C++プログラミング II

第 5 回 連続コンテナ

岡本秀輔

成蹊大学理工学部

準備

コマンド引数

- argc: argv からたどれる有効な要素の数
- argv: 文字列を指すポインタの配列 (へのアドレス)
  - argv[0]：コマンド名 (実行ファイル名)
  - argv[k]：k 個目のコマンドへの引数 ($0 < k <$argc)

```
#include <iostream>
#include <vector>
int main(int argc, char *argv[])
{
    // 1 個目のコマンドライン引数を整数で取り出す
    int n { argc>1 ? std::atoi(argv[1]):0 };
    std::cout << n <<"\n";

    // コマンド名を含めて vector に取り込む
    std::vector<std::string> a{argv, argv+argc};
    for (auto e : a) std::cout << e <<" ";
    std::cout << "\n";
}
```

コマンド引数: 実行例

```
$ ./a.out 123 45 6 7
123
./a.out 123 45 6 7
```

一様乱数クラス

- サイコロのように出現確率の等しい乱数
- 使用方法:
  - `UniDist a{1,6}; // 範囲を指定して変数宣言`
  - `std::cout << a.get(); // get で乱数を得る`

ヘッダファイル：random.hpp

```
#include <random>
class UniDist {  // 一様乱数
    std::random_device seed;
    std::mt19937 engine;
    std::uniform_int_distribution<int> udist;
public:
    UniDist(int first, int last) // [first, last]
        :seed{}, engine{seed()}, udist{first,last}{}
    auto get(){ return udist(engine); }
};
```

MT19937 は日本人が作った世界で最も使われている疑似乱数です。

指数分布クラス

- 指数分布（事象が起こる時間間隔）の乱数
- `ExpDist a{3.0, 60}; // 3 回で 60 になる条件`
- `std::cout << a.get(); // 平均 20 を期待する乱数`

ヘッダファイル：random.hpp

```
class ExpDist{ // unit 時間に times 回発生する条件の乱数
    std::random_device seed;
    std::mt19937 engine;
    std::exponential_distribution<double> edist;
    double unit;
public:
    ExpDist(double lambda, double u =1.0)
        :seed{}, engine{seed()}, edist{lambda}, unit{u}{}
    // 次に起こるまでの時間
    auto get(){ return edist(engine)*unit; }
};
```

STLコンテナの概要

STL コンテナ (入れ物) の種類

- オブジェクトの集まりを管理する（データ構造）
- 連続コンテナ
  - データを一列に並べた入れ物
  - データの置き場所が挿入した時や指定順に依存する
  - 汎用　　：`vector`, `deque`, `list`
  - 省メモリ：`array`, `forward_list`
  - 限定操作：`stack`, `queue`
- 連想コンテナ（第 6 回目の講義で扱う）
  - データを素早く探すための入れ物
  - 整列連想コンテナ
    - `set`, `multiset`, `map`, `multimap`
  - 順序無し連想コンテナ
    - `unordered_set`, `unordered_multiset`, `unordered_map`, `unordered_multimap`

ヘッダファイル

- 連続コンテナはコンテナ名のヘッダファイル
- 連想コンテナはいくつかが共通のヘッダファイル

インクルードの指定	コンテナ名
<vector>	std::vector
<deque>	std::deque
<list>	std::list
<set>	std::set, std::multiset
<map>	std::map, std::multimap
<unordered_set>	std::unordered_set,
	std::unordered_multiset
<unordered_map>	std::unordered_map
	std::unordered_multimap
<stack>	std::stack
<queue>	std::queue
<array>	std::array
<forward_list>	std::forward_list

共通の操作

- コンストラクタ (Ctor) の形式, 代入, 比較, 範囲 for 文, swap, empty, size, clear が共通の操作
  - unordered_*には大小比較がない (==, !=もない)
  - forward_list に size なし
  - array は clear なし、Ctor にも制限あり
  - stack, queue は別名操作ばかり

```
template<typename T>
void common(T a, T b) {
    T c{a};
    if (!a.empty())
       for (auto& e:a) std::cout << e <<" ";
    a.swap(b);
    c = b;
    if (c == b) std::cout <<"ok\n";
    if (a < b) std::cout<<"a<b:"; // 除く unordered_*
    std::cout << a.size() <<"\n"; // 除く forward_list
    a.clear();                    // 除く array
}
```

共通の操作（つづき）

```
int main() {
    std::vector<int>    v1{1,2},  v2{1,3,5};
    common(v1, v2);
    std::deque<int>     d1{1,2},  d2{1,3,5};
    common(d1, d2);
    std::list<int>      l1{1,2},  l2{1,3,5};
    common(l1, l2);
    std::set<int>       s1{1,2},  s2{1,3,5};
    common(s1, s2);
    std::multiset<int> ms1{1,2}, ms2{1,3,5};
    common(ms1, ms2);
    std::map<int,int>  m1{{1,3},{2,1}},
                       m2{{1,4},{3,2},{5,3}};
    common(m1, m2);
    std::multimap<int,int> mm1{{1,3},{2,1}},
                           mm2{{1,4},{3,2},{5,3}};
    common(mm1, mm2);
}
```

内部構造とインタフェース

- 内部構造
  - 実装に使用すべきデータ構造には決まりはない
  - 想定される形式
    - 連続コンテナ：配列または連結リスト
    - 整列連想コンテナ：2 分探索木
    - 順序無し連想コンテナ：ハッシュ表
- インタフェース
  - 共通メンバ関数の使用すれば、コンテナを入れ替えたプログラムがそのまま動作する
  - どれもテンプレートクラスを使って実装されている
  - 動作やメモリ使用量に差がある

連続コンテナ

基本三種の特徴

vector ：最もよく使われる

- 要素はメモリ上に並ぶ
- 要素にランダムなアクセスが可能
- 先頭や途中への挿入/削除に時間がかかる

deque ：機能が充実し性能もそこそこ良い

- 要素はほぼメモリ上に並ぶ
- 要素にランダムなアクセスが可能
- 先頭と末尾への挿入/削除の時間が一定

list ：上記二つは異なる場面で使う

- 要素はメモリ上に並ばないことが前提
- 先頭または末尾からたどる（双方向）
- メモリ使用のオーバヘッドが大きい
- 挿入削除の時間が一定（検索は遅い）
- 固有のメンバ関数が多数

変種

- 特定のメンバ関数に絞ったもの
  - コンテナアダプタ: 他のコンテナが土台

    stack ：積み上げ型データ構造 (LIFO)

    queue ：待ち行列型データ構造 (FIFO)
- 用途を限ってメモリ使用量を削減

  array ：`vector` の固定サイズ版
  - 要素数はコンパイル時に固定 (変更不可)
  - メモリ使用量が最小

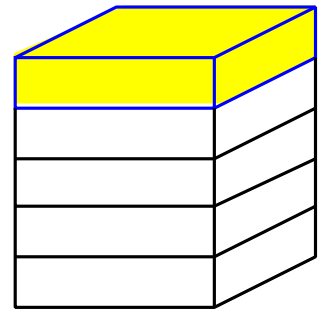
  forward_list ：単方向の `list`
  - 先頭からたどることに特化している
  - メモリ使用量が `std::list` より少ない
  - `std::list` と同じ固有のメンバ関数
  - 先頭以外の挿入削除操作が独自形式

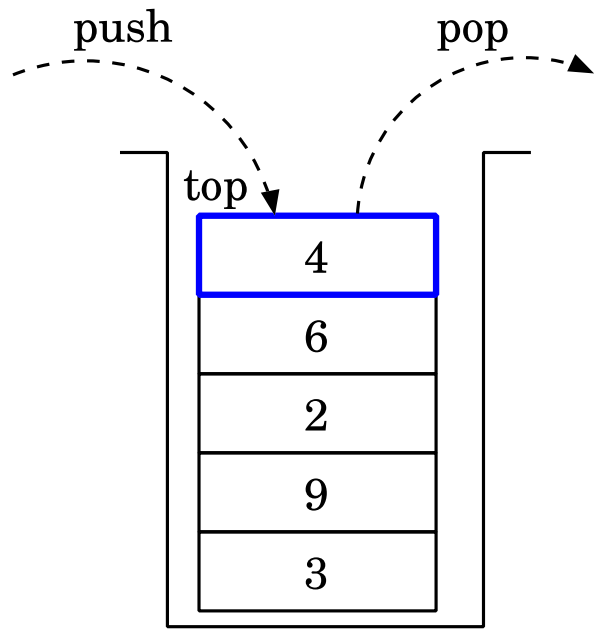
std::stack

スタックとは

- 英単語 stack：（干し草、本などの）山、積み重ね

- データ構造としての特徴
  - LIFO: Last In First Out
  - 「後入れ先出し」で使う
  - 積み上げて一番上から処理する
- `std::stack` の操作
  - `push` ：データを一番上に積む
  - `pop` ：一番上のデータを取り去る
  - `top` ：一番上のデータにアクセス
  - `empty`：スタックが空かどうか
  - `size` ：スタック中のデータ数
- `#include<stack>`ヘッダファイル





入力の逆順出力

- 入力データをスタックに積み上げ
- 上から出力と取り出しを繰り返す

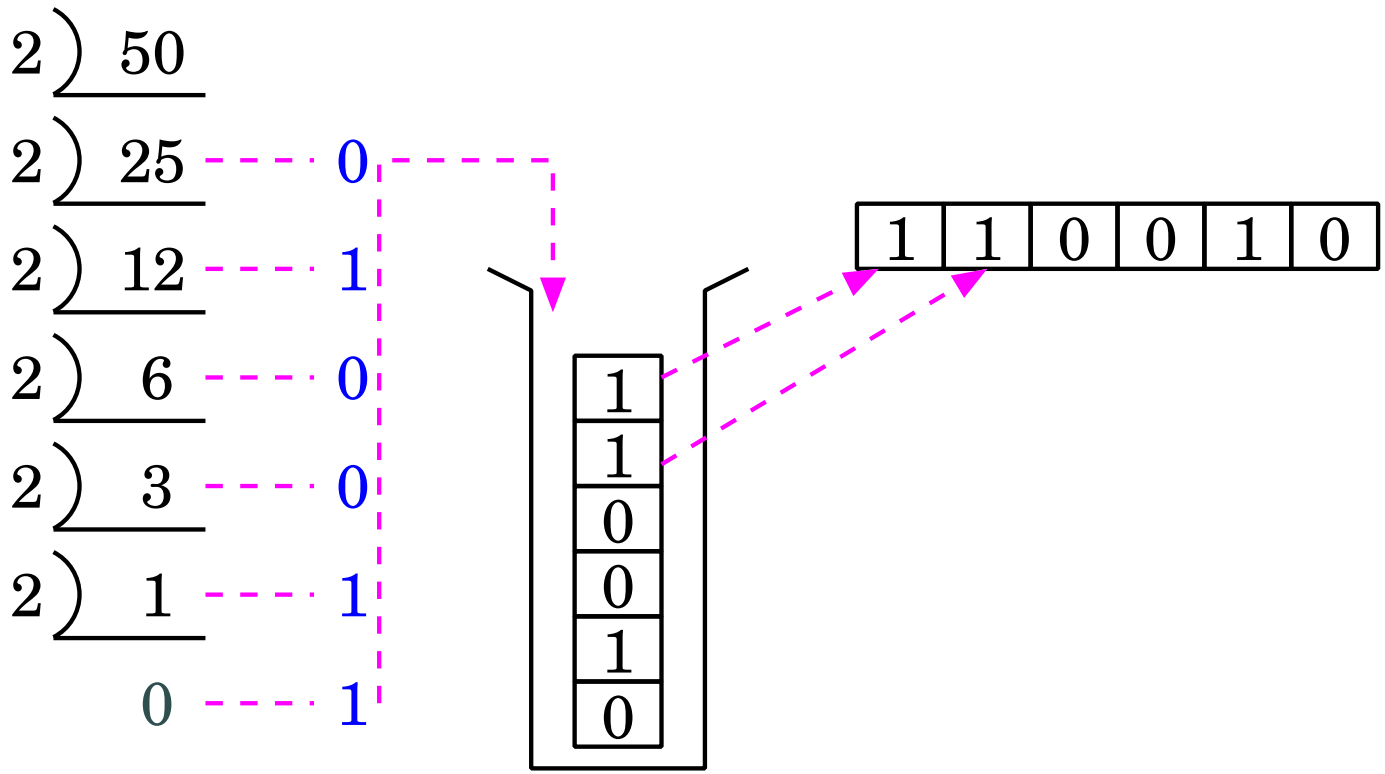
```
#include <iostream> // 入力の逆順に出力
#include <stack>
int main() {
    std::stack<int> s;
    for (int x; std::cin >> x;  ) s.push(x);

    while (!s.empty()) {
        std::cout << s.top() <<" ";
        s.pop();
    }
    std::cout <<"\n";
}
```

```
$ echo 1 2 3 4 5 | ./a.out
5 4 3 2 1
```

10進2進変換

- 10 進数の数を 2 進数に変換する
- 手順
  - 2 で割ったあまりを push していく
  - pop しながら出力していく



10進2進変換のコード

```
#include <iostream>
#include <stack>
void dec2bin(size_t dec) {
    std::stack<size_t> s;
    while (dec != 0) {
        s.push(dec % 2); // 2で割った余りを入れる
        dec /= 2;
    }
    while (!s.empty()) {
        std::cout << s.top(); // 逆順に取り出す
        s.pop();
    }
    std::cout <<"\n";
}

int main(){
    for (size_t x; std::cin >> x; )
        dec2bin(x);
}
```

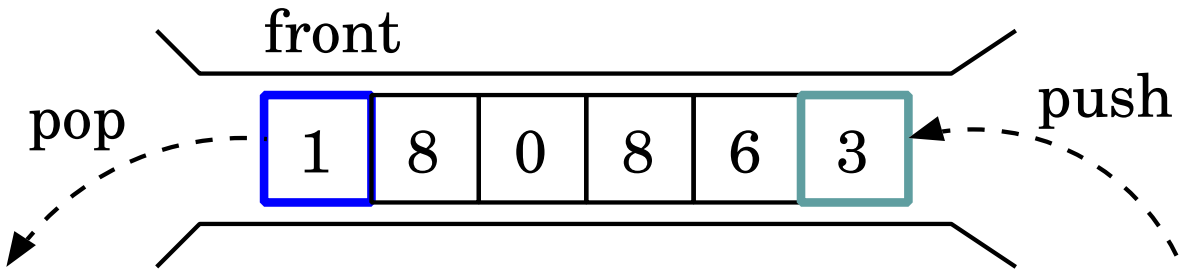
実行例

```
$ echo 50 158 224 329 | ./a.out
110010
10011110
11100000
101001001
```

std::queue

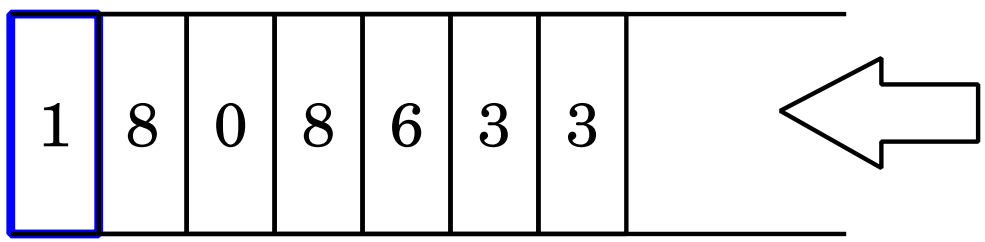
キューとは

- 英単語 queue：(待っている) 人々, 待ち行列
- データ構造としての特徴
  - FIFO: First In First Out
  - 「先入れ先出し」で使う
  - 最後尾に入れて、先頭から処理
- std::queue の主な操作
  - push ：データを最後尾に入れる (enqueue)
  - pop ：先頭のデータを取り去る (dequeue)
  - front：先頭のデータにアクセス
  - empty：空かどうか
  - size ：データ数
- #include<queue>ヘッダファイル



キューが使われる場面

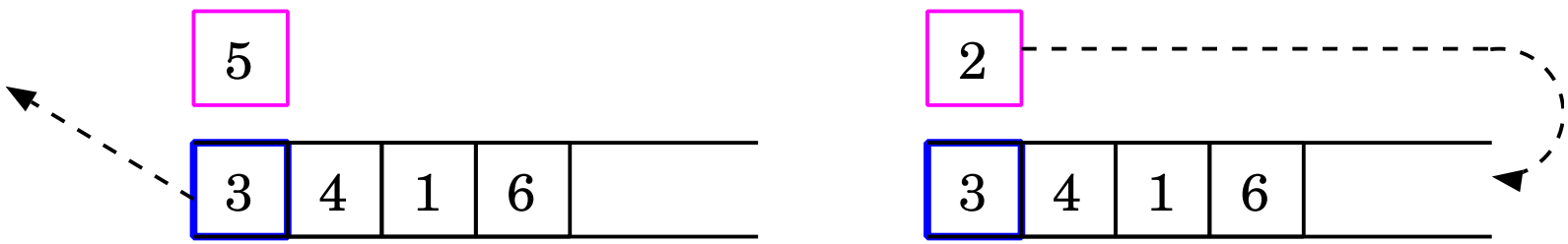
- 一つの資源を複数の消費者が順番に消費する状況
  - 待ち行列のシミュレーション
  - CPU スケジューリング,
  - プリンタの印刷待ち
- 連続的な入力に対して、断続的でまとまった出力
  - 工場からの配送
  - 入出力バッファ
  - Unix パイプ



サイコロの目とキュー

以下のアルゴリズムを作ってみる

1. サイコロを n 回振ってキューに入れる
2. サイコロを振る
3. キューの先頭と偶奇が同じならば先頭を取り出す
4. キューの先頭と偶奇が異なるならば最後尾に挿入
5. キューが空ならば 6へ, または 2に戻る
6. 2以降の繰り返し回数を出力



コードと実行例

```
#include <iostream>
#include <queue>
#include "random.hpp"
int main(int argc, char *argv[]) {
    int n {argc>1 ? std::atoi(argv[1]):3 };
    std::queue<int> q;
    UniDist rnd{1,6}; // 1 から 6 の一様乱数
    for (int i = 0; i < n; i++)
        q.push( rnd.get() );
    n = 0;
    while (!q.empty()) {
        ++ n;
        auto x { rnd.get() };
        if (x%2 == q.front()%2)
            q.pop();
        else
            q.push( x );
    }
    std::cout << n <<"\n";
}
```

実行例

```
$ ./a.out
17
$ ./a.out 5
13
$ ./a.out 5
99
$ ./a.out 10
496
$ ./a.out 10
142
```

クリニックの待ち行列シミュレーション

- 想定する状況
  - 患者が平均 10 分間隔でランダムに来る
  - 一人の医者が患者一人を平均 8 分で診察する
  - ある程度時間が経った後に何人待ちが想定されるか?
- M/M/1 待ち行列モデル
  - 確率論で扱われるシンプルかつ重要なモデル
  - 解析的に何人分の待ちが必要かを計算できる
  - 上記は指数分布を仮定すると 4 人分の待ち (32 分待つ)
- シミュレーションプログラム
  - 指数分布の乱数 (`ExpDist` クラス)
  - 単位時間当たりのイベント回数を指定して、
    イベントが次に起こる時間を乱数で得る
  - 「平均 10 分間隔で来る」→「60 分で 6 人来る」
  - 「一人平均 8 分で診察」→「60 分で 7.5 人診察」

simulate関数

```
// 引数の数の患者の診察が終了した時点の待ち人数
int simulate(int num_patient =100) {
    ExpDist next_patient {6.0,60}; // 次の患者到着時間
    ExpDist clinical_time{7.5,60}; // 診察時間
    double arrival{ next_patient.get() }; // 到着予定
    std::queue<double> q; // 先頭は診察中，他が待ち
    while (num_patient > 0) {
        if (q.empty() || q.front() > arrival) {
            if (!q.empty()) q.front() -= arrival;
            q.push( clinical_time.get() ); // 新規到着
            arrival = next_patient.get();  // 次の到着予定
        } else {
            arrival -= q.front();
            q.pop(); // 診察終了
            -- num_patient;
        }
    }
    return q.size();
}
```

main と実行結果

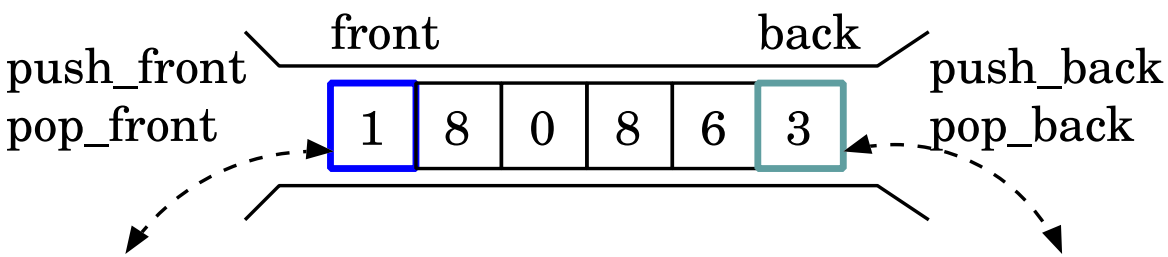
```
int main() {
    const int N{30};
    double sum{};
    for (int i = 0; i < N; i++) {
        auto x {simulate()};
        std::cout << x <<" ";
        sum += x;
    }
    std::cout <<"\n"<<sum/N<<"\n";
}
```

```
$ ./a.out
0 2 3 4 4 6 16 2 1 3 2 0 3 4 0 0 4 10 0 4 4 2 2 3 4 5 4 3 6 0
3.36667
$ ./a.out
1 2 9 3 5 3 4 2 2 1 12 6 2 2 3 1 5 0 2 0 6 0 0 2 4 2 4 8 0 5
3.2
$ ./a.out
1 17 5 10 8 1 19 1 6 0 10 1 2 1 13 3 1 1 3 3 6 0 0 7 7 4 2 0 1 6
4.63333
```

std::deque

デックとは

- deque：double-ended queue
  - 両端キュー（プログラミング技術上の造語?）
- データ構造としての特徴
  - 先頭末尾の挿入削除が一定時間、その他は時間がかかる
  - 添字を使ったアクセスが可能
- `std::deque` の主な操作 (vector+アルファ)
  - `push_front/push_back` ：挿入
  - `pop_front/pop_back`：削除
  - `operator[]`：任意の場所のアクセス
  - `front/back`：先頭/末尾のアクセス
  - `empty`, `size` 他
- `#include<deque>`ヘッダファイル



デックが使われる場面

- アプリの undo-redo 機能（回数に上限あり）
  - undo 用と redo 用の二つのスタック
  - undo: コマンドの取り消し
  - redo: コマンドの再実行
  - どちらもコマンド履歴を保存し、ある回数まで達したら古いものから消していく
  - サイズ無制限のスタックを用意すれば undo スタックは最終結果を保持する
- ブラウザの履歴
  - undo-redo と同じくある回数まで保存したところで古い履歴を消していく
- マルチプロセッサスケジューリング
  - CPU ごとにキューを持つ
  - キューが空の CPU は他の CPU キューの末尾からもらう
  - A-Steal アルゴリズムと呼ばれる

回文チェック

- 回文：前から読んでも後ろから読んでも同じ
  - 例：しんぶんし, たけやぶやけた, civic, level, radar
- すべて挿入した後に、両端をチェックしながら削除

```
bool is_palindrome(std::string s)
{
    std::deque<char> d;
    for (auto ch : s)
        d.push_back(ch); // 一文字ずつ挿入
    while (d.size() > 1) {
        if (d.front() != d.back()) // 両端を比較
            return false;
        d.pop_front();
        d.pop_back();
    }
    return true;
}
```

再帰呼び出しの例があったことを思い出そう

まとめ

まとめ

- コンテナの概要
  - 連続コンテナ
  - 連想コンテナ
- `std::stack` 後入れ先出し
- `std::queue` 先入れ先出し
- `std::deque` 両端キュー