



ce-10. 二分探索木

(Cプログラミング応用, 全14回)

<https://www.kkaneko.jp/cc/c/index.html>

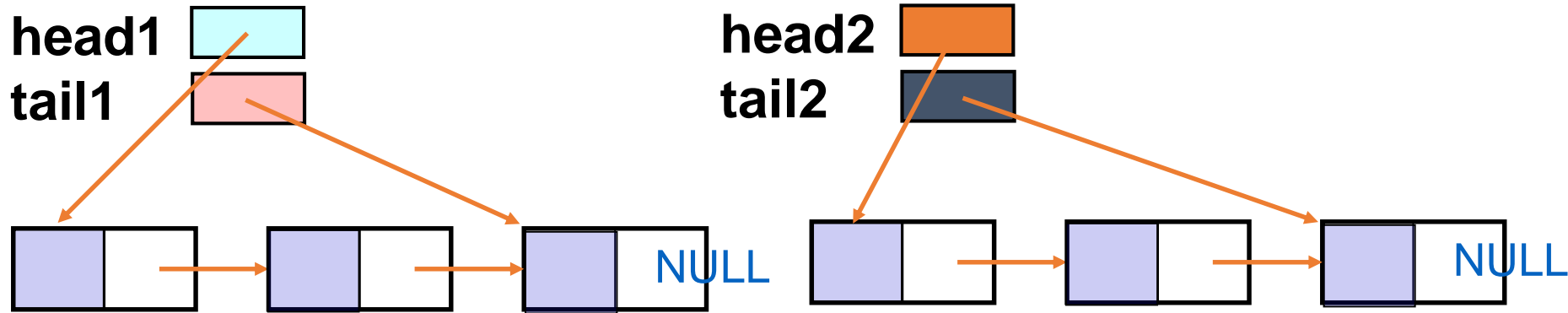
金子邦彦



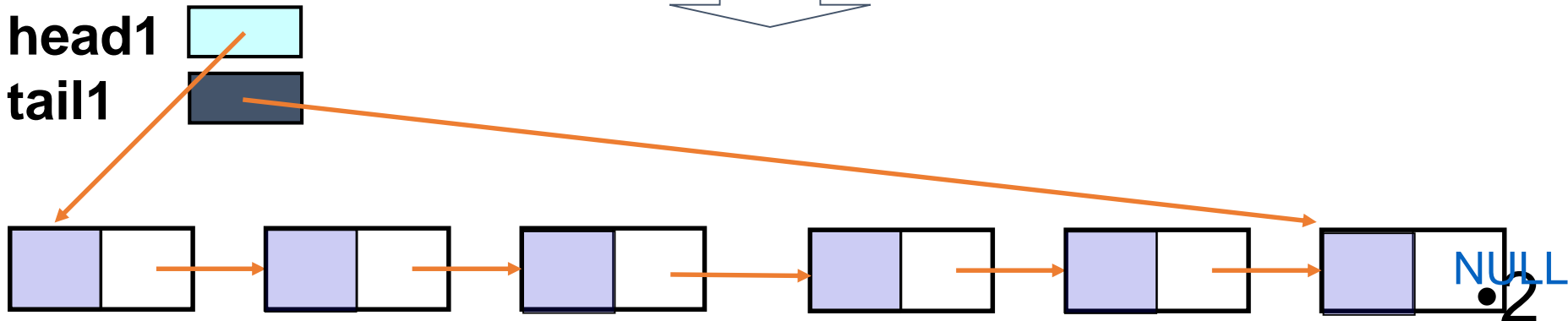
例題 1. リストの併合



- 2つのリストを併合するプログラムを動かしてみる



tail1 があると, リストの併合に便利





```
#include "stdio.h"
#include <math.h>
struct data_list {
    int data;
    struct data_list *next;
}

void print_list(struct data_list *p)
{
    struct data_list *x;
    if ( p == NULL ) {
        return;
    }
    printf( "%d", p->data );
    x = p->next;
    while( x != NULL ) {
        printf( " %d", x->data );
        x = x->next;
    }
    printf( "\n" );
}

struct data_list *new_list(int x)
{
    struct data_list *c = new(struct data_list);
    c->data = x;
    c->next = NULL;
    return c;
}

void insert_list(struct data_list *p, int x)
{
    struct data_list *c = new(struct data_list);
    c->data = p->data;
    c->next = p->next;
    p->data = x;
    p->next = c;
}

int _tmain()
{
    int ch;
    struct data_list *head1;
    struct data_list *tail1;
    struct data_list *head2;
    struct data_list *tail2;
    head1 = new_list( 6789 );
    insert_list( head1, 45 );
    tail1 = head1->next; // 2 個目の要素を作った時点で head1->next と tail1 が等しい
    insert_list( head1, 123 );
    head2 = new_list( 789 );
    insert_list( head2, 56 );
    tail2 = head2->next; // 2 個目の要素を作った時点で head2->next と tail2 が等しい
    insert_list( head2, 1234 );
    printf( " 併合前\n" );
    print_list( head1 );
    print_list( head2 );
    //
    tail1->next = head2;
    tail1 = tail2;
    printf( " 併合後\n" );
    print_list( head1 );
    printf( "Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します\n");
    ch = getchar();
    ch = getchar();
    return 0;
}
```

tail1->next = head2;
tail1 = tail2;

tail1->next = head2;
tail1 = tail2;



C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

併合前

123, 45, 6789

1234, 56, 789

併合後

123, 45, 6789, 1234, 56, 789

Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します

実行結果の例

二分探索木 (binary search tree)

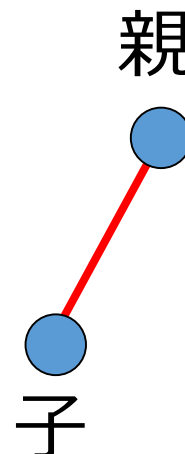
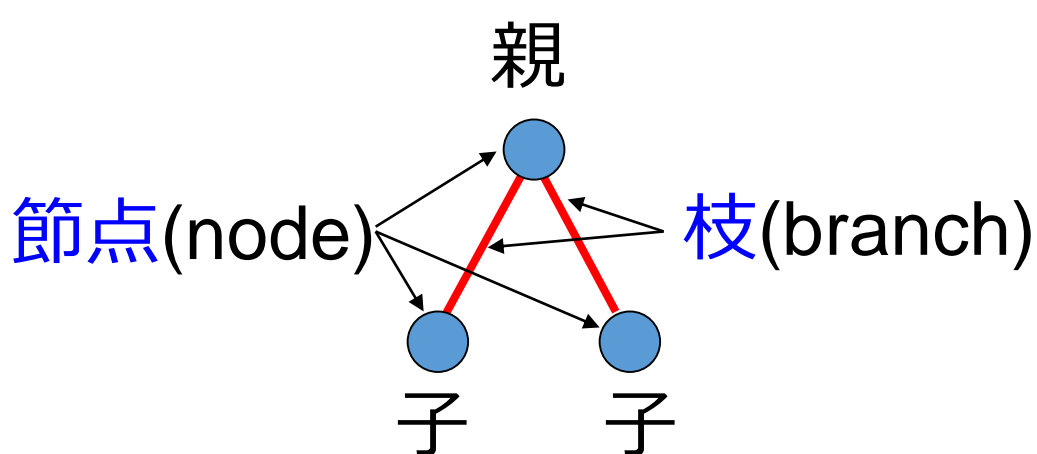


- 整列可能な任意個数のデータ集合に対し、効率良い探索（二分探索）を行うためのデータ構造
- 整列前：35 46 21 13 61 40 69
- 整列後（昇順）：13 21 35 40 46 61 69
- 節点から出る枝が高々2本の木構造（二分木）を作り、各節点にデータを置く

二分探索木の構造



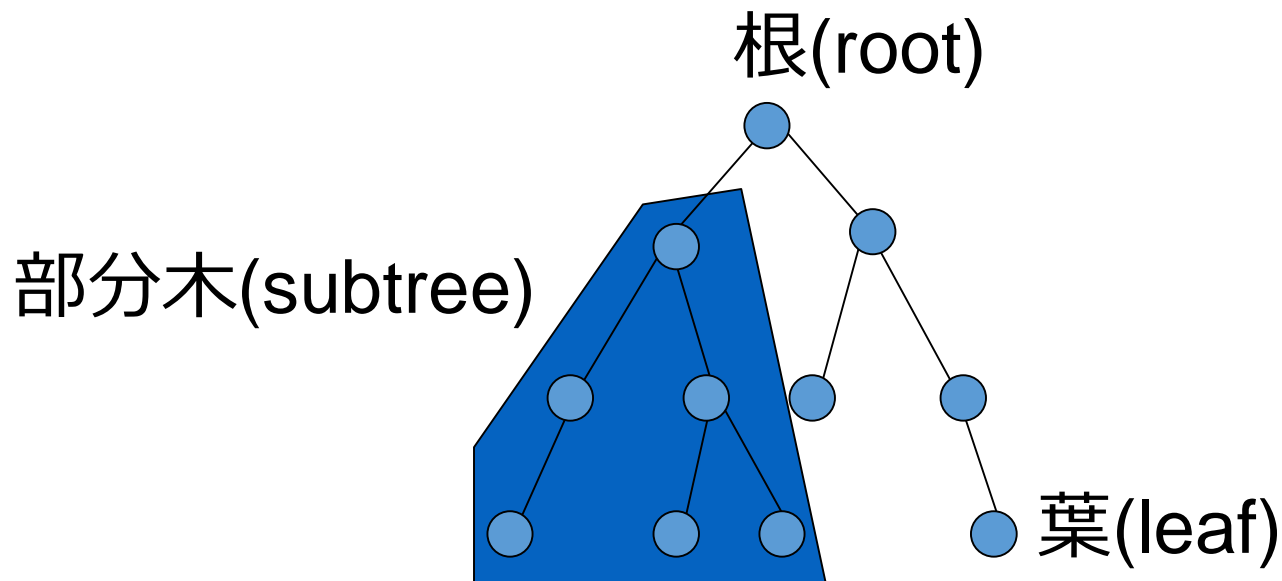
- 節点(node)と枝(branch)
 - 枝はデータ間の（親子）関係を表す
 - 節点に入る（親からの）枝は1本
 - 節点から出ていく（子への）枝は0または1または2本



二分探索木の構造 (つづき)



- 根(root) : 親を持たない節点
- 葉(leaf) : 子を持たない節点
- 部分木(subtree) : 任意の節点から下のすべての枝と節点



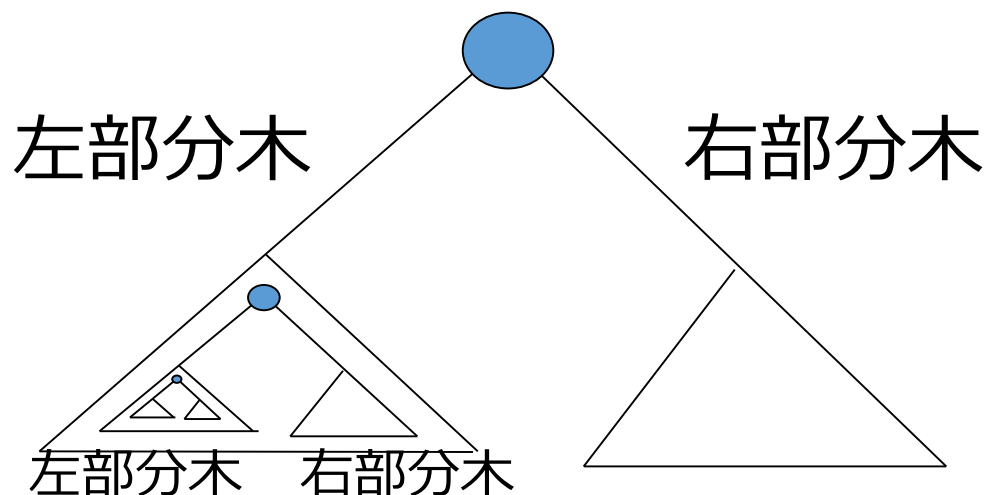
二分探索木の再帰的構造



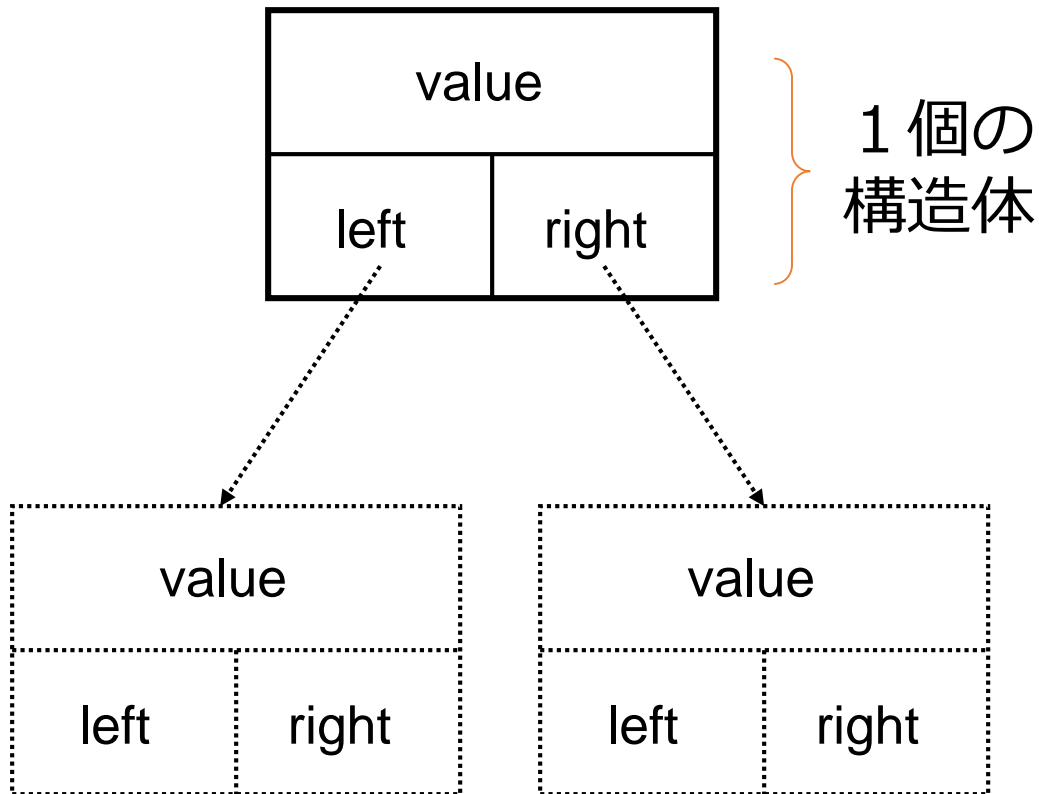
- 左部分木、右部分木も二分木をなす
- 親節点に対する処理が、子節点に対する処理に帰着されることが多い

(例) 探索において、子へ移動し、親での処理と同様の処理を繰り返す

→再帰関数を用いて自然に表現できる。



二分探索木の各ノードを C言語の構造体で表現



// 2分木のノード

```
struct BTreeNode
{
    BTreeNode *left;
    BTreeNode *right;
    int value;
};
```

int value の部分は、格納
すべきデータに応じて変わる

二分探索木の節点(node) の 生成関数 new_node



```
#include "stdio.h"
#include <math.h>
struct BTreeNode
{
    BTreeNode *left;
    BTreeNode *right;
    int value;
};
struct BTreeNode *new_node(int x, struct BTreeNode *y, struct BTreeNode *z)
{
    struct BTreeNode *w = new BTreeNode();
    w->value = x;
    w->left = y;
    w->right = z;
    return w;
}
int _tmain()
{
    int ch;
    BTreeNode *root;
    root = new_node( 100, NULL, NULL );
    printf( "Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します\n");
    ch = getchar();
    ch = getchar();
    return 0;
}
```

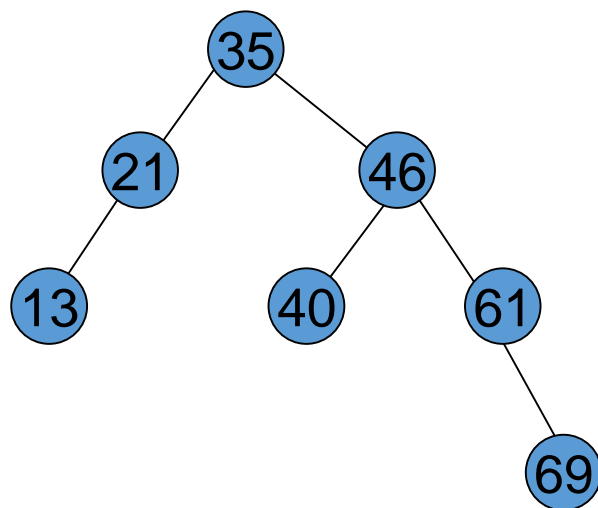
} メンバ value, left, right に値をセット

例題 2, 3, 4 で使用

例題 2. 二分探索木の生成



- データの配置のしかた
 - 左側のすべての子は親より小さく
 - 右側のすべての子は親より大きく



`new_node` を 7 回呼び出して, 節点を 7 個作る



```
#include "stdio.h"
#include <math.h>
struct BTreeNode
{
    BTreeNode *left;
    BTreeNode *right;
    int value;
};
void print_data( struct BTreeNode *root )
{
    if ( root->left != NULL ) {
        print_data( root->left );
    }
    printf( "%d\n", root->value );
    if ( root->right != NULL ) {
        print_data( root->right );
    }
}
struct BTreeNode *new_node(int x, struct BTreeNode *y, struct BTreeNode *z)
{
    struct BTreeNode *w = new BTreeNode();
    w->value = x;
    w->left = y;
    w->right = z;
    return w;
}
int _tmain()
{
    int ch;
    BTreeNode *root;
    root = new_node( 35,
        new_node( 21,
            new_node(13, NULL, NULL),
            NULL),
        new_node( 46,
            new_node(40, NULL, NULL),
            new_node(61,
                NULL,
                new_node(69, NULL, NULL))));
    print_data( root );
    printf( "Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します\n");
    ch = getchar();
    ch = getchar();
    return 0;
}
```

in-order で要素を表示
(in-order については後述)

2分木の生成



C:\> C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

```
13  
21  
35  
40  
46  
61  
69
```

Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します

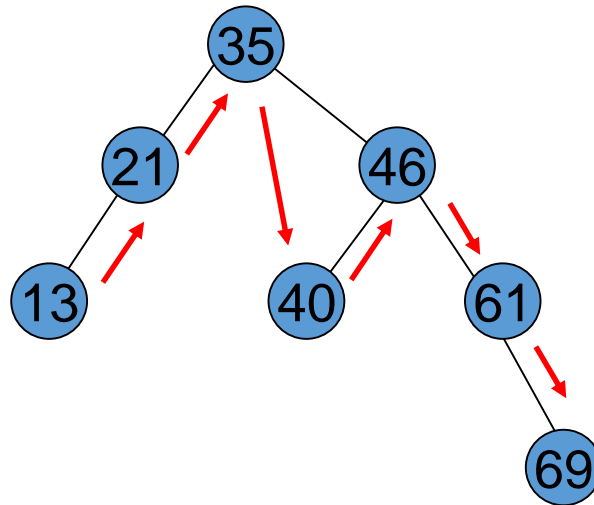
実行結果の例



- in-order での表示

```
void print_data( struct BTreeNode *root )  
{  
  if ( root->left != NULL ) {  
    print_data( root->left );  
  }  
  printf( "%d¥n", root->value );  
  if ( root->right != NULL ) {  
    print_data( root->right );  
  }  
}
```

最初に左部分木
次に自分（節点）
最後に右部分木



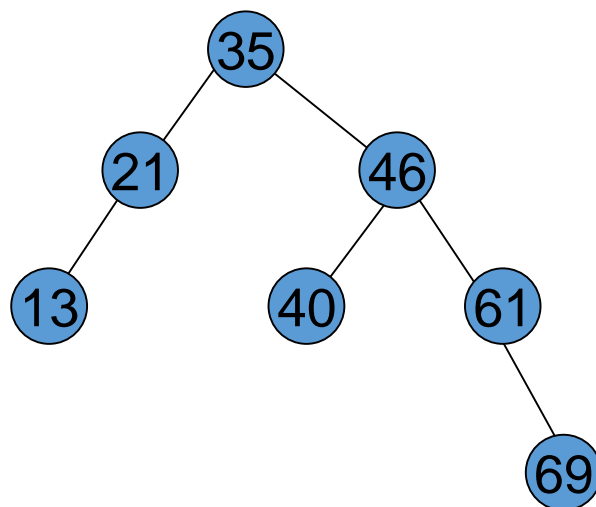


例題 3. 二分探索木における探索

- 指定された要素が存在するかを探す

4 0 → 有り

4 1 → 無し



二分探索木における探索



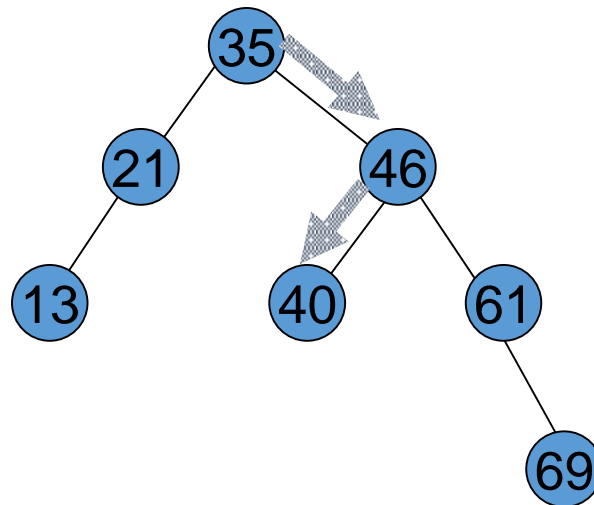
- 根(root)から始める。
- 探索キーの値と、各節点のデータを比較し目標となるデータを探す
 - 探索キーよりも節点のデータが小さいときは、右側の子に進む
 - 探索キーよりも節点のデータが大きいときは、左側の子に進む

探索の例



(例) 節点40を探す場合

- 根の値(35)と, 探索キー(40)を比較
- 探索キーの方が大きいので, 右側の子節点へ移る
- 次に移った節点の値(46)と探索キー(40)を比較し
- 探索キーの方が小さいので, 左の子節点へ移る
- 次に移った節点(40)が, 目標の節点である





```
#include "stdio.h"
#include <math.h>
struct BTNode
{
    BTNode *left;
    BTNode *right;
    int value;
};

struct BTNode *find_node(int x, struct BTNode *root)
{
    BTNode *node;
    node = root;
    while( ( node != NULL ) && ( x != node->value ) ) {
        if ( x < node->value ) {
            node = node->left;
        }
        else {
            node = node->right;
        }
    }
    return node;
}

struct BTNode *new_node(int x, struct BTNode *y, struct BTNode *z)
{
    struct BTNode *w = new BTNode();
    w->value = x;
    w->left = y;
    w->right = z;
    return w;
}

int _tmain()
{
    int ch;
    BTNode *root;
    BTNode *y;
    root = new_node( 35,
        new_node( 21,
            new_node(13, NULL, NULL),
            NULL),
        new_node( 46,
            new_node(40, NULL, NULL),
            new_node(61,
                NULL,
                new_node(69, NULL, NULL))));
    y = find_node( 40, root );
    if ( y == NULL ) {
        printf( "40 は無し\n" );
    }
    else {
        printf( "40 は有り\n" );
    }
    printf( "Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します\n");
    ch = getchar();
    ch = getchar();
    return 0;
}
```

探索（見つからなければ NULL
を返す）

2分木の生成

探索を行う関数



```
struct BTreeNode *find_node(int x, struct BTreeNode *root)
{
    BTreeNode *node;
    node = root;
    while( ( node != NULL ) && ( x != node->value ) ) {
        if ( x < node->value ) {
            node = node->left;
        }
        else {
            node = node->right;
        }
    }
    return node;
}
```



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
```

```
40 は有り
```

```
Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します
```

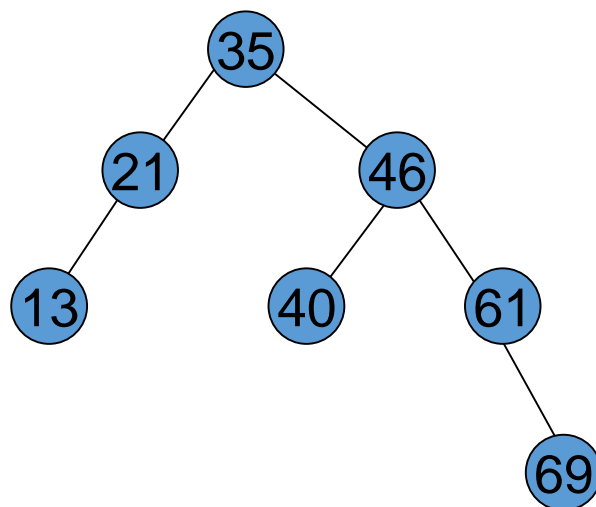
実行結果の例



例題 4 . 二分探索木への挿入

- 要素の挿入を行う関数を作る

35 46 21 13 61 40 69 を挿入すると,
例題 1 と同じ二分探索木ができる



二分探索木への挿入



- 二分探索木に新たなデータを挿入する
 - 挿入すべき位置を探す
 - (find_nodeと同じ要領)
 - 新たな節点を生成
 - 挿入位置として見つかった節点において、新たな節点をポイントするようにポインタを書き換える



```
#include "stdio.h"
#include <math.h>
struct BTNode
{
    BTNode *left;
    BTNode *right;
    int value;
};

void print_data( struct BTNode *root )
{
    if ( root->left != NULL ) {
        print_data( root->left );
    }
    printf( "%d\n", root->value );
    if ( root->right != NULL ) {
        print_data( root->right );
    }
}

struct BTNode *new_node(int x, struct BTNode *y, struct BTNode *z)
{
    struct BTNode *w = new BTNode();
    w->value = x;
    w->left = y;
    w->right = z;
    return w;
}

struct BTNode *insert_node(struct BTNode *node, int x)
{
    if ( node == NULL ) {
        return new_node(x, NULL, NULL);
    }
    else if ( x < node->value ) {
        node->left = insert_node(node->left, x);
        return node;
    }
    else if ( x > node->value ) {
        node->right = insert_node(node->right, x);
        return node;
    }
    else {
        return node;
    }
}

int _tmain()
{
    int ch;
    BTNode *root;
    root = new_node( 35, NULL, NULL );
    insert_node( root, 46 );
    insert_node( root, 21 );
    insert_node( root, 13 );
    insert_node( root, 61 );
    insert_node( root, 40 );
    insert_node( root, 69 );
    print_data( root );
    printf( "Enter キーを1,2回押してください. プログラムを終了します\n");
    ch = getchar();
    ch = getchar();
    return 0;
}
```

最初は、節点を 1 個含む二分探索木を作り、その後、残りの要素を挿入する

挿入を行う関数



```
struct BTreeNode *insert_node(struct BTreeNode *node, int x)
{
    if ( node == NULL ) {
        return new_node(x, NULL, NULL);
    }
    else if ( x < node->value ) {
        node->left = insert_node(node->left, x);
        return node;
    }
    else if ( x > node->value ) {
        node->right = insert_node(node->right, x);
        return node;
    }
    else {
        return node;
    }
}
```




C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

13
21
35
40
46
61
69

Enter キーを1,2回押してください。プログラムを終了します

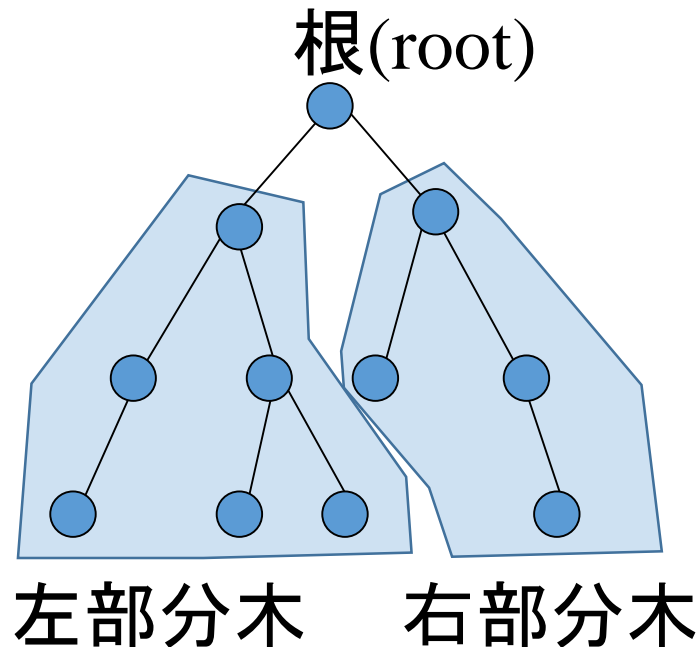
実行結果の例



二分木とは

レコードを次の3つで構成

- 要素を格納するセル
- 左部分木を指すポインタを格納するセル
- 右部分木を指すポインタを格納するセル



二分木の走査法



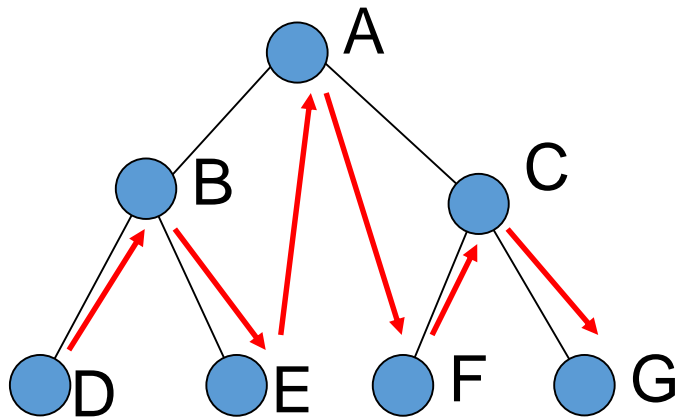
二分木の走査には次の種類がある

- 先行順 (pre-order)
- 中間順 (in-order)
- 後行順 (post-order)

先行順 (pre-order)



- 根ノード, 左部分木, 右部分木の順

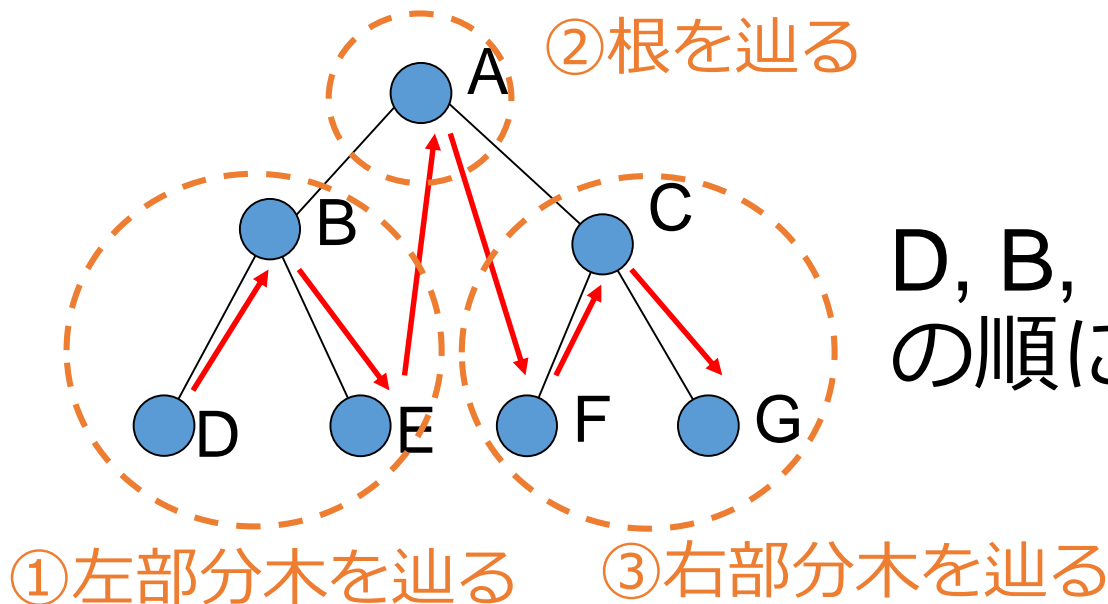


D, B, E, A, F, C, G
の順に処理を行う



中間順 (in-order)

- 左部分木, 根ノード, 右部分木の順

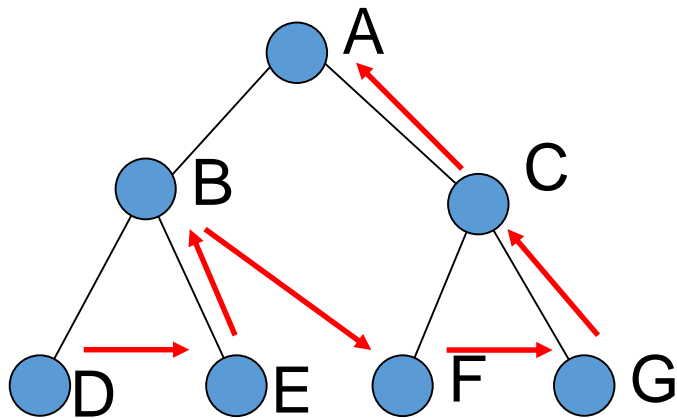


D, B, E, A, F, C, G
の順に処理を行う



後行順 (post-order)

- 左部分木, 右部分木, 根ノードの順



D, E, B, F, G, C, A
の順に処理を行う