



C/C++基礎程式設計

C++: 類別的朋友關係、重載運算子、繼承

張傑帆

NTU

成就一番偉業的唯一途徑就是熱愛自己的事業。

Your work is going to fill a large part of your life, and the only way to be truly satisfied is to do what you believe is great work.

-Steve Jobs

課程大綱

- 類別：朋友關係friend
- ▶ 類別：重載運算子
- 類別：繼承



Friend

- 在定義類別成員時，**私有成員**只能被同一個類別定義的成員存取，**不可以直接由外界進行存取**
- 然而有些時候，您希望提供**私有成員**給某些外部**函式或類別**來存取，這時您可以設定類別的「**好友**」，這些**好友**才可以直接存取私有成員。
- 使用**friend**通常是基於**效率的考量**，以直接存取私有成員而不透過函式呼叫的方式，來**省去函式呼叫的負擔**

Friend函式

- 思考：由建立出兩個正方形物件，並算出其面積之範例，你需要**提供一個函式**讓使用者可以比較兩正方形之大小，該如何達到此功能？



Friend函式

- 下面這個程式中使用friend關鍵字來設定類別的好友函式，該好友可以直接存取該類別的私有成員

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Square
{
public:
    Square(int n) {
        len = n;
    }
    int getLen() {
        return len;
    }
    int area() {
        return len*len;
    }

    void setLen(int n){
        if(n<=0){
            cout << "setLen error" << endl;
            n = 1;
        }
        len = n;
    }
}
```

```
friend int compare2(Square &s1, Square &s2);

private:
    int len;
};

int compare1(Square &s1, Square &s2) {
    if(s1.getLen() == s2.getLen())
        return 0;
    else if(s1.getLen() > s2.getLen() )
        return 1;
    else
        return -1;
}

int compare2(Square &s1, Square &s2) {
    // 可直接存取私有成員
    if(s1.len == s2.len)
        return 0;
    else if(s1.len > s2.len)
        return 1;
    else
        return -1;
}
```

Friend函式

- ▶ 主程式可呼叫compare(s1, s2)比較兩方型大小

```
int main()
{
    Square s1(10);
    Square s2(20);

    cout << "s1: len = " << s1.getLen() << ", area = " << s1.area() << endl;
    cout << "s2: len = " << s2.getLen() << ", area = " << s2.area() << endl;

    switch(compare2(s1, s2)) //switch(compare1(s1, s2))
    {
        case 1:
            cout << "s1較大" << endl;
            break;
        case 0:
            cout << "s1跟s2一樣大" << endl;
            break;
        case -1:
            cout << "s2較大" << endl;
            break;
    }

    return 0;
}
```

Friend類別

- ▶ 您也可以將某個類別宣告為friend類別，被宣告為friend的類別可以**直接存取私有成員**
- ▶ 思考：由建立出兩個正方型物件，並算出其面積之範例，你需要**提供一個尺類別**讓使用者可以比較兩正方型之大小，該如何達到此功能？

Friend類別

- 下面這個程式中使用friend關鍵字來設定一類別為另一類別的好友

```
#include <iostream>
using namespace std;
class Square
{
public:
    Square(int n)
    {
        len = n;
    }
    int getLen()
    {
        return len;
    }
    int area()
    {
        return len*len;
    }
    friend class Ruler;

private:
    int len;
};
```

```
class Ruler
{
public:
    Ruler(int n)
    {
        len = n;
    }
    void compareSquare(Square &s1, Square &s2)
    {
        // 可直接存取私有成員
        if( (len < s1.len) || (len < s2.len) )
            cout << "尺太短, 無法量測" << endl;
        else
        {
            if(s1.len > s2.len)
                cout << "s1較大" << endl;
            else if(s1.len == s2.len)
                cout << "s1跟s2一樣大" << endl;
            else
                cout << "s2較大" << endl;
        }
    }
private:
    int len;
};
```


Friend類別

- ▶ 主程式可建立Ruler物件比較兩方型大小

```
int main()
{
    Square s1(10);
    Square s2(20);
    Ruler r(30);

    cout << "s1: len = " << s1.getLen() << ", area = " << s1.area() << endl;
    cout << "s2: len = " << s2.getLen() << ", area = " << s2.area() << endl;

    r.compareSquare(s1, s2);

    return 0;
}
```

小練習

- 請設計一class為PokemonHealthCenter
- 為class Pokemon 的friend class
- 使其可以直接存取Pokemon 的私有成員
- 幫助Pokemon直接回血



```
class PokemonHealthCenter
{
public:
    PokemonHealthCenter(string na){
        ... //設定神奇寶貝中心的名字
    }
    void Cure(Pokemon &p){
        ... //將傳入的神奇寶貝回復滿血
            //並印出在「xx神奇寶貝中心」恢復
    }
private:
    string Name;
};
```



課程大綱

- 類別：朋友關係friend
- ▶ 類別：重載運算子
- 類別：繼承



重載運算子

- 在C++中，預設除了基本資料型態可以使用運算子進行運算，例如int、double、char等，如果您要將兩個物件相加，預設上是不可行的。
- 然而很多情況下，您會想要將兩個物件的某些屬性值相加，並傳回運算後的結果
- 例如座標相加，如果您定義了Point2D類別，當中有x與y兩個屬性成員，您會想要透過+或-運算子的動作得到座標相加或相減的動作，在C++中，這可以透過重載運算子來達到目的。

重載運算子

- 運算子的重載其實是函式重載的一個延伸應用，您指定要重載哪一個運算子，並在類別中定義運算子如何動作，運算子重載的語法宣告如下所示
 - 傳回值 類別名稱::operator#(參數列) {
 // 實作重載內容
}
- 其中#中需指明您要重載以下的運算子，例如重載一個+運算子，#處就替換為+運算子。

+	-	*	/	%	^	&	
~	!	=	<	>	<=	>=	
++	--	<<	>>	==	!=	&&	
+=	-=	/=	%=	^=	&=	=	<<=
>>=	[]	()	->	->*	new	delete	

重載運算子

- ▶ 以下範例實作一個Point2D類別，將類似定義描述在Point2D.h，類別的方法描述在Point2D.cpp，主程式描述在main.cpp，試著建立起這個專案
- ▶ Point2D.h

```
class Point2D
{
    public:
        Point2D();
        Point2D(int x, int y);
        int getX();
        int getY();
        Point2D operator+(Point2D &p); // 重載+運算子
        Point2D operator-(Point2D &p); // 重載-運算子

    private:
        int X;
        int Y;
};
```

重載運算子

► Point2D.cpp

```
#include "Point2D.h"
```

```
Point2D::Point2D()
```

```
{  
    X = 0;  
    Y = 0;  
}
```

```
Point2D::Point2D(int x, int y)
```

```
{  
    X = x;  
    Y = y;  
}
```

```
int Point2D::getX()
```

```
{  
    return X;  
}
```

```
int Point2D::getY()
```

```
{  
    return Y;  
}
```

```
Point2D Point2D::operator+(Point2D &p)
```

```
{  
    int x = X + p.X;  
    int y = Y + p.Y;  
    Point2D tmp(x, y);  
    return tmp;  
}
```

```
Point2D Point2D::operator-(Point2D &p)
```

```
{  
    int x = X - p.X;  
    int y = Y - p.Y;  
    Point2D tmp(x, y);  
    return tmp;  
}
```


重載運算子

► main.cpp

```
#include <iostream>
#include "Point2D.h"
using namespace std;

int main()
{
    Point2D p1(5, 5);
    Point2D p2(10, 10);
    Point2D p3;

    p3 = p1 + p2;
    cout << "p3(x, y) = (" << p3.getX() << ", " << p3.getY() << ")" << endl;

    p3 = p2 - p1;
    cout << "p3(x, y) = (" << p3.getX() << ", " << p3.getY() << ")" << endl;

    return 0;
}
```

重載運算子

- ▶ 練習1: 承上範例，重載*運算子，讓Point2D物件之間可以做乘法運算
- ▶ 練習2: 承上範例，重載operator+函式並重載+運算子，讓Point2D物件之間可以做一個整數的加法運算，令其XY座標都加上該整數。

ex:

```
Point2D p1(11, 22), p2;  
p2 = p1 + 10;
```

<https://jgirl.ddns.net/problem/0/1097>

這樣p2.X就會是21，p2.Y是32

延申閱讀 - 重載運算子與friend

- friend Point2D operator+(Point2D&, int); // 例如p+10
- friend Point2D operator+(int, Point2D&); // 例如10+p

```
Point2D operator+(const Point2D &p, int i) {  
    Point2D tmp(p._x + i, p._y + i);  
    return tmp;  
}
```

```
Point2D operator+(int i, const Point2D &p) {  
    Point2D tmp(i + p._x, i + p._y);  
    return tmp;  
}
```

- <https://openhome.cc/Gossip/CppGossip/friendOverLoadOperator.html>

小練習

- 請修改Pokemon的範例程式
- 運用運算子重載，將原先p1攻擊p2的呼叫方式 `p1.Attack(p2)` 改成 `p1 >> p2;`
- 運用運算子重載，將原先pc治愈pokemon的 `pc1.Cure(p1)` 改寫成 `pc1 << p1;`

<https://jgirl.ddns.net/problem/0/1117>

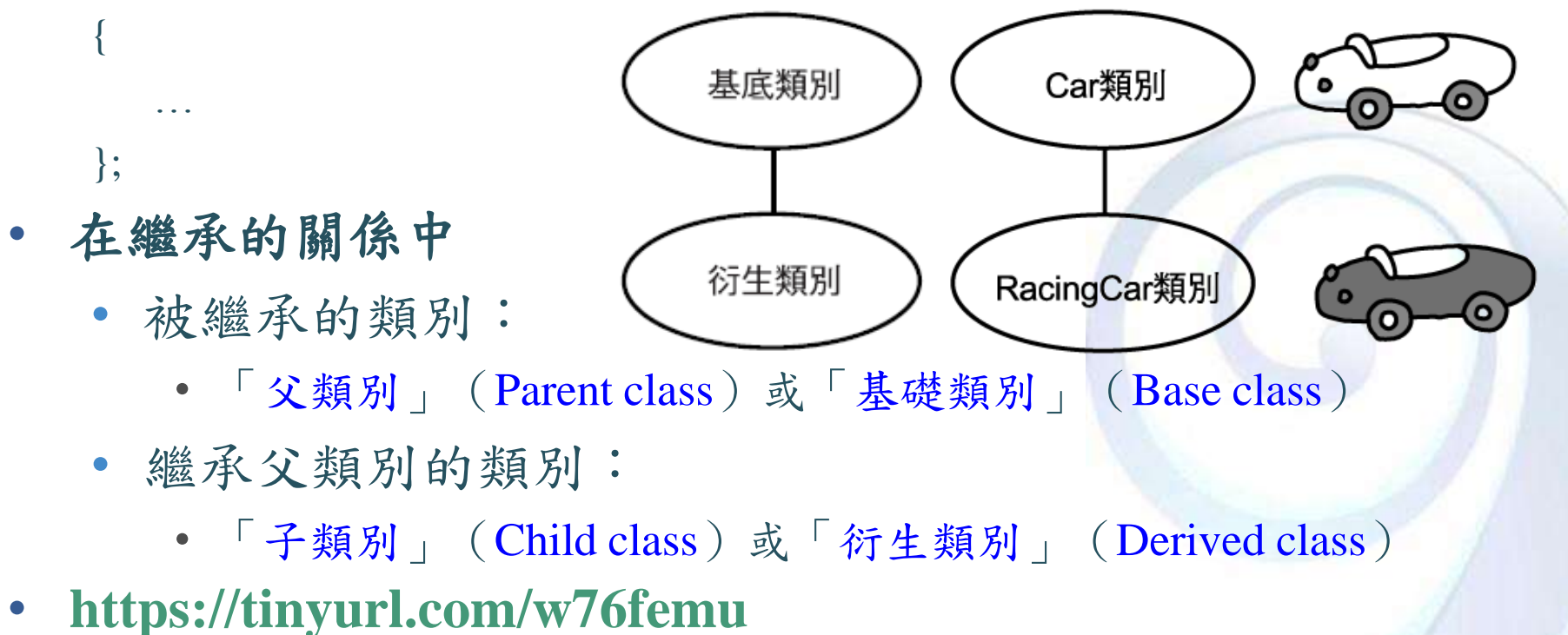
課程大綱

- 類別：朋友關係friend
- ▶ 類別：重載運算子
- 類別：繼承
 - 繼承的基礎
 - 子類別的建構與解構式
 - 三種繼承方式

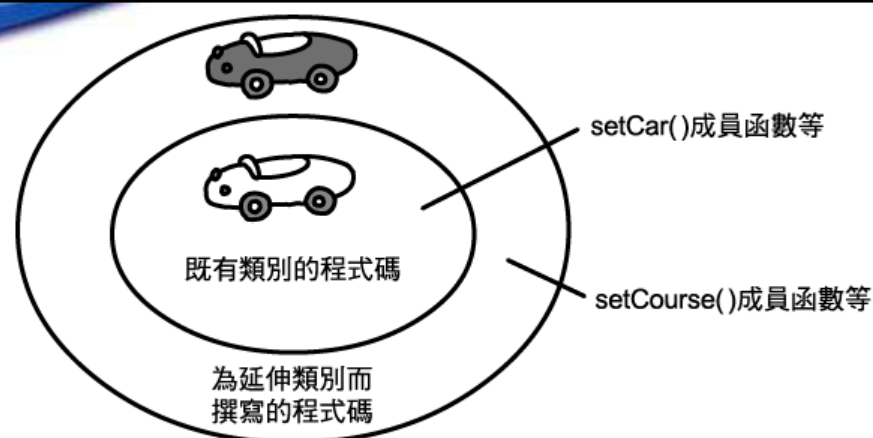


繼承 (Inheritance)

- 「繼承」 (Inheritance) 是物件導向程式設計的一種進階觀念，**繼承就是物件的再利用**，當定義好一個類別後，其他類別可以繼承這個類別的成員資料和函數。
- 語法: Ex: class **RacingCar**: **public** Car
class **子類別名稱**: 繼承權限 **父類別名稱**



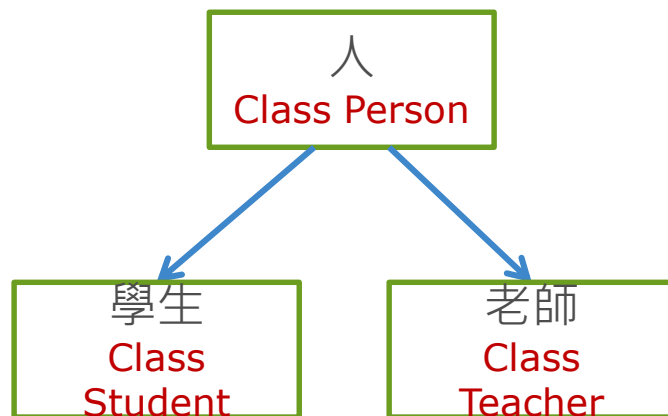
繼承 (Inheritance)



- 範例: example

- 類別繼承也是在**模擬真實世界**，例如：學生和老師都是人，我們可以先定義Person類別來模擬人類，然後擴充Person類別建立Student類別來模擬學生，Teacher類別來模擬老師

- <http://homepage.ntu.edu.tw/~jfanc/C/Demo/Inheritance01.zip>



繼承 (Inheritance)

- 範例:



Class Person

```
class Person
{
    public:
        void inputPerson()
        {
            char str[128];
            cout << "<輸入個人資料>" << endl;
            cout << "姓名: ";
            fflush(stdin);
            cin.getline(str, 128);
            Name = str;
            cout << "電話: ";
            cin >> Phone;
            cout << "Email: ";
            cin >> Email;
        }
}
```

```
void outputPerson()
{
    cout << "<印出個人資料>" << endl;
    cout << "姓名: " << Name << endl;
    cout << "電話: " << Phone << endl;
    cout << "Email: " << Email << endl;
}

private:
    string Name;
    string Phone;
    string Email;
};
```

Student

```
class Student: public Person {  
    public:  
        void inputStudent() {  
            cout << "<輸入學生資料>" << endl;  
            cout << "學號: ";  
            cin >> StudentID;  
            cout << "系所: ";  
            cin >> Department;  
        }  
        void outputStudent() {  
            cout << "<印出學生資料>" << endl;  
            cout << "學號: " << StudentID << endl;  
            cout << "系所: " << Department << endl;  
        }  
    private:  
        string StudentID;  
        string Department;  
};
```

```
Student s1;  
s1.inputPerson();  
s1.inputStudent();  
cout << endl;  
s1.outputPerson();  
s1.outputStudent();
```

Teacher

```
class Teacher: public Person {  
    public:
```

```
        void inputTeacher() {  
            cout << "<輸入老師資料>" << endl;  
            cout << "職稱: ";  
            cin >> Title;  
            cout << "系所: ";  
            cin >> Department;  
        }  
        void outputTeacher() {  
            cout << "<印出老師資料>" << endl;  
            cout << "職稱: " << Title << endl;  
            cout << "系所: " << Department << endl;  
        }
```

```
    private:
```

```
        string Title;  
        string Department;
```

```
};
```

```
Teacher t1;  
t1.inputPerson();  
t1.inputTeacher();  
cout << endl;  
t1.outputPerson();  
t1.outputTeacher();
```

```
Student s1;  
s1.inputPerson();  
s1.inputStudent();  
cout << endl;  
s1.outputPerson();  
s1.outputStudent();
```

- input呼叫兩次有點麻煩，能否改成只呼叫一次？
- 能否改變呼叫input時輸入資料的順序？如
姓名->系所->學號->電話->email
- 在inputStudent()中直接 cin >> Name
- 但會發生 父類別的 private
資料不能在子類別中存取
- 改 public? 不行！
- 改用 protected ！（父類別）

```
void inputStudent()  
{  
    //inputPerson();  
    cout << "<輸入學生資料>" << endl;  
    cout << "姓名: ";  
    cin >> Name;  
    cout << "學號: ";  
    cin >> StudentID;  
}
```

搜尋結果 最小化

訊息	
inheritance01.c...	In member function 'void Student::inputStudent()':
eritance01.cpp	[Error] 'std::string Person::Name' is private
eritance01.cpp	[Error] within this context

F:\NTU CSIE Train\錄影\ex\CB318\10\Inherita

<輸入個人資料>

姓名: John

電話: 0987654321

Email: john@gmail.com

<輸入學生資料>

學號: b0799871

系所: csie

<印出個人資料>

姓名: John

電話: 0987654321

Email: john@gmail.com

<印出學生資料>

學號: b0799871

系所: csie

F:\NTU CSIE Train\錄影\ex\CB318\10\Inheritance

<輸入學生資料>

姓名: John

系所: CSIE

學號: b99887766

電話: 0987654321

Email: john@gmail.com

<印出個人資料>

姓名: John

電話: 0987654321

Email: john@gmail.com

<印出學生資料>

學號: b99887766

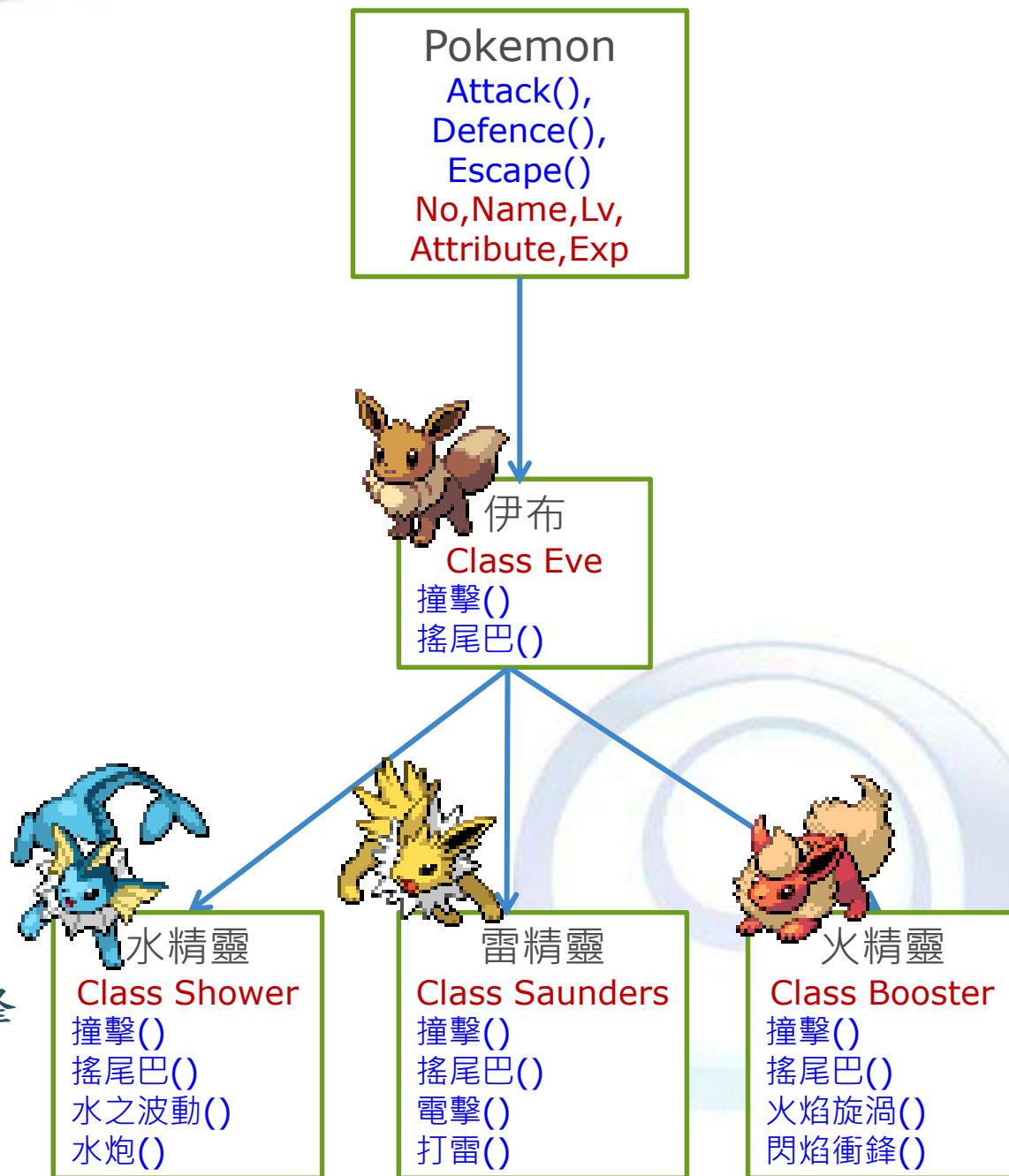
系所: CSIE

繼承 (Inheritance)

- 您可以宣告這些成員為「受保護的成員」(protected member)，保護的意思表示存取它有條件限制以保護該成員
- 當您將類別成員宣告為受保護的成員之後，繼承它的類別的成員，在子類別的函式(方法)中就可以直接使用這些成員，但這些成員仍然受到類別的保護，不可被物件實體直接呼叫(實體.成員)使用。

繼承-回家練習

- 一基礎類別 Eve
- 擁有招式撞擊與搖尾巴
- 繼承關係如右圖，令
- 水精靈可新增招式
 - 水之波動與水炮
- 雷精靈可新增招式
 - 電擊與打雷
- 火精靈可新增招式
 - 火焰旋渦與閃焰衝鋒



建構式與解構式呼叫順序

- 當建立子類別的物件**呼叫子類別的建構式**時，它**會先初始化父類別的成員**，也就是**呼叫父類別的建構式**。如果子類別**沒有建構式**，在建立物件時，**預設建構式**就會**呼叫父類別的預設建構式**。
- 在**呼叫子類別的建構式**前，會**先呼叫父類別的建構式**，而**解構式剛好與建構式是相反順序**，也就是子類別的解構式是在父類別的解構式之前呼叫。

子類別傳遞參數給父類別

- 當父類別擁有**重載建構式**時，在子類別可以傳遞**參數**給父類別的建構式。
- 建構式的**:**運算子後是傳遞給父類別建構式的參數，如果父類別不只一個，請使用**,**號分隔。
- 其中傳遞給父類別參數的值，就是傳入子類別建構式的參數值。



繼承 (Inheritance)

- 在繼承時您使用 **:** 運算子，並指定其繼承方式，在繼承的權限關係上，**公開繼承**是最常見的，先由這個開始說明繼承的概念。(Point2D.h)

```
class Point2D
{
    public:
        Point2D()
        {
            X = 0;
            Y = 0;
        }

        Point2D(int x, int y)
        {
            X = x;
            Y = y;
        }

        int getX()
        {
            return X;
        }
};
```

```
int getY()
{
    return Y;
}

void setX(int x)
{
    X = x;
}

void setY(int y)
{
    Y = y;
}

private:
    int X;
    int Y;
};
```

繼承 (Inheritance)

- 接著定義Point3D類別，它公開繼承Point2D類別。
(Point3D.h)

```
#include "Point2D.h"
class Point3D : public Point2D
{
    public:
        Point3D()
        {
            Z = 0;
        }
        Point3D(int x, int y, int z) : Point2D(x, y)
        {
            Z = z;
        }
        int getZ()
        {
            return Z;
        }
        void setZ(int z)
        {
            Z = z;
        }
    private:
        int Z;
};
```

繼承 (Inheritance)

- 來看看一個使用Point3D的例子。(Point.cpp)

```
#include <iostream>
#include "Point3D.h"
using namespace std;

int main()
{
    Point3D p1(1, 3, 4);
    Point3D p2;
    cout << "p1: (" << p1.getX() << ", " << p1.getY() << ", " << p1.getZ()
    << ")" << endl;

    p2.setX(5);
    p2.setY(7);
    p2.setZ(8);
    cout << "p2: (" << p2.getX() << ", " << p2.getY() << ", " << p2.getZ()
    << ")" << endl;
    return 0;
}
```

動動腦

- 在Point3D中仍然可以呼叫Point2D的方法，似乎不太合理，如何讓Point3D物件實體只能呼叫Point3D的方法呢？
- 修改Point3D繼承Point2D的繼承權限
- 改Private與Protected有什麼差異呢？
 - public: 子類別的實體**可以**使用父類別的public成員
 - private: 子類別的實體**不可**使用父類別的public成員
 - protected: 子類別的實體**不可**使用父類別的public成員
 - 子類別的子類別，可否使用原本父類別的成員

三種繼承方式：公開繼承

- **class B : public A {**
//繼承至子類別，並維持原父類別原有的權限
};
- 公開繼承時使用**public**來繼承基底類別，繼承下來的成員在衍生類別中的權限變為如下：

基底類別	衍生類別
private	不能直接使用
protected	protected
public	public

三種繼承方式:保護繼承

- **class B : protected A {**
 // 原父類別的public繼承至子類別後變成protected
};
- 保護繼承時使用protected來繼承基底類別，繼承下來的成員在衍生類別中的權限變為如下：

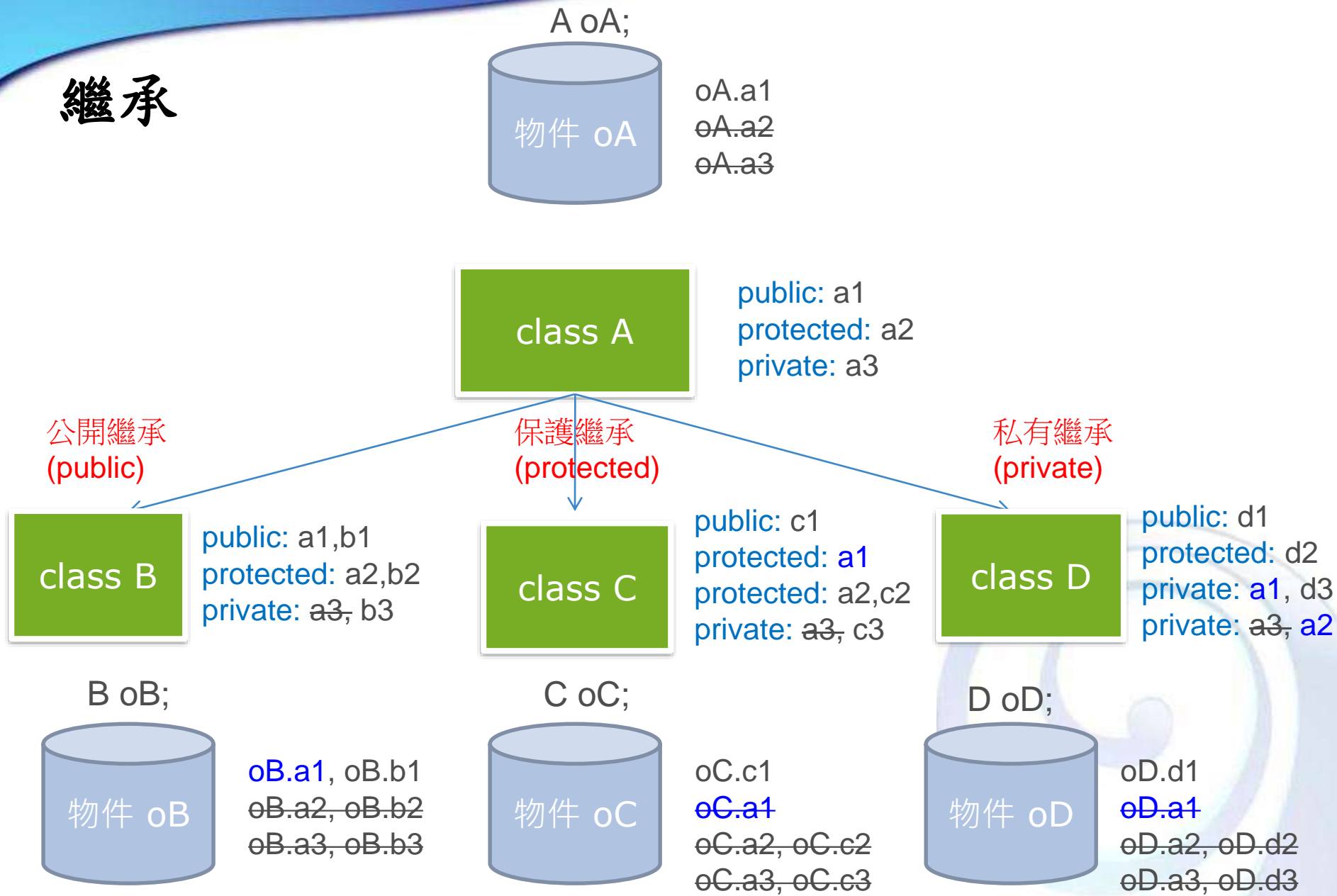
基底類別	衍生類別
private	不能直接使用
protected	protected
public	protected

三種繼承方式:私有繼承

- **class B : private A {**
 // 所有繼承自父類別的都轉換成private
};
- 基底類別中的成員在被繼承之後，其權限如下所示：

基底類別	衍生類別
private	不能直接使用
protected	private
public	private

繼承



公開繼承
(public)

class B

public: a1,b1
protected: a2,b2
private: a3, b3

public

class B2

public: a1,b1
protected: a2,b2
private: a3, b3

B2 oB2;



oB2.a1, oB2.b1
~~oB2.a2, oB2.b2~~
~~oB2.a3, oB2.b3~~

保護繼承
(protected)

class C

public: c1
protected: a1
protected: a2,c2
private: a3, c3

public

class C2

public: c1
protected: a1
protected: a2,c2
private: a3, c3

C2 oC2;



oC2.c1
oC2.a1
~~oC2.a2, oC2.c2~~
~~oC2.a3, oC2.c3~~

私有繼承
(private)

class D

public: d1
protected: d2
private: a1, d3
private: a3, a2

public

class D2

public: d1
protected: d2
private: a1, d3
private: a3, a2

D2 oD2;



oD2.d1
oD2.a1
oD2.a2, oD2.d2
~~oD2.a3, oD2.d3~~

對Point2D的實體有影響
對Point2D本身的方法完全沒有任何影響

範例(1/2)

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
class Point1D
{
    public:
        Point1D()
        {
            X = 0;
        }
        Point1D(int x)
        {
            X = x;
        }
        int getX()
        {
            return X;
        }
        void setX(int x)
        {
            X = x;
        }
    private:
        int X;
};
```

```
class Point2D : public Point1D
{
    public:
        Point2D()
        {
            Y = 0;
        }
        Point2D(int x, int y) : Point1D(x)
        {
            Y = y;
        }
        int getY()
        {
            return Y;
        }
        void setY(int y)
        {
            Y = y;
        }
    private:
        int Y;
};
```

範例(2/2)

```
class Point3D : public Point2D
{
    public:
        Point3D()
        {
            Z = 0;
        }
        Point3D(int x, int y, int z) :
Point2D(x, y)
        {
            Z = z;
        }
        int getZ()
        {
            return Z;
        }
        void setZ(int z)
        {
            Z = z;
        }
    private:
        int Z;
};
```

```
int main()
{
    Point3D p1(1, 3, 4);
    Point3D p2;
    cout << "p1: (" << p1.getX() << ", "
<< p1.getY() << ", " << p1.getZ() << ")"
<< endl;

    p2.setX(5);
    p2.setY(7);
    p2.setZ(8);
    cout << "p2: (" << p2.getX() << ", "
<< p2.getY() << ", " << p2.getZ() << ")"
<< endl;
    return 0;
}
```

動動腦

- 能否在Point3D()的實體中呼叫Point1D()的方法？
 - Public 繼承:可，其它不行
- 能否在show3D()中呼叫show2D？
 - 不論哪種繼承都可以
- 能否在show3D()中呼叫show1D？
 - 繼承權限改protected/private如何更加合理
 - 如何防止呼叫，使其更加合理？
 - Point1D 繼承到 Point2D時，不要用private就可以
 - 所以用private禁止show3D中呼叫show1D

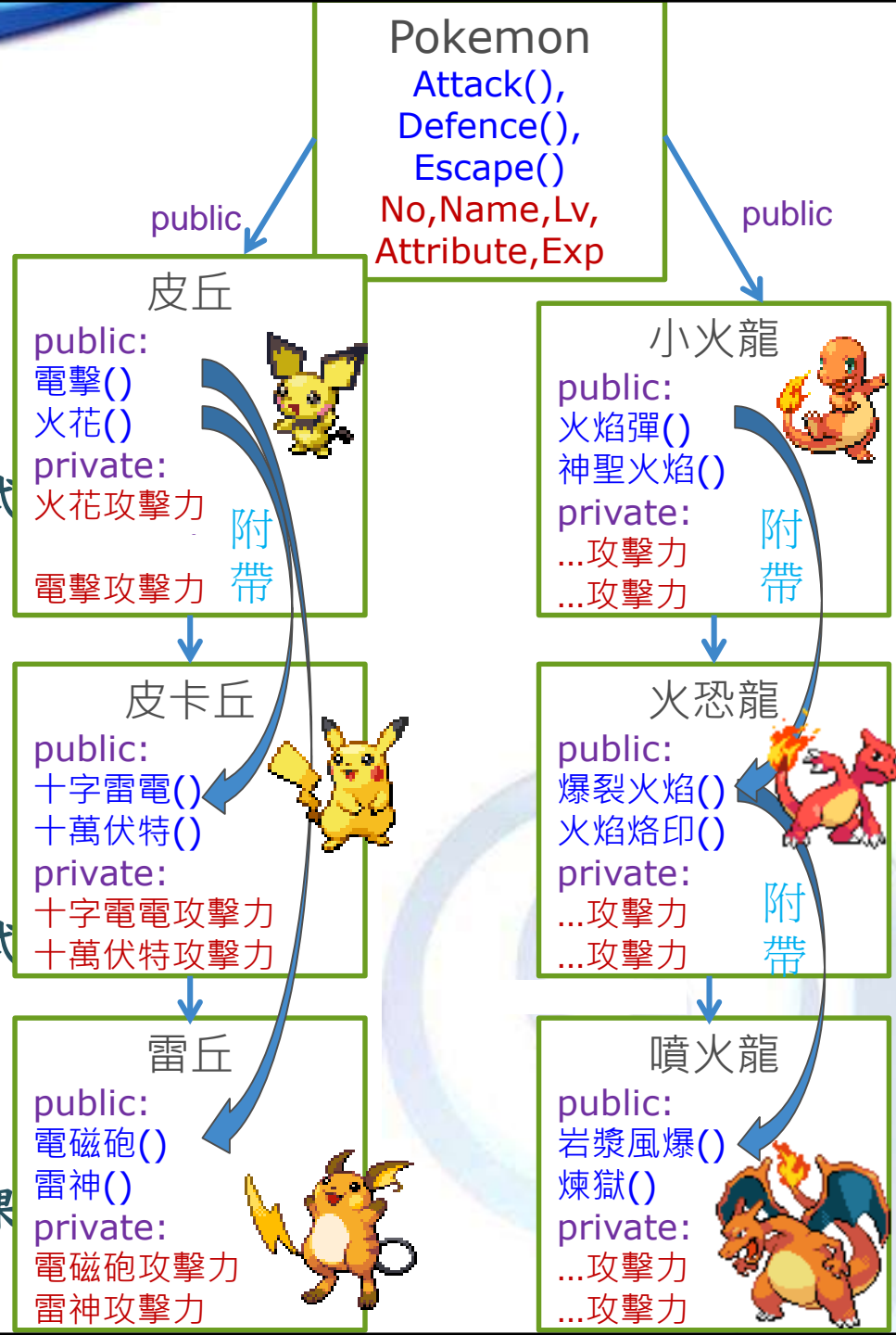
表 14-1 存取指定子

基底類別中之存取指定	繼承的方法	可否從衍生類別利用(方法)	可否從外部利用(子類別的實體打「.»使用)
public	public	可	可
protected		可	不可
private		不可	不可
public	protected	可	不可（用了就會變成衍生類別的 protected 成員）
protected		可	不可
private		不可	不可
public	private	可	不可（用了就會變成衍生類別的 private 成員）
protected		可	不可
private		不可	不可

例題



- 一基礎類別Pokemon
- 繼承關係如右圖，令
- 皮卡丘(實體)**不可使用**皮丘的招式
- 十字雷電**附帶**(呼叫)火花效果
- 雷丘(實體)**可用**皮卡丘的招式
- 電磁砲**附帶**(呼叫)電擊效果
- 雷丘(方法)**可升級**電擊的攻擊力
- 火恐龍(實體)**不可用**小火龍的招式
- 爆裂火焰**附帶**(呼叫)火焰彈效果
- 噴火龍(實體)**可用**火恐龍的招式
- 岩漿風爆**附帶**(呼叫)爆裂火焰效果
- 噴火龍**不能附帶**小火龍的招式



延申閱讀

- 繼承 (Inheritance)
- 多重繼承 (Multiple Inheritance)
- 覆寫 (Overriding)
- 虛擬函數
- 虛擬基底類別
- 抽象類別
- 設計模式 (Design Pattern)



多重繼承-回家練習

`class Slowbro: public Slowpoke, public Shellder`

- 二基礎類別 Slowpoke 與 Shellder

- 呆呆獸擁有招式

- 冥想與覺醒力量

- 大舌貝擁有招式

- 水槍與冰凍光束

- 繼承關係如右圖，令

- 呆河馬可使用招式

- 冥想
- 覺醒力量
- 水槍
- 冰凍光束
- 自我暗示



呆呆獸

Class Slowpoke

冥想()
覺醒力量()



大舌貝

Class Shellder

水槍()
冰凍光束()



呆河馬

Class Slowbro

冥想()
覺醒力量()
水槍()
冰凍光束()
自我暗示()