第13回のキーワード

アルゴリズム関係

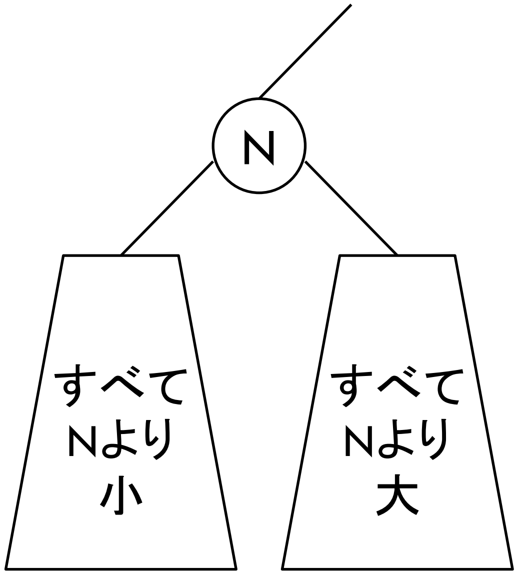
- 2分探索木（binary search tree）
- 平衡木（balanced tree）
- AVL木（Adelson-Velsky and Landis' tree）←2人
- 木の回転（tree rotation）
- 1重回転 / 2重回転（single/double rotation）
- $O(\log n)$

Java関係（前回）

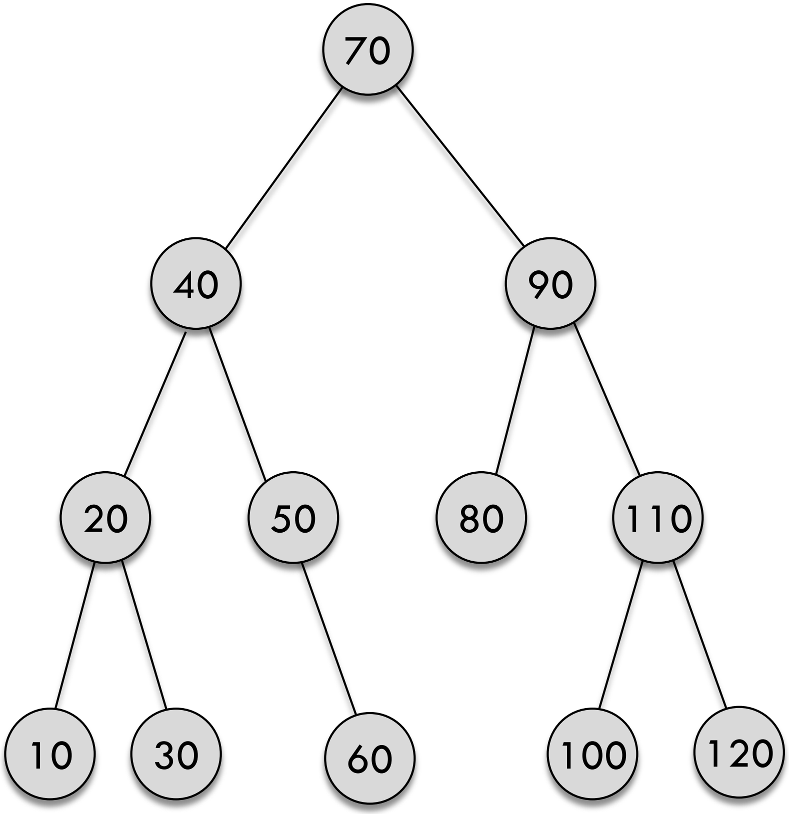
- 3項演算子
  - 条件式 ? 値1 : 値2
- class X<E extends Y> { … }
  - 型パラメータ（E）の限定条件
  - Eは必ずクラスYを継承するかインタフェースYを実装する
- <? extends T>
  - 型指定を<T>から緩和する
  - クラスTまたは，その子クラス/インタフェースを許容する
- <? super T>
  - クラスTまたは，その親クラス/インタフェースを許容する

2分探索木

- 定義
  - 任意のノードNについて
  - Nの左の子孫（左の部分木の要素）は，すべてNより小さい
  - Nの右の子孫（右の部分木の要素）は，すべてNより大きい

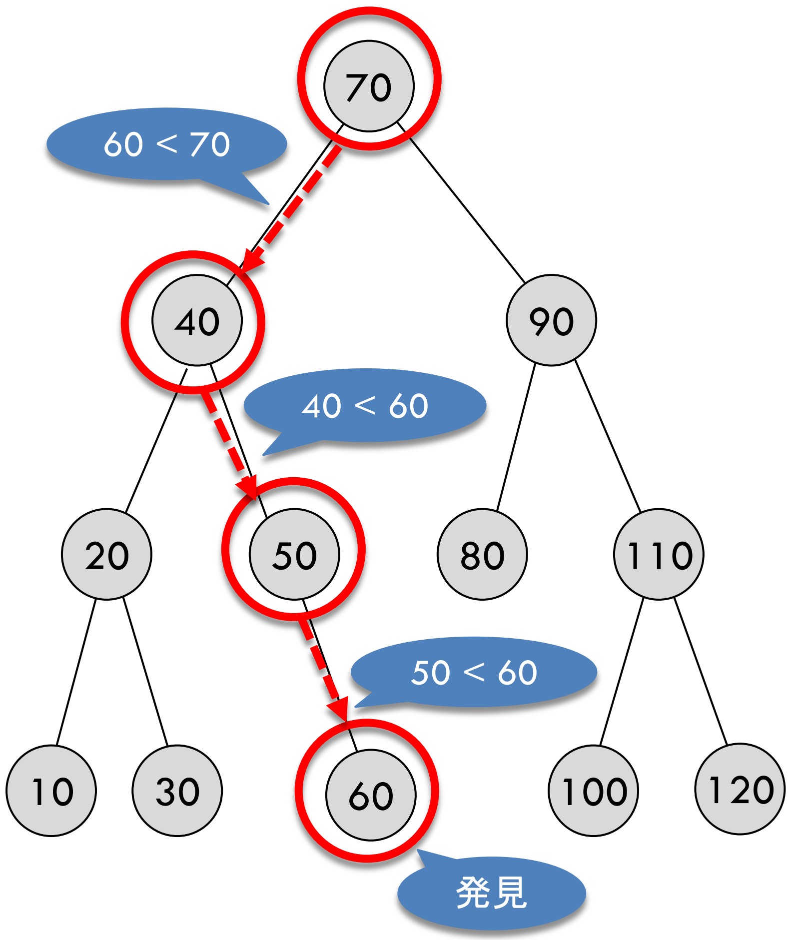


- 例



要素の探索と追加

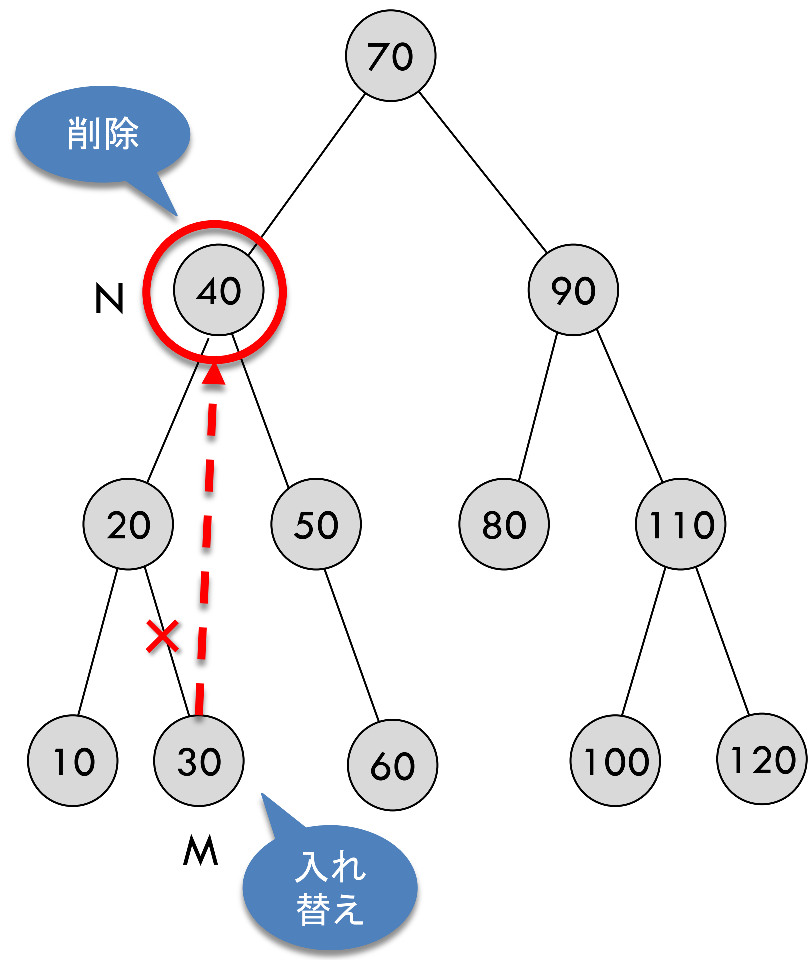
- 要素の探索
  - 根から要素を比較していく
  - ノードとキーとの大小（前後）関係により，右または左の子をたどっていく
- 要素の追加
  - 探索によって要素を発見できなかったら，その位置に新しいノードを追加する
- 木のバランス
  - 理想的な2分探索木は？
  - そのときの平均計算量は？
- 例
  - 60を探索する場合



要素の削除

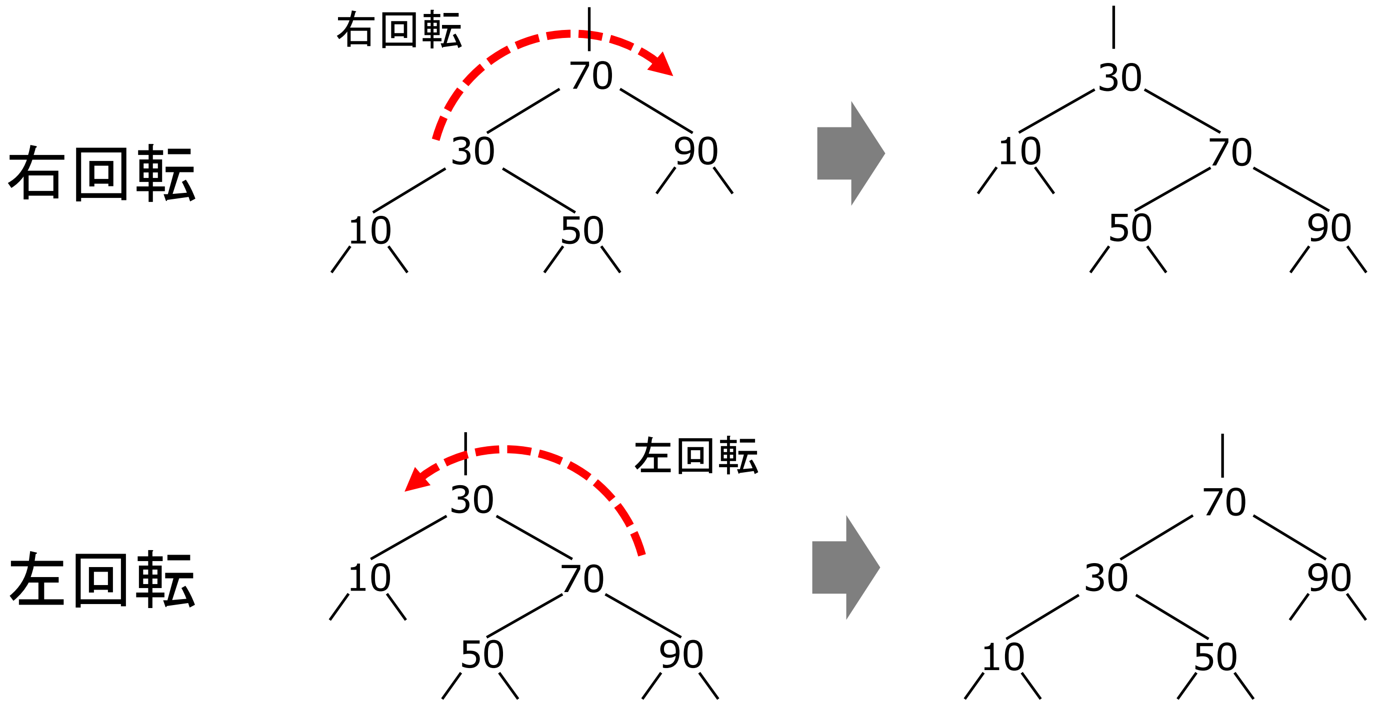
- 削除するノードをNとする
- 場合A: Nの子が0個なら
  - 単にNの親からNへの辺を切る
- 場合B: Nの子が1個なら
  - Nの親から，Nを飛ばしてそのひとりっ子につなげ直す
- 場合C: Nの子が2個なら
  - Nの左の子孫から最大値のノードMを求める（右の子孫から最小値でもよい）
  - いったんMを削除する
    その際，Mの子の数に応じて場合AまたはBの処理する
  - Nの位置にMを入れ替える（Nの子2個はMが引き継ぐ）

- 例
  - 場合Cで「40」を削除する例



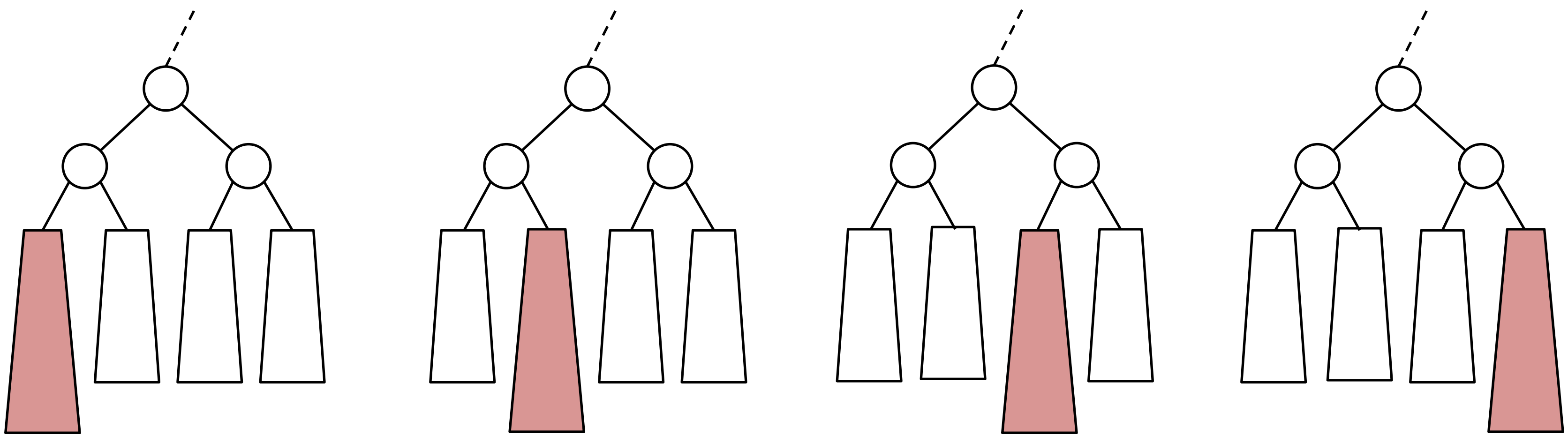
AVL木（平衡木の一種）

- 平衡木：バランスを維持する2分探索木
  - 回転操作：2分探索木の条件を保ったまま変形する操作
  - 下図をよく観察して，ノードの入れ替わりを理解すること！



AVL木：バランスが崩れた状態

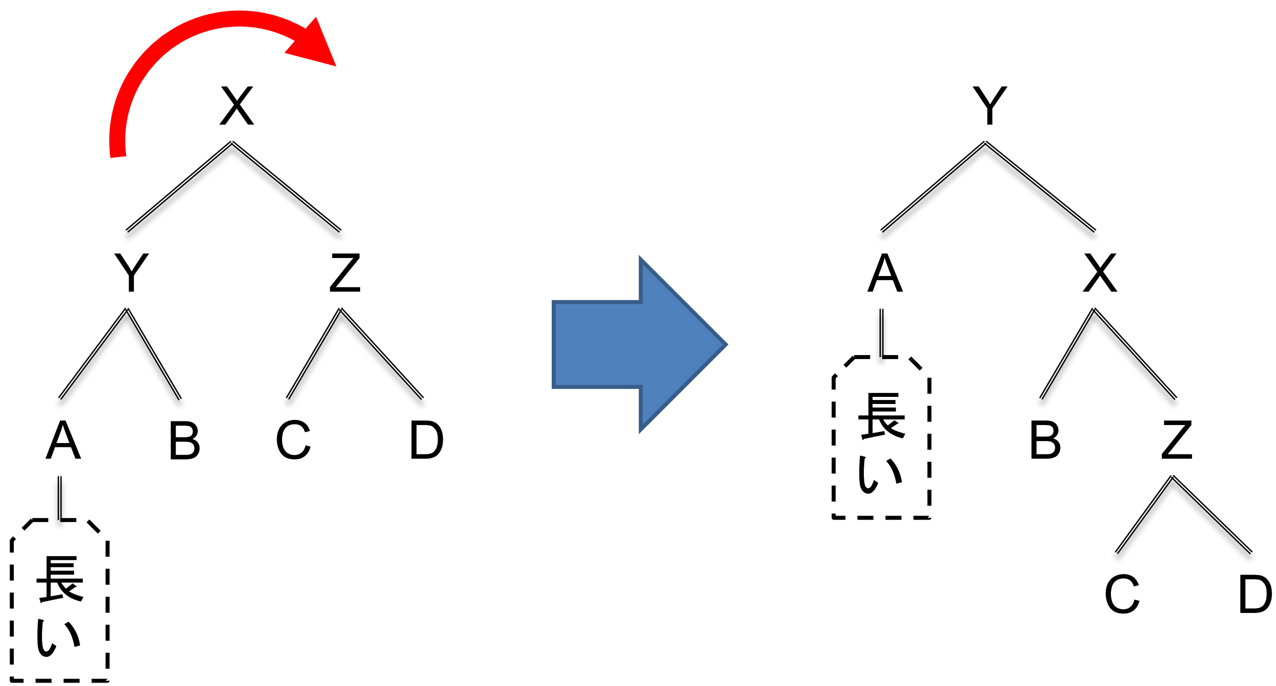
- 4パターンに整理して対処
  - まず，左右のバランスが崩れているノードを検出する
  - そのノードの孫ノードの下の状態（高さ）によって分類する



パターンA　パターンB　パターンC　パターンD

AVL木：1重回転

- パターンA，パターンD
  - 1回の回転操作によって，バランスが維持できる
  - パターンDはAと対照なので，回転を逆向きにすればよい



AVL木：2重回転

- パターンB，パターンC
  - バランスを維持するには，2回の回転操作が必要になる