

【問 1】 次の式のオーダを，最も忠実でかつ簡単な形で表せ．(12 点)

- (1) $n^3 + 100n^2 + 1000$ (2) $2^n + n^{10}$ (3) $5n \log n + 3n^2$

【問 2】 ヒープに関して，以下の問いに答えよ．(35 点)

- (1) 右の図 1 に示すヒープに対して，以下の操作を順に適用したときの木の変化の様子を順を追って示せ．

2 を挿入 → 3 を挿入 → 7 を挿入 → DELETETEMIN を実行 → 1 を挿入 → DELETETEMIN を実行

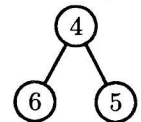


図 1: ヒープ

- (2) 図 2 に示す関数 `heapify(A,n)` は，配列 `A` に格納されている n 個のデータ `A[0] ~ A[n-1]` から，その配列内にヒープを構成する関数である．また，関数 `heapify` の中で用いられている関数 `downheap(A,i,j)` は，`A[2*i+1]` を根とするヒープと（もしあれば）`A[2*i+2]` を根とするヒープと `A[i]` から，`A[i]` がヒープの条件を満たすようにヒープ `A[i] ~ A[j]` を構成する関数である．（なお，`swap(A,i,j)` は `A[i]` と `A[j]` を交換する関数とする．）

配列 `A` の内容が `A[0] = 10, A[1] = 9, A[2] = 8, A[3] = 7, A[4] = 6, A[5] = 5, A[6] = 4, A[7] = 3, A[8] = 2, A[9] = 1` のとき，この関数を `heapify(A,10)` で呼び出してから処理が終了するまでに，6 行目の (a) を通過するときの配列 `A` の内容をすべて答えよ．なお，解答は図 3 のように i の値と配列 `A[0] ~ A[9]` に格納されている値を示すこと．（すでに $i=4$ の場合は示されているので， $i=3 \sim 0$ の場合を示せばよい．）

- (3) 図 4 の関数 `heapsort(A,n)` は，図 2 で定義した関数を用いて，配列 `A` に格納されている n 個のデータを降順（大きい順）に整列する計算量 $O(n \log n)$ の関数である．空欄 (1)~(2) に入るべき適切な記述を答えよ．

```

1 void heapify(int A[], int n)
2 {
3     int i;
4     for(i = n/2-1; i >= 0; i--){
5         downheap(A,i,n-1);
6         ***** (a) *****
7     }
8 }
9 void downheap(int A[], int i, int j)
10 {
11     int k = i;
12     while(2*i+1 <= j && i == k){
13         k = 2*i+1; /* A[k] は A[i] の左の子 */
14         if(k != j)
15             if(A[k] > A[k+1]) k = k+1;
16         if(A[i] > A[k]){
17             swap(A,i,k); i = k;
18         }
19     }
20 }
```

図 2: 関数 `heapify`

i	A[0] ~ A[9]									
4	10	9	8	7	1	5	4	3	2	6
3										
2										
1										
0	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

図 3: 6 行目通過時の状態

```

void heapsort(int A[], int n)
{
    int i;

    (1);
    for(i=n-1;i>0;i--){
        swap(A,0,i);
        (2);
    }
}
```

図 4: 図 2 の関数を用いたヒープソート