ca-7. データ転送命令とアドレッシングモード

（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

7-1 データ転送命令

7-2 アドレッシングモード

7-3 配列

7-4 C/C++ の配列は，メモリにどのように格納されているか

7-1 データ転送命令

命令セット

種類	命令	意味
データ転送と実効アドレス	MOV	データ転送　※　ロード，ストア，プッシュ，ポップ
	LEA	実効アドレスのロード
算術演算	ADD	加算
	SUB	減算
	IMUL	乗算
	IDIV	除算
	SAR, SAL	算術シフト
論理演算	AND	論理積
	OR	論理和
	SHR, SHL	論理シフト
比較	CMP	比較
	TEST	AND による比較
ジャンプ（分岐）	JMP	無条件ジャンプ（無条件分岐）
	J??	条件ジャンプ（条件分岐）
サブルーチン	CALL	サブルーチン呼び出し（サブルーチンコール）
	RET	サブルーチンからの復帰

プログラムの例

```
#include "stdafx.h"

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    int a, b;
    a = 10;
    b = a + 20;
    printf("%d, %d¥n", a, b);
    return 0;
}
```

C:¥WINDOWS¥system32¥cmd.exe

```
10, 30
続行するには何かキーを押してください . . .
```

C++ 言語とアセンブリ言語

Visual C++ の
プログラム

```
int a, b;
a = 10;
b = a + 20;
printf("%d, %d¥n", a, b);
return 0;
```

アセンブリ言語

```
--- e:¥documents¥visual studio 2013¥projects¥consoleapplicat
#include "stdafx.h"

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
00F313C0  push        ebp
00F313C1  mov         ebp,esp
00F313C3  sub         esp,0D8h
00F313C9  push        ebx
00F313CA  push        esi
00F313CB  push        edi
00F313CC  lea         edi,[ebp-0D8h]
00F313D2  mov         ecx,36h
00F313D7  mov         eax,0CCCCCCCCh
00F313DC  rep stos    dword ptr es:[edi]
    int a, b;
    a = 10;
00F313DE  mov         dword ptr [a],0Ah
    b = a + 20;
00F313E5  mov         eax,dword ptr [a]
00F313E8  add         eax,14h
00F313EB  mov         dword ptr [b],eax
    printf("%d, %d¥n", a, b);
00F313EE  mov         esi,esp
00F313F0  mov         eax,dword ptr [b]
00F313F3  push        eax
00F313F4  mov         ecx,dword ptr [a]
00F313F7  push        ecx
00F313F8  push        0F35858h
00F313FD  call        dword ptr ds:[0F39114h]
00F31403  add         esp,0Ch
00F31406  cmp         esi,esp
00F31408  call        __RTC_CheckEsp (0F31140h)
    return 0;
00F3140D  xor         eax,eax
}
00F3140F  pop         edi
00F31410  pop         esi
00F31411  pop         ebx
00F31412  add         esp,0D8h
00F31418  cmp         ebp,esp
00F3141A  call        __RTC_CheckEsp (0F31140h)
00F3141F  mov         esp,ebp
00F31421  pop         ebp
00F31422  ret
--- ソース ファイルがありません. ----------------------------
```

命令　オペランド

データ転送命令とは

「**データ転送**」せよの**命令**

- **メモリ**からデータを読み出して，**レジスタ**に書き込み
- **レジスタ**からデータを読み出して，**メモリ**に書き込み
- **レジスタ**からデータを読み出して，別の**レジスタ**に書き込み

など

```
--- e:¥documents¥visual studio 2013¥projects¥consoleapplicat
#include "stdafx.h"

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
00F313C0  push        ebp
00F313C1  mov         ebp,esp
00F313C3  sub         esp,0D8h
00F313C9  push        ebx
00F313CA  push        esi
00F313CB  push        edi
00F313CC  lea         edi,[ebp-0D8h]
00F313D2  mov         ecx,36h
00F313D7  mov         eax,0CCCCCCCCh
00F313DC  rep stos    dword ptr es:[edi]
    int a, b;
    a = 10;
00F313DE  mov         dword ptr [a],0Ah
    b = a + 20;
00F313E5  mov         eax,dword ptr [a]
00F313E8  add         eax,14h
00F313EB  mov         dword ptr [b],eax
    printf("%d, %d¥n", a, b);
00F313EE  mov         esi,esp
00F313F0  mov         eax,dword ptr [b]
00F313F3  push        eax
00F313F4  mov         ecx,dword ptr [a]
00F313F7  push        ecx
00F313F8  push        0F35858h
00F313FD  call        dword ptr ds:[0F39114h]
00F31403  add         esp,0Ch
00F31406  cmp         esi,esp
00F31408  call        __RTC_CheckEsp (0F31140h)
    return 0;
00F3140D  xor         eax,eax
}
00F3140F  pop         edi
00F31410  pop         esi
00F31411  pop         ebx
00F31412  add         esp,0D8h
00F31418  cmp         ebp,esp
00F3141A  call        __RTC_CheckEsp (0F31140h)
00F3141F  mov         esp,ebp
00F31421  pop         ebp
00F31422  ret
--- ソース ファイルがありません. ----------------------------
```

アセンブリ言語のプログラム

```
    int a, b;
    a = 10;
00F313DE  mov         dword ptr [a],0Ah
    b = a + 20;
00F313E5  mov         eax,dword ptr [a]
00F313E8  add         eax,14h
00F313EB  mov         dword ptr [b],eax
    printf("%d, %d¥n", a, b);
```

メモリからレジスタ eax へ

レジスタ eax からメモリへ

データ転送命令
mov 命令 が使用されている

7-2 アドレッシングモード

アドレッシングモードのバリエーション

Visual C++ の
プログラム

アセンブリ言語

```
x = 3;
y = 4;
z = x + y;
```

x のアドレス

```
mov         dword ptr [x (0CA9138h)],3
```

y のアドレス

```
mov         dword ptr [y (0CA913Ch)],4
```

x のアドレス

y のアドレス

```
mov         eax,dword ptr [x (0CA9138h)]
add         eax,dword ptr [y (0CA913Ch)]
mov         dword ptr [z (0CA9140h)],eax
```

z のアドレス

メモリへの書き込み,
メモリからの読み出し
を行う
アドレッシングモード

アドレッシングモードのバリエーション

Visual C++ の
プログラム

アセンブリ言語

```
x = 3;
y = 4;
z = x + y;
```

変数 x に 3 をセット

```
mov         dword ptr [x (0CA9138h)],3
```

変数 y に 4 をセット

```
mov         dword ptr [y (0CA913Ch)],4

mov         eax,dword ptr [x (0CA9138h)]
add         eax,dword ptr [y (0CA913Ch)]
mov         dword ptr [z (0CA9140h)],eax
```

値を扱う
アドレッシングモード

アドレッシングモードのバリエーション

Visual C++ の
プログラム

アセンブリ言語

```
x = 3;
y = 4;
z = x + y;
```

```
mov         dword ptr [x (0CA9138h)],3

mov         dword ptr [y (0CA913Ch)],4

mov         eax,dword ptr [x (0CA9138h)]
add         eax,dword ptr [y (0CA913Ch)]
mov         dword ptr [z (0CA9140h)],eax
```

結果を
変数 z に書き込む

レジスタを扱う
アドレッシングモード

演習

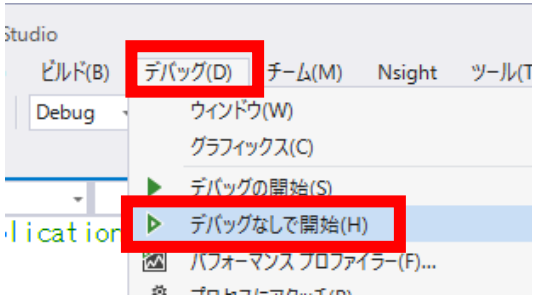
次のプログラムを Visual Studio で実行し，
結果を確認しなさい

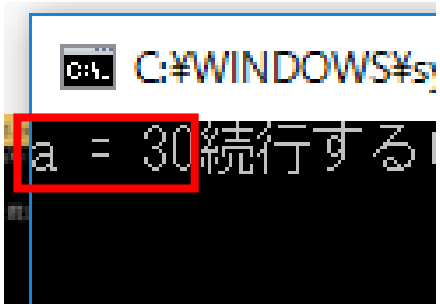
```
int main()
{
    int a;
    _asm {
        mov eax, 10;
        add eax, 20;
        mov a, eax;
    };
    printf("a = %d", a);
    return 0;
}
```

①レジスタEAXに値１０をセット

②レジスタEAXに２０を足しこむ

③レジスタEAXの値を，**変数a**のアドレスに書き込む





「a = 30」

が表示されたら成功

7-3 配列

C/C++ での配列と繰り返し

```
int main()
{
    static int x[5] = { 8, 6, 4, 2, 3 };
    static int y[5] = { 0, 0, 0, 0, 0 };
    int i;
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        y[i] = x[i] * 10;
    }

    return 0;
}
```

繰り返す処理

i の値は 0, 1, 2, 3, 4
と変化し，全部済んだら終わる

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

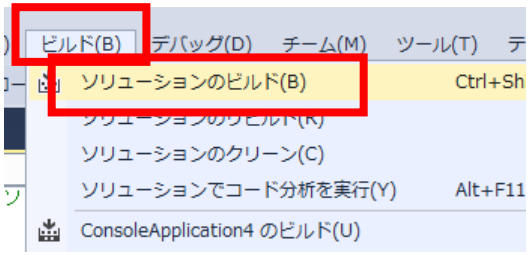
- Visual Studioのエディタを使って，ソースファイルを編集しなさい

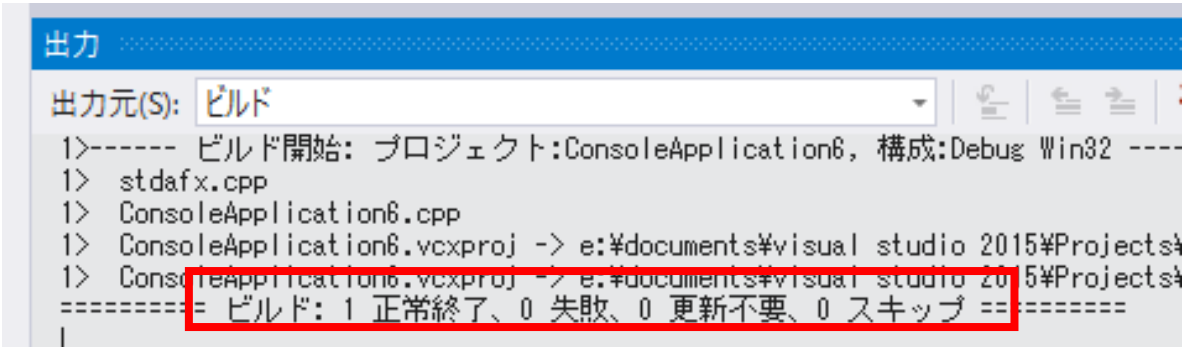
```
#include "stdafx.h"

int main()
{
    static int x[5] = { 8, 6, 4, 2, 3 };
    static int y[5] = { 0, 0, 0, 0, 0 };
    int i;
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        y[i] = x[i] * 10;
    }

    return 0;
}
```

追加

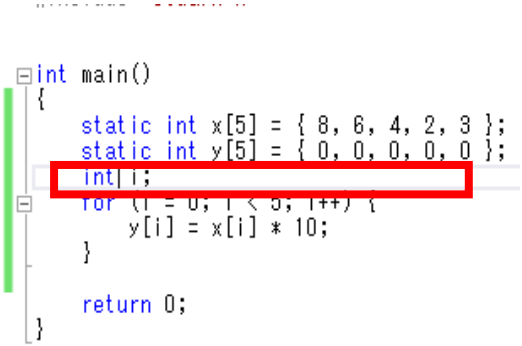
- ビルドしなさい．ビルドのあと「１　正常終了，０　失敗」の表示を確認しなさい

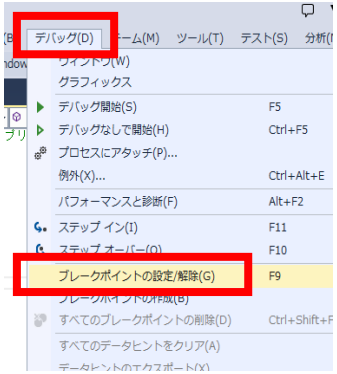
→　表示されなければ，プログラムのミスを自分で確認し，修正して，ビルドをやり直す

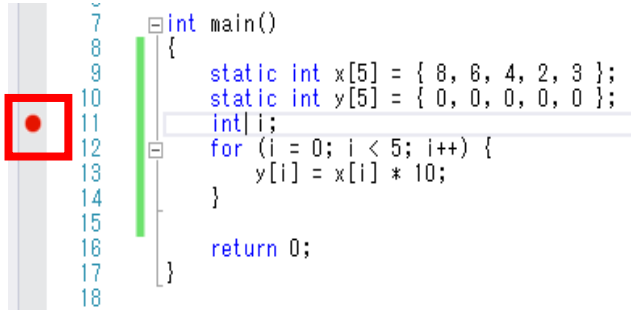




- Visual Studioで「int i;」の行に，ブレークポイントを設定しなさい





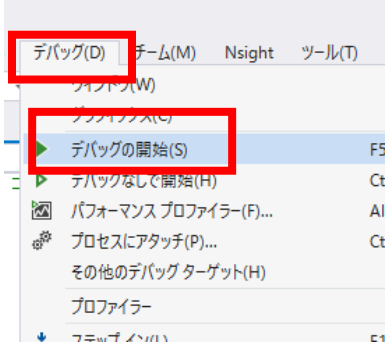


① 「**int i;**」の行をマウスでクリック

② 「デバッグ」→「**ブレークポイントの設定/解除**」

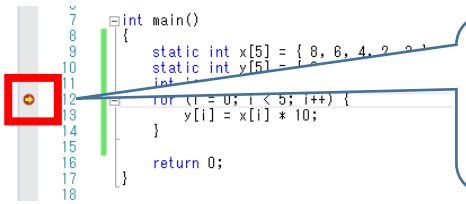
③ ブレークポイントが設定されるので確認．赤丸がブレークポイントの印

- Visual Studioで，デバッガーを起動しなさい.



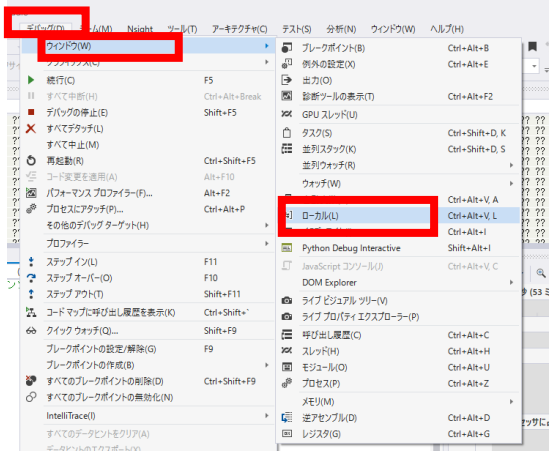
「デバッグ」
→ 「**デバッグ開始**」

- 「int i;」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

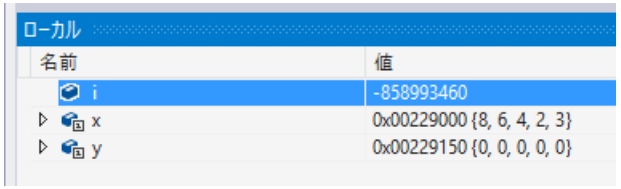


「int i;」の行で実行が中断している

- 「**int i;**」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**」



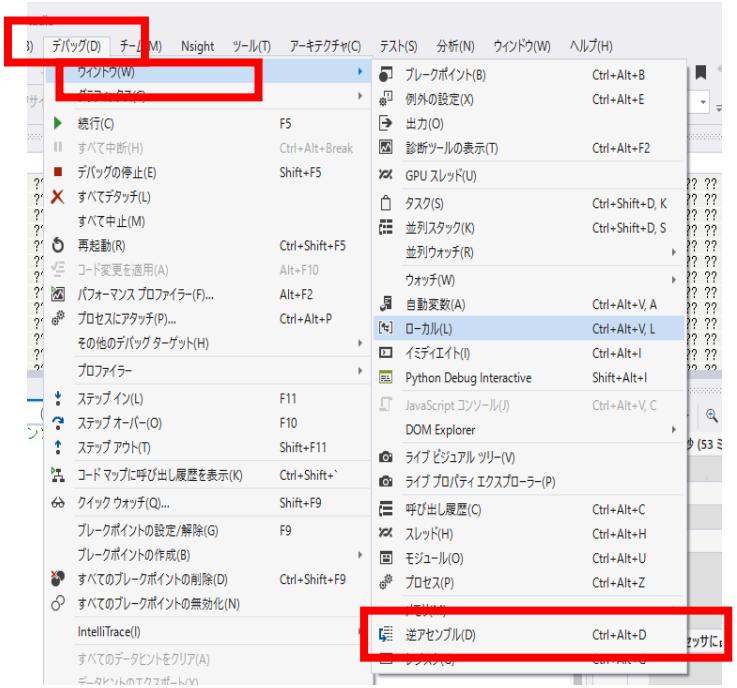
② 変数名と値の対応表が表示される

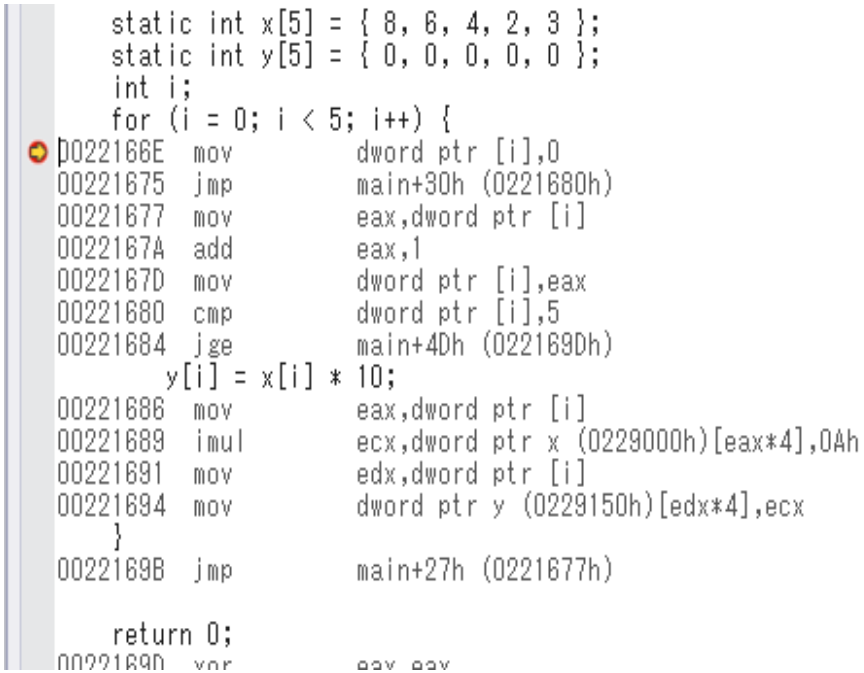
※ 次ページに拡大図

ローカル

名前	値
i	-858993460
x	0x00229000 {8, 6, 4, 2, 3}
y	0x00229150 {0, 0, 0, 0, 0}

- 「**int i;**」の行で，実行が中断した状態で，**逆アセンブルを行いなさい**.

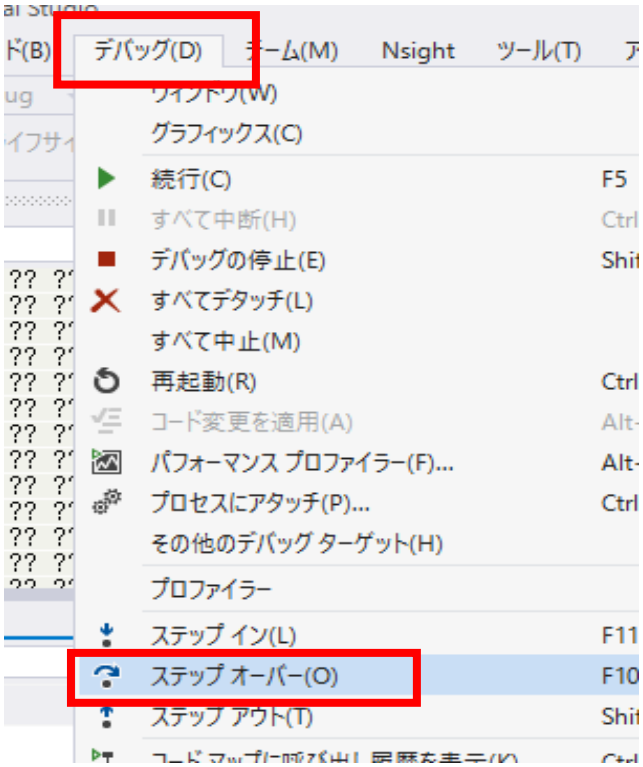




① 「デバッグ」→「ウインドウ」→「**逆アセンブル**」

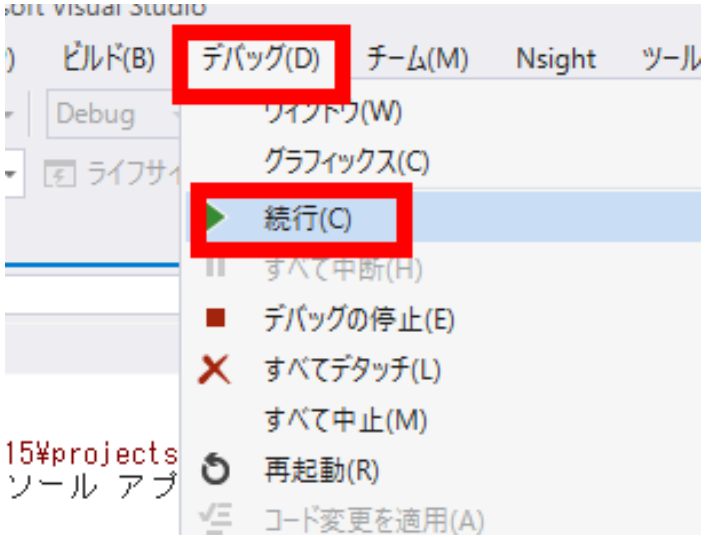
② 逆アセンブルの結果が表示される

- ステップオーバーの操作を１回ずつ行いながら，変数 i, x, y の値の変化を確認しなさい．



「デバッグ」
→「**ステップオーバー**」
（あるいは F10 キー）

- 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．

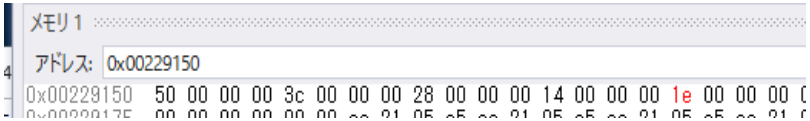


「デバッグ」
→ 「**続行**」

7-4 C/C++ の配列は，メモリにどのように格納されているか

配列

数値（10進数）	16 進数			
80 →	50	00	00	00
60 →	3c	00	00	00
40 →	28	00	00	00
20 →	14	00	00	00
30 →	1e	00	00	00



ダンプリストの例

リトルエンディアンで，

４バイトの数値に**コード化**した場合の例

7-4 配列

- C 言語や，C++ 言語の配列は，同じ型の要素の並び.
- コード化されて，メモリに格納されるとき，

  要素が順にメモリに格納される

  各要素のサイズは同じ

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

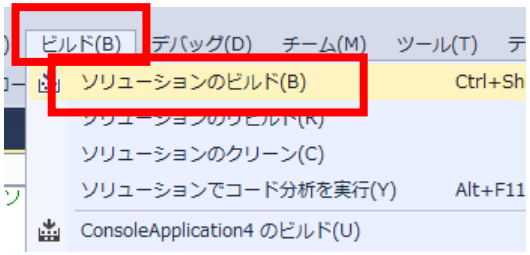
プロジェクトの「名前」は何でもよい

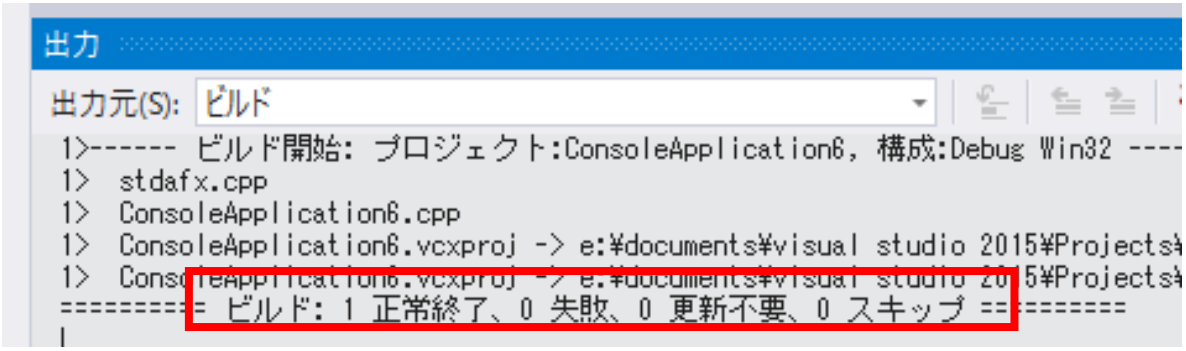
- 先ほどのプログラムをそのまま使う

```
#include "stdafx.h"

int main()
{
    static int x[5] = { 8, 6, 4, 2, 3 };
    static int y[5] = { 0, 0, 0, 0, 0 };
    int i;
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        y[i] = x[i] * 10;
    }

    return 0;
}
```

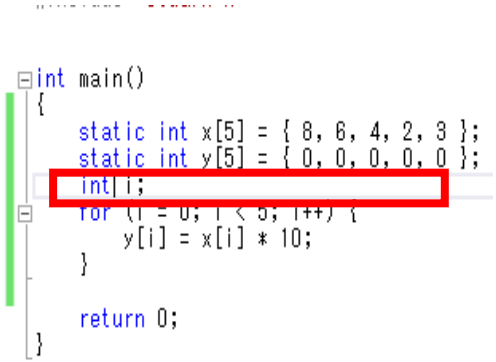
- ビルドしなさい．ビルドのあと「１　正常終了，０　失敗」の表示を確認しなさい

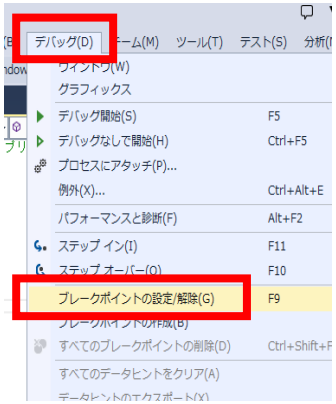
→　表示されなければ，プログラムのミスを自分で確認し，修正して，ビルドをやり直す

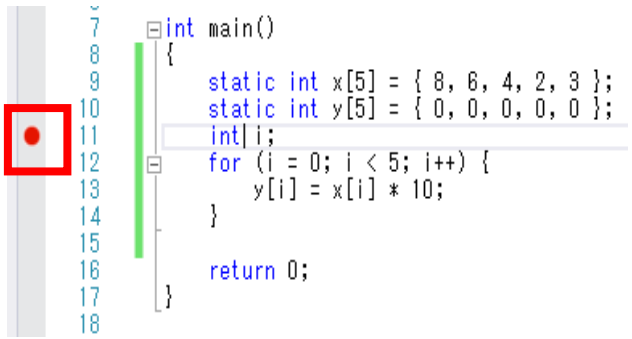




- Visual Studioで「int i;」の行に，ブレークポイントを設定していること





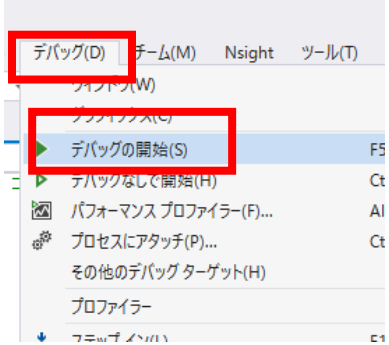


① 「**int i;**」の行をマウスでクリック

② 「デバッグ」→「**ブレークポイントの設定/解除**」

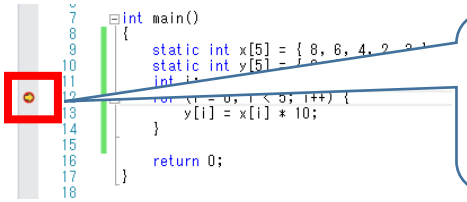
③ ブレークポイントが設定されるので確認．赤丸がブレークポイントの印

- Visual Studioで，デバッガーを起動しなさい.



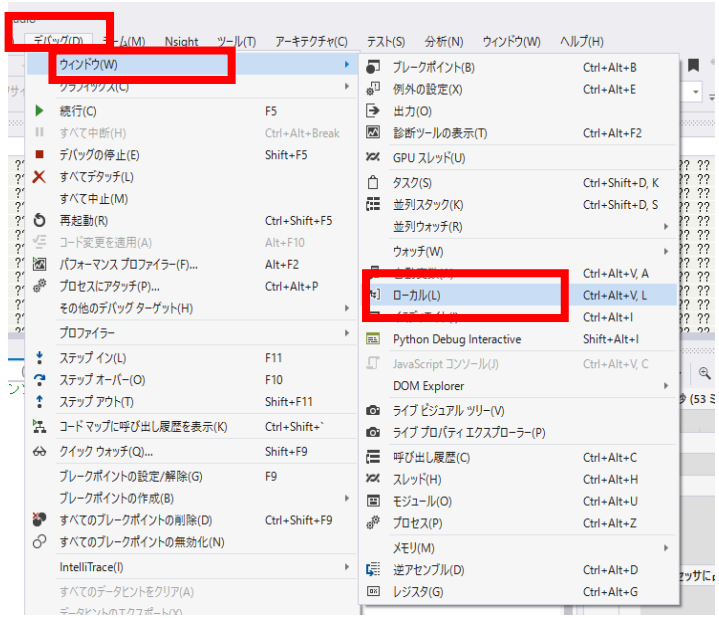
「デバッグ」
→ 「**デバッグ開始**」

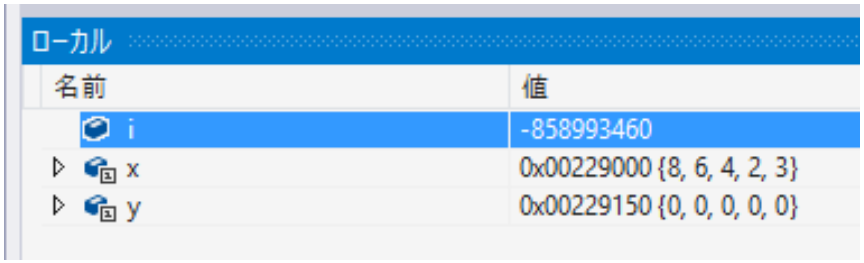
- 「int i;」の行で，実行が中断することを確認しなさい
- あとで使うので，中断したままにしておくこと



「int i;」の行で実行が中断している

- 「**int i;**」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．



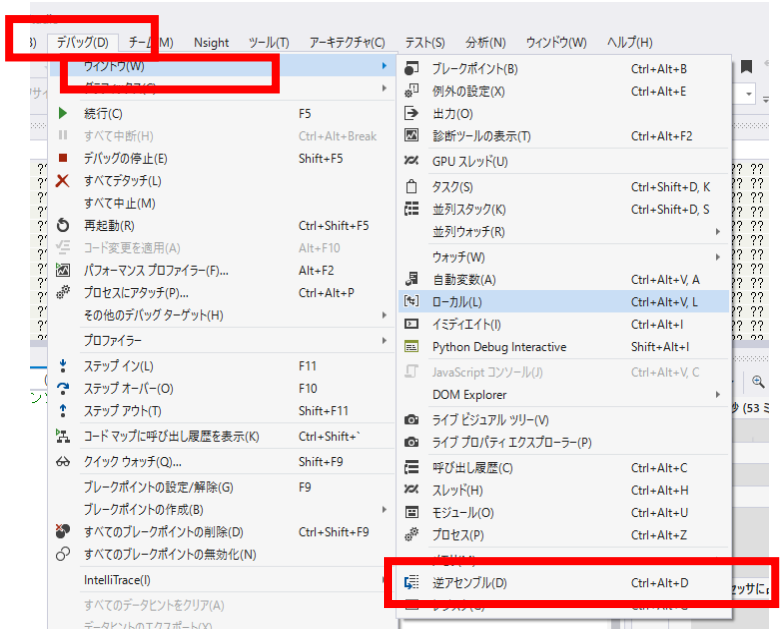


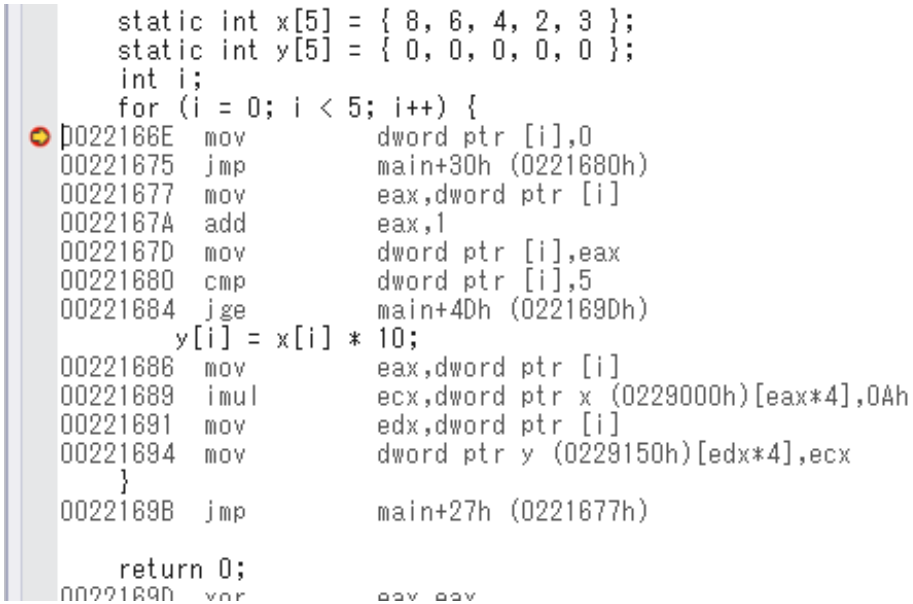
① 「デバッグ」
→ 「ウインドウ」
→ 「**ローカル**」

② 変数名と値の対応表が表示される

※ 次ページに拡大図

- 「**int i;**」の行で，実行が中断した状態で，**逆アセンブルを行いなさい**.





① 「デバッグ」→「ウインドウ」→「**逆アセンブル**」

② 逆アセンブルの結果が表示される

- **ローカルウインドウ**で**配列 y の先頭アドレス**を調べなさい

「0x」が付いているのは16進数

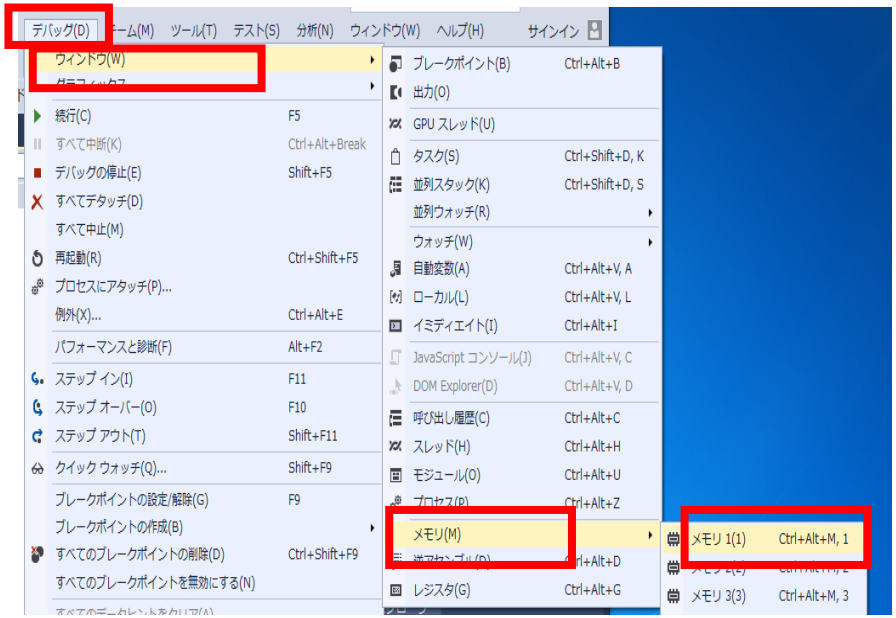
y の先頭アドレスは，起動のたびに変化する可能性がある．注意！

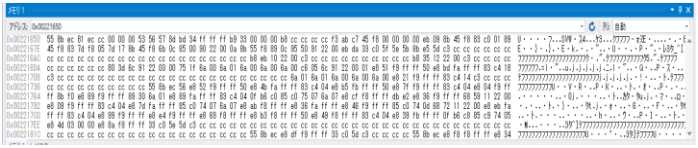
- プログラムの中で**配列 y の先頭アドレス**がある
ことを確認しなさい

```
    static int y[5] = { 0, 0, 0, 0, 0 };
    int i;
    for (i = 0; i < 5; i++) {
0022166E  mov         dword ptr [i],0
00221675  jmp         main+30h (0221680h)
00221677  mov         eax,dword ptr [i]
0022167A  add         eax,1
0022167D  mov         dword ptr [i],eax
00221680  cmp         dword ptr [i],5
00221684  jge         main+4Dh (022169Dh)
        y[i] = x[i] * 10;
00221686  mov         eax,dword ptr [i]
00221689  imul        ecx,dword ptr x (0229000h)[eax*4],0Ah
00221691  mov         edx,dword ptr [i]
00221694  mov         dword ptr y (0229150h)[edx*4],ecx
    }
```

「h」が付いているのは16進数

- ダンプリストを表示させなさい.



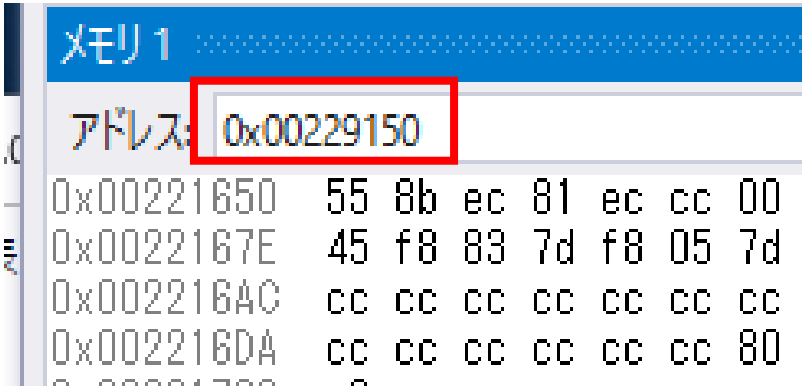


② メモリの中身がダンプリスト形式で表示される

①「デバッグ」
→「ウインドウ」
→「メモリ」→「メモリ１」

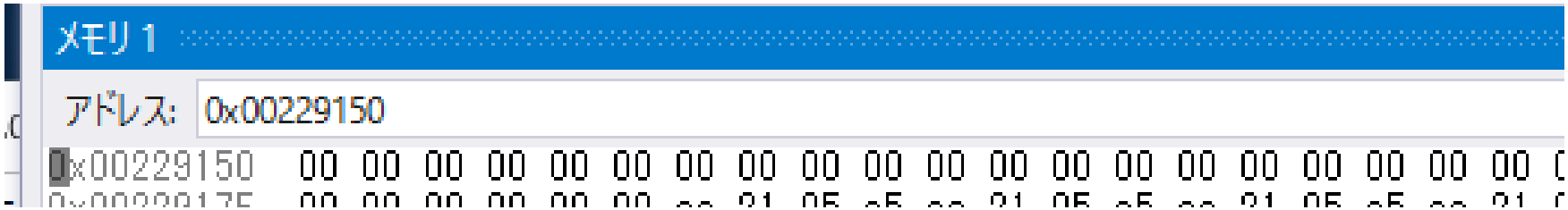
- **配列 y の先頭アドレス**を，
  メモリウインドウの「**アドレス**」のところに
  書き写して，**Enter キー**を押す

「0x00229150」のように
頭に 0x を付ける



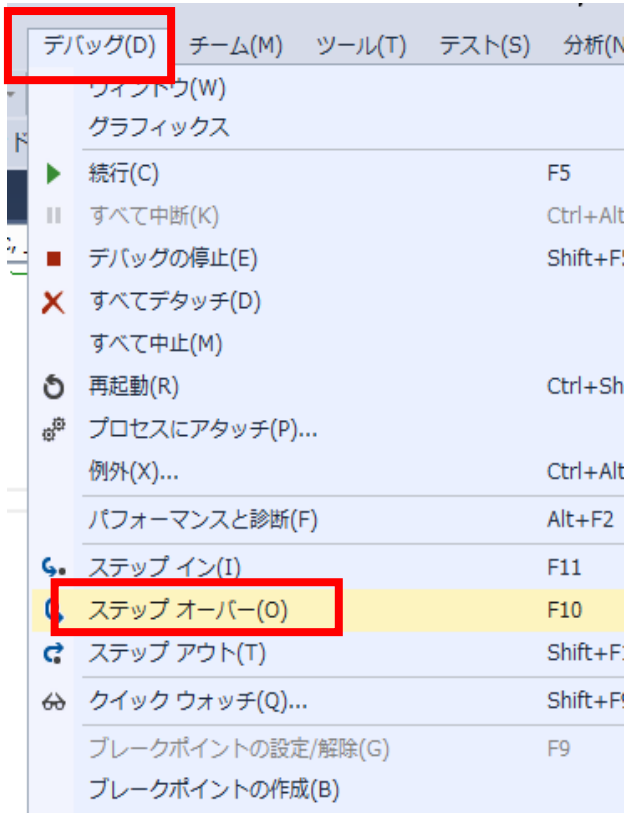
① 配列 y の先頭アドレス

- メモリウインドウに，**配列 y の中身が表示されるので確認する**



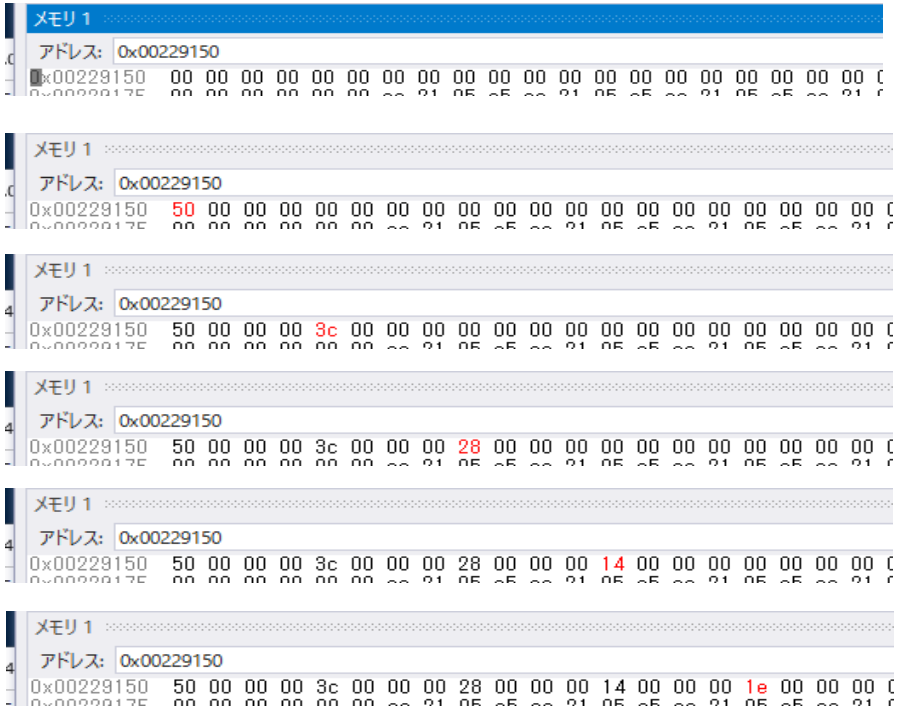
00 が並んでいる

- ステップオーバーの操作を行いながら，メモリの中身の変化を確認しなさい．



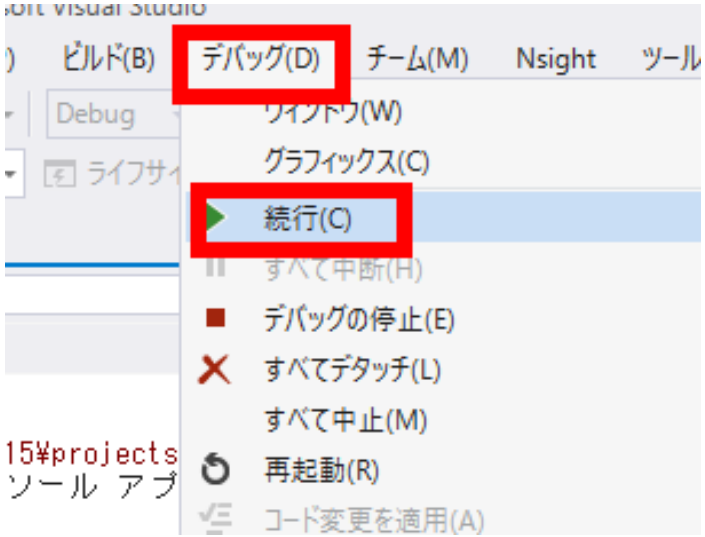
「デバッグ」
→「ステップオーバー」
（あるいは F10 キー）

- 10 進数にすると，80, 60, 40, 20, 30 である



16進数	10進数
50	80
3c	60
28	40
14	20
1e	30

- 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**」

配列の要素に値を格納するプログラム

レジスタ EAXに値 4 をセットせよ

EAX
4

レジスタ EAXの値を**3倍**した値をECXにセットせよ

ECX
12

レジスタ ECXの値 と 0EC8130h を足したアドレスに**4**を書き込め！

アセンブリ言語

```
00EC139E  mov     eax,4
00EC13A3  imul    ecx,eax,0
00EC13A6  mov     dword ptr [ecx+0EC8130h],1

00EC13B0  mov     eax,4
00EC13B5  shl     eax,0
00EC13B8  mov     dword ptr [eax+0EC8130h],2

00EC13C2  mov     eax,4
00EC13C7  shl     eax,1
00EC13C9  mov     dword ptr [eax+0EC8130h],3

00EC13D3  mov     eax,4
00EC13D8  imul    ecx,eax,3
00EC13DB  mov     dword ptr [ecx+0EC8130h],4
```

```
0x00EC8130  01 00 00 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00
0x00EC8140  00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00
```

0EC8130h は
配列 a の先頭アドレス

配列の要素に値を格納するプログラム

Visual C++ では：　a[3] = 4

```
mov     eax,4
imul    ecx,eax,3
mov     dword ptr [ecx+0EC8130h],4
```

EAX

4

3 倍

ECX

１２

① EAX に 4をセット

② ３倍した値を
ECXにセット

③ ECXの値と, 配列 a の
先頭アドレスを**足した**ア
ドレスに 4 を書き込む

メモリへの書き込み

１つの要素が４バイト

３番目の要素は１２バイト先にある

```
0x00EC8130  01 00 00 00 02 00 00 00 03 00 00 00 04 00 00 00
0x00EC8140  00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00
```

種々のアドレッシングモード

b = a + **200**;	mov eax,dword ptr ds:[00348130h] add eax,**0c8h**	0c8h
b = a + **x**;	mov eax,dword ptr ds:[00258130h] add eax,**dword ptr ds:[258138h]**	変数 x のアドレス
b = a + **y[5]**;	**mov eax,4** **imul ecx,eax,5** mov edx,dword ptr ds:[1198130h] add edx,**dword ptr ds:[ecx+1198138h]**	y[5]があるアドレス
b = a + **y[i]**;	**mov eax,dword ptr ds:[00048160h]** mov ecx,dword ptr ds:[48130h] add ecx,**dword ptr ds:[eax*4+48138h]**	y[i]があるアドレス