push_swapを
理解するためのスライド

作成者：nfukada（nafuka11）

おしながき

1. push_swapとはどんな課題か
2. データ構造
3. アルゴリズム
4. push_swapの実装

push_swapとはどんな課題か

push_swapを一言で表すと

与えられた数値をソートするプログラムを作る課題

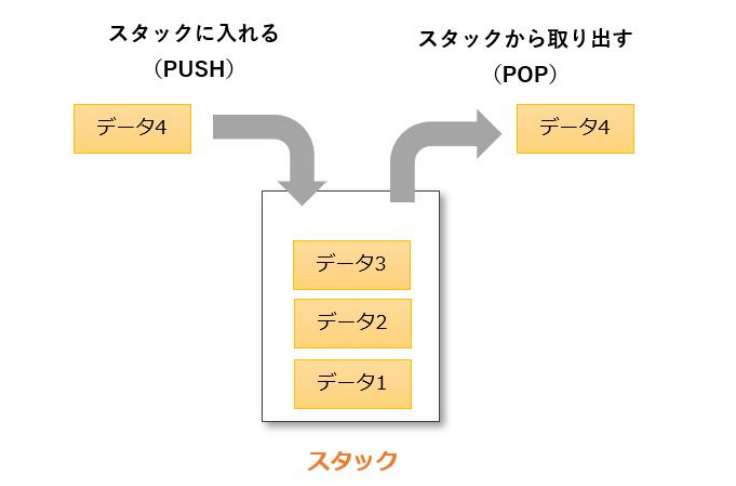
- スタックというデータ構造が2つあり、与えられた数値が入ってる
- 専用の命令でスタックを操作
- 2つのプログラムを作る

下線部について説明していきます

データ構造のスタック

wikipedia より

スタックは、コンピュータで用いられる基本的なデータ構造の1つで、データを後入れ先出し（LIFO: Last In First Out; FILO: First In Last Out）の構造で保持するもの



出典：スタック（stack）とは - ITを分かりやすく解説

push_swapのスタック

- スタックaとbがある
- 最初はaに数値が入っている
- 最終目標は、aに入った数値を昇順にソートすること

初期状態（引数から与えられる）

```
+--------a--------+--------b--------+
|[  2]3           |                 |
|[  0]1           |                 |
|[  1]2           |                 |
+-----------------+-----------------+
```

↓

こうしたい

```
+--------a--------+--------b--------+
|[  0]1           |                 |
|[  1]2           |                 |
|[  2]3           |                 |
+-----------------+-----------------+
```

専用の命令

全部で11個。大まかな系統は以下

- swap：スタックの先頭と次で値を交換
- push：先頭の値を別のスタックへ移動
- rotate：スタックを回転
- reverse rotate：スタックを逆回転

詳細は、Push_Swap: The least amount of moves with two stacks | by Jamie Dawson | Medium の図が分かりやすいです

2つのプログラム

push_swap

- 引数から数値を複数受け取り、命令を使ってソートする
- 命令を標準出力に出力する

checker

- push_swapの出力を確認する
  （= 標準入力から命令を読み取る）
- 標準出力にソートされたか出力
  - ソートされた：OK
  - ソートされない：KO

プログラム実行例

```
# push_swapとcheckerの動作
$ ./push_swap 3 2 1
sa
rra
$ ./checker 3 2 1
(標準入力を受け付ける)

# push_swapとcheckerをパイプでつないで動作確認
$ ./push_swap 3 2 1 | ./checker 3 2 1
（OKかKOを表示する）

# 引数が数値でない or intの範囲を超えてたらErrorと表示
$ ./push_swap a
Error
$ ./push_swap 2147483648
Error

# 引数なしは何もしない
$ ./checker
$
```

データ構造

今回使ったデータ構造：双方向循環リスト

双方向循環リスト = 連結リスト + 双方向 + 循環

- 連結リスト：各要素が1つ後ろの要素のポインタを持ったデータ構造。可変のデータを持てる
- 双方向：各要素が1つ前の要素を持つ
- 循環：末尾の要素が先頭の要素を、先頭の要素が末尾の要素を参照できる

双方向循環リストを使った理由

要素の追加削除を頻繁に行う → 連結リスト

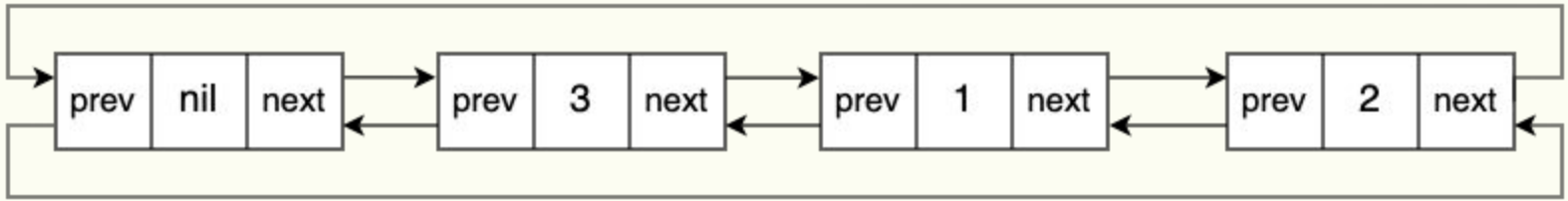
先頭と先頭の次、末尾にアクセスする必要あり → 双方向

回転、逆回転する → 循環

双方向循環リスト：図で表すと

1つの要素をノードという

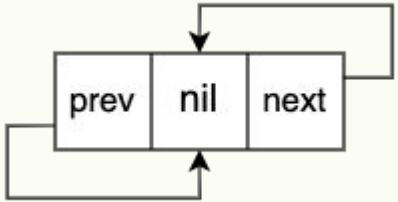
nilは番兵ノード



双方向循環リスト：番兵ノード

- 連結リストのNULLに相当するノード
- 番兵ノードがあることで、リストを先頭から見ていっても
  無限ループにならない
  （番兵ノードがない場合、先頭の要素を覚えておく必要がある）

要素がないときは → のような感じになる



アルゴリズム

分割統治法

そのままでは解決できない大きな問題を

小さな問題に分割して全て解決することで

大きな問題を解決する

クイックソート

分割統治法を使った
ソートアルゴリズム

- 基準値の大小でデータを分割（Partition）
- 分割したデータをさらに分割
- 分割を繰り返すことで最終的にデータがソートされる

出典：AIZU ONLINE JUDGE: ALDS1_6_C

push_swapの実装

push_swapの実装

要素数3個以下、6個以下、7個以上で場合分け

6個以下はルールベース。7個以上はクイックソートする

共通の考え方

- 2つのスタックを先頭が繋がった配列のように考える

push_swapの流れ：3個以下のとき

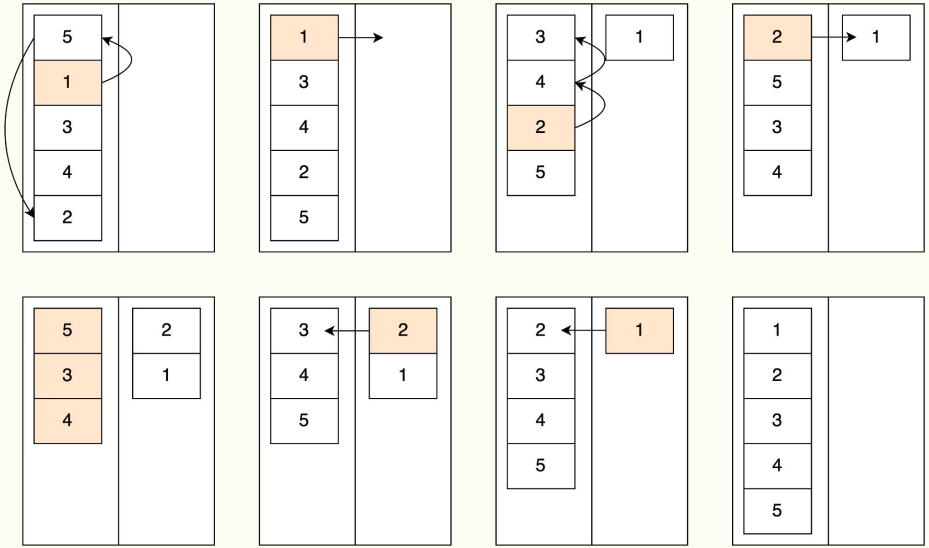
- 1個なら何もしない
- 2個なら大小に応じてswap
- 3個なら大小に応じて5パターンの操作

参考：Push_Swap: The least amount of moves with two stacks | by Jamie Dawson | Medium の「3 random numbers」

push_swapの流れ：6個以下のとき

1. aが3個になるまで

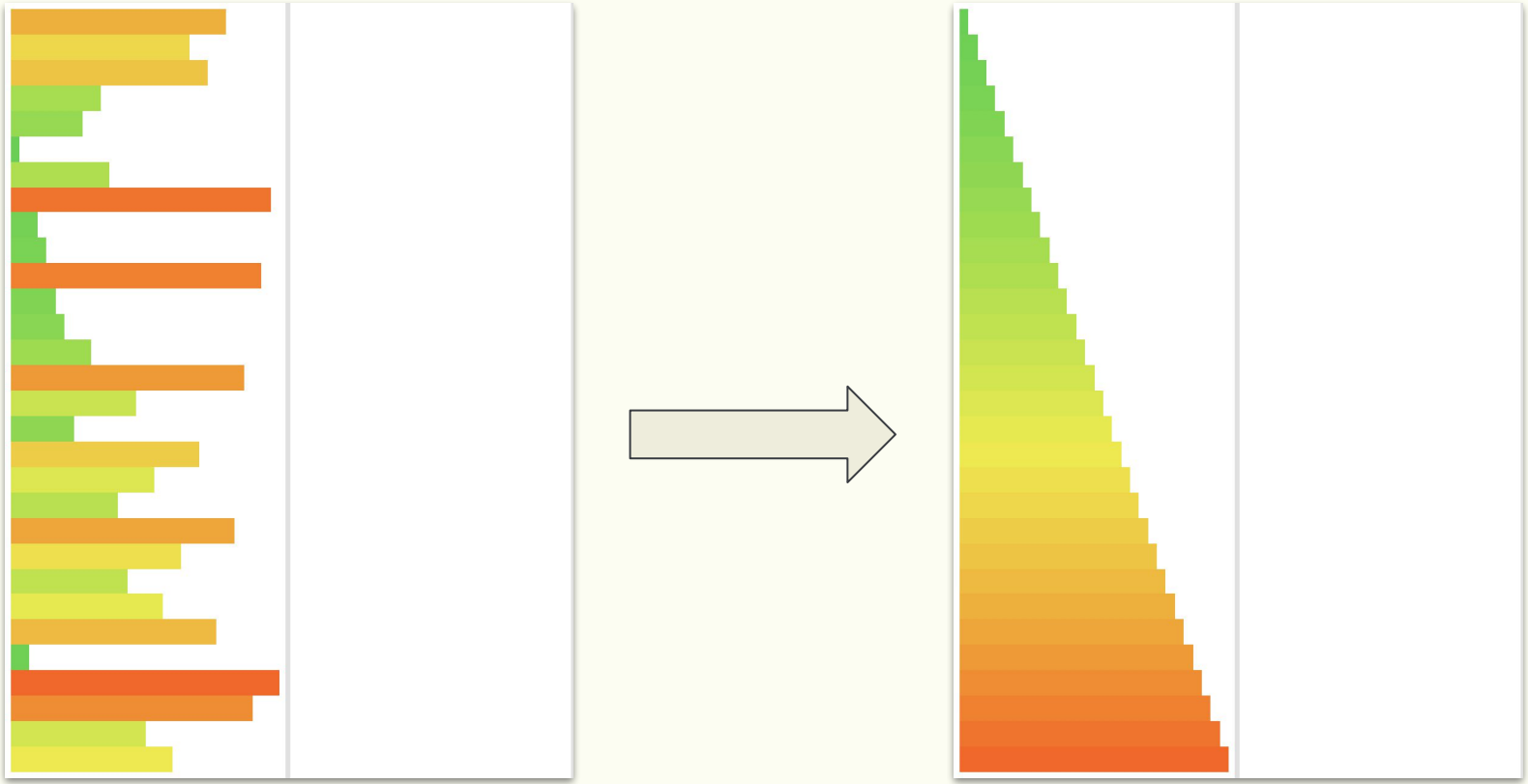
   小さい数からbにpush
2. 残ったaを3個のルールでソート
3. bをaにpushして戻す



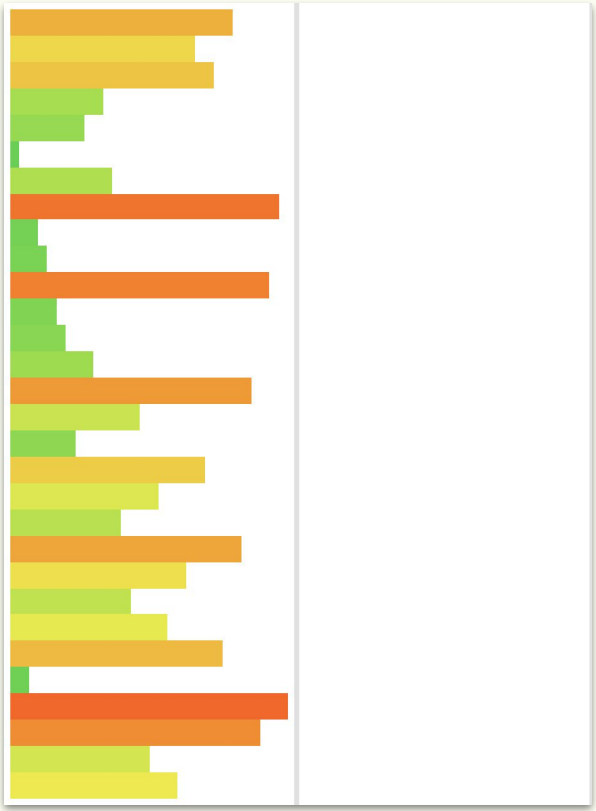
push_swapの流れ：7個以上のとき

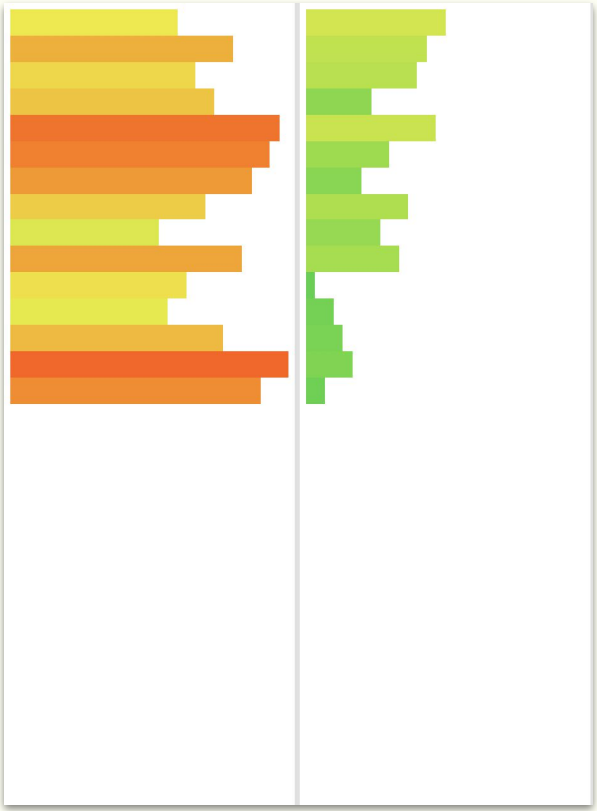
aの末尾へ小さい順に数字を挿入し、ソート済み扱いにしていく

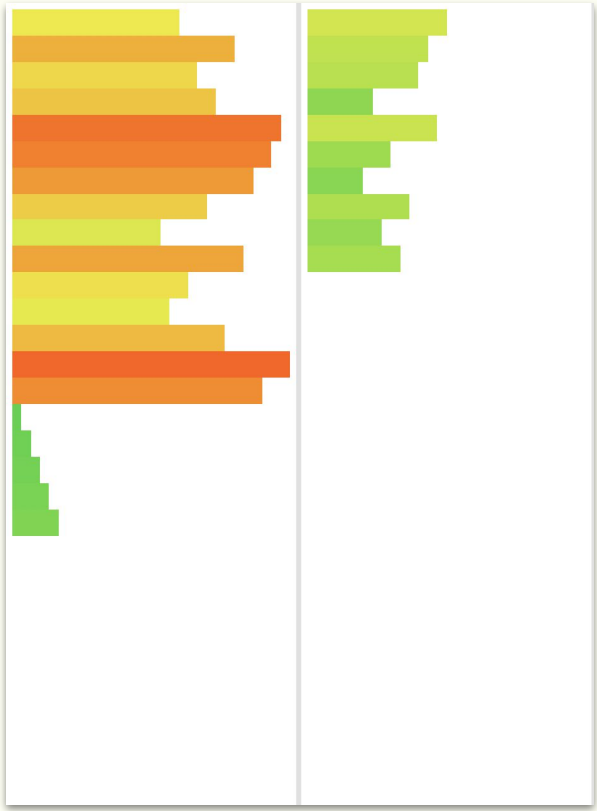
1. 初期状態。aに数値がある
2. aの数値を大小で分け、bにpushする
3. bが分割できなくなるまで、bの数値を大小で分け、aにpushす
4. 残ったbの数値を小さい順にaの末尾へ移動する
5. aをbへpushし、bの分割を繰り返す



左の初期状態から右の状態にしたい

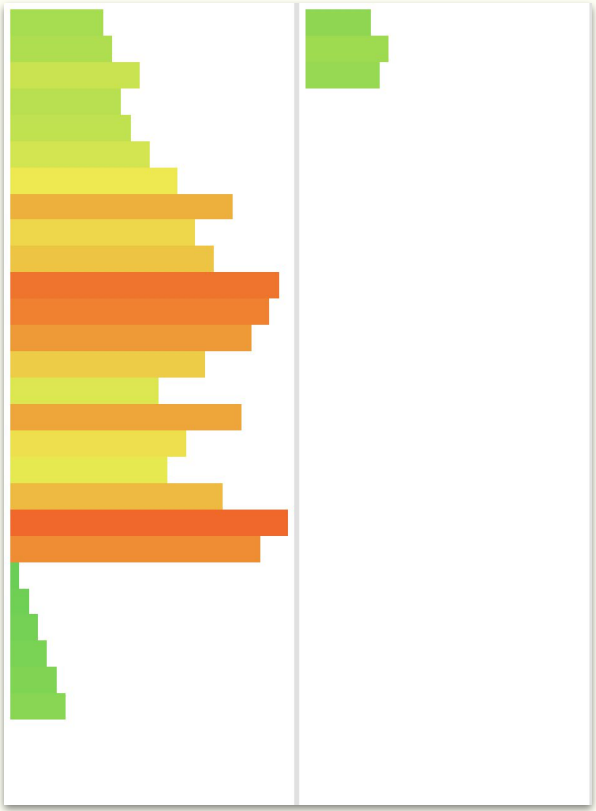




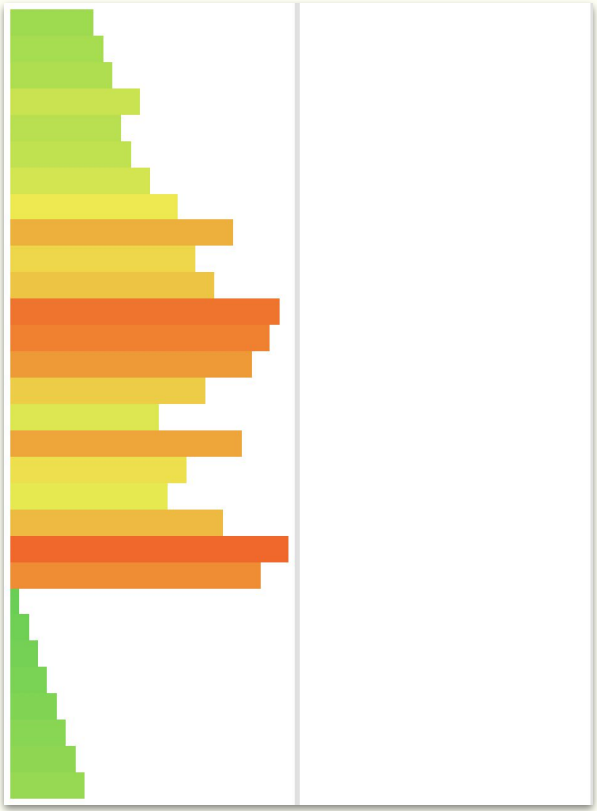


1. 初期状態

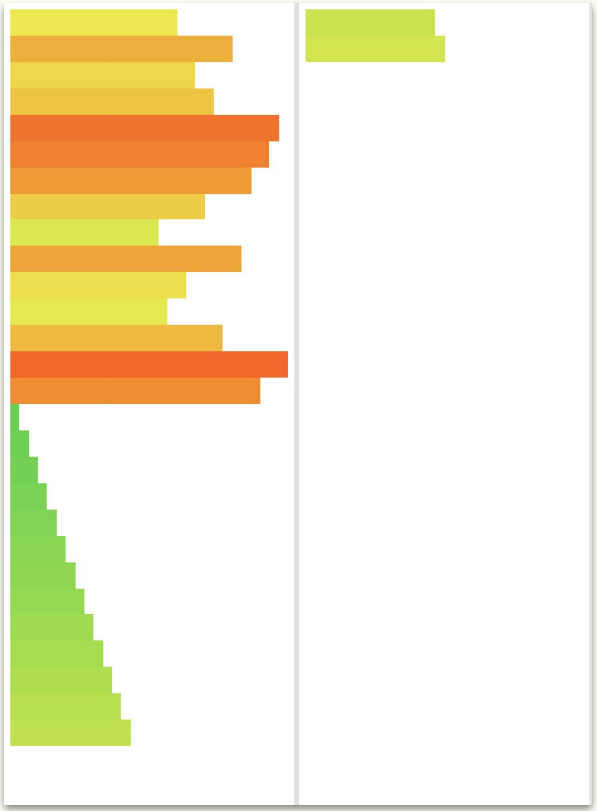
2. aを大小で分けbへpush



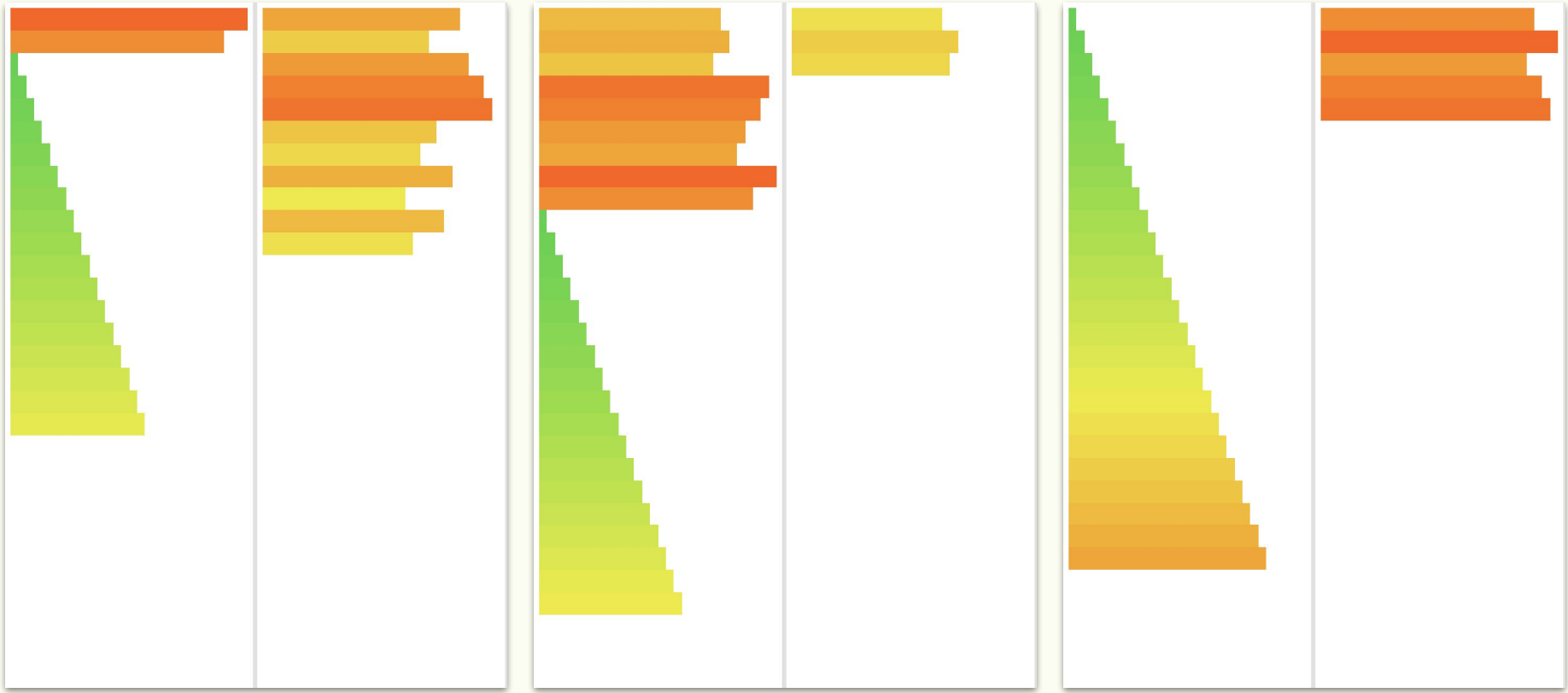
3. bを分割できなくなるまで
aへpush



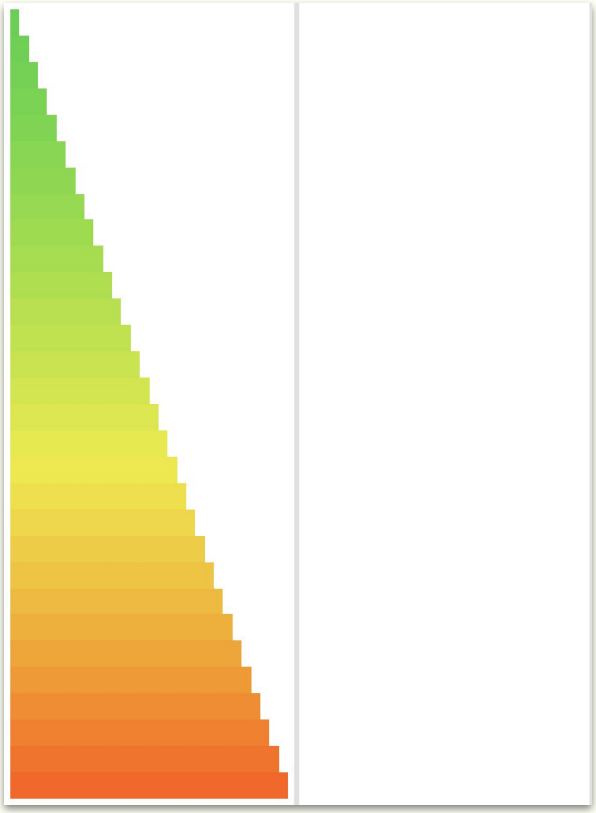
4. bをaの末尾へ



5. aからbへpushして戻す



bへpush, aへpush, aの末尾へ追加, を繰り返して……



最終的に全てがソートされる

細かな最適化

- 分割するときに小さい数字を見つけたら、aの末尾へ
- まとめられる命令をまとめる
  - saとsbならssにする
  - paとpbなら削除する

参考書籍・URL

アルゴリズム

- 『プログラミングコンテスト攻略のためのアルゴリズムとデータ構造』
- 『アルゴリズム・イントロダクション 第3版 第1巻』

push_swap

- Push_Swap: The least amount of moves with two stacks | by Jamie Dawson | Medium

ビジュアライザー

- elijahkash/push_swap_gui: Implementation of push-swap (42-school project) on python with GUI.
    - p.21 以降の画像として使用しました

ありがとうございました！

不明点などありましたら、Discordにてお願いします