ca-11. 条件分岐，繰り返し

（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

謝辞：「いらすとや」のイラストを使用しています

11-1 比較命令

比較命令

- **比較命令**は,

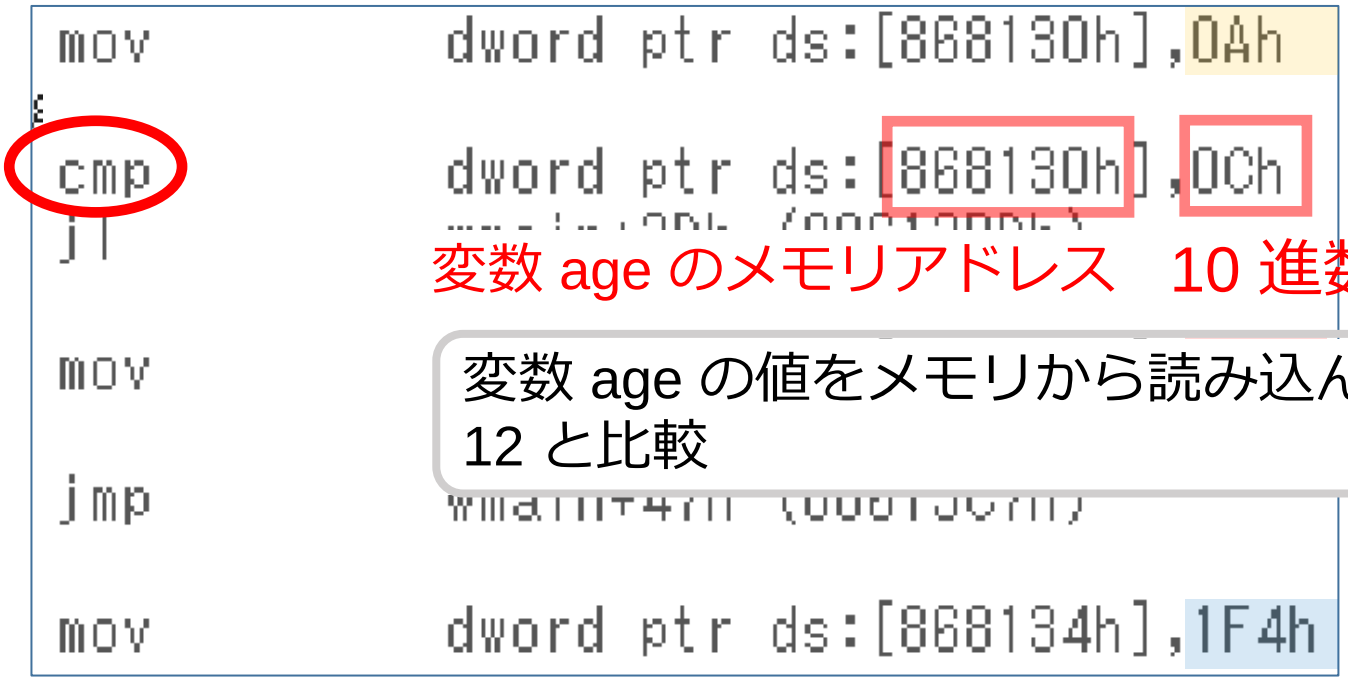
何かと何かの比較を行い，**フラグレジスタを変化させる**ための命令

- **条件ジャンプ命令**は,

フラグの値がある特定の条件のときだけジャンプする命令

比較命令

比較命令は，何かと，何かの比較



比較命令の前後でのフラグレジスタの変化

```
012513A8  cmp         dword ptr ds:[1258130h],0Ch
012513AF  jl          wmain+3Dh (012513BDh)
        p = 1800;
012513B1  mov         dword ptr ds:[1258134h],708h
    else
012513BB  jmp         wmain+47h (012513C7h)
        p = 500;
012513BD  mov         dword ptr ds:[1258134h],1F4h
    return 0;
```

```
00 ECX = 00000000 EDX = 00000001 ESI = 00000000
13A8 ESP = 0043FD70 EBP = 0043FE3C EFL = 00000202
```

比較命令 cmp の実行直前

```
012513A8  cmp         dword ptr ds:[1258130h],0Ch
012513AF  jl          wmain+3Dh (012513BDh)
        p = 1800;
012513B1  mov         dword ptr ds:[1258134h],708h
    else
012513BB  jmp         wmain+47h (012513C7h)
        p = 500;
012513BD  mov         dword ptr ds:[1258134h],1F4h
    return 0;
```

```
00 ECX = 00000000 EDX = 00000001 ESI = 00000000
13AF ESP = 0043FD70 EBP = 0043FE3C EFL = 00000212
```

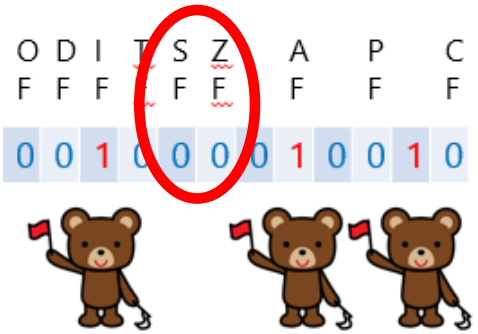
比較命令 cmp の実行直後

フラグ変化

age = 20 のとき

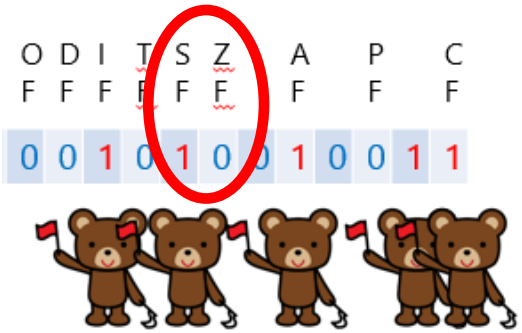
age と 12 の比較によるフラグの変化

- ZF（ゼロフラグ）　クリア
  age の値は 20 と等しくない
- SF（サインフラグ）　クリア
  age の値は 12 より小さくない



age = 10 のとき

- ZF（ゼロフラグ）　クリア
  age の値は 20 と等しくない
- SF（サインフラグ）　セット
  age の値は 12 より小さい



11-2 条件分岐とジャンプ命令

条件分岐の例

Visual C++ の
プログラム

```
age = 20;
if (age >= 12)
    p = 1800;
else
    p = 500;
```

こちらが有効

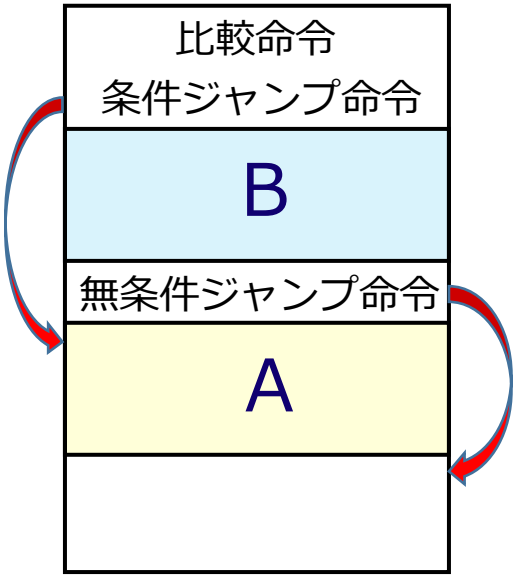
無視される

```
age = 10;
if (age >= 12)
    p = 1800;
else
    p = 500;
```

無視される

こちらが有効

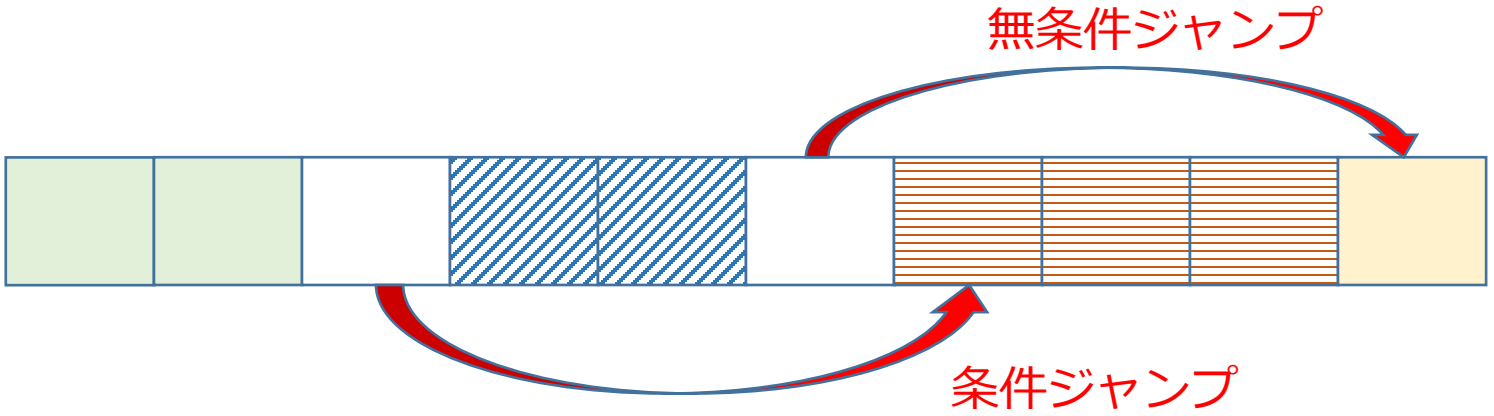
条件分岐でのプログラムの配置

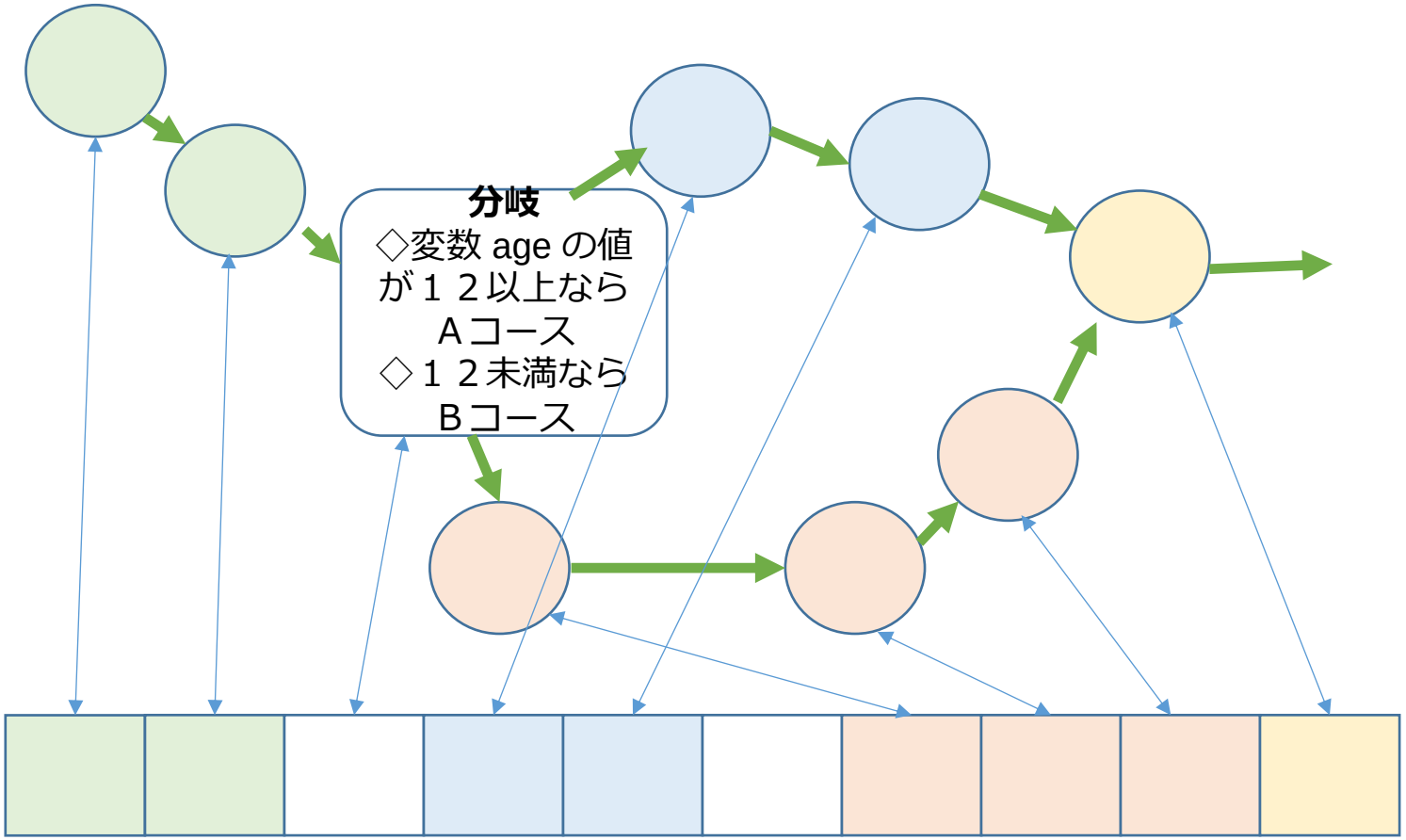


「ある条件」が**成り立てば**Ａを，
成り立たなければＢを実行

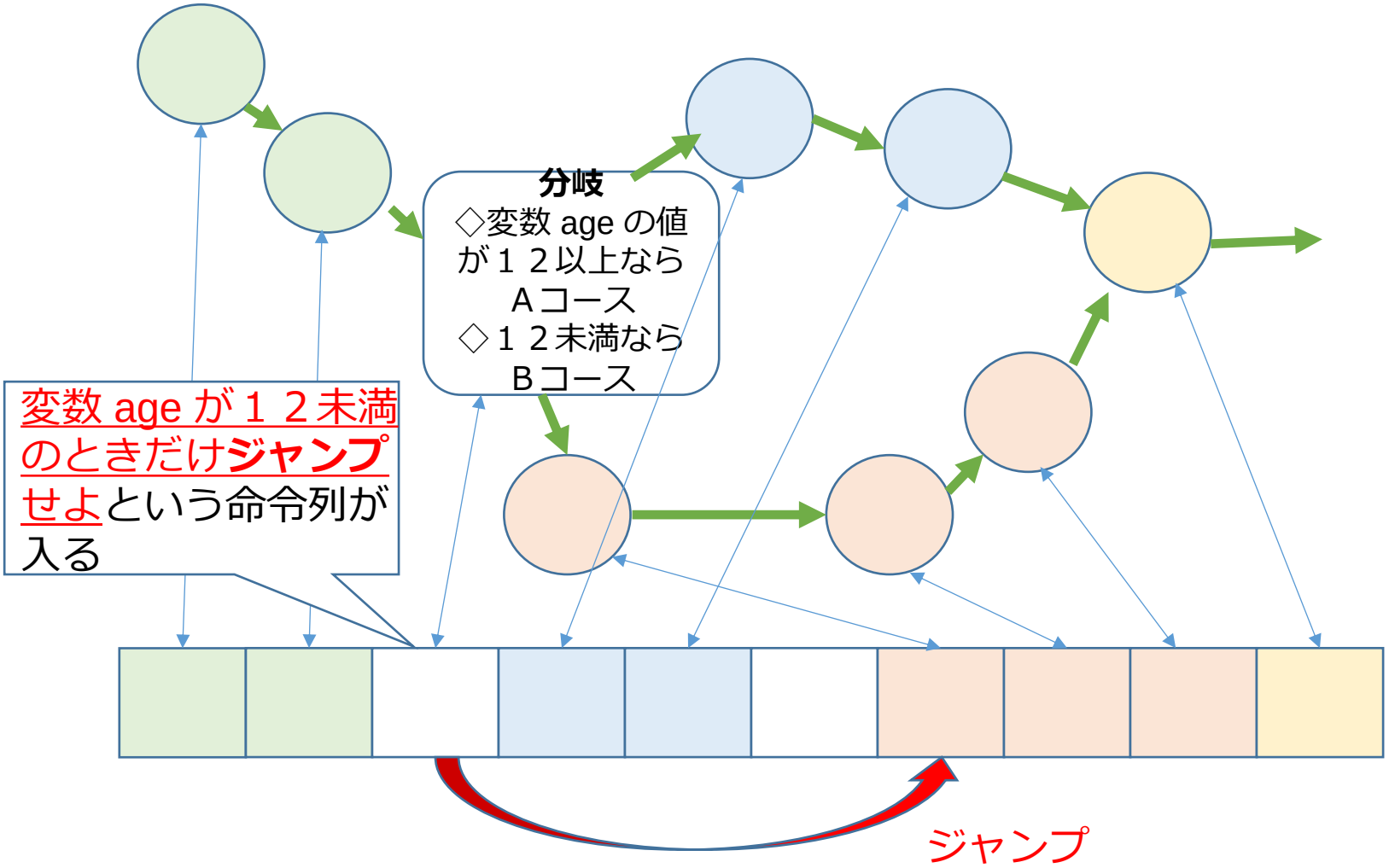
プログラム実行の流れ

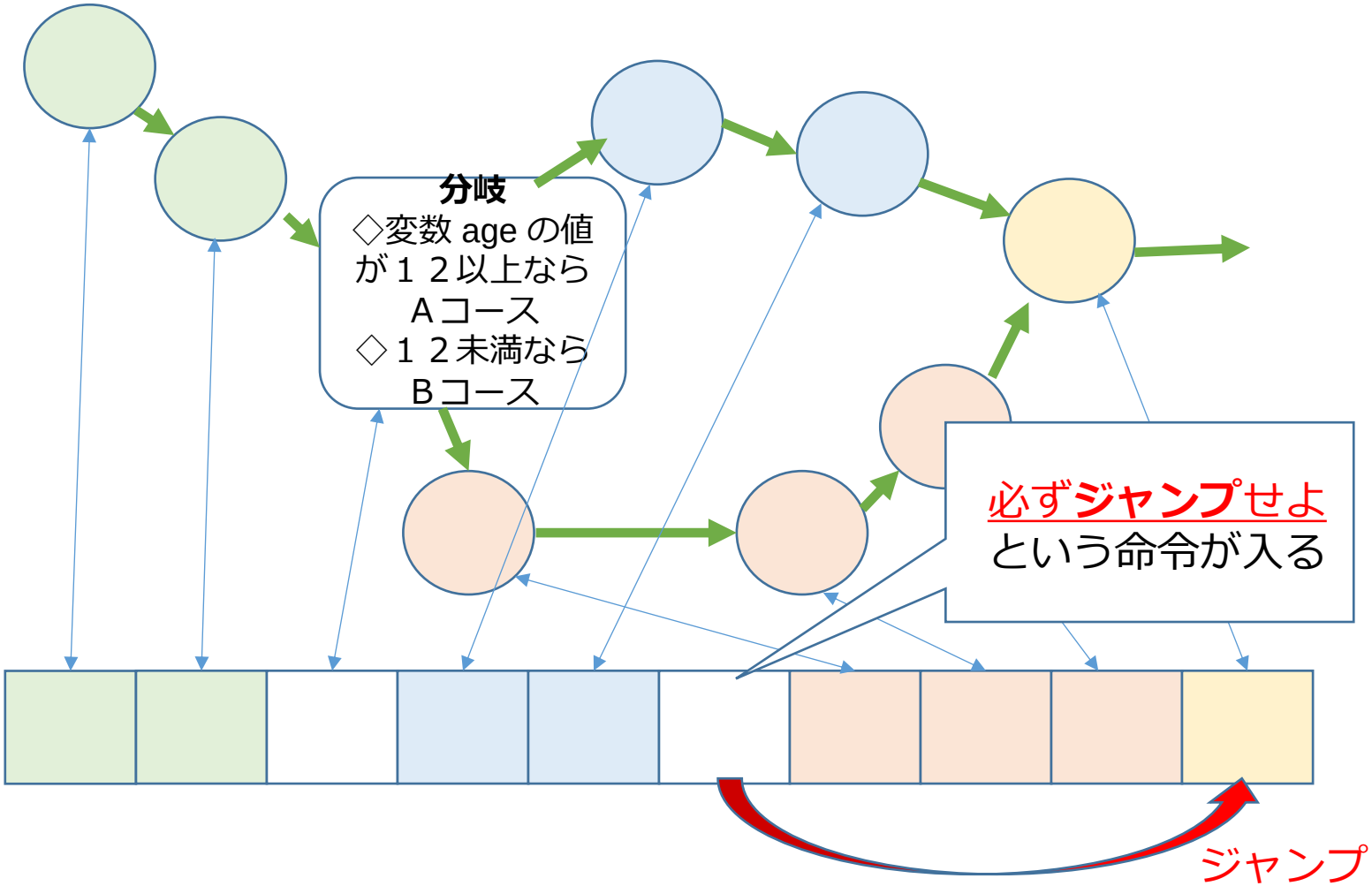
- マシン語（機械語）のプログラム実行は，１度に１命令ずつ進む
- マシン語（機械語）での分岐は，ジャンプ命令の組み合わせ



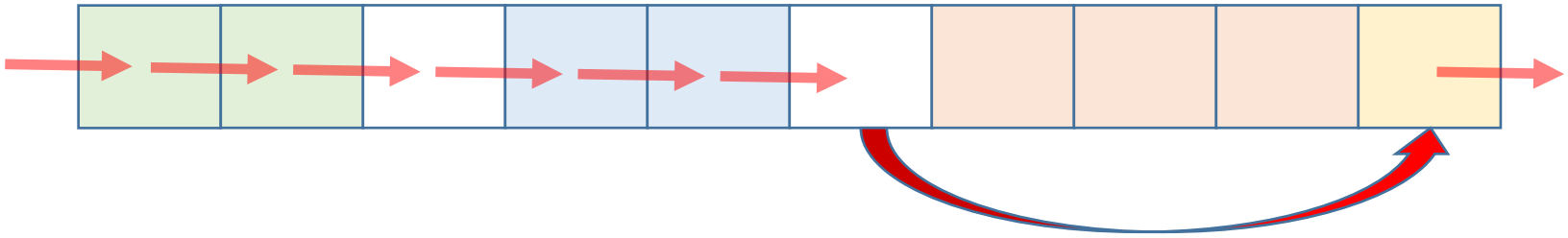


プログラムはメモリに，格納される

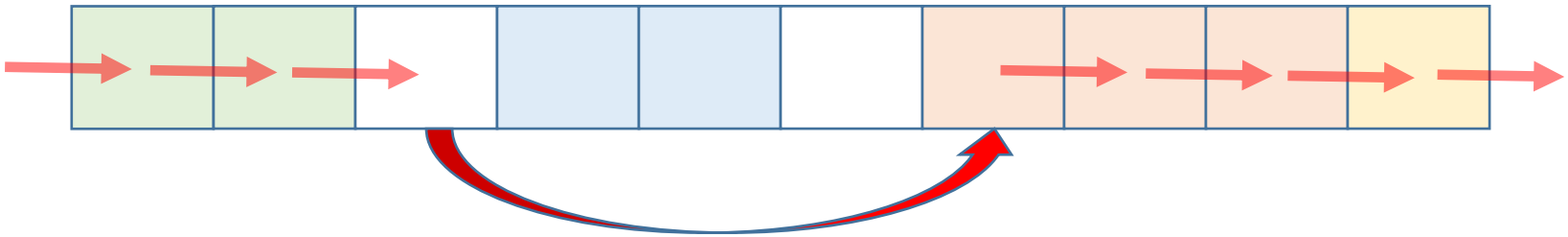

分岐
◇変数 age の値が１２以上ならＡコース
◇１２未満ならＢコース
変数 age が１２未満のときだけジャンプせよという命令列が入る
ジャンプ


分岐
◇変数 age の値が１２以上なら
Ａコース
◇１２未満なら
Ｂコース
必ずジャンプせよ
という命令が入る
ジャンプ

age の値が 12 以上のとき



age の値が 12 未満のとき



ジャンプ命令の種類

- **無条件ジャンプ命令**

  必ずジャンプする

- **条件ジャンプ命令**

  比較命令の結果によって，**ジャンプしたりしなかったりする**

11-3 条件分岐の演習

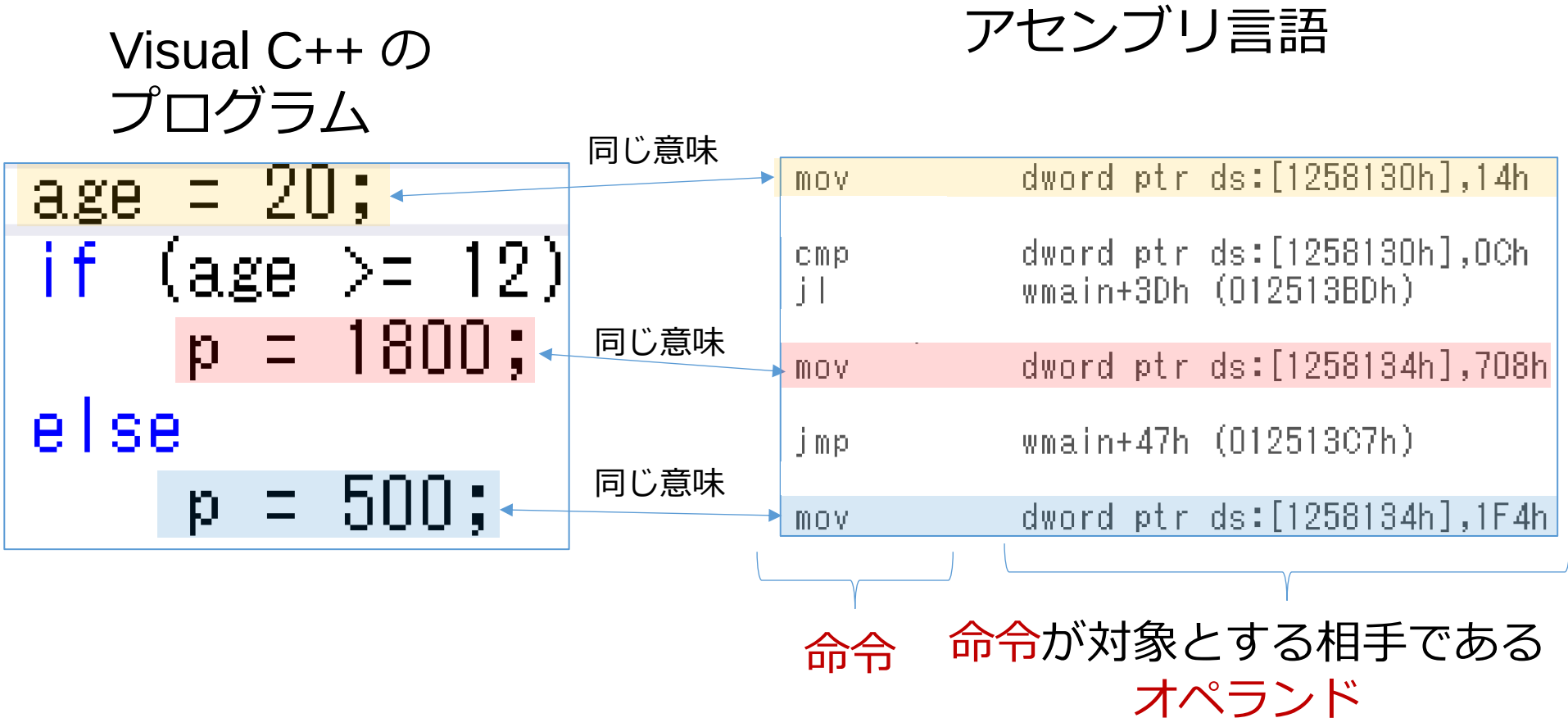
条件分岐の例

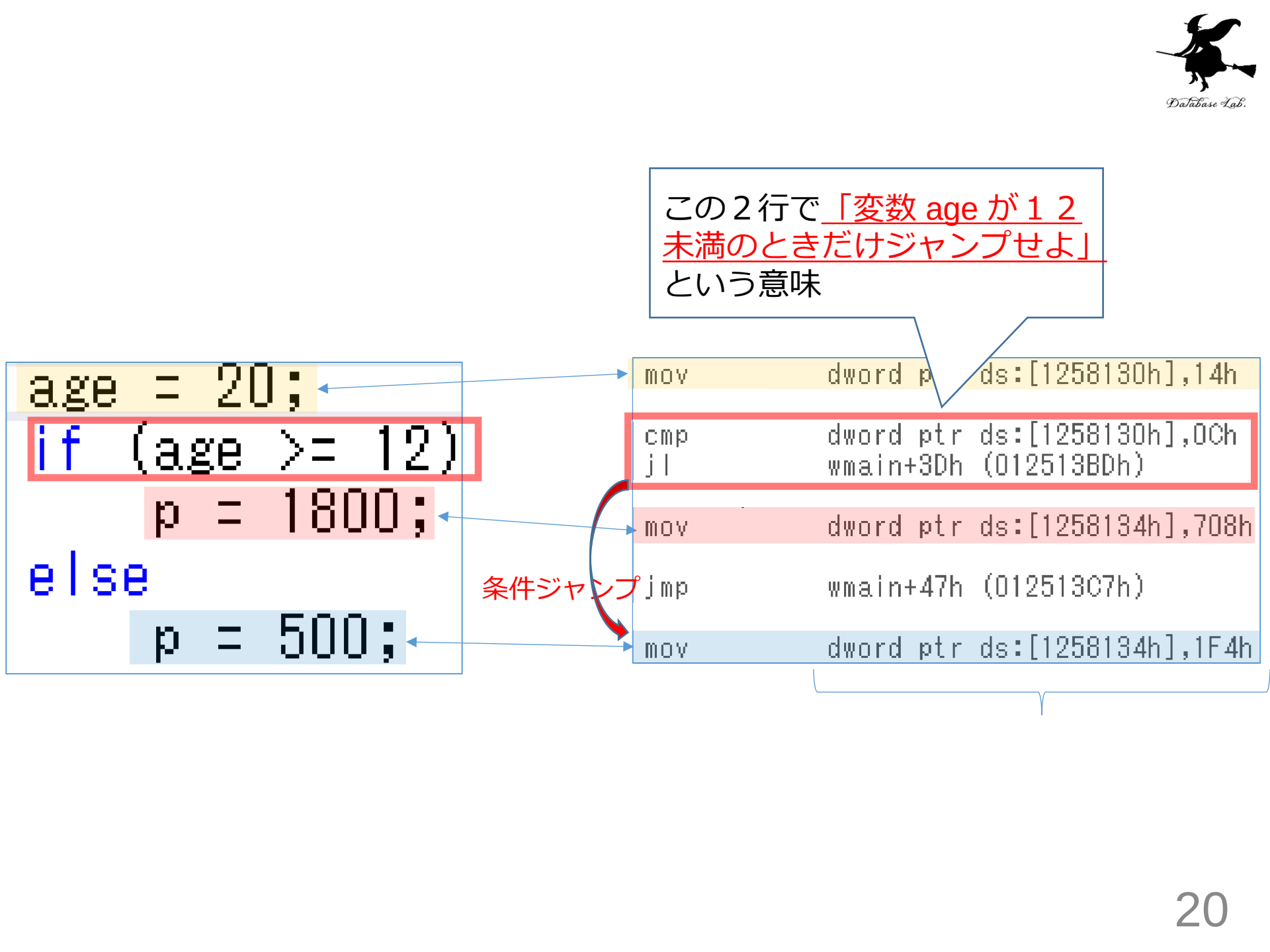
- 12歳以上は 1800円
- 12歳未満は 500円

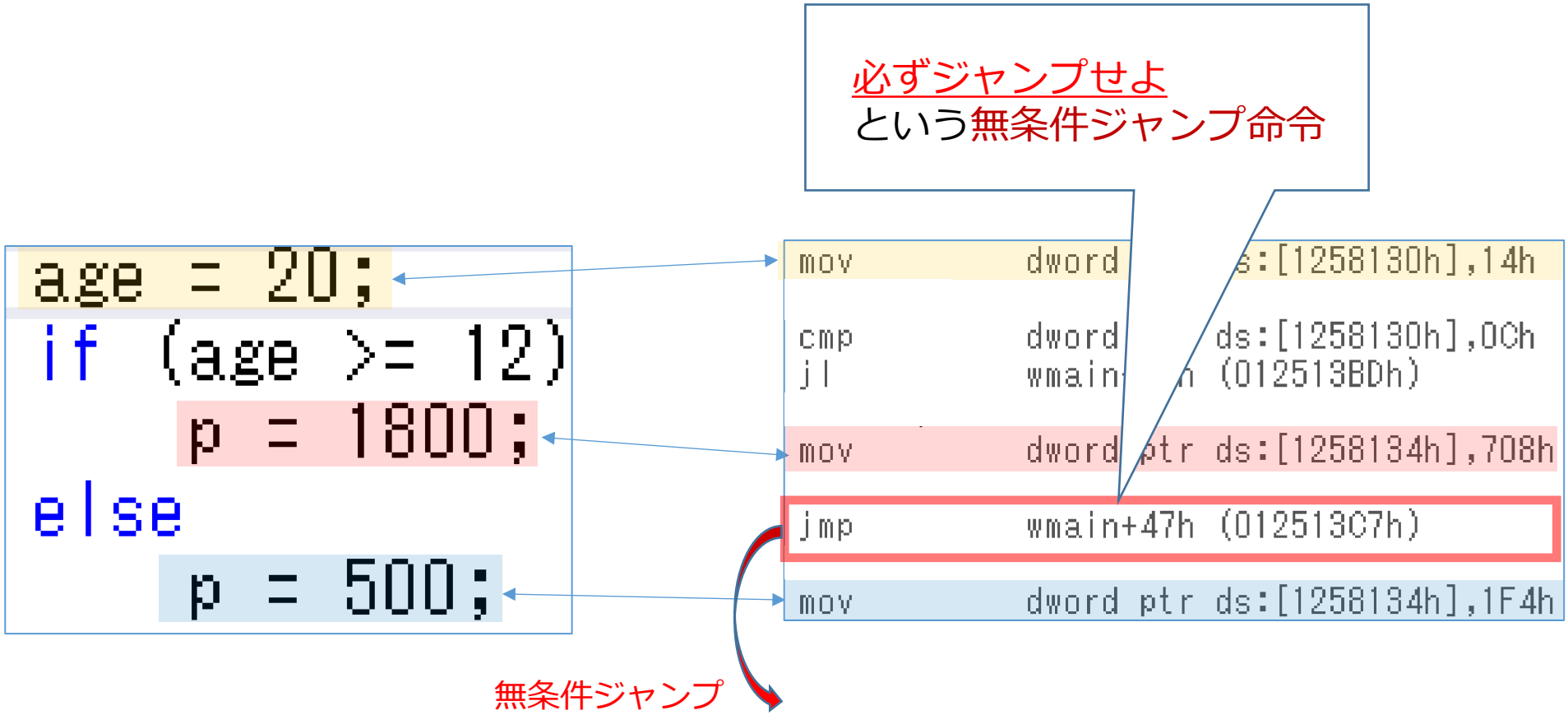
Visual C++ のソースファイル例

```
int main()
{
    static int age, p;
    age = 20;
    if (age > 12)
        p = 1800;
    else
        p = 500;
    return 0;
}
```

Visual C++ 言語とアセンブリ言語




この２行で「変数 age が１２未満のときだけジャンプせよ」という意味
age = 20;
if (age >= 12)
p = 1800;
else
p = 500;
mov dword p ds:[1258130h],14h
cmp dword ptr ds:[1258130h],0Ch
jl wmain+3Dh (012513BDh)
mov dword ptr ds:[1258134h],708h
条件ジャンプ
jmp wmain+47h (012513C7h)
mov dword ptr ds:[1258134h],1F4h


必ずジャンプせよ
という無条件ジャンプ命令
age = 20;
if (age >= 12)
p = 1800;
else
p = 500;
mov dword s:[1258130h],14h
cmp dword ds:[1258130h],0Ch
jl wmain h (012513BDh)
mov dword ptr ds:[1258134h],708h
jmp wmain+47h (012513C7h)
mov dword ptr ds:[1258134h],1F4h
無条件ジャンプ

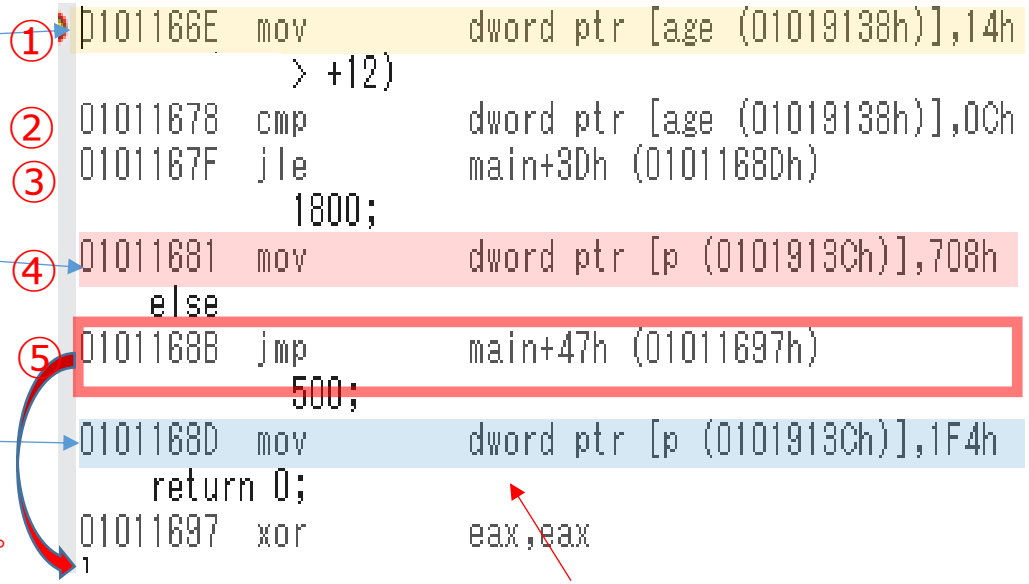
演習

- 条件分岐でのプログラム実行の流れ（実行順）を確認

    ステップオーバー機能を利用

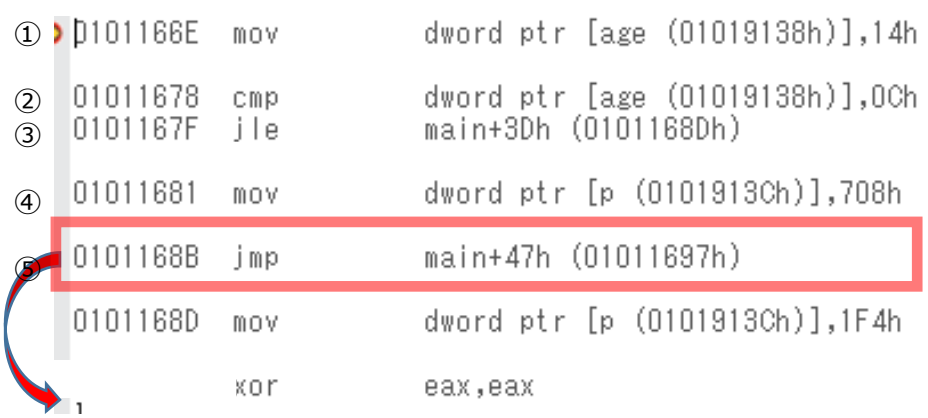
実行順

```
age = 20;
if (age >= 12)
    p = 1800;
else
    p = 500;
```

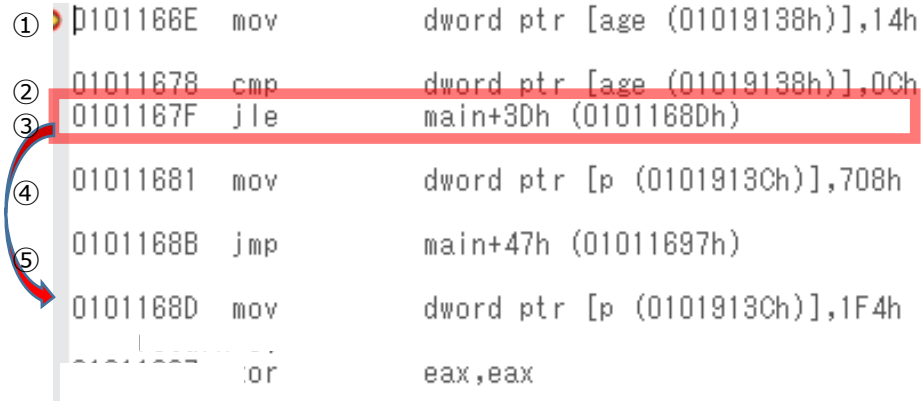


- age = 20;　　age = 10;

age の値が変わるとジャンプの様子が**変化**する



ジャンプ　⑤でジャンプ



ジャンプ　③でジャンプ

演習

① Visual Studio を起動しなさい

② 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

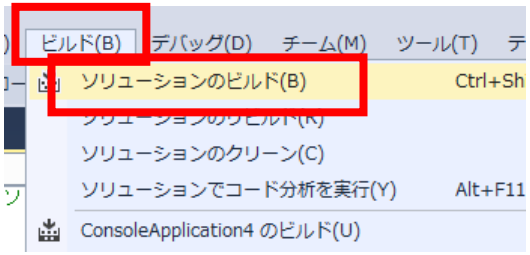
③ Visual Studioのエディタを使って，ソースファイルを編集しなさい

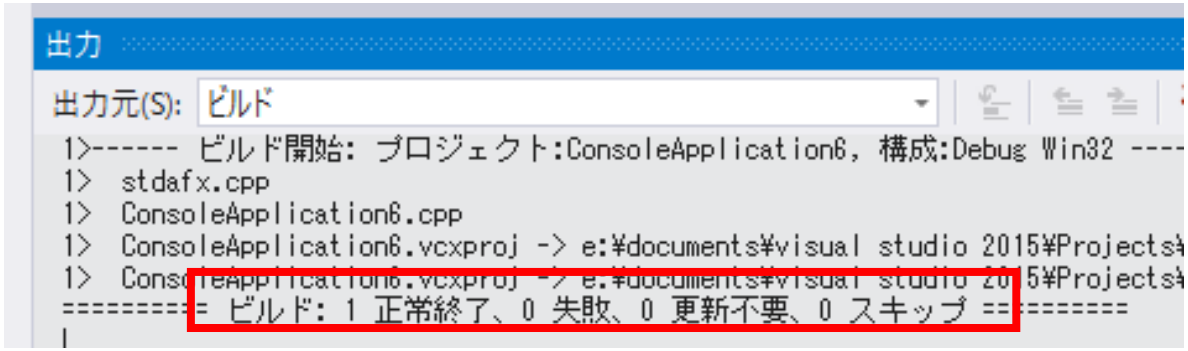
```
int main()
{
    static int age, p;
    age = 20;
    if (age > 12)
        p = 1800;
    else
        p = 500;
    return 0;
}
```

追加

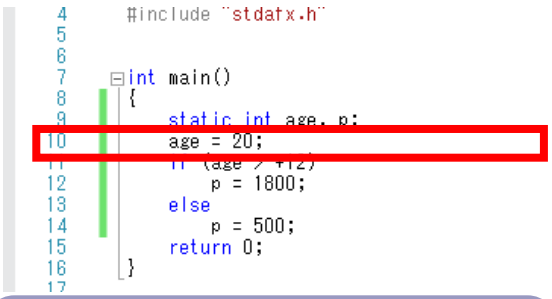
④ ビルドしなさい．ビルドのあと「１　正常終了，０　失敗」の表示を確認しなさい

→　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



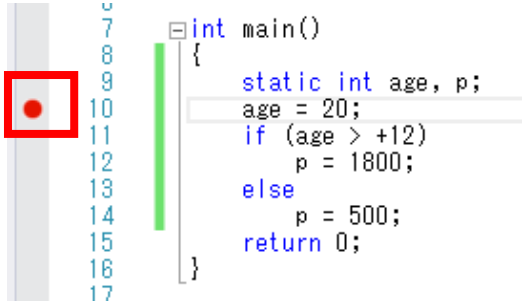


⑤ Visual Studioで「age = 20;」の行に，ブレークポイントを設定しなさい



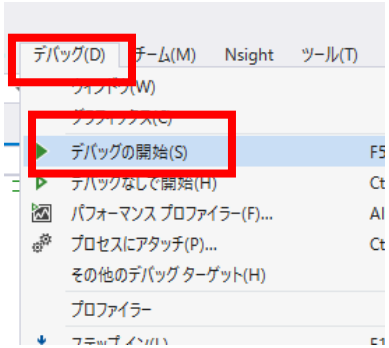
① 「**age = 20;**」の行をマウスでクリック

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

⑥ Visual Studioで，デバッガーを起動しなさい.

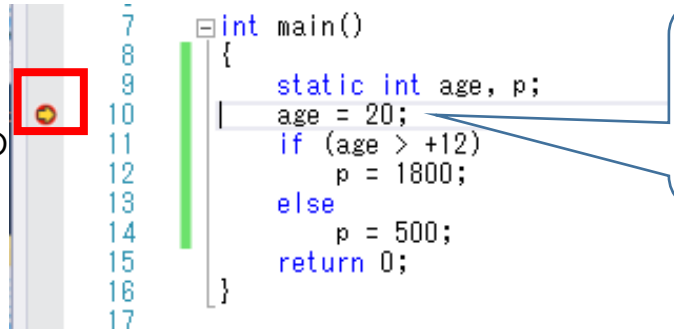


「デバッグ」
→ 「**デバッグ開始**」

⑦ 「age = 20;」の行で，実行が中断することを確認しなさい

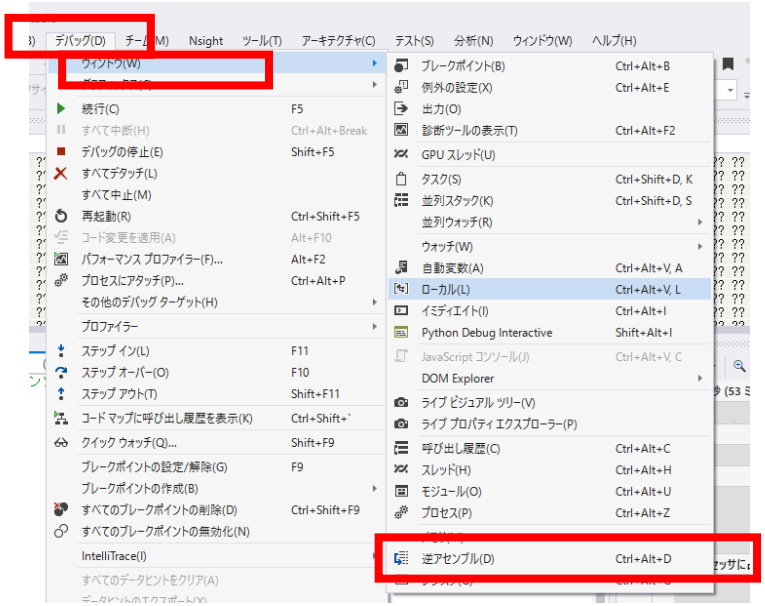
あとで使うので，中断したままにしておくこと

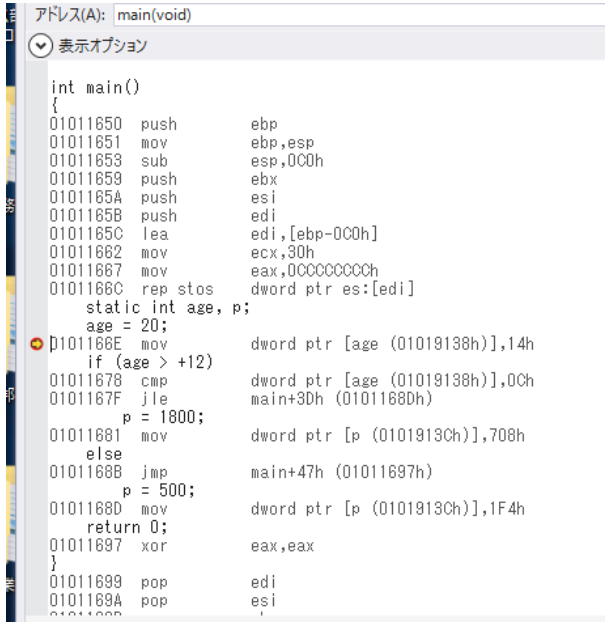
黄色の矢印



「age = 20;」の行で実行が**中断**している

⑧「age = 20;」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．

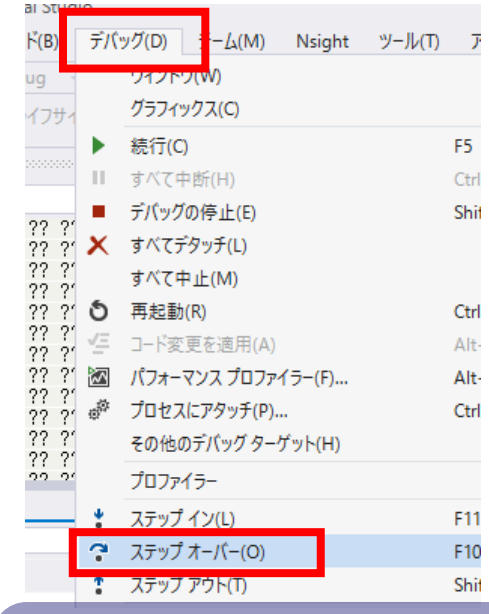




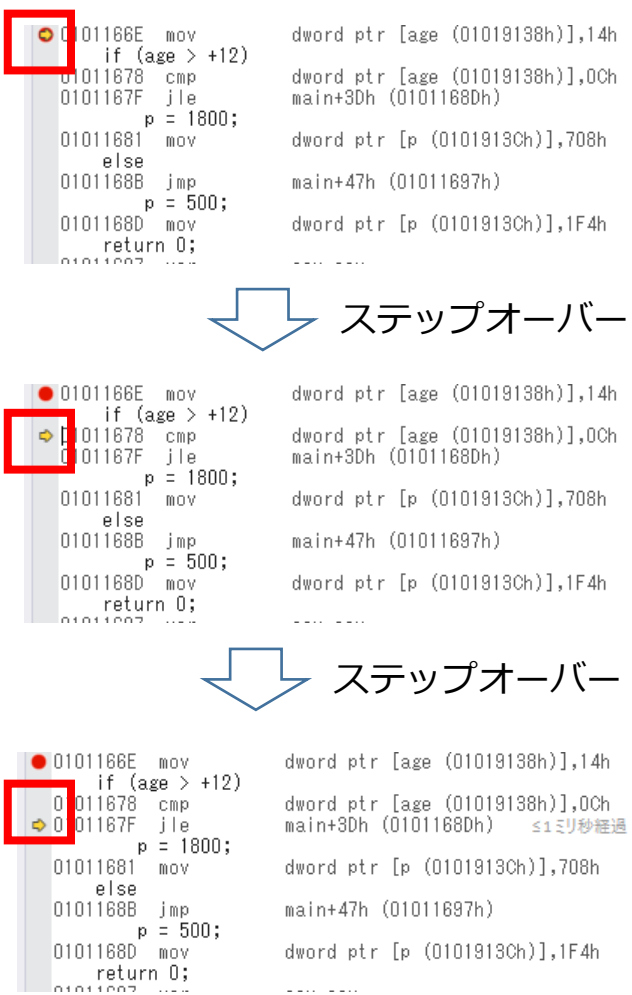
① 「デバッグ」→「ウインドウ」→「**逆アセンブル**」

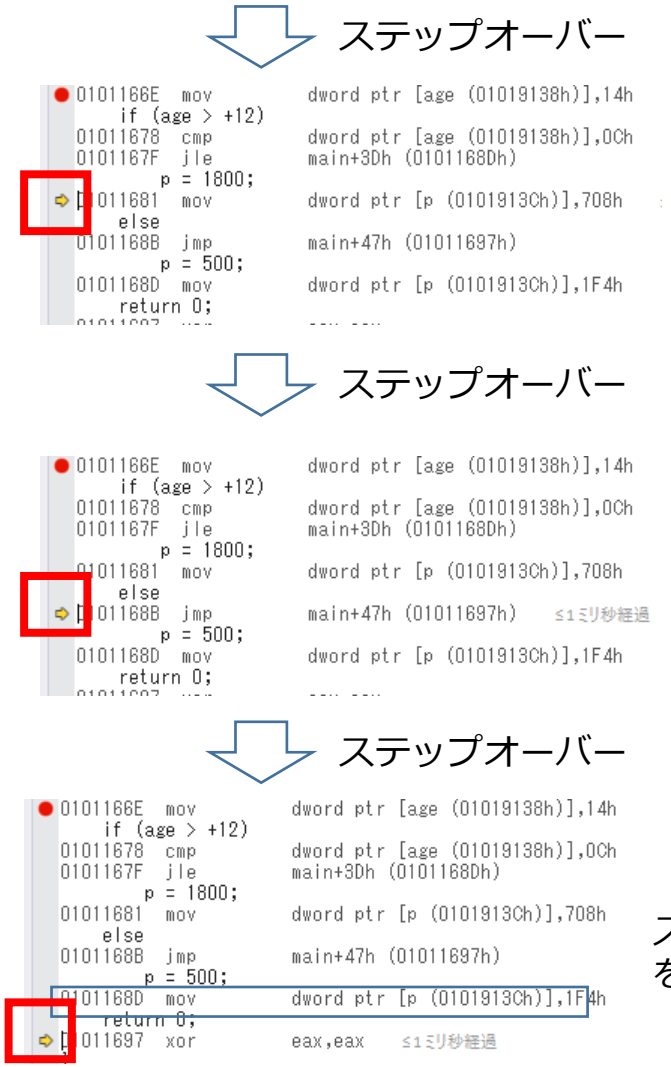
② 逆アセンブルの結果が表示される

⑨ ステップオーバーの操作を１回ずつ行いながら，実行の流れを確認しなさい．



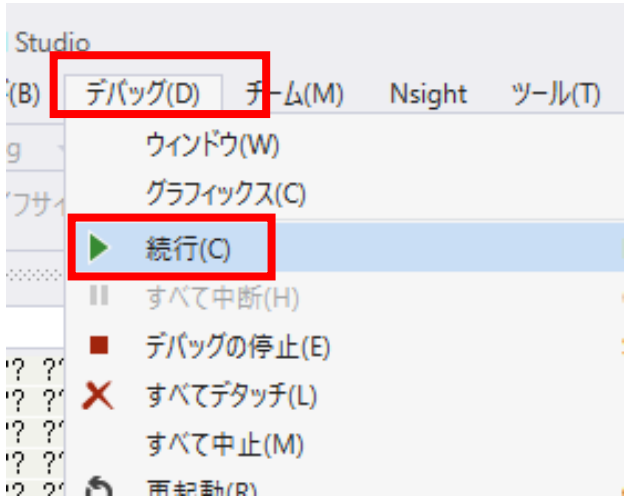
「デバッグ」
→「**ステップオーバー**」
（あるいは F10 キー）





「mov …」の行はスキップされることを確認

⑩ 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**」

演習課題

「age = 20;」の行を「age = 10;」に変えて，
今の手順を繰り返しなさい.

ジャンプの様子が変わるので確認しなさい

11-4 繰り返しの演習

繰り返し

- 同じ処理を繰り返し，いつかは終わる

y[i] = x[i] * 12

繰り返す処理

y	x
36	3
60	5
24	2
12	1
24	2
24	2

i = 0, 1, 2, 3, 4, 5 と変化し
全部済んだら終わる

終了条件

繰り返しの例

Visual C++ のプログラム

y	x
36	3
60	5
24	2
12	1
24	2
24	2

```
static int x[6] = { 3, 5, 2, 1, 2, 2 };
static int y[6];
int i;
for (i = 0; i < 6; i++) {
    y[i] = x[i] * 12;
}
```

繰り返す処理

i の値は 0 → 1 → 2 → 3 → 4 → 5
と変化し，全部済んだら終わる

Visual C++ 言語とアセンブリ言語

Visual C++ の
プログラム

```
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    static int x[6] = { 3, 5, 2, 1, 2, 2 };
    static int y[6];
    int i;
    for (i = 0; i < 6; i++) {
        y[i] = x[i] * 12;
    }

    return 0;
}
```

同じ意味

アセンブリ言語

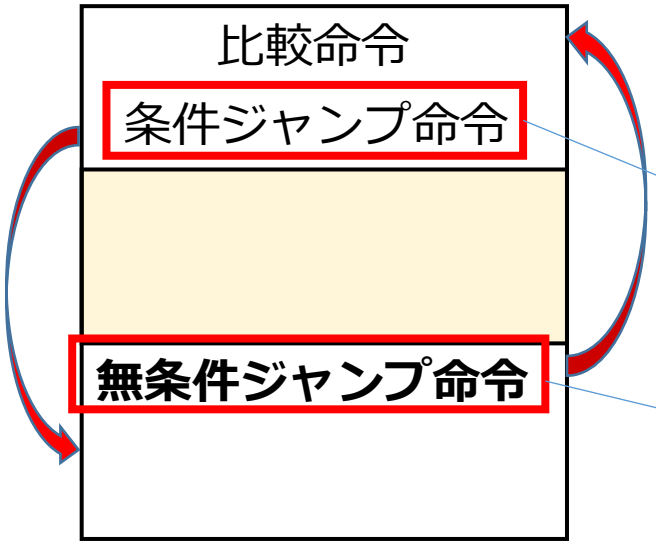
```
00C7166E  mov         dword ptr [i],0
00C71675  jmp         main+30h (0C71680h)
00C71677  mov         eax,dword ptr [i]
00C7167A  add         eax,1
00C7167D  mov         dword ptr [i],eax
00C71680  cmp         dword ptr [i],6
00C71684  jge         main+4Dh (0C7169Dh)
00C71686  mov         eax,dword ptr [i]
00C71689  imul        ecx,dword ptr x (0C79000h)[eax*4],0Ch
00C71691  mov         edx,dword ptr [i]
00C71694  mov         dword ptr y (0C79158h)[edx*4],ecx

00C7169B  jmp         main+27h (0C71677h)
}
```

命令

命令が対象とする
相手であるオペランド

ジャンプ命令



アセンブリ言語

```
00C7166E  mov         dword ptr [i],0
00C71675  jmp         main+30h (0C71680h)
00C71677  mov         eax,dword ptr [i]
00C7167A  add         eax,1
00C7167D  mov         dword ptr [i],eax
00C71680  cmp         dword ptr [i],6
00C71684  jge         main+4Dh (0C7169Dh)
00C71686  mov         eax,dword ptr [i]
00C71689  imul        ecx,dword ptr x (0C79000h)[eax*4],0Ch
00C71691  mov         edx,dword ptr [i]
00C71694  mov         dword ptr y (0C79158h)[edx*4],ecx
00C7169B  jmp         main+27h (0C71677h)
```

命令　　命令が対象とする相手であるオペランド

演習

- 条件分岐でのプログラム実行の流れ（実行順）を確認

    ステップオーバー機能を利用

演習

① Visual Studio を起動しなさい

② 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

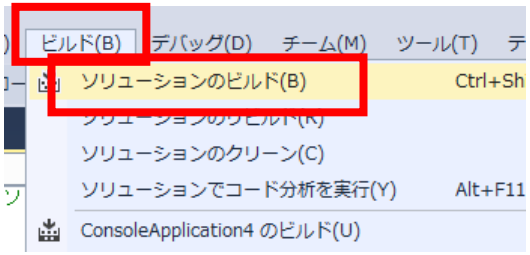
③ Visual Studioのエディタを使って，ソースファイルを編集しなさい

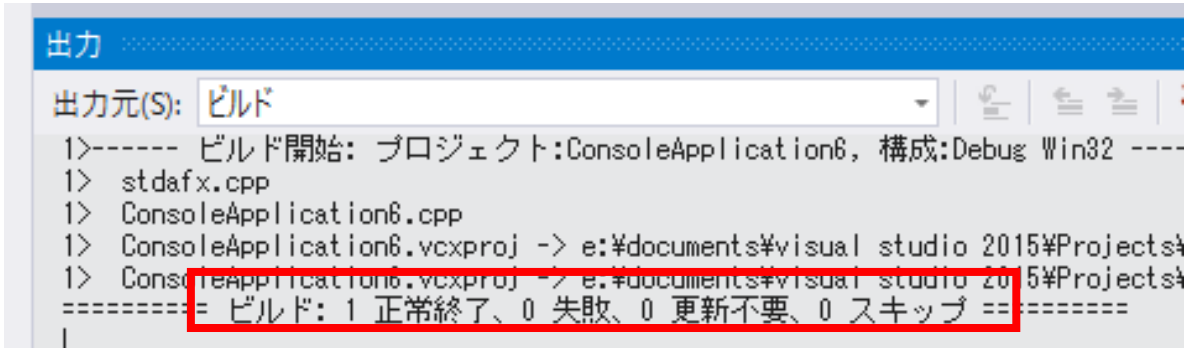
```
int main()
{
    static int x[6] = { 3, 5, 2, 1, 2, 2, };
    static int y[6];
    int i;
    for (i = 0; i < 6; i++) {
        y[i] = x[i] * 12;
    }
}
```

追加

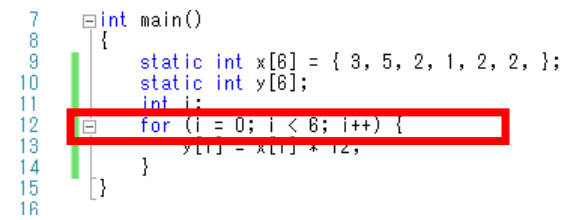
④ ビルドしなさい．ビルドのあと「１　正常終了，０　失敗」の表示を確認しなさい

→　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



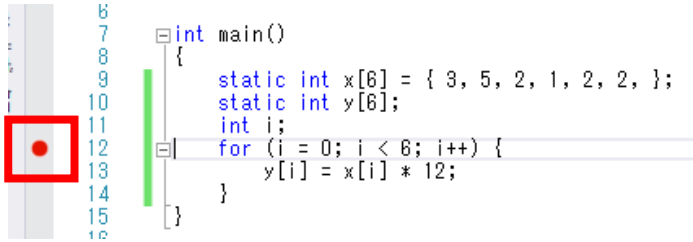


⑤ Visual Studioで「for」の行に，ブレークポイントを設定しなさい



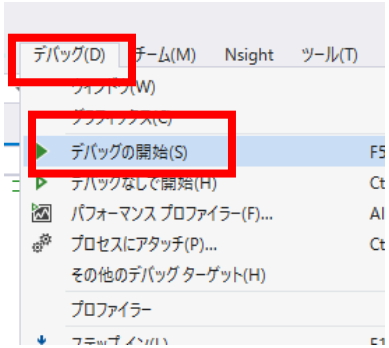
① 「**for (i = 0;**」の行をマウスでクリック

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

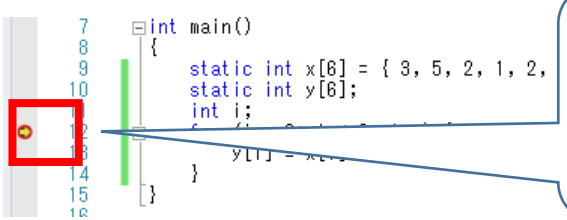
⑥ Visual Studioで，デバッガーを起動しなさい.



「デバッグ」
→ 「**デバッグ開始**」

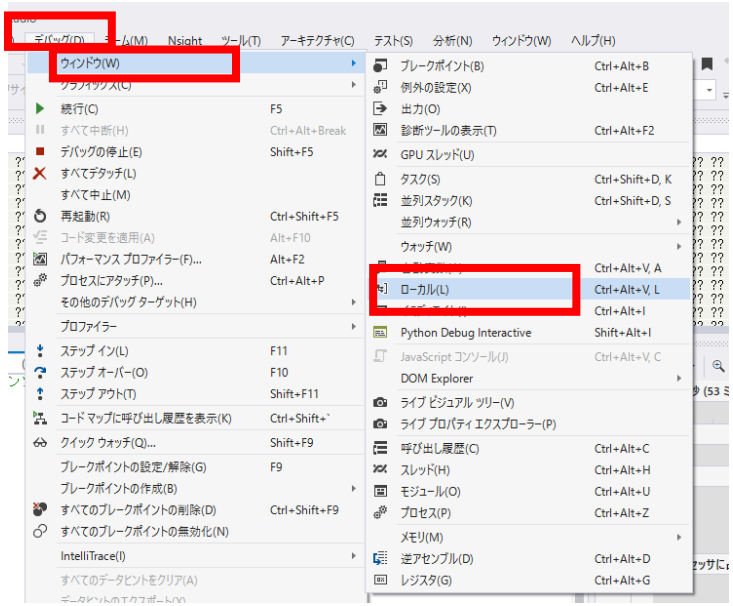
⑦「for」の行で，実行が中断することを確認しなさい

あとで使うので，中断したままにしておくこと

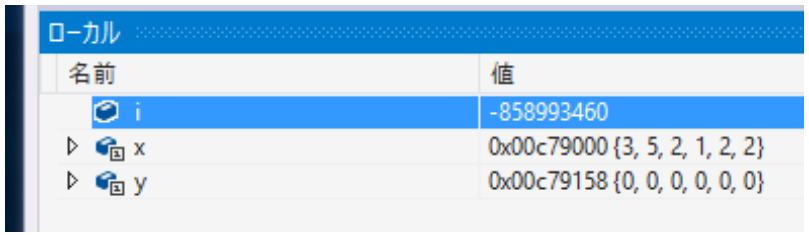


「for (i = 0; …」の行で実行が
中断している

⑧「for」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．

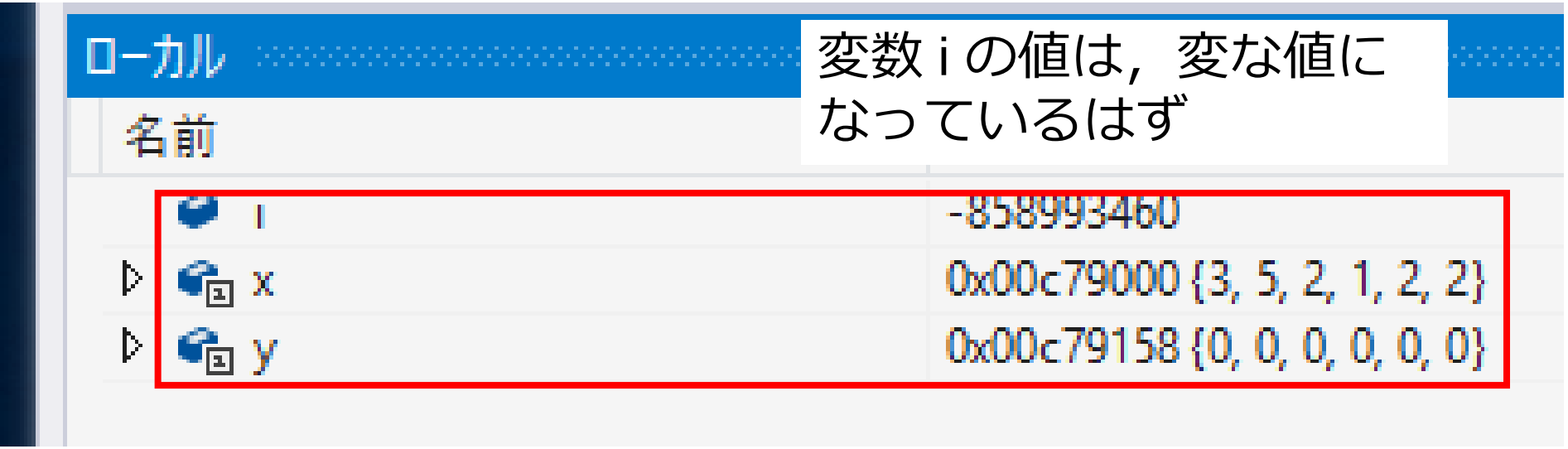


①「デバッグ」
→「ウインドウ」
→ 「**ローカル**」



② 変数名と値の対応表が表示される

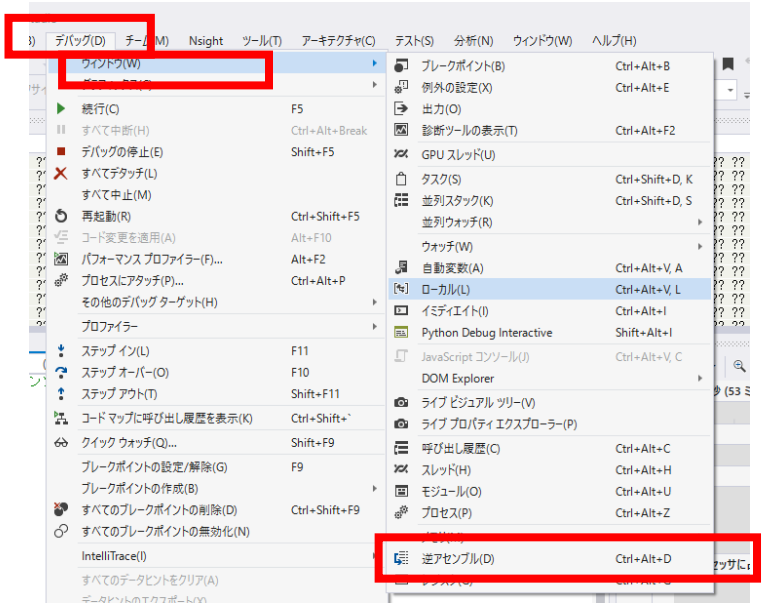
※ 次ページに拡大図



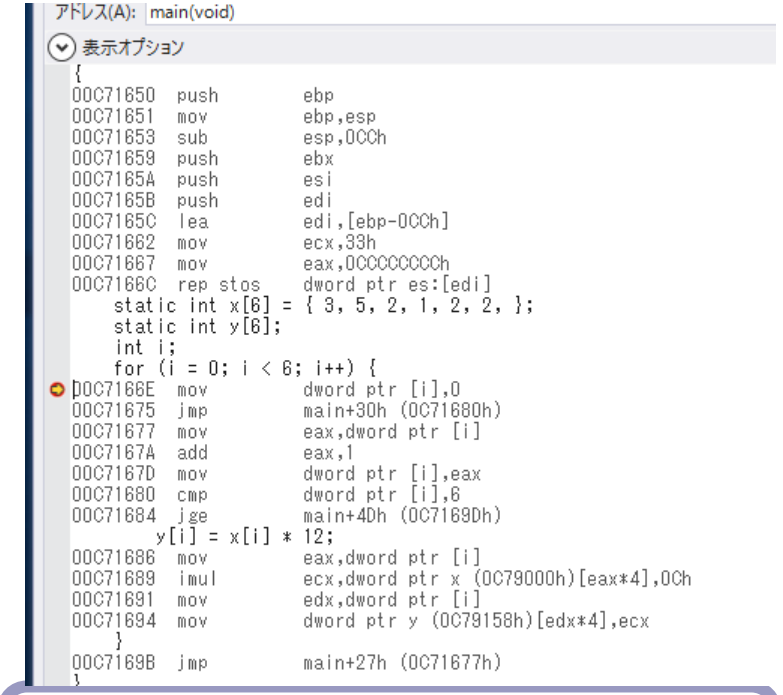
変数 i の値は，変な値になっているはず

「y[i] = x[i] * 12;」は
未実行であることを確認！

⑨「for」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．

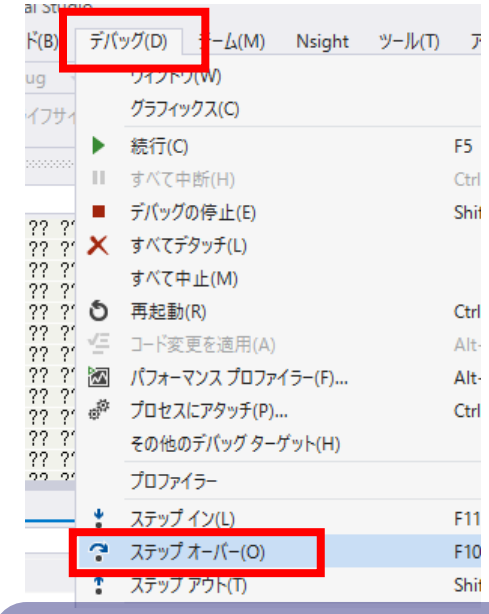


① 「デバッグ」→「ウインドウ」→「**逆アセンブル**」



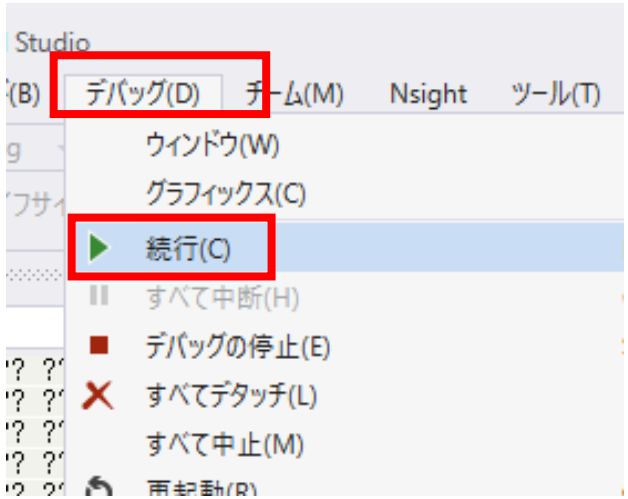
② 逆アセンブルの結果が表示される

⑩ ステップオーバーの操作を１回ずつ行いながら，実行の流れを確認しなさい．



「デバッグ」
→「**ステップオーバー**」
（あるいは F10 キー）

⑪ 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**」

確認クイズ

- ジャンプ命令は，２つ確認できましたか

- ジャンプ命令でジャンプが行われたことを確認できましたか

演習

足し算の繰り返し

- 次のプログラムで，プログラム実行の流れを Visual Studio で確認しなさい

```
static int a[4] = {1, 2, 3, 4};
static int b[4] = {2, 4, 6, 8};
static int c[4];
int i;
for (i = 0; i < 4; i++) {
    c[i] = a[i] + b[i];
}
```

足し算を４回繰り返すプログラム.
結果は
3, 6, 9, 12

足し算の繰り返し

- 次のプログラムで，プログラム実行の流れを Visual Studio で確認しなさい

```
static int a[4] = {1, 2, 3, 4};
int s;
int i;
s = 0;
i = 0;
while (s < 5) {
    s = s + a[i];
    i++;
}
```

1, 2, 3, 4 の合計を求めるプログラム.
結果は
10

文字列の長さ

- 文字列の長さを数えるプログラム

```
static char s[10] = "abc";
int i;
for (i=0;;i++)
    if ( s[i] == 0 )
        break;
printf("%d¥n", i);
```