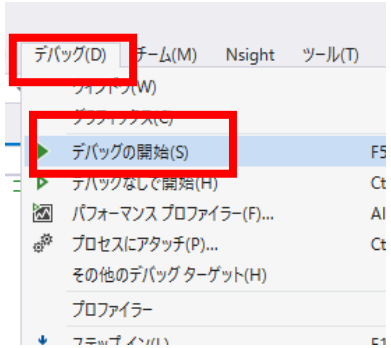


① 「**return a * 1.08;**」の行をマウスでクリック

② 「デバッグ」→「**ブレークポイントの設定/解除**」

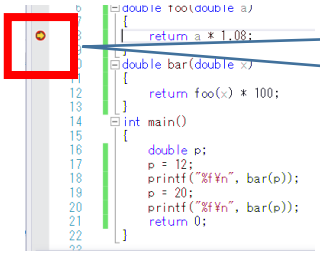
③ ブレークポイントが設定されるので確認．赤丸がブレークポイントの印

- Visual Studio で，デバッガーを起動しなさい.



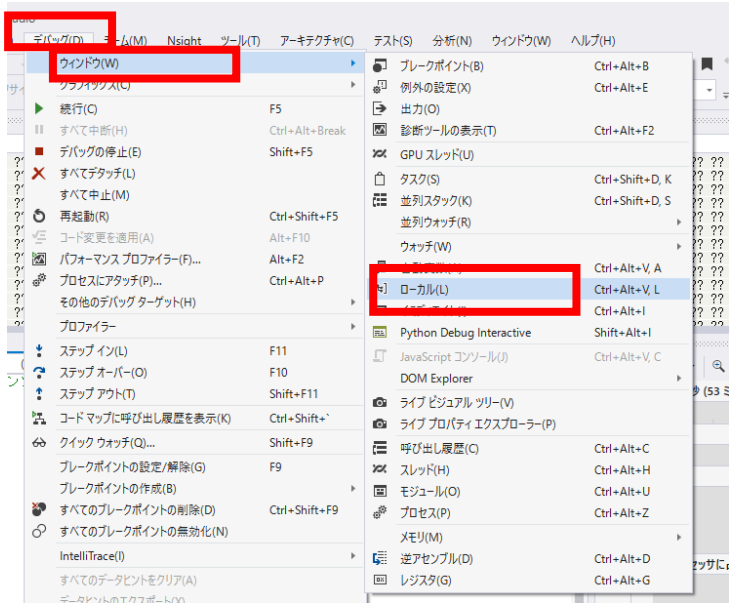
「デバッグ」
→「**デバッグの開始**」

- 「return a * 1.08;」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

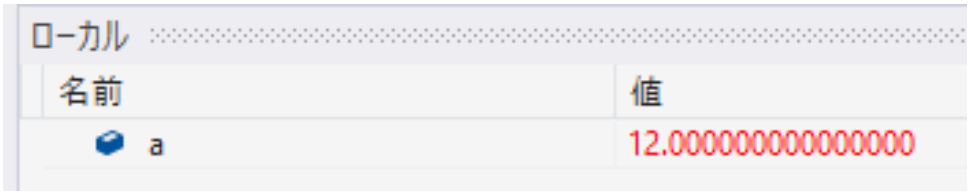


「return a * 1.08;」の
行で実行が
中断している

- 「return a * 1.08;」の行で，実行が中断した状態で，変数の値を表示させなさい．手順は次の通り．



①「デバッグ」
→「ウインドウ」
→ 「**ローカル**」



② 変数名と値の対応表が表示される

変数 **a** の値 **12**

```
 6  double foo(double a)
 7  {
 8      return a * 1.08;
 9  }
10  double bar(double x)
11  {
12      return foo(x) * 100;
13  }
14  int main()
15  {
16      double p;
17      p = 12;
18      printf("%f¥n", bar(p));
19      p = 20;
20      printf("%f¥n", bar(p));
21      return 0;
22  }
```

ローカル

名前	値
a	12.000000000000000

関数 **foo** の中では，**変数 a だけが使える**
（変数 x, p は使えない）

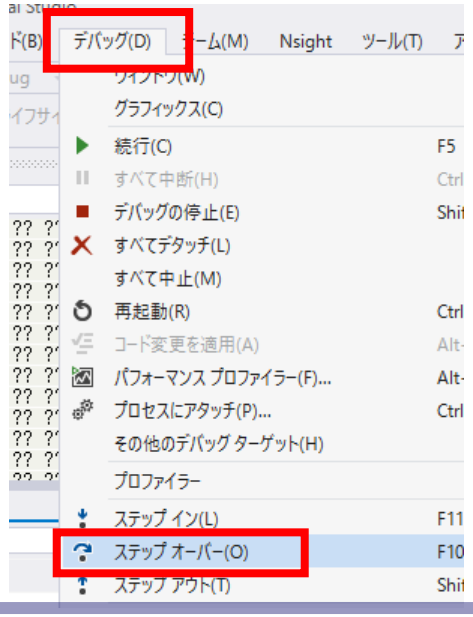
```
 6  double foo(double a)
 7  {
 8      return a * 1.08;
 9  }
10  double bar(double x)
11  {
12      return foo(x) * 100;  ≤1ミリ秒経過
13  }
14  int main()
15  {
16      double p;
17      p = 12;
18      printf("%f¥n", bar(p));
19      p = 20;
20      printf("%f¥n", bar(p));
21      return 0;
22  }
```

ローカル

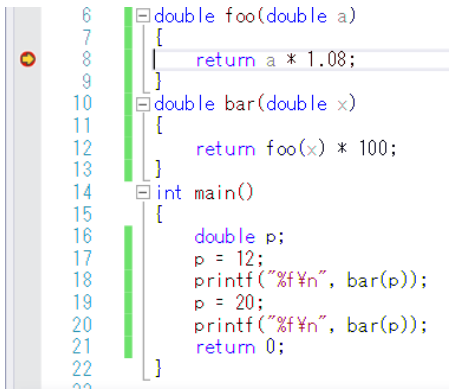
名前	値
foo が返されました	12.960000000000001
x	12.000000000000000

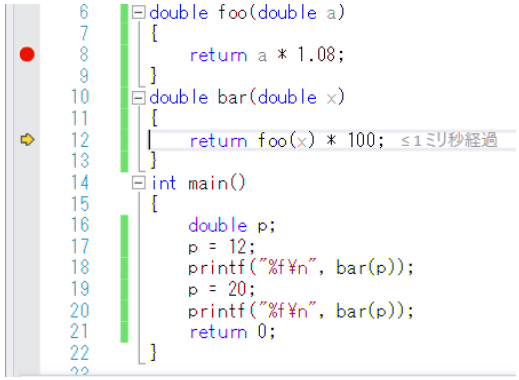
関数 **bar** の中では，**変数 x だけが使える**
（変数 a, p は使えない）

- ステップオーバーの操作を１回ずつ行いなさい.



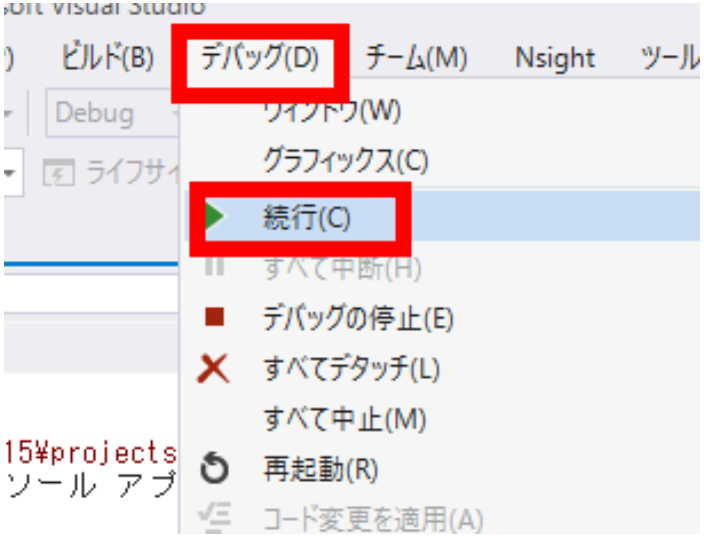
「デバッグ」
→「**ステップオーバー**」
（あるいは F10 キー）





みどころ,
黄色の矢印が動く.
あるときは **foo 関数の中.**
あるときは **bar 関数の中.**
あるときは **main 関数の中.**

- 最後に，プログラム実行の再開の操作を行いなさい．これで，デバッガーが終了する．



「デバッグ」
→「**続行**」

関数呼び出しのための call 命令

```
double foo(double a)
{
    return a * 1.08;
}
double bar(double x)
{
    return foo(x) * 100;
}
int main()
{
    double p;
    p = 12;
    printf("%f¥n", bar(p));
    p = 20;
    printf("%f¥n", bar(p));
    return 0;
}
```

Visual Studio の C++ プログラム

```
009C16F9  push        ebx
009C16FA  push        esi
009C16FB  push        edi
009C16FC  lea         edi,[ebp-0D0h]
009C1702  mov         ecx,34h
009C1707  mov         eax,0CCCCCCCCh
009C170C  rep stos    dword ptr es:[edi]
    return foo(x) * 100;
009C170E  sub         esp,8
009C1711  movsd       xmm0,mmword ptr [x]
009C1716  movsd       mmword ptr [esp],xmm0
009C171B  call        foo (09C11B3h)
009C1720  add         esp,8
009C1723  fstp        qword ptr [ebp-0C8h]
009C1729  movsd       xmm0,mmword ptr [ebp-0C8h]
009C1731  mulsd       xmm0,mmword ptr [__real@4059000000000000 (09C6B68h)]
009C1739  movsd       mmword ptr [ebp-0D0h],xmm0
009C1741  fld         qword ptr [ebp-0D0h]
}
009C1747  pop         edi
009C1748  pop         esi
009C1749  pop         ebx
009C174A  add         esp,0D0h
```

アセンブリ言語の call 命令
「**call foo ・・・**」
で**サブルーチンの先頭へジャンプ**