C++プログラミングI

- 第4回：繰り返し処理
- 担当：二瓶芙巳雄

繰り返しを学ぶ前に考えること

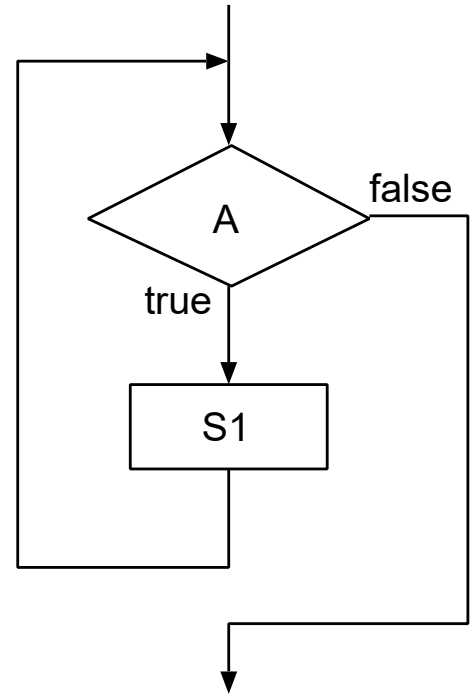
- 複数の仕事を仕上げるには
  - 一つ一つ順番におこなう
  - 似ている作業をまとめると良い
  - 仕事を分担できると早く終わる
  - 分担も作業の分類が大切
- 現代のコンピュータの特徴
  - 繰り返し処理が基本
  - 並列処理もできる時代になった
    - 繰り返し処理をパターン化しておくと良い
- 処理パターンの手がかり
  - 対象データ
    - 全体が手元にある
    - 数式で得られる
    - 入力で得られる（量が不明）
  - 処理の目的
    - 探す, まとめる, 各値を変更する

`while`文

`while` 文

- 条件 `A` を満たす限り文 `S1` を繰り返す
  - 条件 `A` は `bool` 型の式
  - 文 `S1` が単一文（複文も使用できる）
- 注意点
  - 条件 `A` の計算に変化があるかを確認する

```
1   while (条件A)
2       文S1
```



`while` 文の例1: 基本

```cpp
int main() {
  // 指定の数値以下になるまで値を半分にする
  double x {0.0};
  std::cin >> x;

  while (x > 0.01) {  // xが0.01より大きい
    std::cout << x << "\n";
    x /= 2;
  }
  std::cout << x << "\n";
}
```

- 複数行の処理の場合，`{}` で複文にする
- `if` 文と同じく，インデントに注意

```
7                    <<-- これを入力
7
3.5
1.75
0.875
0.4375
0.21875
0.109375
0.0546875
0.0273438
0.0136719
0.00683594
```

`while`文の例2: 入力条件

- `cin >> x`は演算で結果は`cin`
- `bool`として評価すると入力の成功と失敗が分かる
- 入力失敗の可能性
  - 入力し尽した
    - EOF (ファイルの終端) に到達した
    - `Ctrl-D`（キーボード入力によるEOF）
      - ※コントロールキー（`Ctrl`，キーボードの左下）を押しながら `D` を押すと，EOFを送信できる
  - 不正な文字列を入力した（右例では，`int`以外の値を入力した場合）

```cpp
int main() {
  int sum {0};
  int x;
  while (std::cin >> x) // 入力成功が条件
    sum += x;
  std::cout << "sum: " << sum << "\n";
}
```

```
% ./a.out
10 10 10（エンターキーで確定，続けてCtrl-Dを入力）
sum: 30

% ./a.out
1 2 3 4 5 6 7 8 9（エンターキーで確定，続けてCtrl-Dを入力）
sum: 45

% ./a.out
hello（エンターキーで確定）
sum: 0

% ./a.out
1 2 hello 3 4（エンターキーで確定）
sum: 3
```

`cin` と `>>` 演算子について

- `std::cin` は大域変数(オブジェクト)
- `>>` は左結合の二項演算子
- `cin >> x` の式の結果は `cin` 自身
  - 入力によって内部状態が変更される
- 連続する入力をまとめて指定できる

```
std::cin >> x >> y >> z;
((std::cin >> x) >> y) >> z; // 同じ意味
```

- `bool` 式として使うと入力の成功/失敗が分かる

```
while (std::cin >> x)
  std::cout << x <<"\n";
```

```
// 補足説明プログラム
int main() {
  int x;

  if( std::cin >> x )
    std::cout << x << ": success!\n";
  else
    std::cout << "error...\n";

  // std::cinはboolにキャストできる
  // bool b = bool( std::cin >> x );

  std::cout << "done\n";
}
```

```
% ./a.out # 入力に成功したパターン
100
100: success!
done

% ./a.out # 入力に失敗したパターン
hello
error...
done
```

`while`文の例3: vector

- `push_back()`メンバ関数の利用
- EOFが入力されるまで，値を `v` に追加できる
- 蓄えられるデータ数は有限であることに注意

```
1   int main() {
2     std::vector<int> v;
3     int x;
4
5     while (std::cin >> x)
6       v.push_back(x);
7
8     // for文は次で説明
9     for ( int i=0; i < v.size(); i++ )
10      std::cout << i <<"th: " << v[i] << ", ";
11    std::cout << "\n";
12  }
```

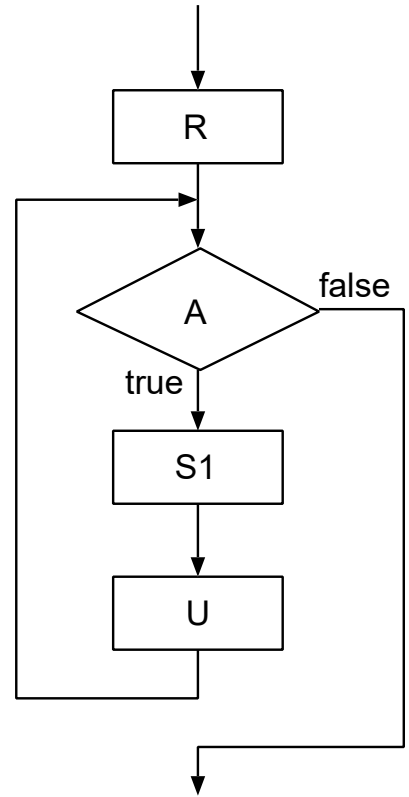
```
% ./a.out
10 20 30（エンターキーで確定，Ctrl-Dを入力）
10 20 30
0th: 10, 1th: 20, 2th: 30,

% ./a.out
2 3 5 7 11 13（エンターキーで確定，Ctrl-Dを入力）
0th: 2, 1th: 3, 2th: 5, 3th: 7, 4th: 11, 5th: 13,
```

`for`文

for文

- `while`文に処理`R`と`U`を加えた形
- よくあるパターンを明示する目的
- `R`と`U`はループ制御変数に関係する処理が多い
- `R`での宣言された変数の有効範囲は`for`文内のみ

```
for (初期化つき変数宣言R; 条件A; 式U)
    文S1

または

for (代入R; 条件A; 式U)
    文S1
```



`for`文の例1

- 3行目の宣言 `i` は3-4行目が有効範囲
- 宣言は `int i{1};` と書いても良い
- 8行目の宣言 `i` は11行目までが有効範囲
- 3行目と8行目で宣言された `i` は別変数

```
1  int main() {
2    int sum {0};
3    for (int i = 1; i <= 30; i++)
4      sum += i;
5    std::cout << sum <<"\n"; // 465
6
7    sum = 0;
8    int i;
9    for (i = 1; i*i*i <= 1357; i++)
10     if (i % 2) sum += i;
11   std::cout << i-1 <<":"<< sum <<"\n"; // 11:36
12 }
```

```
% ./a.out
465
11:36
```

for文とvector

- 制御変数が配列の添字として使用される
- 半開区間 `[0,要素数)` を示すようにfor文を書く
- 条件を `i <= v.size()-1;` と書くより，`i < v.size();` のほうがよい

```
1  int main() {
2    std::vector v {1.5, 8.4, 2.3, 4.6, 3.5};
3    double sum {0.0};
4    for (int i = 0; i < v.size(); i++)
5      sum += v[i];
6    std::cout <<"sum: "<< sum <<"\n";
7    std::cout <<"avg: "<< sum/v.size() <<"\n";
8  }
```

```
% ./a.out
sum: 20.3
avg: 4.06
```

`for`文と入力

- 入力用の一時変数の有効範囲を狭める
  - 一時変数の宣言に行数をとられない効果もある
- `for`文の更新処理を書かないこともある
  - セミコロン(`;`)は必要
- ※上下のプログラムは全く同じ挙動．お好みで．

```cpp
int main() {
  int sum {0};

  for ( int x=0; std::cin >> x; )
    sum += x;
  std::cout << sum << "\n";
}
```

```cpp
int main() {
  int sum {0};
  int x;
  while (std::cin >> x)
    sum += x;
  std::cout << "sum: " << sum << "\n";
}
```

範囲 `for` 文

- 複数要素を持つデータ構造用の `for` 文
  - `string`, `vector` 以外にも利用可

```
for (型名 要素用の変数名 e : 複数データの変数 v)

または

for (型名& 要素用の変数名 e : 複数データの変数 v)
```

- 一つ目の例：変数 `v` の要素を一つずつ `e` に**コピーする**
- 二つ目の例（`&` がある方）：変数 `v` の要素**そのもの**を一つずつ `e` として取り出す
  - `&`：リファレンス．のちの授業で詳細を説明．
- ※変数 `v` の要素を直接書き換えたい場合は `&` をつける．直接書き換えたくない場合は `&` をつけない．

範囲 `for` 文の例

- 読み出しと更新で `&` の指定の有無を決める
- `v` から要素を `d` に一つずつ取り出す
- `s` から文字を `ch` に一つずつ取り出す

```
% ./a.out
1.2 3.4 5.6 7.8 9
2.4 6.8 11.2 15.6 18
a:b:c:d:e:f:g:
```

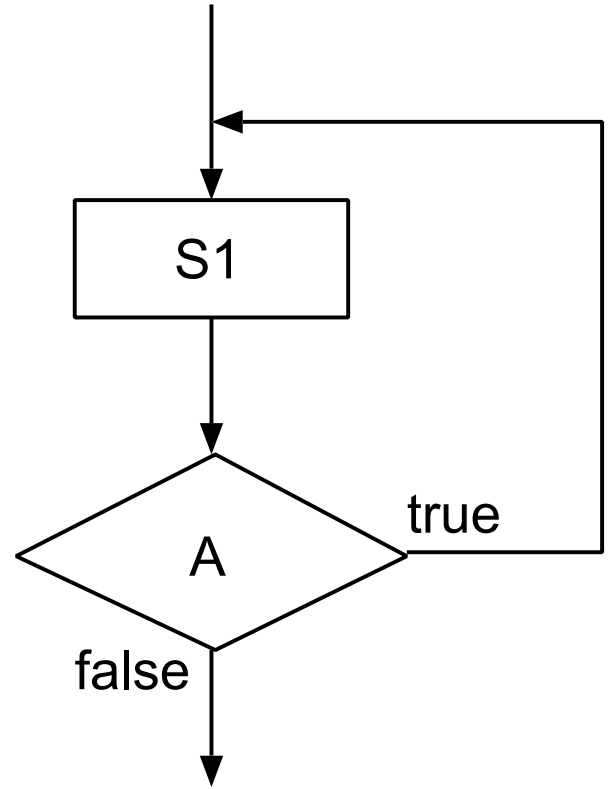
```
1  int main() {
2    std::vector v {1.2, 3.4, 5.6, 7.8, 9.0 };
3
4     // vの要素にアクセスするだけの場合
5    for (double d : v) std::cout << d <<" ";
6    std::cout <<"\n";
7
8    // vを更新する場合
9    for (double& d : v) d *= 2.0;
10
11   for (double d : v) std::cout << d <<" ";
12   std::cout <<"\n";
13
14   std::string s {"abcdefg"};
15   for (char ch : s) std::cout << ch <<":";
16   std::cout <<"\n";
17 }
```

`do-while`文

do-while 文

- 最低 1 回は処理をする繰り返し
- 文 `S1` の後に条件 `A` を評価する
- フローチャートはシンプルで処理効率も良い
- あまり使われない
  - 最低 1 回行う処理を使う場面が少ない
  - 条件 `A` に使用できる変数の制限

```
1   do {
2       文S1
3   } while ( 条件A );
```



`do-while` の例

- 必ず 1 回は入力することにした。
- `ch` は `do-while` より前に宣言が必要

```
% ./a.out
 温度を入力: 10
 まだある?(y/n) y
 温度を入力: 20
 まだある?(y/n) n
avg: 15
```

```
1  int main() {
2    double sum {0.0};
3    int cnt {0};
4    char ch;
5
6    do {
7      double x {0.0};
8      std::cout << " 温度を入力: ";
9      std::cin >> x;
10     sum += x;
11     ++ cnt;
12     std::cout << " まだある?(y/n) ";
13     std::cin >> ch || (ch = 'n');
14   } while (ch == 'y');
15
16   std::cout <<"avg: "<< sum/cnt <<"\n";
17 }
```

その他

無限ループ

- あえて終了させないループ
- 2種類の書き方がよく使われる

```cpp
int main() {
  while (true) {
    // 無限に行う処理
    std::cout << "hello";
  }

  for (;;) {
    // 無限に行う処理
  }
}
```

無限ループを止めたいときは`Ctrl-C` or `Ctrl-Z`．プログラムの実装ミスで意図せず無限ループになってしまったときにも，これで止められます．

入れ子の繰り返し指定

- 二重ループがよく使われる
- 素数の判定
  - エラトステネスのふるい法
- 二重ループにより、素数ではない（`false`）値を決める
- `2 <= i < 120` の 範囲で `i` に対して、その `i` の2倍, 3倍, · · · の値は `i` で割りきれる値なので、その添字が対応する配列の要素を `false` にする

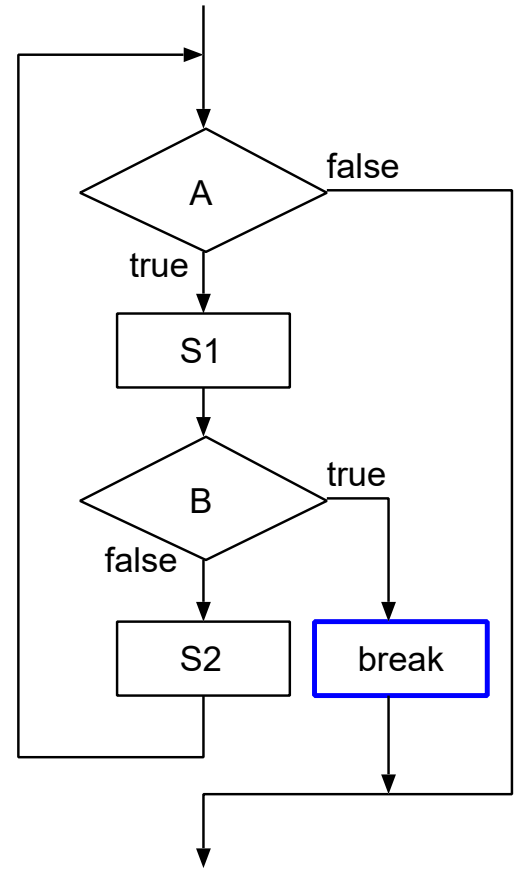
```cpp
int main() {
  // 120未満の素数一覧
  std::vector<bool> a(120, true); // 初期値は120個のtrue

  // 条件に合わない数を探す
  a[0] = a[1] = false;
  for (int i = 2; i < a.size(); i++) {
    for (int j = 2; i*j < a.size(); j++) {
      a[i*j] = false;
    }
  }

  // 結果の出力
  for (int i = 2; i < a.size(); i++)
    if (a[i]) std::cout << i <<" ";
  std::cout <<"\n";
}
```

```
% ./a.out
2 3 5 7 11 13 17 19 23 29 31 37 41 43
47 53 59 61 67 71 73 79 83 89 97 101
103 107 109 113
```

break 文

- `break`：途中でループを抜ける

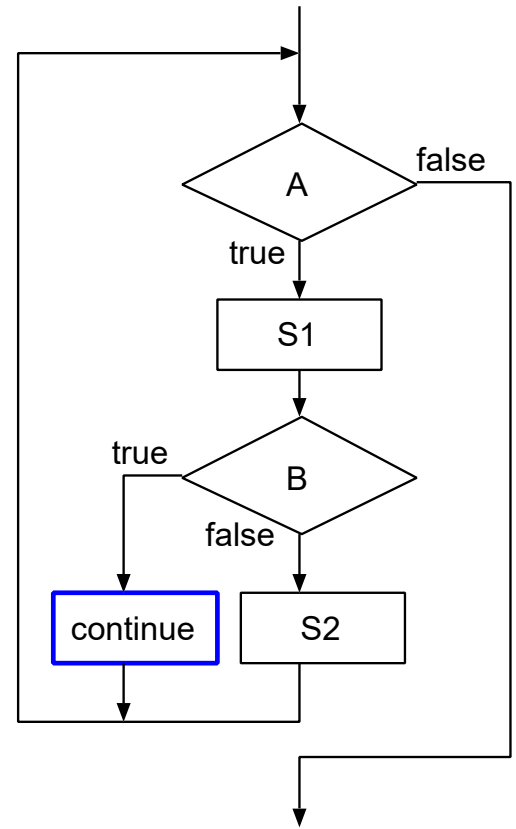
```
1  while ( 条件A ) {
2    文S1
3    if ( 条件B ) break;
4    文S2
5  }
```



continue文

- `continue`：途中で次の繰り返しに進む

```
1  while ( 条件A ) {
2    文S1
3    if ( 条件B )
4      continue;
5    文S2
6  }
```



`break` 文と `continue` 文の特徴

- ループの中で使う
  - `break` は `switch` 文でも使う
- `if` 文と組み合わせることが多い
- 入れ子ループでは、それを囲む一番内側のループが対象
  - 二重/三重ループの内側から抜けるには工夫が必要
- プログラムの流れを不規則にする

```cpp
int main() {
  for (int i = 0; i < 5; i++) {
    std::cout << "i: " << i << ", j: ";

    for (int j = 0; j < 7; j++) {
      std::cout << j << " ";
      if ( j == 2 ) break; // 抜けるのは j のループ
    }
    std::cout << "\n";
  }
}
```

```
% ./a.out
i: 0, j: 0 1 2
i: 1, j: 0 1 2
i: 2, j: 0 1 2
i: 3, j: 0 1 2
i: 4, j: 0 1 2
```

逐次探索

- データを探すための基本的な方法
- 先頭から探し、見つかれば終了

```cpp
int main() {
  std::vector a {3, 6, 2, 8, 1, 5, 2, 9, 3, 7};
  const int x {5}; // 探す対象

  int i;           // 見つけた場所
  for (i = 0; i < a.size(); i++)
    if (a[i] == x) break;

  std::cout << ( i < a.size() ? "found" : "not found" ) << "\n";
}
```

```
% ./a.out
found
```

pythonとの比較： 繰り返し文

```cpp
// cppのプログラム，includeは省略
int main() {
  int x {1};
  while( x < 10 ) { // 条件を満たす間ループ
    x *= 2;
    std::cout << x << ",";
  }

  for( int i = 0; i < 3; i++ ) { // 3回ループ
    std::cout << i << ",";
  }

  std::vector<int> array { 2, 3, 5, 7 };

  for( int i = 0; i < array.size(); i++ ) { // 配列の要素ごとのループ①
    std::cout << array[i] << ",";
  }

  for( int e : array ) { // 配列の要素ごとのループ②
    std::cout << e << ",";
  }
}
```

```python
# pythonのプログラム

x = 1
while x < 10:
  x *= 2
  print( x, end="," )


for i in range(3):
  print( i, end="," )


array = [2, 3, 5, 7]

for i in range( len(array) ):
  print( array[i], end="," )


for e in array:
  print( e, end="," )
```

```
2,4,8,16,     0,1,2,     2,3,5,7,     2,3,5,7,
```