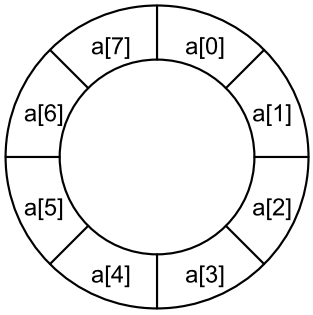
1. **キュー（待ち行列）**とは，先入れ先出し方式（FIFO，先着順処理）のデータ構造である。これを配列を使って素朴な方法で実現すると，先頭のデータを取り出すアルゴリズムは以下のようになる。この方法の計算量を O 記法で表せ。取り出し処理を高速にするためにはどうすればいいか考えてみよ。

```
data = a[0];  n--;
for (i = 0; i < n; i++)
    a[i] = a[i + 1];
```

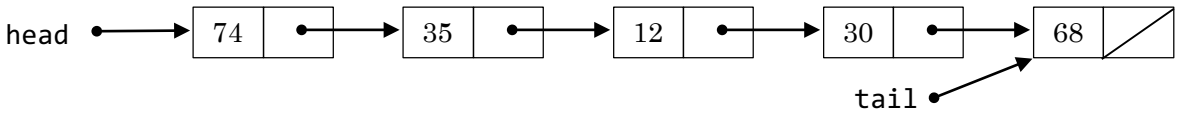
2. **リングバッファ**は右図のように配列の末尾と先頭がつながっているものとして扱うデータ構造である。下記はリングバッファによってキューを実現したプログラムである。キューの末尾にデータを追加する操作を**エンキュー**，キューの先頭からデータを取り出す操作を**デキュー**という。適切に空欄を埋めてプログラムを完成させ，動作を確認せよ。




```
/* Queue.java */
public class Queue {

   private int[] array; // リングバッファ
   private int head; // キューの先頭（添字）
   private int num;  // 格納データの個数

   public Queue(int size) {
      array = new int[size];
      head = 0;
      num = 0;
   }

   public void enqueue(int data)
         throws Exception {
      // 空きがない場合をチェック
      if (num                        ) {

         throw new Exception("full!");
      }
      // キューの末尾の位置（添字）を求める
      int tail = (head + num) %

      array[tail] = data;


   }

   public int dequeue() throws Exception {
      // データがない場合をチェック
      if (num       ) {

         throw new Exception("empty!");
      }
      int data = array[head];

      // 先頭位置を 1 つ進める
      head = (head + 1) %


      return data;
   }

   public void printAll() {
      System.out.print("[ ");
      for (int i = 0; i < num; i++) {
         int k = (head + i) % array.length;
         System.out.print(array[k] + " ");
      }
      System.out.println("]");
   }
}
```

```
/* Program.java */
import java.util.Scanner;

public class Program {

   public static void main(String[] args)
         throws Exception {

      // 容量 8 個のキューの新規生成
      Queue queue = new Queue(8);
      Scanner sc = new Scanner(System.in);

      for (int i = 0; i < 10; i++) {
         System.out.print("number? ");
         int data = sc.nextInt();

         if (data > 0) {
            // 入力が正数ならその数を格納
            queue.enqueue(data);
         } else {
            // 入力が負 or 0 なら取り出し
            data = queue.dequeue();
            System.out.println(data);
         }
         queue.printAll();
      }
   }
}
```

3. 下記のプログラムは，2.と同様のキューを単方向リストに末尾を指すフィールド tail を加えて実現したものである。適切に空欄を埋めてプログラムを完成させ，動作を確認せよ。




```
/* Queue.java */
public class Queue {

   // 連結リストの先頭と末尾のノードを指す
   private Node head, tail;

   public Queue() {
      head = tail = null;
   }

   public void printAll() {
      // 第 8 回の 2.と全く同じ
   }

   // リストの末尾にノードを加える
   public void enqueue(int data) {
      Node n = new Node(data);

      // もしリストが空だった場合
      if (head == null) {
         head = tail =
      }
      else { // そうでない場合
                      = n;

         tail =
      }
   }
```

```
   // リストの先頭からノードを取り出す
   public int dequeue() throws Exception {
      // データがない場合をチェック
      if (head ==          ) {

         throw new Exception("empty!");
      }
      // data を取り出し，新しい head を設定
      int data = head.data;
      head =

      // リストが空になった場合
      if (head == null)
         tail =

      return data;
   }
}


/* Node.java */
// 第 8 回の 2.と全く同じ

/* Program.java */
/* メインプログラムは今回の 2.のものを
   そのまま利用する。ただし new Queue(8);
   は new Queue() に書き換える。
*/
```

4. リストの途中で要素を挿入・削除することが多い場合は，逆方向にもリンクをたどれる**双方向リスト**が便利である。適切に空欄を埋めて双方向リストに関するノードの削除・挿入メソッドを完成させよ。

```
public class Node {
   int data;
   Node prev, next;  // 前と次のノード
   // コンストラクタなどは省略
}

public class List {
   private Node head;

   // ノードの削除
   public void remove(Node n) {
      if (n == head) head = n.next;

      if (n.prev != null)
         n.prev.next =
      if (n.next != null)
         n.next.prev =
   }
}
```

```
   // 指定ノードの直後に新ノードを挿入
   public void insert(Node prev, Node n) {
       n.prev =

      if (prev != null) {
         n.next =

      } else {
         // prev が null の場合は先頭に挿入
         n.next = head;
         head = n;
      }
      if (n.prev != null)
         n.prev.next =
      if (n.next != null)
         p.next.prev =
   }
   // その他のメソッドは省略
}
```