【第六講】

串列

講師: 李根逸 (Ken-Yi Lee), E-mail: feis.tw@gmail.com

課程大綱

- **定義型態： `typedef`**
  - 為型態取別名
- **單向鏈結串列**
  - 建構單向鏈結串列 (**`constructor`**)
  - 隨機存取單向鏈結串列 (**`opeartor[]`**)
  - 在串列前端新增或刪除元素 (**`PushFront()`**, **`PopFront()`**)
  - 在串列尾端新增或刪除元素 (**`PushBack()`**, **`PopBack()`**)
  - 於單向鏈結串列中的任意位置插入元素 (**`Insert()`**)
  - 刪除單向鏈結串列中任意位置的元素 (**`Erase()`**)
  - 大三法則 (解構式、複製建構式與賦值運算子)
  - 有序型單向鏈結串列
- **陣列與單向鏈結串列的效率比較**

定義型態： typedef

- 一般我們可以像下面這樣定義變數：

```
int a;              // a 是個變數 (物件) 名稱其型態為 int
```

- 相似地，我們可以用 **typedef** 來從已有的型態去定義新的型態

```
typedef int a;   // a 是個型態名稱，可以用來宣告變數
```

  - 例如我們可以用 **int** 去定義 **Grade**：

```
typedef int Grade; // 以後 Grade 就是個型態名稱
                   // 且與 int 同義

Grade b;           // 定義一個變數名稱為 g
                   // 其型態為 Grade
```

【思考】這跟我們之前用類別來自訂型態有什麼不一樣？

[範例] typedef.cpp

為型態取別名

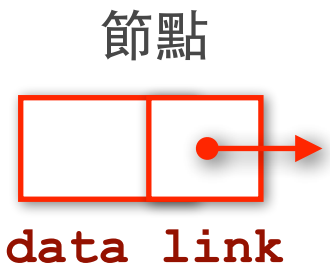
- **typedef** 最常見的用途是來為一個比較複雜的型態取簡單易懂的別名：

```
int c[20];                  // 定義一個名為 c 的變數
int d[20];                  // 定義一個名為 d 的變數

typedef int Array[20]; // 定義一個名為 Array 的型態
Array c;                    // 定義一個名為 c 的變數
Array d;                    // 定義一個名為 d 的變數
                            // 此時的 c, d 為 20 個 int 的陣列
c[5] = 6;

typedef int (*Cmp)(const void *, const void *);

Cmp f;                      // 此時 f 是個什麼？
```

[範例] typedef.cpp

單向鏈結串列

- 鏈結串列 **(linked list)** 由節點 **(node)** 構成：

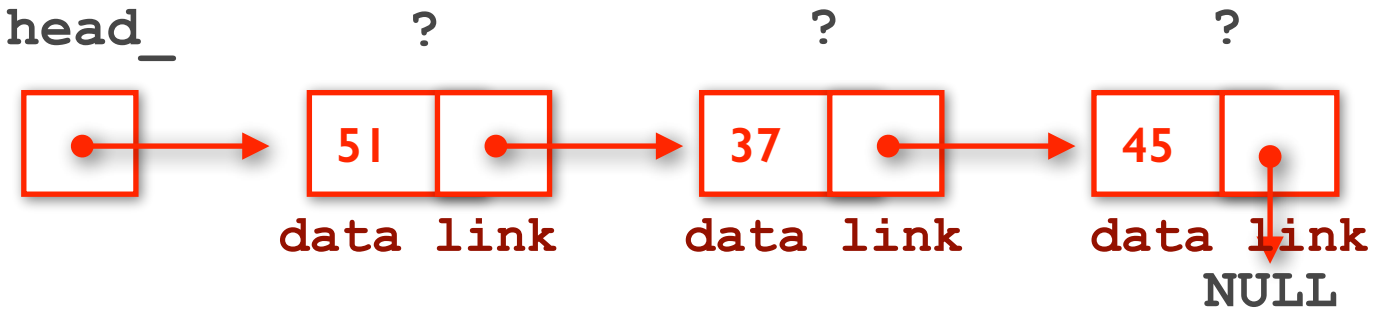



```
template<class ElemType>
struct ForwardListNode {
  ElemType                          data; // 元素
  ForwordListNode<ElemType> *link; // 下一個節點位址
};
```

struct 預設存取限制為 public，
class 預設存取限制為 private

【思考】要用
struct 或 class ？

  - 單向鏈結串列本身會記得第一個節點位址 **(head_)**，而每個節點會記得下一個節點的位址，最後一個節點會指向空節點 (實作上通常是 NULL 位址)



可以用參考指向
下一個節點嗎？

參考可以不參考
任何東西嗎？

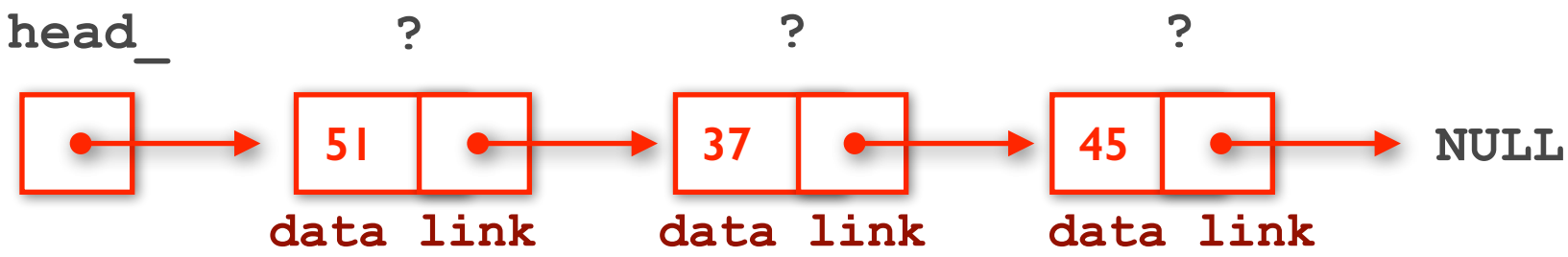
【範例】建構單向鏈結串列

- 使用單向鏈結串列實作下面這個介面：

```
template<class ElemType>
class ForwardList {
  typedef ForwardListNode<ElemType> Node;

 public:
  ForwardList();              // 產生大小為 0 的串列
  explicit List(int n); // 產生大小為 n 的串列
  ~List();

  int Size() const;           // 回傳串列內的元素個數

 private:
  int size_;                  // 串列內的元素個數
  Node *head_;                // 指向第一個元素
};
```

[範例] list_1.cpp

存取串列的元素




```
head_->data                  == 51    // 第一個元素
head_->link->data            == 37    // 第二個元素
head_->link->link->data      == 45    // 第三個元素

// 存取第 i 個 元素：
head_->(重複 i-1 次 link->)data

head_->link->link->link      == NULL // 結尾
```

【思考】可以寫成迴圈嗎？

【範例】隨機存取串列

- 在 **ForwardList<ElemType>** 內新增下列操作：

```
// 回傳第 i 號元素
ElemType &At(int i);
const ElemType &At(int i) const;

ElemType &operator[](int i);
const ElemType &operator[](int i) const;
```

At() 和 operator[]() 所花的時間會不會跟元素個數成正比？

// 這裡使用到轉型語法呼叫 const 版本來簡化程式碼
return (ElemType&)((const ForwardList *)this)->At(i);

// 在 C++ 中我們鼓勵下面這種特定語法做 const 的轉型:
// return const_cast<ElemType&>(const_cast<const ForwardList *>(this)->At(i));

[範例] list_2.cpp

【練習】計算串列大小

- 在 `ForwardList<ElemType>` 內新增或修改下列操作：
  - 在不使用資料成員 (`size_`) 的情況下求得串列元素個數

```
int Size() const;    // 回傳串列元素個數
```

這樣 `Size()` 所花的時間會不會跟元素個數成正比？

```
bool Empty() const;    // 回傳是否為空串列
```

如果串列是空則回傳 `true`，否則回傳 `false`

[練習] `ex6A.cpp`

【練習】存取串列頭尾

- 在 **ForwardList<ElemType>** 內新增下列操作：

```
// 回傳第一個元素
ElemType &Front();
const ElemType &Front() const;
```

Front() 所花的時間會不會跟元素個數成正比？

```
// 回傳最後一個元素
ElemType &Back();
const ElemType &Back() const;
```

Back() 所花的時間會不會跟元素個數成正比？

【思考】有辦法讓這些操作所花的時間與元素個數無關嗎？

[練習] **ex6B.cpp**

【範例】在前端新增或刪除元素

- 在 **ForwardList<ElemType>** 內新增下列操作：

```
// 新增元素在串列的前端 (串列大小多一)
void PushFront(const ElemType &elem);

// 移除第一個元素 (串列大小少一)
void PopFront();
```

跟陣列比起來如何？

[範例] list_3.cpp

【練習】在尾端新增或刪除元素

- 在 **ForwardList<ElemType>** 內新增下列操作：

```
// 新增元素在串列的尾端 (串列大小多一)
void PushBack(const ElemType &elem);

// 移除最後一個元素 (串列大小少一)
void PopBack();
```

跟陣列比起來如何？

【注意】當串列為空時，這兩個操作會不會出事？

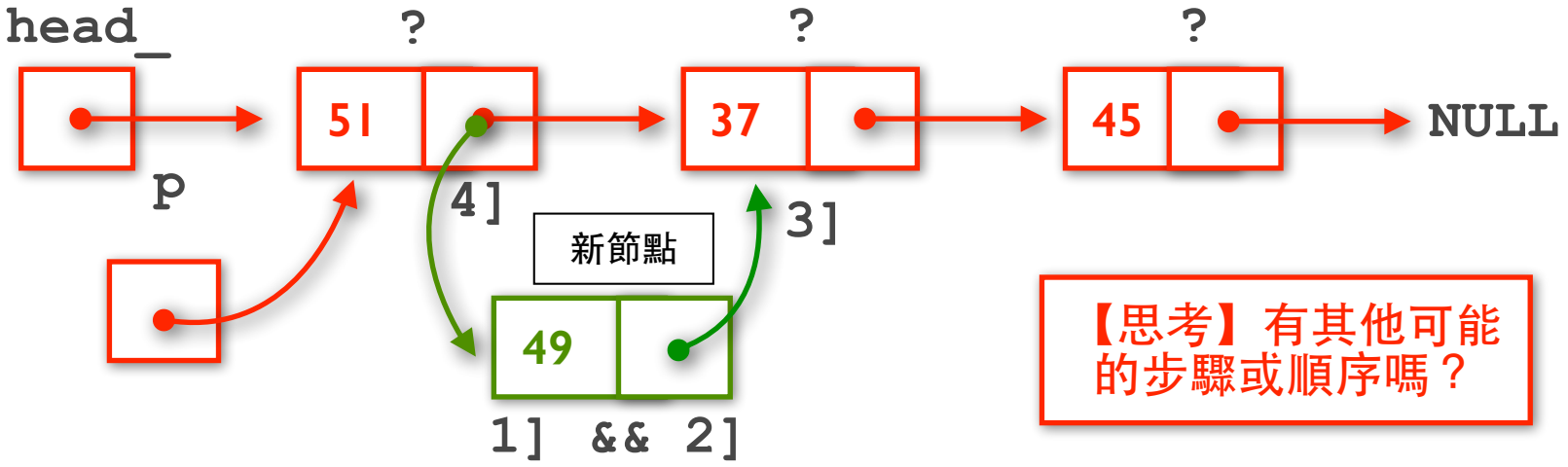
PushBack() 與 **PopBack()** 花的時間會不會跟元素個數成正比?

有辦法讓這些操作所花的時間與元素個數無關嗎？

[練習] **ex6C.cpp**

插入元素於串列的任意位置

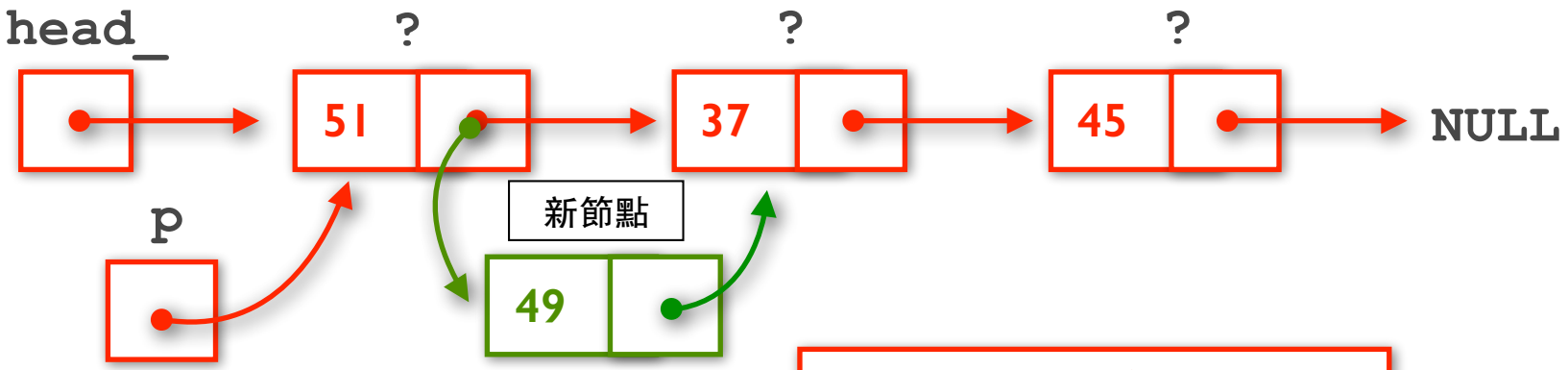
- 1] 找到要插入位置的前一個節點，並將位址儲存在 p 指標
- 2] 產生『新節點』並填寫『新節點』的元素值
- 3] 設定『新節點』的下一個節點位址為 p 指向節點的下一個節點位址
- 4] 設定 p 指向節點的下一個節點位址為『新節點』的位址



【範例】在任意位置插入元素

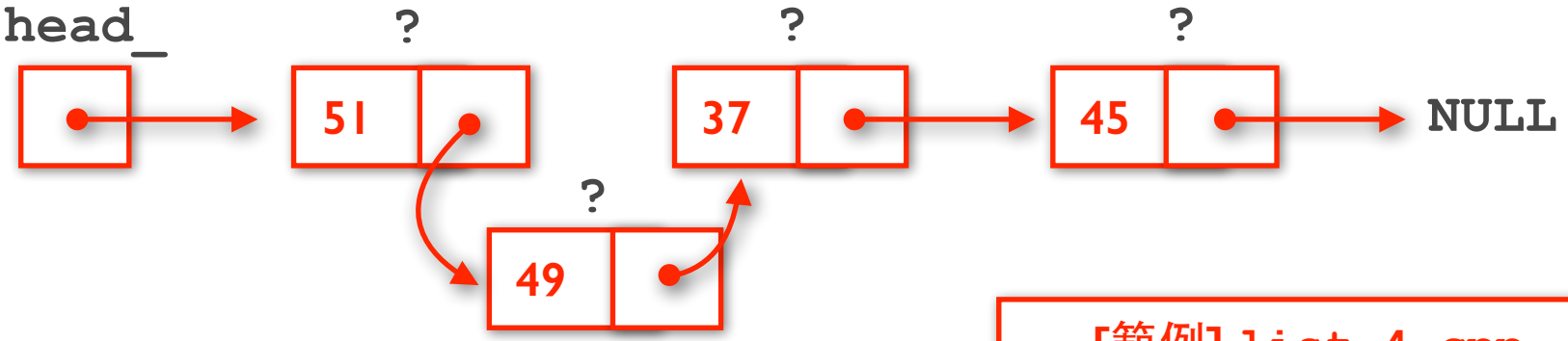
```
// 插入元素於 pos
void Insert(int pos, const ElemType &elem);
```

呼叫 Insert(1, 49):



為什麼要插入在『後面』?

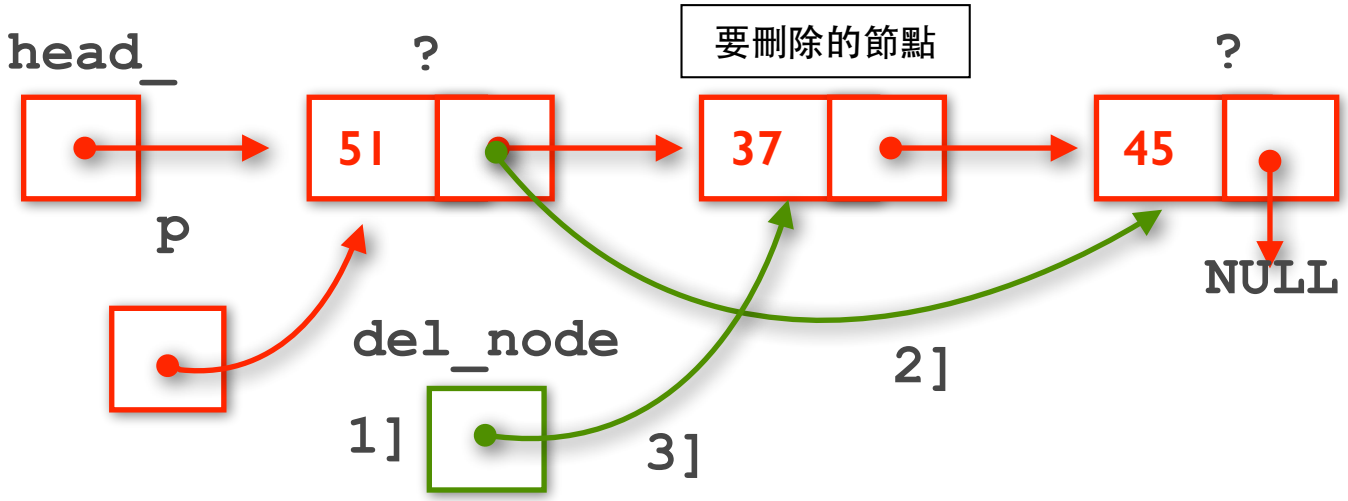
結果:



[範例] list_4.cpp

刪除串列中任意位置的元素

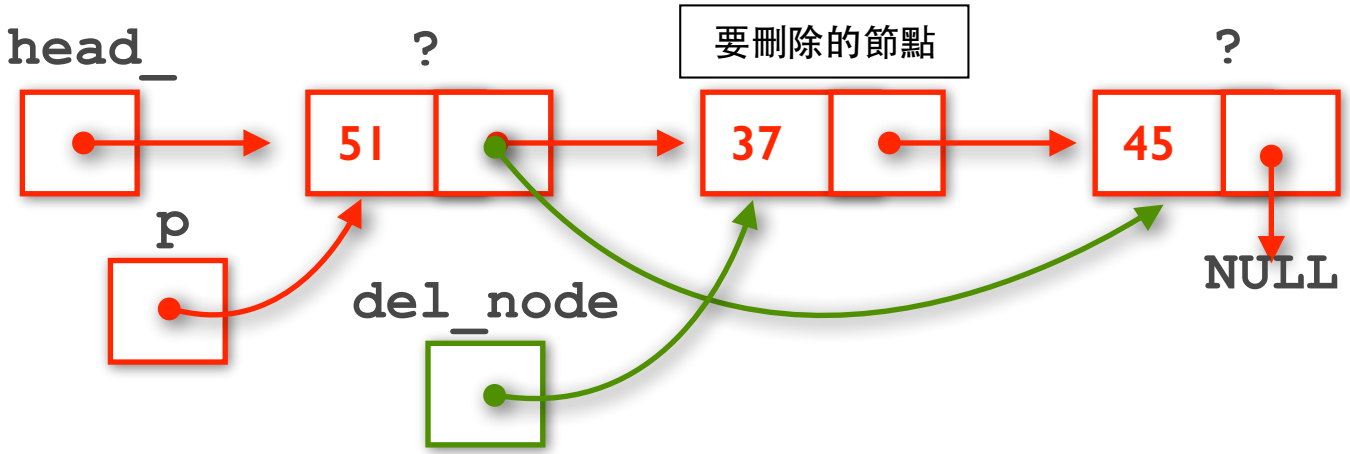
- 1] 找到要刪除節點的前一個節點，並將位址儲存在 p 指標。另外將要刪除的節點的位址存放在 del_node 指標
- 2] 設定 p 指向節點的下一個節點位址為 del_node 指向節點的下一個節點位址
- 3] 刪除 del_node 指向的節點



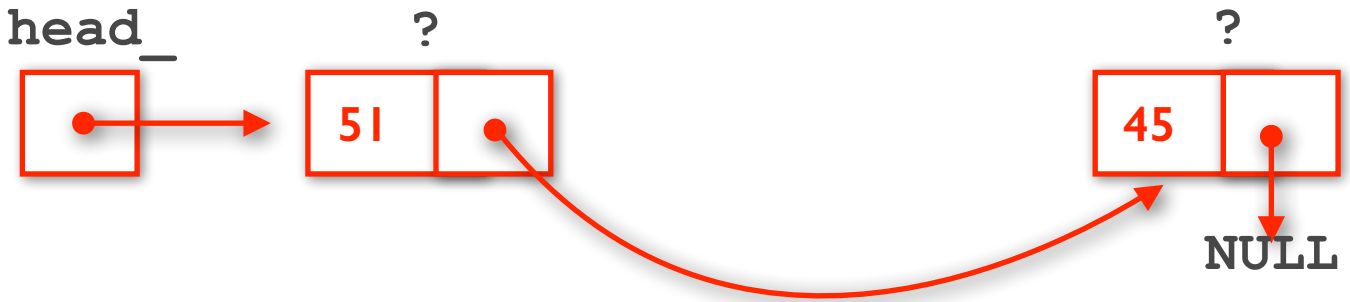
【範例】在任意位置刪除元素

```
// 刪除 pos 位置的元素
void Erase(int pos);
```

呼叫 Erase(1)：



結果：



[範例] list_5.cpp

【練習】大三法則

- 在 **ForwardList<ElemType>** 內新增下列操作：

```
// 清除內容
void Clear();

// 交換兩個串列 (試著在過程中不要複製元素或產生新節點)
void Swap(List<ElemType> &x);

// [複製建構式] 配置與複製節點
ForwardList(const List<ElemType> &rhs);

// [賦值運算子]
ForwardList<ElemType> &operator=(
    const ForwardList<ElemType> &rhs);
```

注意記憶體洩漏 (memory leak) 問題

可不可以用上面兩種函式與解構式構成 operator= ?

複製與交換法 (Copy-and-Swap)：利用複製建構式、解構式與交換函式做賦值運算

```
T &operator=(const T &rhs){ T tmp(rhs); Swap(tmp); return *this;}
```

【思考】用複製與交換法時，出現自我賦值會有問題嗎？

[練習] ex6D.cpp

【練習】新增其他操作

- 在 **List<ElemType>** 內新增下列操作：

```
// 改變串列大小 (試著在過程中不要複製元素)
void Resize(int n);

// 反轉串列內容 (試著在過程中不要複製元素或產生新節點)
void Reverse();
```

盡量用修改指標的方式達成

[練習] ex6E.cpp

【練習】有序型單向鏈結串列

- 有序型 **(ordered)** 串列指的是內容的資料會保證是由小排到大 **(或是依照某種特定順序排列)**：
  - 插入元素時要自動找到適當的位置插入來保證維持有序型的狀態 (大小順序不變)

```
template<class ElemType>
class OrderedForwardList {
 public:
  OrderedForwardList();
  ~OrderedForwardList();
  int Size() const;
  ElemType &At(int i);
  const ElemType &At(int i) const;
  void Insert(const ElemType &elem);

  ElemType &operator[](int i);
  const ElemType &operator[](int i) const;
};
```

【注意】依照大三法則，我們應該還要實作複製建構式與賦值運算子，不過為了簡化練習就省略了

[練習] ex6F.cpp

陣列與串列的效率比較

操作	可變大小陣列 (Vector)	單向鏈結串列 (ForwardList)
Size, Empty (大小等資訊)	與個數無關	可與個數無關
At, operator[] (隨機存取)	與個數無關 	與個數有關
PushFront, PopFront (在前端新增或移除元素)	與個數有關	與個數無關 
PushBack, PopBack (在尾端新增或移除元素)	可能與個數無關	PopBack 與個數有關
Insert, Erase (在任意位置新增或移除元素)	與個數有關	與個數有關
解構式, 複製建構式與複製指定運算子 (大三法則)	與個數有關	與個數有關

為什麼新增跟刪除會與個數有關？要如何設計才可以跟個數無關？

雙向鏈結陣列與迭代器