アルゴリズムとデータ構造

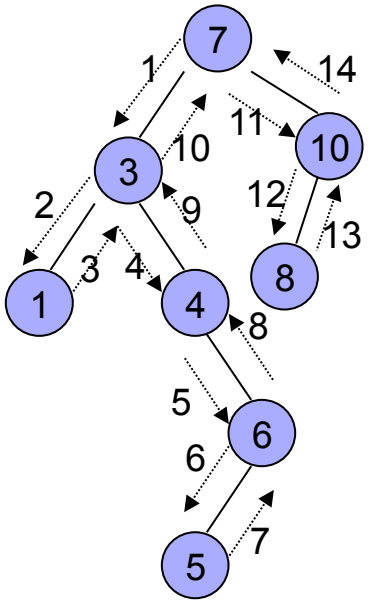
第6回探索のためのデータ構造（1）
補稿：木の巡回（なぞり）

木の巡回（第5回探索(1)のスライド）

木の巡回* (traverse)とは、
木のすべての節点を組織だった方法で訪問すること

*)木の「なぞり」ともいう

深さ優先探索(depth-first search)による木の巡回



2分探索木を中順出力すると整列された要素のリストがえられる！

すべての節点の要素を次の3種類の順番で出力できる。

前順（行きがけ順、preorder)
最初の訪問時に出力

7, 3, 1, 4, 6, 5, 10, 8

中順（通りがけ順、inorder)
左の部分木のなぞりが終わった後に出力

1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10

後順（帰りがけ順, postorder)
最後の訪問時に出力

1, 5, 6, 4, 3, 8, 10, 7

木の巡回(traversal)

重要

- 与えられた根付き木Tの全頂点をちょうど一度ずつ訪問すること
  - 各頂点がちょうど一度ずつ現れるような、Tの頂点のリストのこと。(今後はこの意味)
- 次の用途に用いられる
  - 木構造として表現されたデータの処理
  - 人工知能分野における探索
  - 数式処理と言語処理
  - グラフアルゴリズムの解法

クイズ：迷路の通り方

- 問：今、あなたが巨大迷路の中（一番奥の宝の部屋）にいる。どうやったら、出口まで出られるか？

- こたえ？
  - でたらめに歩き回る
  - 分かれ道に来たら、かならず決めた方を選ぶ
  - ｏｏｏ
  - ？？？

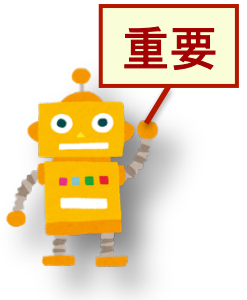
クイズ：迷路の通り方

- 問：今、あなたが巨大迷路の中（一番奥の宝の部屋）にいる。どうやったら、出口まで出られるか？

- こたえ？
  - 方法：右手を壁につけたまま、手を壁から離さないようにして歩く。
  - 結果：すると、必ず出られる*
    なぜ？

*) 迷路の大きさに限りがあるなら

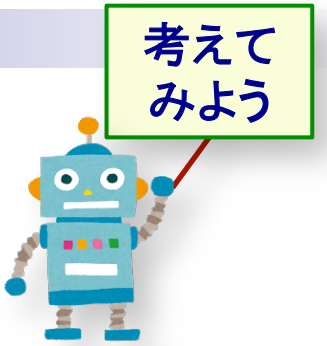
木の巡回の種類



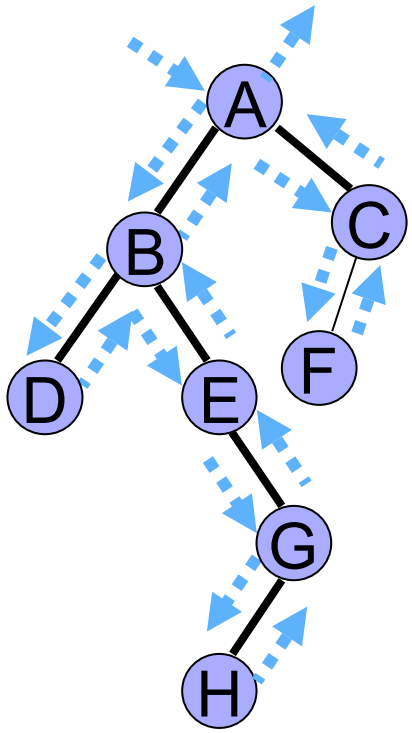
- 巡回の方法:
  - 基本は、根から出発して、全ての頂点を訪問する。
- 木の探索には大きく分けて、2種類ある
  - 深さ優先探索（DFS, Depth-First Search）
    - 今いる場所からできるだけ深い方へいく
    - DFSで得られる巡回は、前順、中順、後順の3つ
  - 幅優先探索（BFS, Breadth-First Search）
    - 深さ（レベル）d = 0, 1, 2, ... を大きくしていく

木の探索

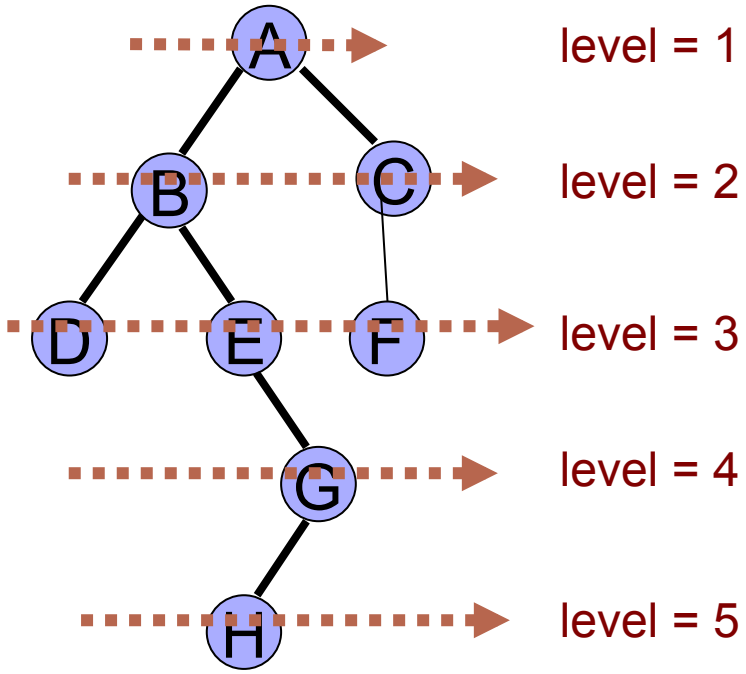
質問:「二つの探索の違いは何か？」



深さ優先探索(DFS)



幅優先探索(BFS)



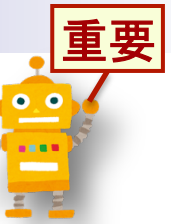
注意:DFSだけでは、頂点の出力の順番は決まらない ⇨ 前順、中順、後順

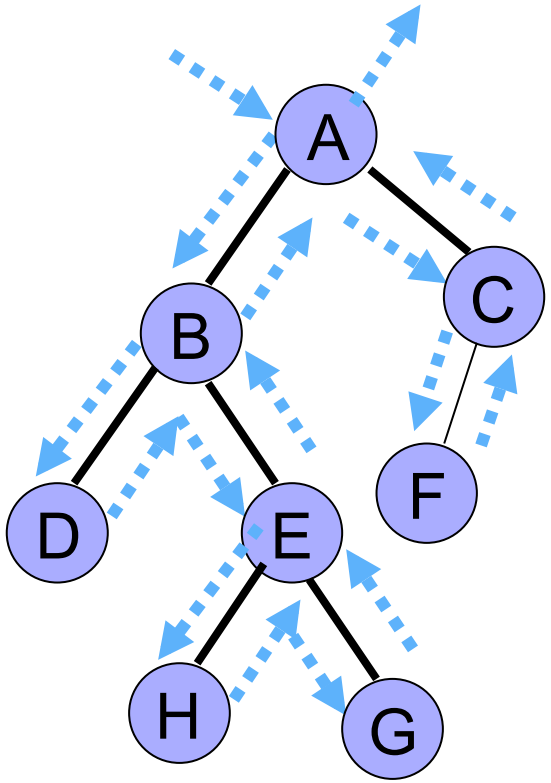
木の巡回の種類

- 深さ優先探索で、木の巡回（traversa = 全頂点リスト）を出力するには、次の3つの方法がある

- 前順（行きがけ順、前置順、preorder)
- 中順（通りがけ順、中置順、inorder)
- 後順（帰りがけ順, postorder)

前順（preorder)



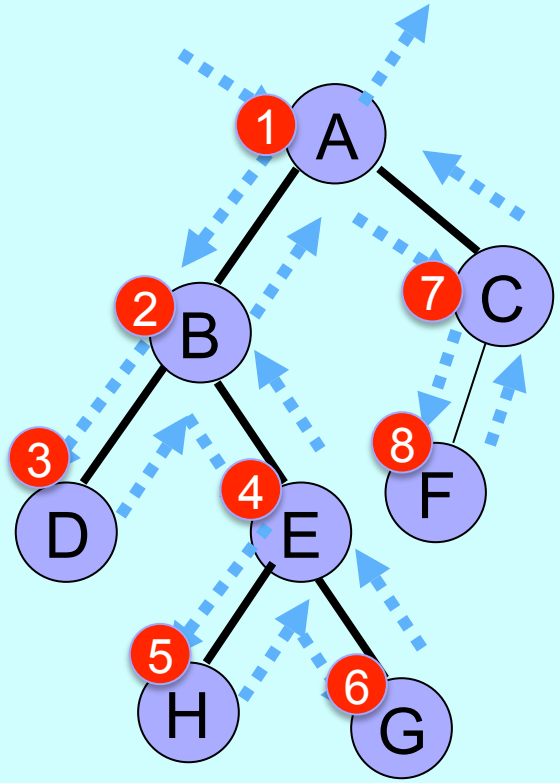


- 行きがけ順、前置順ともいう
- 各頂点vを最初に訪問する時に、頂点番号を出力する
  - 内部頂点は、上から来たときに出力される。葉は訪問したときに出力される。
- 結果として、木の頂点は上から下向きに出力される

PREORDERの巡回

1	2	3	4	5	6	7	8
A,	B,	D,	E,	H,	G,	C,	H

前順：難しい人はこう考えよう！



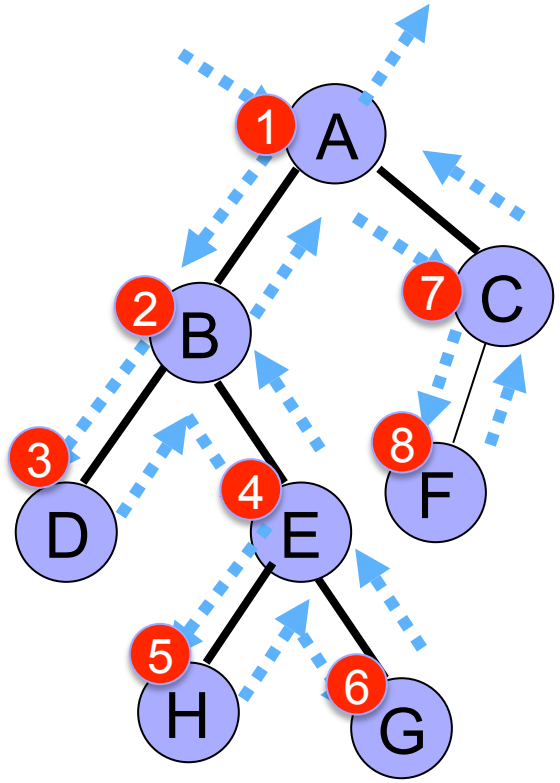
PREORDERの巡回

A, B, D, E, H, G, C, H

- ルール：各頂点vを最初に訪問する時に、頂点番号を出力する
- 考え方：

1) まず、根から全部の頂点を一筆書きで回る道を書く。
2) この道で**頂点の左側**（最初に頂点に来た時）に**赤丸**を書く。（中順は下、後順は右）
3) **赤丸**で頂点番号を出力する。

再：前順（preorder)

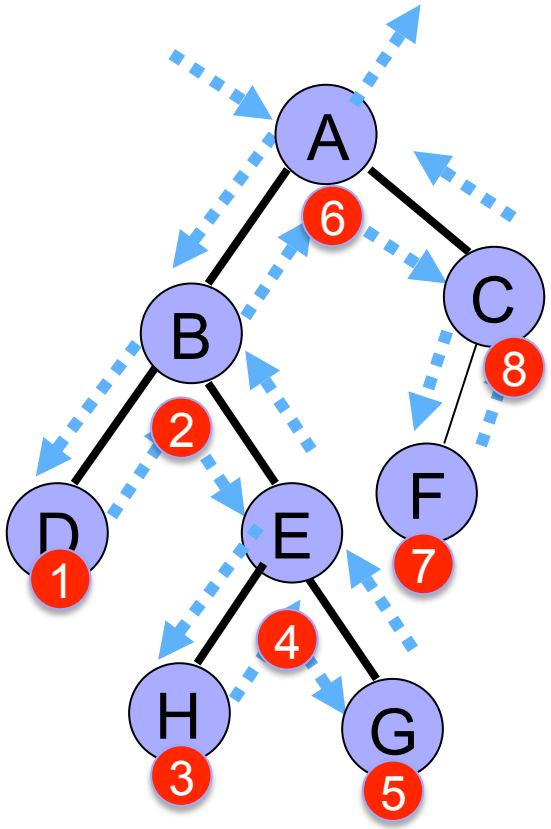


- 行きがけ順、前置順ともいう
- 各頂点vを最初に訪問する時に、頂点番号を出力する
  - 内部頂点は、上から来たときに出力される。葉は訪問したときに出力される。
- 結果として、木の頂点は上から下向きに出力される

PREORDERの巡回

1	2	3	4	5	6	7	8
A,	**B,**	**D,**	**E,**	**H,**	**G,**	**C,**	**H**

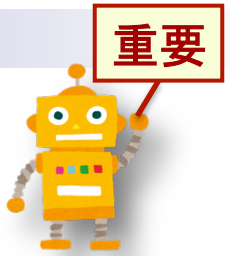
中順(inorder)



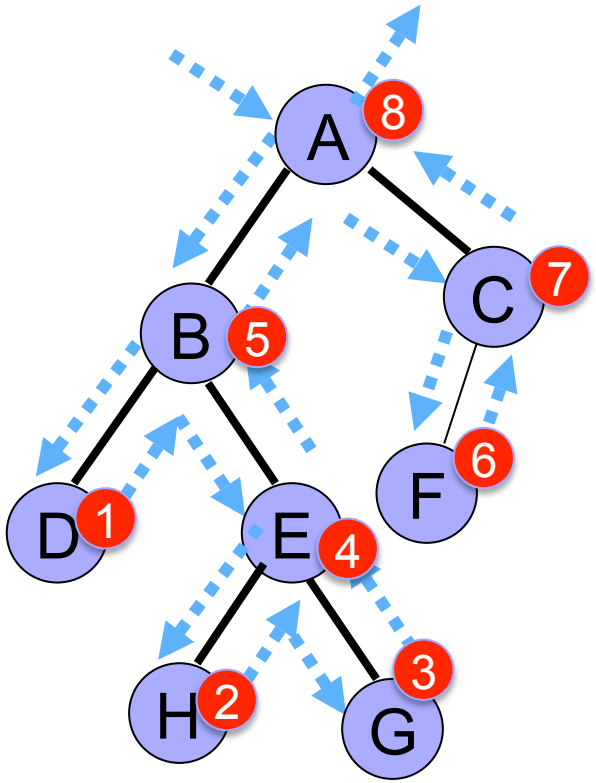
- 通りがけ順、中置順ともいう
- 各頂点vを、(左から右へ)途中で訪問する時に、頂点番号を出力する
- 結果として、木の頂点は、左から右へ並んだ順で出力される

INORDERの巡回

1	2	3	4	5	6	7	8
D,	B,	H,	E,	G,	A,	F,	C



後順（postorder)



- 帰りがけ順、後置順ともいう
- 各頂点vを、（下から上に）最後に訪問する時に、頂点番号を出力する
- 結果として、木の頂点は、下から上向きに出力される

POSTORDERの巡回

1	2	3	4	5	6	7	8
D,	H,	G,	E,	B,	F,	C,	A

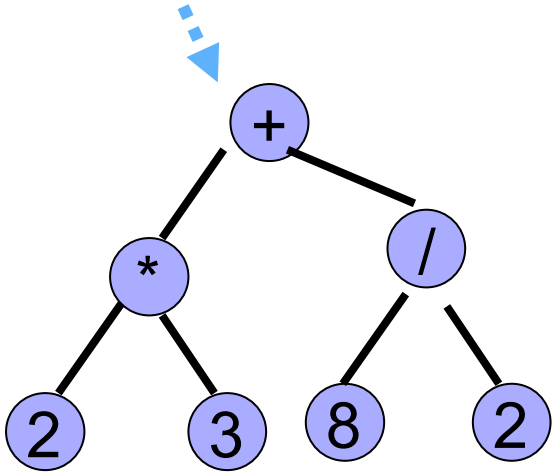
演習問題：

次の問に答えよ.

問1.右の木Tの前順と，
中順，後順の巡回を書け.

問2. 前順と、中順、後順の巡回を出力する再帰プログラムpreorderと、inorder、postorderを書け.

問3. 再帰を使わないでループでプログラムを書くにはどうするか？




```
//前順巡回を出力するプログラム
void preorder(node *v) {
      vを出力する;
      preorder(v->left);
      preorder(v->right);
}

void main() {
      preorder(root)   //木の根
}
```

前順巡回のプログラム（再帰）

```
void preorder(node *v) {
    if (v == null) return;
    vを出力する;
    preorder(v->left);
    preorder(v->right);
}

void main() {
    preorder(root)
}
```

- 次の再帰手続きで実現できる
- 方法
  - 根からスタート
  - 頂点vに来たら、まず出力して、次に左と右の部分木を巡回する

中順巡回のプログラム（再帰）

```
//中順巡回の出力
void preorder(node *v) {
    if (v == null) return;
    preorder(v->left);
    vを出力する;
    preorder(v->right);
}

void main() {
    preorder(root)
}
```

- 次の再帰手続きで実現できる
- 前順と似ているが、出力するタイミングが違う
  - 子供への再帰呼び出しと、再帰呼び出しの間で出力している

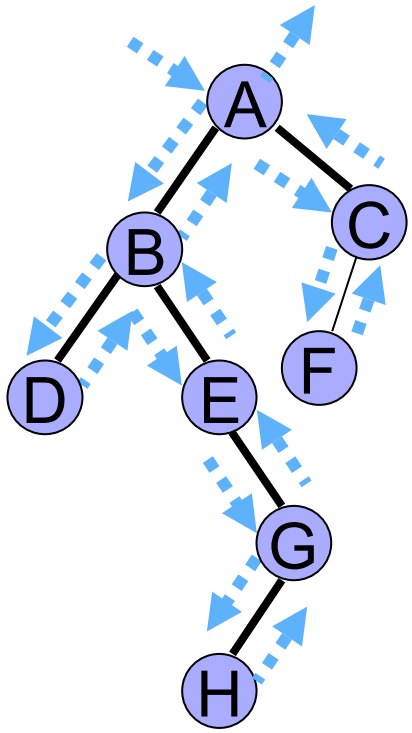
後順巡回のプログラム（再帰）

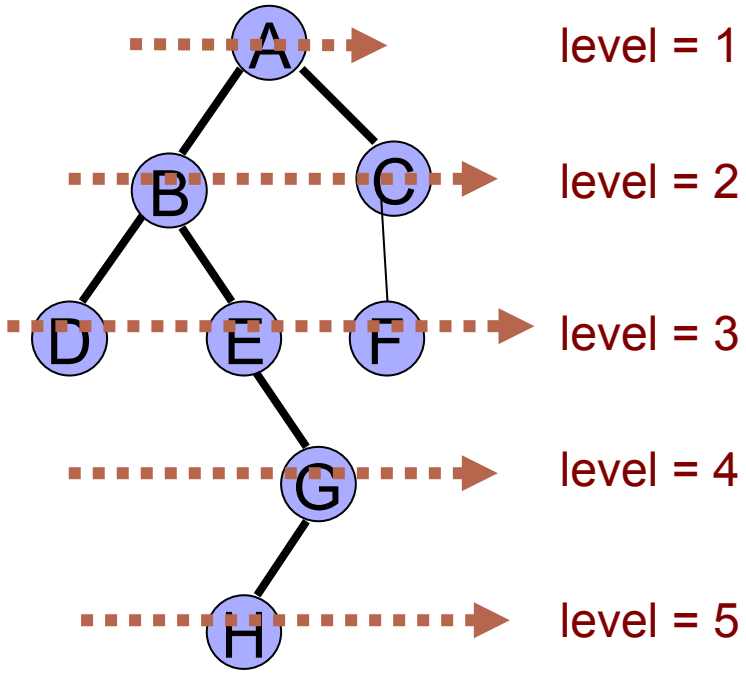
```
//後順巡回の出力
void preorder(node *v) {
    if (v == null) return;
    preorder(v->left);
    preorder(v->right);
    vを出力する;
}

void main() {
    preorder(root)
}
```

- 次の再帰手続きで実現できる
- 前順と中順と似ているが、出力するタイミングが違う
  - 子供への再帰呼び出しのあとで出力している

再帰を使わずにループで探索する

深さ優先探索（DFS）　幅優先探索（BFS）





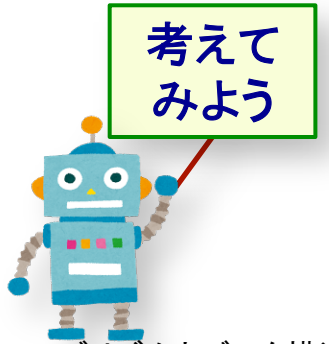
注意：DFSだけでは、頂点の出力の順番は決まらない ⇨ 前順、中順、後順

再帰を使わない巡回のプログラム

```
void main() { //preorder in DFS
    Stack S; //空のスタックS
    S.push(root);
    while (!S.isEmpty()) {
        node v = S.pop();
        if (v != null) {
            vを出力する;
            S.push(v.right);
            S.push(v.left);
        }
    }
}
```

深さ優先探索は、スタックとループを用いて実現できる

これは前順、中順、後順のどれか、考えてみよう!

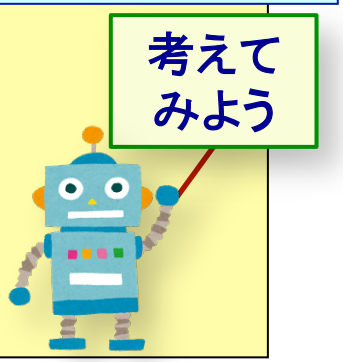


再帰を使わない巡回のプログラム

```
void main() { //BFS
    Queue S; //空のキューS
    S.enqueue(root);
    while (!S.isEmpty()) {
        node v = S.dequeue(); //要素vをとりだす
        if (v != null) {
            vを出力する;
            S.enqueue(v.left);
            S.enqueue(v.right);
        }
    }
}
```

幅優先探索による巡回は、スタックとループを用いて実現できる

なぜこれで正しいか考えてみよう!

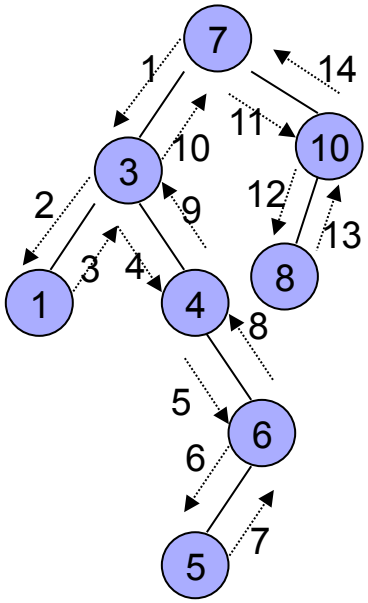


（前のページの問の答え： 前順巡回）

まとめ：木の巡回（第5回探索(1)のスライド）

木の巡回(traverse)とは、
木のすべての節点を組織だった方法で訪問すること

深さ優先探索(depth-first search)による木の巡回



すべての節点の要素を次の3種類の順番で出力できる。

前順（行きがけ順、preorder)
最初の訪問時に出力

7, 3, 1, 4, 6, 5, 10, 8

中順（通りがけ順、inorder)
左の部分木のなぞりが終わった後に出力

1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10

後順（帰りがけ順, postorder)
最後の訪問時に出力

1, 5, 6, 4, 3, 8, 10, 7

2分探索木を中順出力すると整列された要素のリストがえられる！