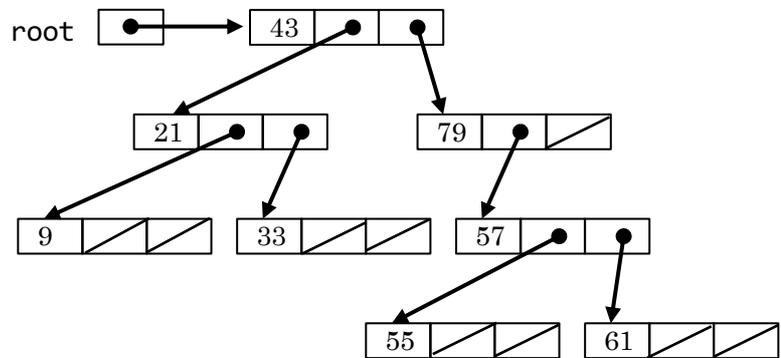
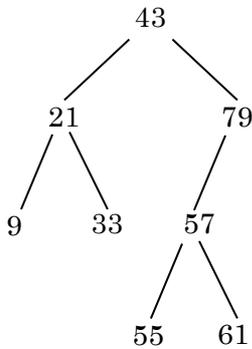


1. 下図のように各要素が1つの“親”を持ち、階層的に連結されたデータ構造を木（ツリー）構造という。各要素をノード（節）、連結をリンク（エッジ、枝）、図では一番上にある親がないノードを根（ルート）、子がないノードを葉（リーフ）という。特に、木構造の中で子の数が2つ以下であるものを2分木と呼ぶ。下記のプログラムは2分木の構造を理解するためのものである。図に示した2分木を構築する処理をmainメソッドに追加せよ。さらに、全ノードを行きがけ順（先行順）、通りがけ順（中間順）、帰りがけ順（後行順）のそれぞれで表示させてみよう（★♪◆のそれぞれの位置で要素を表示させればよい）。



```

/* Node.java */
public class Node {
    public int data;
    public Node left; // 左の子
    public Node right; // 右の子

    public Node(int data) {
        this.data = data;
        left = right = null;
    }
}

/* Tree.java */
public class Tree {
    public Node root; // 根

    public Tree() {
        root = null;
    }

    public void traverse() {
        traverse(root);
    }

    // 深さ優先探索で（部分）木を巡回する
    public void traverse(Node n) {
        if (n == null) return;

        /* ★ */
        traverse(n.left);
        /* ♪ */
        traverse(n.right);
        /* ◆ */
    }
}

```

```

/* Program.java */
public class Program {

    public static void main(String[] args) {

        // 木の構築
        Tree tree = new Tree();
        tree.root = new Node(43);

        tree.root.left =

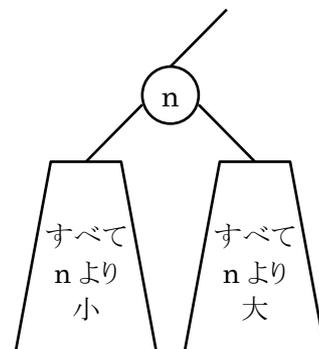
        tree.root.right =

        tree.traverse();
    }
}

```

※ オブジェクト指向的には好ましくないが、木の構造が分かりやすいように、すべて public としている。

2. 2分探索木は、右図に示すように、その中のどのノード n をとっても、その左の部分木には n より小さい要素、右の部分木には n より大きい要素しかないような2分木である。このデータ構造は文字通り探索に適する。実は1.のプログラムの2分木は、2分探索木である。



下記のプログラムは、1.のプログラムのクラス `Tree` を拡張し、木から指定のキーを持つノードを探索するメソッド `search` を追加したものである (`Node` クラスは1.のものをそのまま利用する)。空欄を適切に埋めて探索が行われるようにし、この探索アルゴリズムの利点を考察せよ。

```
public class Tree {

    /* 1.のクラス Tree に、以下を追加する */

    // 木全体から key を探索する
    public Node search(int key) {
        return search(key, root);
    }

    // ノード n の下の部分木から、再帰的に key を探索する
    public Node search(int key, Node n) {
        if (n == null)
            return null;

        if (key < n.data) {
            return search(key,          );
        }
        if (key > n.data) {
            return search(key,          ); // 上の if に return があるので else が不要
        }
        return                               // key<n.data でも key>n.data でもないとは?
    }
}

/* 動作を検証するための Program.java */
public class Program {
    public static void main(String[] args) {

        // 木の構築
        Tree tree = new Tree();

        /* ここで2分探索木の条件を満たす木を構築する (例えば1.の木は条件を満たす) */

        // 探索処理
        System.out.print("探索整数 -> ");
        int key = new java.util.Scanner(System.in).nextInt();
        Node found = tree.search(key);
        System.out.println("見つかります" + (found != null ? "した。" : "せんでした。"));
    }
}
```

3. 2.のプログラムを修正してクラス `E` を要素とするジェネリッククラス `Tree<E>` を定義し、文字列を要素とする2分探索木を構築して動作を確認せよ。ただし、`E` が `compareTo` を持つという条件を示すために `Tree<E>` の定義の冒頭は下記のように記述する (親がインタフェースでも `extends` と書くのが決まり)。

```
public class Tree<E extends Comparable> // より正しくは <E extends Comparable<? super E>>
```