

【第五講】

泛型程式設計

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



課程大綱

■ 模版 (`template`) 簡介

- ▶ 實作多個相似內容的函式
- ▶ 函式模版
- ▶ 類別模版

■ 自製陣列模版

■ `static` 的用法

- ▶ 修飾全域變數或一般函式
- ▶ 修飾區域變數
- ▶ 修飾類別成員

■ **C++ STL** 的陣列模版 (`std::vector`)

實作多個相似內容的函式 [1]

- 寫 **C/C++** 程式時常常會遇到許多實作內容相似卻不完全一樣的函式。在以前，我們會將這些函式不一樣的部份用函式參數的方式來傳遞，進而寫成同一個函式：

▶ 例如：

```
void Set0(int &x) {           // Set0(a);  
    x = 0;                   // Set5(a);  
}  
void Set5(int &x) {  
    x = 5;  
}
```

這樣設計的好處我們只要寫一次函式定義，比較容易統一相似的部分。缺點是每次呼叫的時候都可能需要複製一次 v

▶ 可以設計成：

```
void Set(int &x, int v) {     // Set(a, 3);  
    x = v;                   // Set(a, 5);  
}
```

實作多個相似內容的函式 [2]

- 但是依照之前的作法，相似內容函式間不同的地方必須要能當做參數傳入，所以會有些限制：

```
void Set(double &x, double v) {  
    x = v;                                // Set(a, 5);  
}  
void Set(int &x, int v) {  
    x = v;                                // Set(b, 5);  
}
```

- ▶ 要怎麼把這兩個函式寫在一起？
 - 這兩個函式不一樣的地方是參數的『型態』而不是參數的『值』

模版 [1]

■ **template** (模版) 是進行泛型程式設計 (**generic programming**) 的主要語法：

▶ 使用模版可以定義一組相似內容的類別或函式

■ 在 C 裡面可能使用 `#define` 來模仿這個功能 (搜尋取代)

■ 宣告或定義語法：

template<模版參數型態 模版參數名稱, ...>

函式宣告定義或類別宣告定義

■ 例如，定義函式模版：

```
template<typename T>
void Set(T &x, T v) {
    x = v;
}
```

typename 表示這裡的 **T** 是個型態名稱。語法上這裡也可以使用 **class**，意義相同。

* 呼叫模版產生的函式：

這裡的 **T** 是我們自己取的模版參數名稱

```
Set<int>(a, 5);
Set<double>(b, 5.5);
```

[範例] `template.cpp`

模版 [2]

- 函式模版本身不是函式，而是函式的模版、範本。在編譯的時候，編譯器視程式碼中使用的情況而自動依據模版產生需要的函式：

```
template<typename T>
void Swap(T &a, T &b) {
    T t = a;
    a = b;
    b = t;
}
```

Swap 是函式模版，而
Swap<int> 或 Swap<double>
等就是依據這個模組產生的函式們

在 <algorithm> 內有 std::swap 這個函式模版

- ▶ 呼叫函式時，如果可以從函式參數直接判斷模版參數值的話，可以省略模版參數不用給：

```
int a = 3, b = 5;
double c = 3.5;
Swap<int>(a, b); // 會自動產生一個叫 Swap<int> 的函式
Swap<>(a, b);    // 我們可以從 a, b 的型態判斷 Type
Swap(a, b);      // 這也可以
Swap(a, c);      // [編譯錯誤]
```

[範例] swap.cpp

【練習】求最大值的函式

- 試著用模組寫一個可以求各種資料類型的最大值函式
 - ▶ 請修改原本的 Max 函式成為一個函式『模版』
 - ▶ 可以使用這個函式模版去計算各種不同資料型態的最大值

類別模版

- 我們也可以定義類別的模版：

```
template<typename T>
class Grade {
public:
    Grade();
    Grade(const T &v);
    void Set(const T &v);
    const T &Get() const;
    const Grade<T> operator+(const Grade<T> &rhs) const;

private:
    T data_;
};
```

為什麼我們使用 `const T &` 而不是 `T` 作為參數或回傳值型態？

`Grade<int>` 是個用 `int` 型態儲存成績的類別。而 `Grade<double>` 是個用 `double` 型態儲存成績的類別。

在定義類別模版的成員函式時，很多時候可以省略模版參數。例如 `Grade<T>` 可寫成 `Grade`。但為了避免困惑，我們這門課大部分情況都不省略。

【特別】建構式名稱還是 `Grade` 而不是 `Grade<T>`

[範例] `grade.cpp`

【範例】 自製陣列模版 [1]

```
template<typename ElemType>
class Array {
public:
    Array();
    Array(const Array<ElemType> &rhs);
    explicit Array(int n);
    ~Array();

    int Size() const;
    ElemType &At(int i);
    const ElemType &At(int i);

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

    Array<ElemType> &operator=(const Array<ElemType> &rhs);
};
```

使用模版可以更有延伸性

[範例] array_1.cpp

【範例】 自製陣列模版 [2]

- 如果陣列的大小在編譯期就可以決定的話，我們可以將陣列大小也設定為一個模版參數，可以簡化程式碼和可能增加效率：

```
template<typename ElemType, int kNumOfElems>
class Array {
public:
    int Size() const;
    ElemType &At(int i);
    const ElemType &At(int i) const;
    ElemType &operator[](int i);
    const ElemType &operator[](int i) const;

private:
    ElemType data[kNumOfElems];
};
```

大三法則 (解構式、複製建構式和指定運算子) 到哪去了？

Array<int, 10> a; a 是一個大小為 10 的 int 陣列物件

[範例] array_2.cpp

static 的用法 [1]

■ **static** 可以修飾全域變數或函式的宣告或定義：

▶ 該全域變數或函式只能在同個檔案內使用

■ 在 C++ 中，這功能可以使用匿名命名空間取代

```
int a;           // 在所有檔案都可以使用
static int b;    // 就只有這個檔案可以使用
namespace {
    int c;       // 就只有這個檔案可以使用
};
```

```
int main() {
    cout << a << endl
         << b << endl
         << c << endl;
    return 0;
}
```

static 的用法 [2]

■ static 可以修飾區域變數的定義：

- ▶ 該區域變數只會在程式中產生與死亡一次！
- ▶ 在第一次定義的時候初始化，在程式結束的時候死亡。

```
int &static_var() {  
    static int a = 3;    // 在整個程式中這只會做一次  
    return ++a;  
}
```

【思考】這裡可以回傳參考嗎？

```
int main() {  
    for (int i = 0; i < 10; ++i) {  
        cout << static_var() << endl;  
    }  
    return 0;  
}
```

[範例] static_1.cpp

static 的用法 [3]

■ static 可以修飾類別內的成員宣告：

- ▶ 該成員變數或成員函式就成為類別變數或類別函式，屬於該類別而不是個別物件，可以直接使用類別名稱去存取（類別名稱::變數或函式名稱）。

- ▶ 相對地，類別函式內部不能存取一般物件的成員變數或成員函式

```
class Grade {  
    public:  
        static const int kMaxGrade = 100;  
        static const int kMinGrade = 0;  
        int data;  
};  
int main() {  
    cout << Grade::kMaxGrade << " "  
        << Grade::kMinGrade << endl;  
    cout << Grade::data << endl;    // [編譯錯誤]  
    return 0;  
}
```

我們不用產生任何物件就可以讀取類別變數或執行類別函式

[範例] static_2.cpp

【範例】 自製陣列模版 [3]

- 成員函式的運作不牽涉到物件的成員變數或其他成員函式，可以宣告其為 `static`，也就是類別函式：

```
template<typename ElemType, int kNumOfElems>
class Array {
public:
    static int Size();
    ElemType &At(int i);
    const ElemType &At(int i) const;
    ElemType &operator[](int i);
    const ElemType &operator[](int i) const;

private:
    ElemType data[kNumOfElems];
};
```

`Array<int, 10>::Size()` 是 10

[範例] `array_3.cpp`

【練習】可變大小陣列的模版

- 試著做一個可變大小的陣列模版：

```
template<typename ElemType>
class Vector {
public:
    Vector();
    explicit Vector(int n);
    Vector(const Vector<ElemType> &rhs);
    ...
};
```

【範例】使用 STL 的陣列

- 在 C++ STL 內有 `std::vector<Type>`，是可變大小陣列的模版
 - ▶ 需要 `#include <vector>`
 - ▶ 請試著練習查看說明文件
 - ▶ `std::vector<Type>` 的提供的操作：
 - 快速存取任意位置的元素 (`operator[]`)
 - 快速新增或刪除元素於尾端 (`push_back`, `pop_back`)
 - 可任意改變大小 (`resize`), 但可能需重新配置記憶體
 - 可以清除全部的陣列內容 (`clear`)
 - 事先保留足夠的空間 (`reserve`) 可以避免重新配置記憶體
 - 新增 (`insert`) 或刪除 (`erase`) 任意位置的元素比較慢
 - * 這兩個操作需要用到迭代器 (`iterator`)，我們在後面一章節再解釋

【練習】通訊錄

- 使用 `std::vector<Type>` 來完成一個通訊錄程式
 - ▶ 使用 `std::string` 儲存名字與電話號碼

```
struct Record {  
    string name;        // 姓名  
    string mobile;      // 電話號碼  
};
```





