

# 擴增實境之即時無標記追蹤與影像對準

林宗慶、楊仕謙

淡江大學機械與機電工程學系大學生

王銀添

淡江大學機械與機電工程學系副教授

## 摘要

本計劃將使用影像特徵偵測(image feature detection)方法與目標追蹤(target tracking)理論，發展擴增實境(augmented reality)系統所需的影像對準(image registration)技術，取代現有擴增實境系統使用基準標記(fiduciary marker)的技術。研究預期目標有兩個部份，包括：第一，在擴增實境系統中，使用隨意的影像特徵取代現有系統中預先置放的基準標記，進行影像對準程序與實現真實環境的辨識，以達到無標記追蹤(markerless tracking)的目的；第二，使用目標追蹤理論，估測與追蹤影像特徵在空間中的狀態向量，以達到動態影像對準的目的。

## 1. 研究動機與研究問題

擴增實境(Augmented Reality, AR)是近十幾年才發展出來的新科技，其技術是將電腦繪圖重疊顯示在現實的視野場景上。這技術廣泛應用在娛樂產業與產品廣告(圖 1 至 圖 3)、產業製造、保養、與維修(圖 4)、醫學影像導引手術(image guided surgery)(圖 5)、工程設計、遠距機器人、以及軍事訓練(圖 6)等領域。

AR 包含三個部份：首先，場景產生器(scene generator)，負責呈現場景的裝置或軟體；其次，追蹤系統(tracking system)，即是處理影像對準(image registration)問題，負責將虛擬與真實世界的物件適當對應，或者適當連結虛擬與真實兩個世界以便產生共同存在的錯覺；最後，顯示裝置(display devices)，AR 有多種形式的顯示裝置，大部分都包含頭罩顯示器(head mounted display, HMD)，常用的有光學透視(optical see-through) HMD、影片透視(video see-through) HMD、虛擬視網膜(virtual retinal systems)、監視器(monitor based)、與三維投射器(3D projector)等。

AR 系統的三個部份中，追蹤系統是目前最重要的技術發展瓶頸，主要是牽涉到影像對準的問題。因為當我們使用攝影機在不同時間或不同觀景點擷取相同

場景或物件的影像時，此影像位置將會處在不同的座標系統，所謂影像對準技術是轉換這些影像到相同座標系統的程序。要進行影像比對或整合不同量測所得到的影像，強健的影像對準程序是相當重要的。在某些 AR 應用系統上，要求虛擬與真實世界的影像要能精確對準，尤其是醫學手術的應用。另外，在許多 AR 應用系統上，虛擬或真實世界的影像是動態的，此類應用的影像對準技術要求更高。

現有的擴增實境系統的影像對準技術大部份都使用預先置放的基準標記(fiduciary marker)以進行影像對準，此預先置放的基準標記或稱為標記(fiducials)是一條基準線或一個特定的圖型。例如 Nokia N95 智慧手機的遊戲 AR Tower Defense，使用如圖 1 所示列印在紙上的城堡型式基準標記，此標記不能任意移動。另外，例如寶鹹(P&G)公司與 Mini 汽車公司利用 AR 推廣產品，如圖 2 與 3 所示，也是使用特定圖案的基準標記，只是這些基準標記可以在鏡頭前移動與旋轉。使用基準標記的原因是：以目前的影像處理技術要即時進行任意影像特徵(image feature)的影像對準仍然是有困難的，尤其是追蹤與對準移動與旋轉中的任意影像特徵更是有待發展的技術。

本專題將使用影像特徵偵測方法與目標追蹤理論，發展擴增實境系統所需的影像對準技術，取代現有擴增實境系統使用基準標記的技術。在擴增實境系統中，使用隨意的影像特徵取代現有系統中預先置放的基準標記，進行影像對準程序與實現辨識真實環境，以達到無標記追蹤(markerless tracking)的目的。另外，也將使用目標追蹤理論，估測與追蹤影像特徵在空間中的狀態向量，以達到動態影像對準的目的。



圖 1 Nokia N95 智慧手機的遊戲

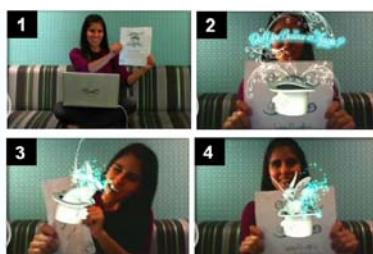


圖 2 寶鹹(P&G)公司利用 AR 推廣產品



圖 3 Mini 汽車利用 AR 推廣產品



圖 4 AR 輔助電工檢測



圖 5 醫學影像導引手術



圖 6 AR 輔助軍事訓練

## 2. 文獻回顧與探討

擴增實境(AR)雖然是近十幾年才發展出來的新科技，相關產品與文獻相當多。有關 AR 的學術文獻，IEEE 與 ACM 每年舉辦的國際會議 ISMAR (International Symposium on Mixed and Augmented Reality)，彙集各種新近發展的理論與技術相關論文[Costanza *et al.* 2009, Vallino 2010]。

有關擴增實境系統的無標記追蹤方面的研究，Comport *et al.* [2006]提出以虛擬視覺伺服方式(visual visual-servoing)將虛擬物件投射在實景物件上。虛擬視覺伺服方式的非線性姿態估測，其系統模型的推導相當複雜。本專題將使用目標追蹤(target tracking)理論，規劃影像特徵追蹤程序，達到無標記追蹤的目的。

有關擴增實境系統影像對準方面的研究，Yuan *et al.* [2006]提出以KLT(Kanade-Lucas- Tomasi)影像特徵追蹤方法進行影像對準任務。但是 KLT 方法無法保證影像特徵的尺度與方位不變(scale and orientation invariant)，容易在追蹤過程中遺失或誤判。文獻中有關強健的影像點特徵(point features)偵測方法，通常搭配尺度空間(scale space)與描述向量(description vector)進行特徵的偵測與追蹤[Bay *et al.* 2006]。優點是可以達到影像特徵的尺度與方位不變，缺點是運算相當耗時，典型範例為 Lowe[2004]所提的尺度不變特徵轉換(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)方法，無法達到快速即時的運算效果。Bay *et al.* [2008]提出以盒子過濾器(box filter)結合積分影像(integral image)方法進行區域特徵偵測，可以達到即時運算的要求。本研究將以 Bay *et al.* 所提方法規劃擴增實境影像特徵追蹤與影像對準所需的感測模型。

目標追蹤(target tracking)的任務是量測環境中的特徵，進行系統狀態的估測。以貝氏機率(Bayesian probability)的觀點來看，在量測(measurement)資料已知的條件下，目標追蹤問題是遞迴地(recursively)求算目標狀態的信度(belief)，也就是建立機率密度函數(probability density function, pdf)[Smith *et al.* 1990]。如果初始 pdf 為已知，理論上可以經由預測(prediction)與更新(update)兩階段遞迴地求算 pdf。但此機率式遞迴關係架構僅為概念性解法，無法根據此關係式求解。在系統為線性與相關雜訊(noise)為高斯分佈的限制條件下，可使用卡爾曼過濾器(Kalman filter)求得最佳解。若為非線性系統，在目標追蹤研究領域有多位學者提出次佳解(suboptimal solution)，比較著名的包括使用擴張型卡爾曼過濾器

(extended Kalman filter, EKF)建立 EKF 同時定位與建圖[Davison *et al.* 2007]，以及使用粒子過濾器(particle filter, PF)建立的機率式 PF 同時定位與建圖 [Montemerlo 2003]等。本專題將針對擴增實境的無標記追蹤進行研究，架構 EKF 視覺式目標追蹤系統，達到擴增實境的動態影像對準目的。

### 3. 研究方法及步驟

本專題將使用影像特徵偵測方法與目標追蹤理論，發展擴增實境系統的動態無標記追蹤新技術，取代現有擴增實境系統常使用的預設基準標記的技術。規劃的流程如演算法一所描述。

演算法一：動態無標記追蹤程序

- a. 選取影像特徵或讀取影像特徵資料庫，影像特徵數量為  $n$  個；若是初始的選取，則  $n=0$ ；若是已建立的影像特徵，則  $n=n_{\max}$ ；
- b. 使用攝影機擷取環境的影像，再使用影像特徵偵測方法建立  $k$  時刻感測器的  $m$  個量測資料；
- c. 進行量測資料與影像特徵的影像對準程序；
- d. 初始化或更新影像特徵的狀態資料。

重複以上步驟 a.至 d.可以達到擴增實境系統的動態無標記追蹤。注意本專題的影像特徵與現有擴增實境系統常使用的基準標記不同，影像特徵為空間中具備三維座標向量的點特徵，而基準標記為特定形狀的平面或立體圖形。在影像對準技術上，基準標記較容易被辨識追蹤，缺點為基準標記是人工標記而不是自然的標記或特徵。

#### 3.1 區域特徵偵測與追蹤

Bay *et al.*[3]針對尺度與旋轉之不變量，提出加速強健特徵(SURF)，建立區域特徵的偵測器(detector)與描述器(descriptor)。偵測器用以偵測區域特徵的點座標，結合 Hessian 矩陣概念與積分影像方法，縮短影像與高斯濾波器進行迴積運算所花費的時間。而描述器則利用特徵點鄰近區域內的 Haar 小波響應(Haar

wavelet responses)分佈，建立特徵點的描述向量。在不犧牲特徵偵測與描述效果的情況下，SURF 計算的速度優於 SIFT 方法。本研究的特徵偵測與追蹤以 SURF 架構為基礎，以下扼要描述本研究修改的區域特徵偵測與追蹤程序，以提高區域特徵的偵測效率。

SURF 根據 Hessian 矩陣偵測特徵點，找尋 Hessian 矩陣行列式(determinant)的最大值位置即是特徵點的座標。相對於影像 I 上的點  $x=(x,y)$ , Hessian 矩陣  $H(x,\sigma)$  在點  $x$  與尺度  $\sigma$  的定義為：

$$H(x,\sigma)=\begin{bmatrix} L_{xx}(x,\sigma) & L_{xy}(x,\sigma) \\ L_{xy}(x,\sigma) & L_{yy}(x,\sigma) \end{bmatrix}$$

其中  $L_{xx}(x,\sigma)$  為影像 I 上的點  $x$  與高斯二階導數(Gaussian second order derivative)  $\frac{\partial^2}{\partial x^2}g(\sigma)$  的迴積，同理定義  $L_{xy}(x,\sigma)$  與  $L_{yy}(x,\sigma)$ 。SURF 使用盒子過濾器搭配積分影像方法，改善 Hessian 矩陣在計算上費時的缺點，積分影像方法如附錄 A.1 節所述。高斯二階導數搭配尺度  $\sigma=1.2$ ，其效果與使用如圖 2.1 所示的  $9\times 9$  盒子過濾器相同。盒子過濾器以  $D_{xx}$ ,  $D_{yy}$  與  $D_{xy}$  取代 Hessian 矩陣的元素，則 Hessian 矩陣的行列式可以近似求算為

$$\det(H_{\text{approx}})=D_{xx}D_{yy}-(wD_{xy})^2$$

其中  $w$  為使方程式平衡的權重係數， $w$  設為 0.9。Hessian 矩陣使用尺度不變的概念偵測特徵，亦即包含尺度空間變數  $\sigma$ ，可以偵測到不同尺度的區域特徵[9]。例如同一特徵位於不同距離位置也可以有效地偵測到，相較固定影像區塊(image patch)的特徵偵測更具強健性。本研究規劃如附錄 A.2 節的尺度空間，搭配積分影像計算可以提高效率。

依據盒子過濾器所偵測出的特徵點數量眾多，必須加以過濾，稱為特徵點在影像尺度空間的定位(localization)。SURF 首先在鄰近  $3\times 3\times 3$  的空間中使用非最大值抑制(non-maximum suppression)，接著將 Hessian 矩陣行列式的最大值在影像尺度空間中做內插，以便更精準地定位特徵點。

描述器的建立之前，先定出特徵點的方向(orientation)，假若特徵描述向量建立在此方位上，特徵比對時則不必再考慮特徵旋轉的問題。因此，特徵點方位的建立是為了達到影像旋轉的不變性(orientation invariant)，方法是給予特徵點一個

可重現的方位。使用Haar小波過濾器建立特徵點方位的細節描述在附錄A.3節，建立的特徵點方位如圖2.2所示。

區域影像特徵描述向量的建立程序與細節描述在附錄A.3節，在定義的每個子區域中將有4維的特徵向量，表示為 $v=(\Sigma d_x, \Sigma d_y, \Sigma |d_x|, \Sigma |d_y|)$ ，其中 $\Sigma d_x$ 與 $\Sigma d_y$ 為Haar小波反應值的總和值。總計整個特徵描述向量的維度為 $4 \times 4 \times 4 = 64$ ，如圖2.3所示。影像特徵偵測後所建立的特徵描述向量將應用於影像特徵的追蹤程序。

影像特徵的追蹤程序方面，本研究將使用集合對集合(set-to-set)的特徵比對追蹤方法，與使用影像區塊特徵的集合對區域(set-to-region)的差異平方和(sum of squared differences, SSD)追蹤方法不同，優點是集合對集合的電腦計算負擔較小，可以提高特徵追蹤效率。本研究的區域特徵比對程序為：首先，計算特徵描述向量與樣本影像的特徵描述向量之間的尤基里德距離(Euclidean distance)

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots},$$

$$x = [x_1 \quad x_2 \quad \dots], \quad y = [y_1 \quad y_2 \quad \dots]$$

其次，使用最鄰近比例比對策略(the nearest neighbor ratio matching strategy)[1, 13, 11]進行比對。最後，利用限定比對比例(matching ratio)的方式找到正確的對應特徵。定義兩項的比對比例分別為：最小尤基里德距離相對於第二小尤基里德距離的比值 $r_1$ ，與最小尤基里德距離相對於第三小尤基里德距離的比值 $r_2$ 。假如比對

比例 $r_1$ 小於0.7時或比對比例 $r_2$ 小於0.6，亦即  $r_1 = \frac{d_{1st}}{d_{2nd}} \leq 0.7$  或  $r_2 = \frac{d_{1st}}{d_{3nd}} \leq 0.6$  則可稱兩個特徵點比對成功。

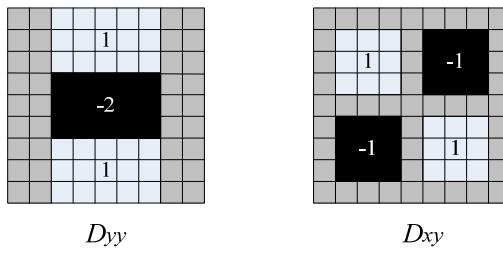


圖 2.1 9×9 盒子過濾器

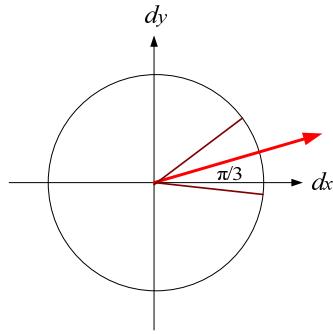


圖2.2 特徵點的方位分配

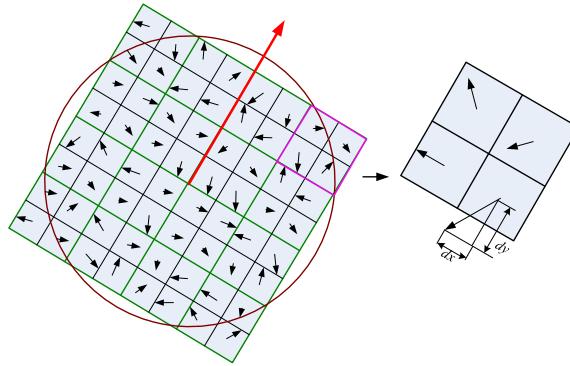


圖2.3 特徵點的特性描述向量

### 3.2 靜態特徵偵測與追蹤範例

本節範例以SURF方法進行靜態特徵偵測與追蹤。首先，建立樣本影像，以SURF方法偵測樣本影像的區域特徵與特徵強度。其次，擷取欲比對之影像，同樣以SURF方法偵測影像的區域特徵與特徵強度。再設定欲比對之參數r值與樣本特徵數目。最後，將比對結果標示在樣本影像上與被比對的影像上。將樣本影像中所有計算出的區域特徵以圓圈標出，並將與比對影像吻合之區域特徵標上代號，被比對的影像中只將與樣本影像吻合的區域特徵標上圓圈與代號。特徵偵測與追蹤程序為：

- 建立樣本影像並灰階化 (160pixel × 120pixel)
- 計算樣本影像之區域特徵與特徵強度
- 擷取欲比對之影像並灰階化 (320pixel × 240pixel)
- 計算比對影像之區域特徵與特徵強度
- 設定比對比例r值 
$$r = \frac{d_{1st}}{d_{2nd}}$$
- 選取使用樣本影像中特徵強度最大幾個和比對影像來進行比對
- 標示比對之結果

### 範例1：物件正面的特徵比對

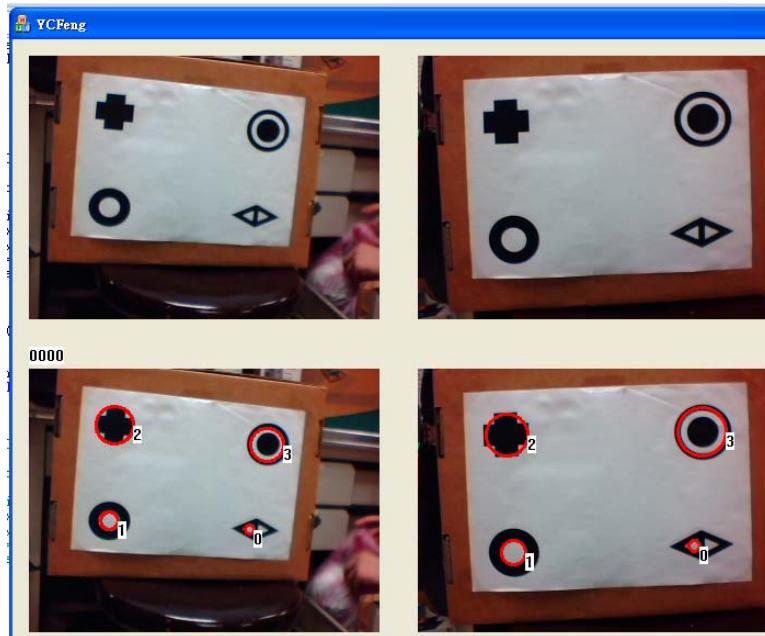


圖 1 特徵比對範例

以圖 1 說明特徵偵測與追蹤範例，右下角圖為樣本影像，左下角圖為被比對的影像，圓圈為偵測到的不同尺度之區域特徵，以數字標示相對應的比對特徵。

目標的影像是平面的 4 個圖案，因此在 4 個圖案上同時各找一個特徵點並以此畫面來作為樣本影像，然後移動圖案位置後在比對影像中找到相同的特徵點。

### 範例 2：物件旋轉後的特徵

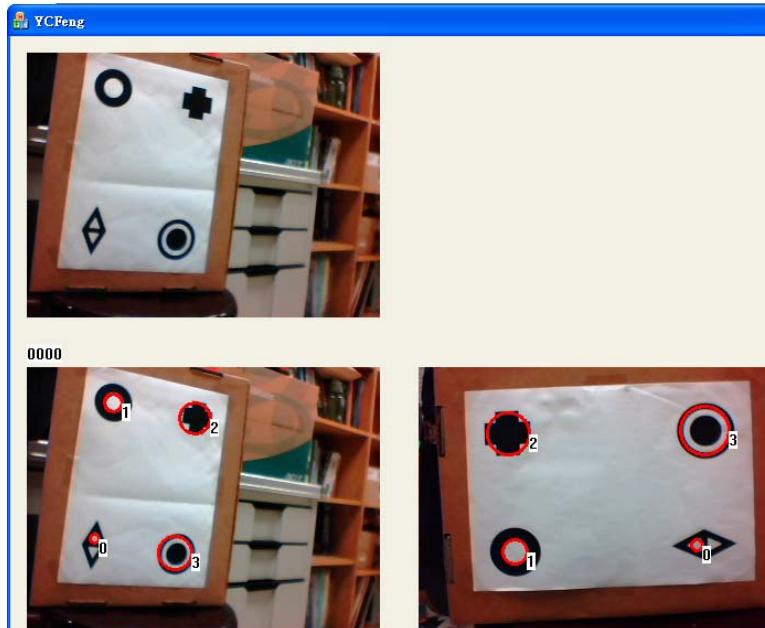


圖 2 樣本旋轉 90 度後的特徵比對

將比對影像中的圖案旋轉約 90 度後保持靜態。以範例 1 相同條件的樣本影像進行比對。

### 範例 3：將特徵點替換成圖片及物體遠近時圖片的大小變化

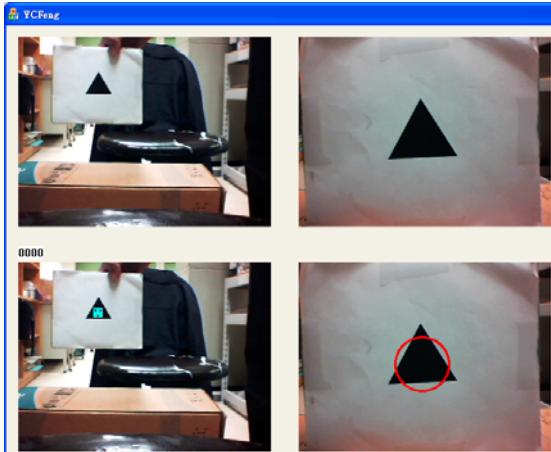


圖 3 樣本較遠時笑臉圖片縮小

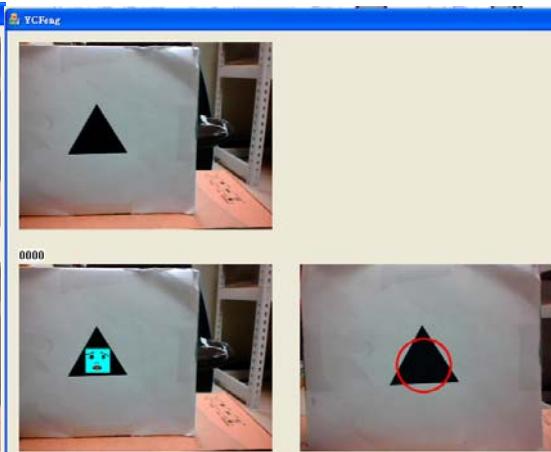


圖 4 樣本較遠近時笑臉圖片放大

範例 3 是將之前抓特徵點的紅色圓圈以笑臉圖片取代，並保留之前範例中圓圈會隨影像中圖案的遠近而改變大小的特點，使笑臉圖片也會隨圖案遠近而改變大小。

#### 4. 預期結果

本專題將使用 SURF 影像特徵偵測方法與 EKF 目標追蹤方法，發展擴增實境系統所需的影像對準技術，取代現有擴增實境系統使用基準標記的技術。要達成的研究目的包括：第一，在擴增實境系統中，使用隨意的影像特徵取代現有系統中預先置放的基準標記，進行影像對準程序與實現辨識真實環境，以達到無標記追蹤的目的；第二，使用目標追蹤理論，估測與追蹤影像特徵在空間中的狀態向量，以達到動態影像對準的目的。具體的研究預期結果包括：

- a. 完成雙眼視覺模組的機構設計與製作；
- b. 使用 OpenCV 完成 SURF 影像特徵偵測 C++ 程式撰寫；
- c. 完成 EKF 目標追蹤 C++ 程式撰寫；
- d. 使用 OpenCV 完成擴增實境系統的電腦繪圖功能；
- e. 整合視覺模組、影像特徵偵測、EKF 目標追蹤、電腦繪圖，以實現無標記追蹤與影像對準功能。

#### 5. 參考文獻

- [1] Bay, H., A. Ess, T. Tuytelaars, L. Van Gool, 2008, SURF: speeded up robust features, Computer Vision and Image Understanding, vol.110, pp.346-359.
- [2] Comport, A.I., E. Marchand, M. Pressigout, and F. Chaumette, 2006, Real-Time Markerless Tracking for Augmented Reality: The Virtual Visual Servoing Framework, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.12, no.4, pp.615-628.
- [3] Costanza, E., Kunz, A., and Fjeld, M. 2009. Mixed Reality: A Survey, In Human Machine interaction: Research Results of the MMI Program, D. Lalanne and J. Kohlas (Eds.) LNCS 5440, pp. 47-68.
- [4] Davison, A.J., I.D. Reid, N.D. Molton, and O. Stasse, MonoSLAM Real Time Single Camera SLAM, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.29, no.6, pp.1052-1067, 2007.
- [5] Freeman, R., A. Steed and B. Zhou, 2005, Rapid Scene Modelling, Registration and Specification for Mixed Reality Systems, Proceedings of ACM Virtual Reality Software and Technology, pp.147-150, Monterey, California.
- [6] Hutchinson, S., G.D. Hager, and P.I. Corke, 1996, A Tutorial on Visual Servo Control, IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol.12, no.5, pp.651-670.
- [7] Lindeberg, T., 1998, Feature detection with automatic scale selection, International Journal of Computer Vision, vol.30, no.2, pp79-116.
- [8] Lowe, D.G., 2004, Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, International Journal of Computer Vision, 60, 2, pp. 91-110.
- [9] Mikolajczyk, K., and C. Schmid, 2001, Indexing based on scale invariant interest points, Proceedings of International Conference on Computer Vision, vol.1, pp.525-531.
- [10] Montemerlo, M., 2003, FastSLAM: a factored solution to the simultaneous localization and mapping problem with unknown data association, Ph.D. dissertation, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- [11] Prayitno, O., 2009, SURF-based Super Resolution using Multi-View Images, Master Thesis, Electronic Engineering, Chung Yuan Christian University, Taiwan.
- [12] Shakhnarovich, G., T. Darrell, and P. Indyk, 2005, Nearest-neighbor methods in learning and vision, MIT Press.
- [13] Smith, R., M. Self, and P. Cheeseman, 1990, “Estimating Uncertain Spatial Relationships in Robotics,” In Autonomous Robot Vehicles, I.J. Cox and G.T. Wilfong, Eds., Springer-Verlog, pp.167-193.
- [14] Szeliski, R., 2006, Image Alignment and Stitching: A Tutorial, Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision, vol.2, no.1.
- [15] Vallino, J.R., Introduction to Augmented Reality, Available at: <http://www.se.rit.edu/~jrv/research/ar/introduction.html>. (Accessed on 2/27/2010)
- [1] Wei, W.H., Generalized linear model course notes, Tung Hai University, Taichung, Taiwan, Chapter 5, <http://web.thu.edu.tw/wenwei/www/glmpdfmargin.htm>, Retrieved 2010-03-01.
- [16] Welch, G., and G. Bishop, 2006, An Introduction to the Kalman Filter, Department of Computer Science, University of North Carolina.
- [17] Yuan, M.L., S.K. Ong, and A.Y.C. Nee, 2006, Registration Using Natural Features for Augmented Reality Systems, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.12, no.4, pp.569-580.

## 6. 需要指導教授指導內容

王銀添副教授近年在機器人學與機電整合等領域具有相當專業的研究。在影像特徵偵測與追蹤程序，以及目標追蹤與狀態估測理論方面，將可提供我們相關的基礎理論。在擴增實境的無標記追蹤與影像對準實測技術上，將可適時協助規劃測試程序與結果檢驗方法。王教授也同意提供其實驗室的視覺感測與電腦設備，支援我們驗證所推導的理論與方法，同時給予適切與可行的建議。

## 附錄一 電路板製程

### 1. 繪製電路圖：

#### a. 製圖

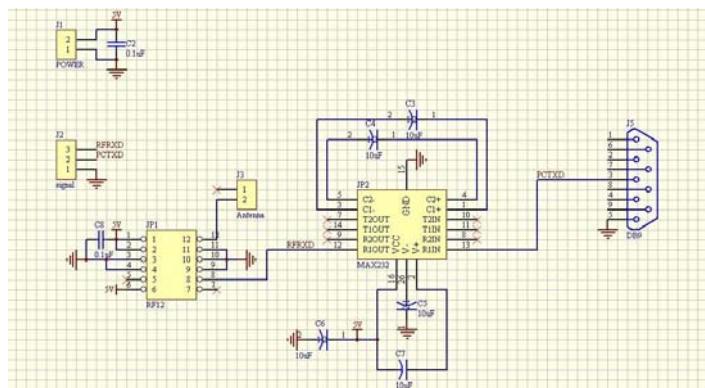
在電路圖中分別是經由電腦送出訊號的發射端模組與輪型機器人上的控制與接收端模組。利用 Protel 99 SE 來畫出所設計的模組，各模組元件包含如下：

#### (1). 發射端模組

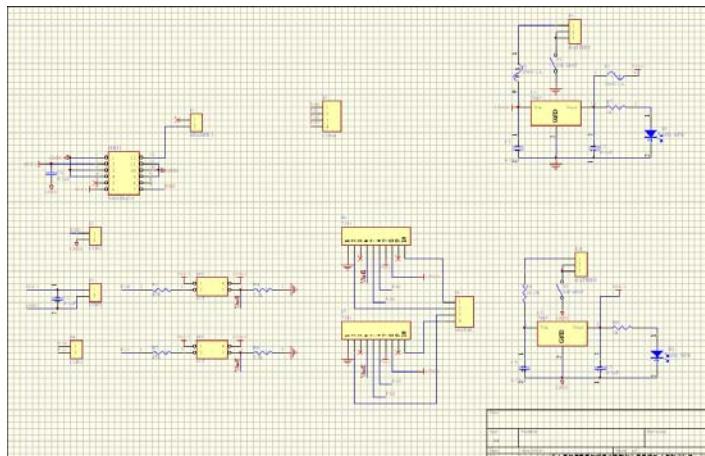
在此模組中包含了電容、IC RF12、RS232 母座、IC MAX232、IC 7805 和天線腳位。(如圖一)。

#### (2). 控制與接收端模組

在此模組中包含了電容、電阻、保險絲、IC 817、IC 7291、IC 7805、IC RF12、LED 燈、電源座和天線腳位。(如圖二)。



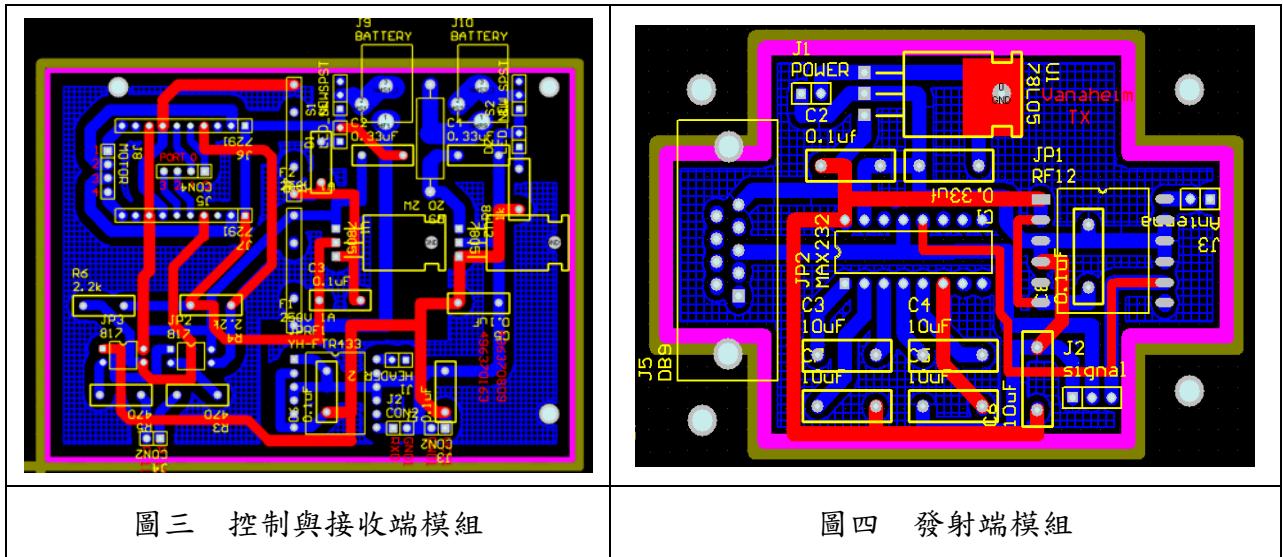
圖一



圖二

### b. 製作 PCB 電路圖

畫好模組中的各元件圖，設定好電路板大小，轉成 PCB 檔，將各元件放入 PCB 電路圖中，依所設定之元件進行佈線。佈線時要反覆的調整元件位置和測試，以避免線路發生交錯，並儘量使線路精簡，使訊號不會因線路過於複雜而產生雜訊。佈線完成後，在電路板背面進行鋪銅，可以有效防止雜訊的干擾(如圖三、圖四)。

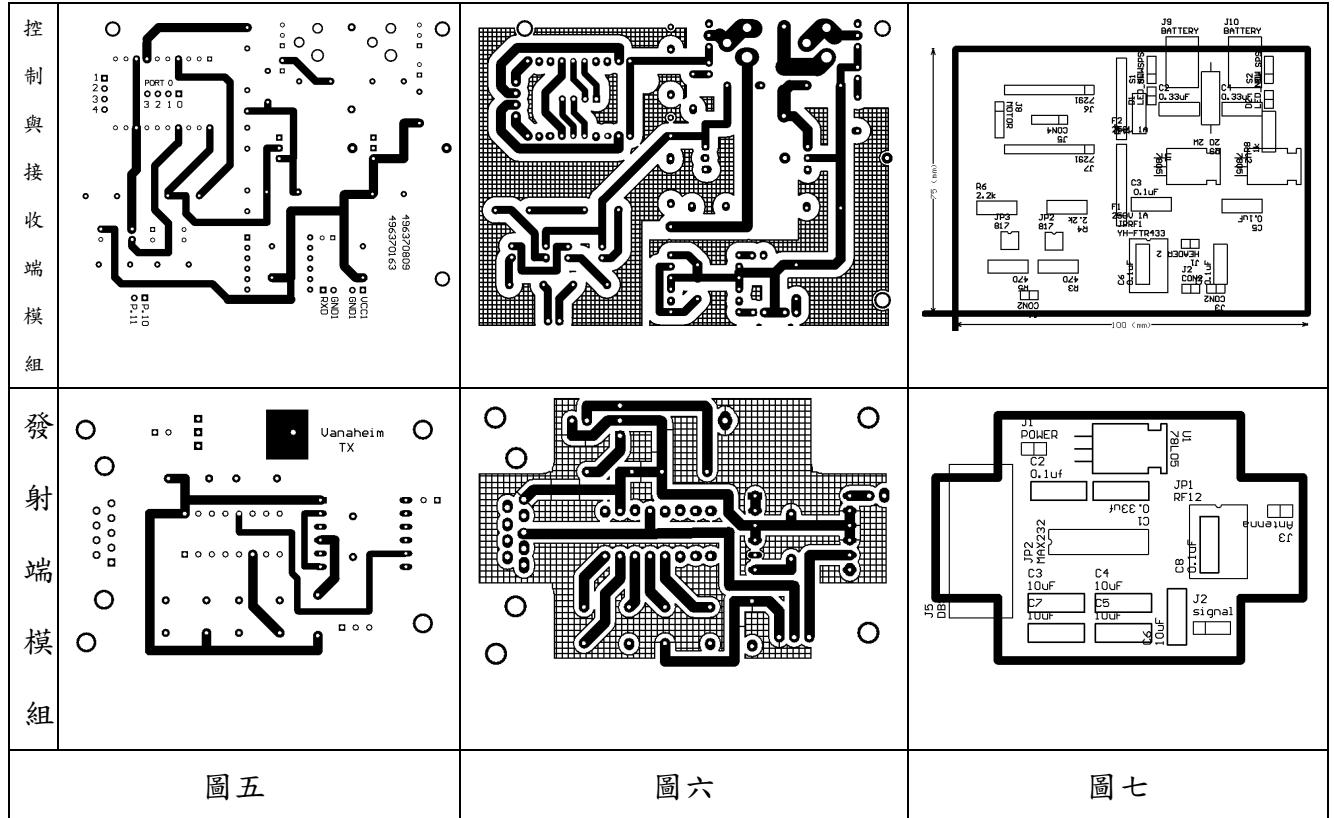


### c. 列印

將製好的製作 PCB 電路圖，把它轉成列印檔，只取所需的部份，如上層電路圖(如圖五)、下層電路圖(如圖六)和元件位置圖(如圖七)，其餘的圖層

刪除。再將圖層列印至描圖紙上即可。

將列印出的上層和下層電路圖，依方向將各部份對齊後以膠帶固定之  
(需留一邊的縫隙把電路板放入進行曝光)。



## 2. 製作電路板

### a. 曝光

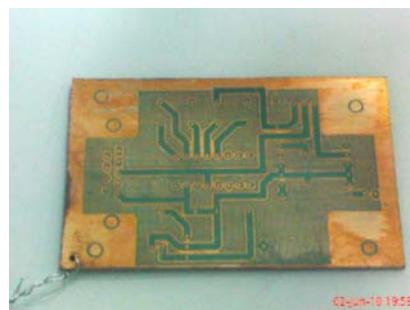
依設計的電路板大小進行尺寸裁切，在角落鑽孔(方便於蝕刻顯影時穿線)，再放入固定好後的描圖紙中，再將其放入曝光機中，依步驟蓋上透明蓋子後使之抽真空(目的是把描圖紙與電路板可以緊貼)，蓋上外殼蓋後設定好時間(約為 380 秒)，將上下紫外光燈開關同時打開(同時打開目的是為了使電路板正反面的曝光時間一致)。時間到後再將其電路板取出，即完成曝光的步驟。

### b. 顯影蝕刻

先把水槽的加水加 1200cc 左右，放入適當的顯影劑，用打氣機將空氣打

入水槽，目的是為了加速溶解顯影劑，而且氣泡也可以加速電路板的顯影，等顯影劑完全溶解後即可將曝光完成的電路板放入進行顯影。

在過程中必須注意電路板兩面的顯影速度，顯影太快的一側盡量少接觸到氣泡；較慢的一側則需氣泡使其加速反應。顯影時間不可過久，其影響的結果會在之後蝕刻顯現出來，如線路斷裂…等。顯影後須將水槽內的水溶液到入廢料回收桶，清洗乾淨後再進行蝕刻。



圖八 顯影完成

蝕刻前，將水槽裝入熱水 1000cc，並將蝕刻液(棕色)倒入至 1200cc(如圖九)，打入空氣後再把顯影完成的電路板放入進行蝕刻。在蝕刻的過程中須注意之事項和顯影過程一樣，時間不可過久…等。

蝕刻完後的電路板將表面的蝕刻液清除，再用酒精把電路板表面綠色線路上的塗層清洗掉，使線路顯現出為銅色即可，之後再進行晾乾。



圖九

### c. 噴漆

晾乾後噴上保護漆(主要目的是保護電路)，噴漆時要注意漆的厚度要均勻，也不可太厚或太薄。等漆乾後即可進行鑽孔。

#### d. 鑽孔

根據所設計的電路元件針腳大小，選用不同徑度的鑽頭來鑽孔。一般短排針是用  $\phi 0.8\text{mm}$ ，長排針是用  $\phi 1.0\text{mm}$  而固定底座則是用  $\phi 3.0\text{mm}$ 。將鑽頭鎖入鑽床夾頭時，需注意是否有置中(轉動夾頭可以確認鑽頭是否有置中)。

調整工作檯至適當高度，將電路板置於工作檯，為了避免在鑽頭鑽過電路板時傷及電路板，需墊一層保護層(如保麗龍)，隨後進行鑽孔。

鑽孔時(尤其是大孔徑)必須緊壓電路板，防止電路板轉動而受損；操作機具時，嚴禁穿戴手套，避免被鑽頭捲入。鑽完後，將表面削屑清除乾淨，將工作機台歸位。

### 3. 焊接電子元件

依據所列印出元件配置圖，規劃好焊接順序後，將所有的元件依序的焊上去。

鋸槍加熱後，再焊錫上塗一些焊油，然後在接點處將焊錫熔化，使焊錫把接腳和線路接合。焊點的形狀最好是拉平於線路，與接腳四周都有接觸到而不要太突出；若是形成球狀或是半球狀，可能會造成接觸不良，訊號也容易被干擾。要將所有的接腳焊牢，否則容易造成接觸不良。部份元件需要注意其正負的方向性(如 LED 和電容)。

焊錯或焊壞時，可以利用鋸槍將焊點加熱使其熔化，再用吸錫器把焊錫吸出(此過程為解焊)。但是必須注意的是，同一點的解焊次數不能過多，容易損傷電路板。

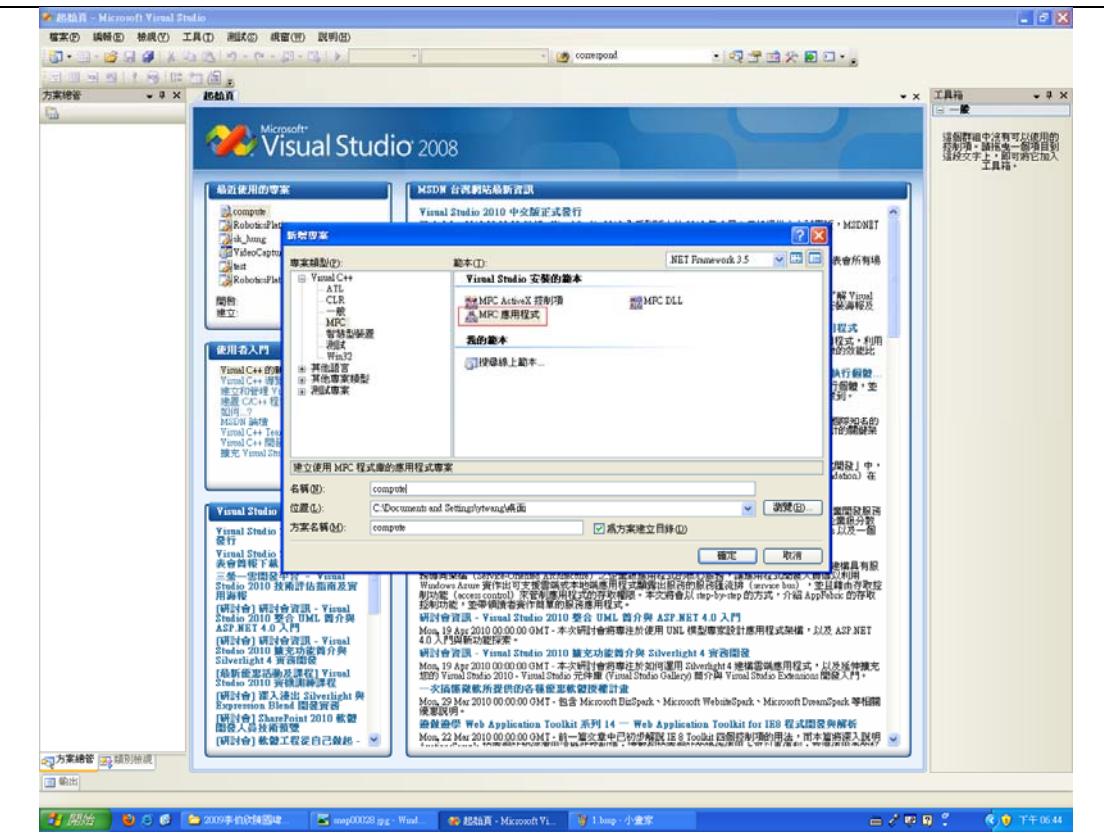


	
控制與接收端模組(組裝完成)	發射端模組(組裝完成)

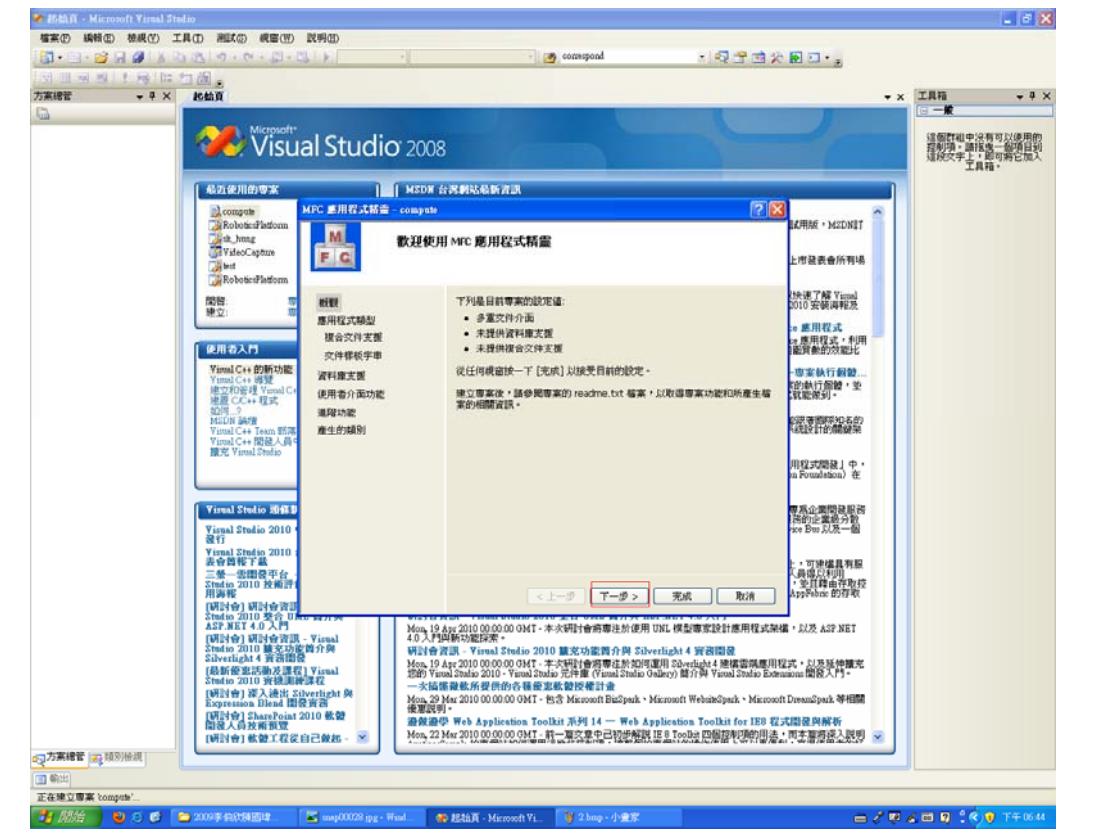
在這之後還有後續的實驗，但因為教授讓我們去做另一個實驗項目，所以沒有繼續做，希望以後有機會能做後續的實驗，來完成整個流程。

## 附錄二 MFC 程式練習

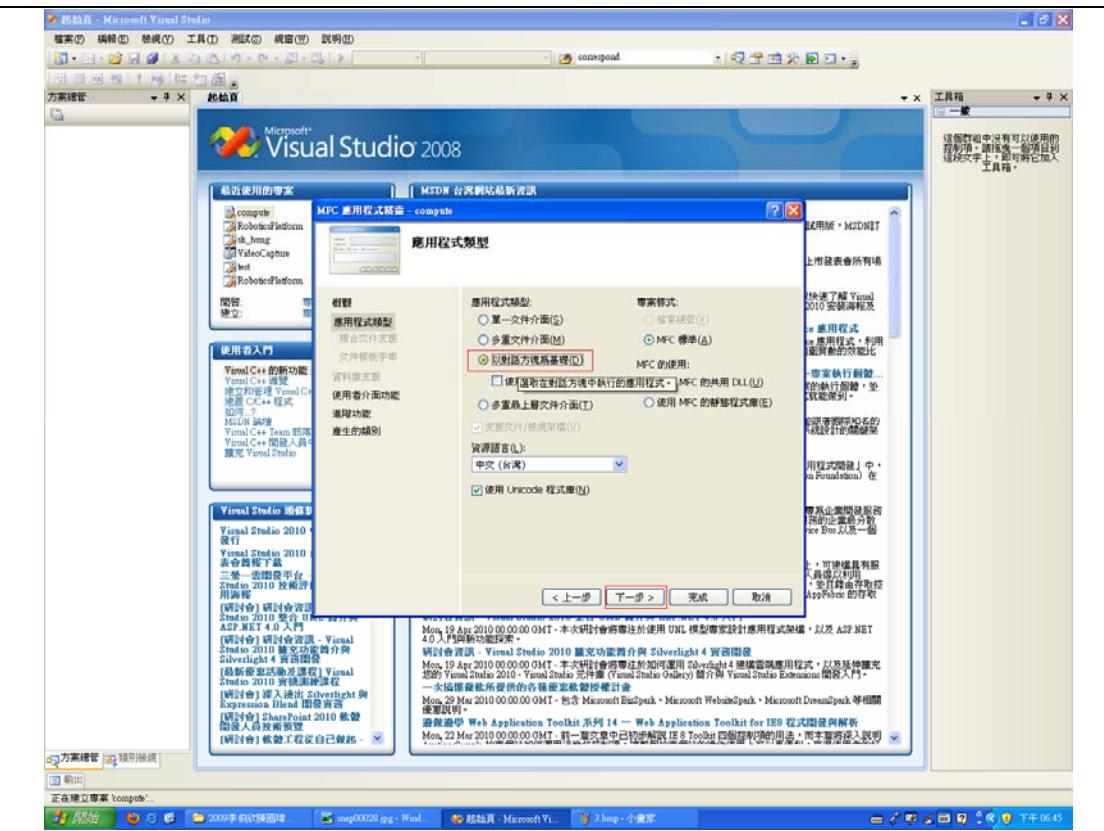




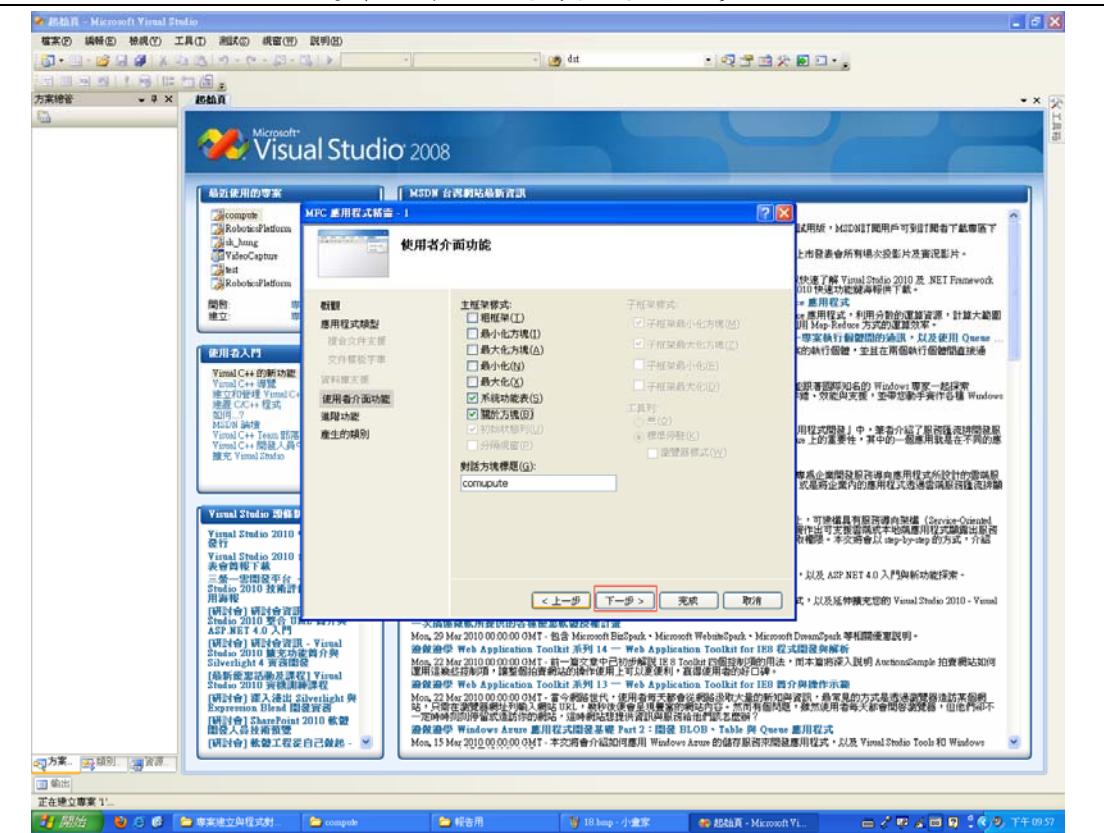
## 選擇 MFC 應用程式



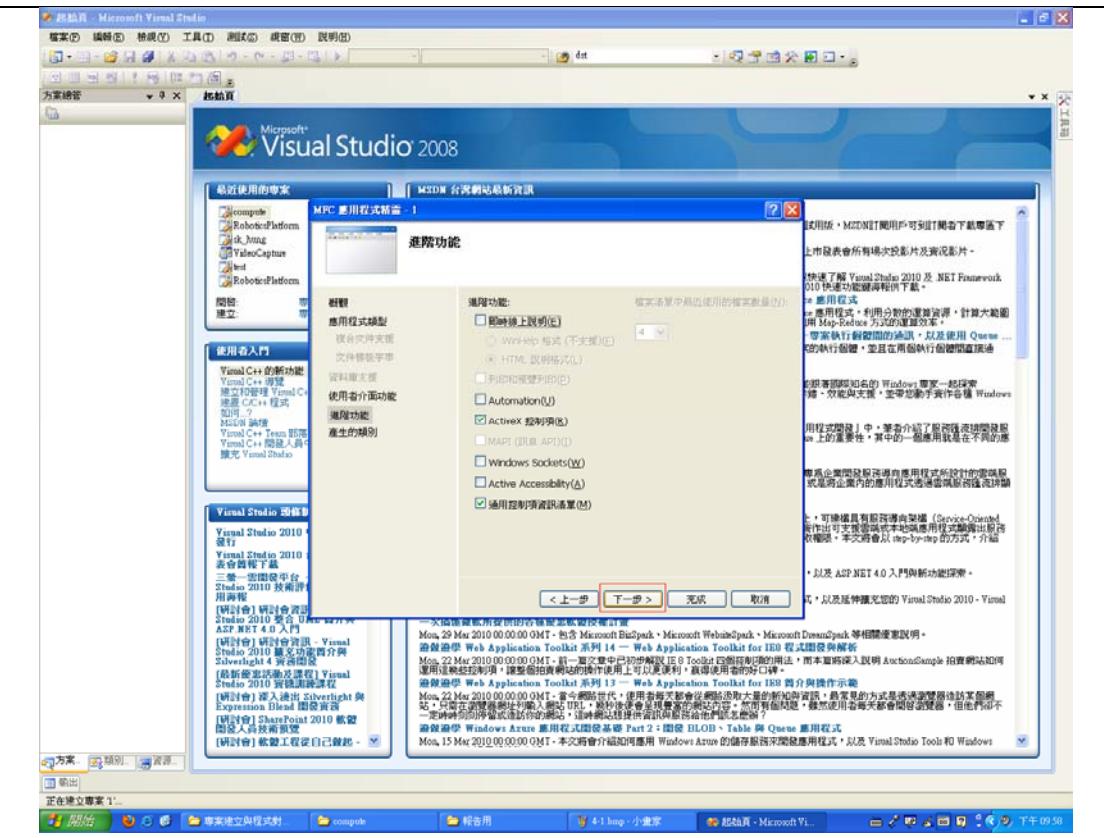
## 選擇下一步



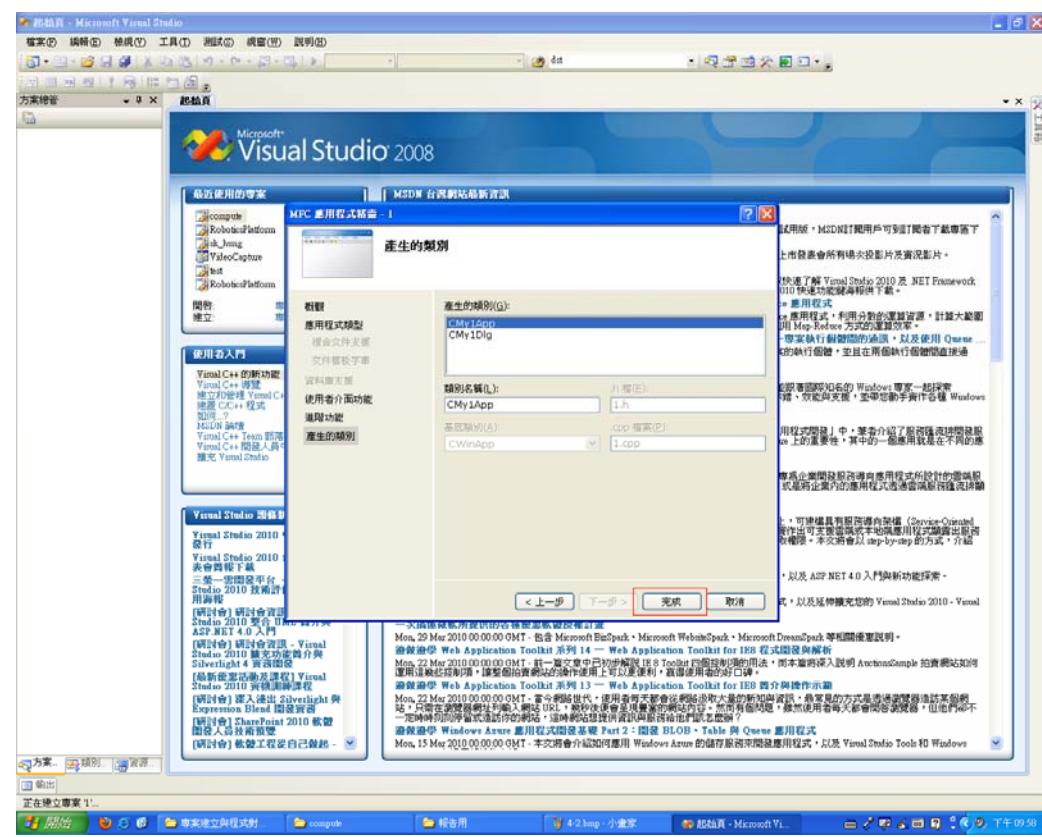
## 選擇以對話方塊為基礎 下一步



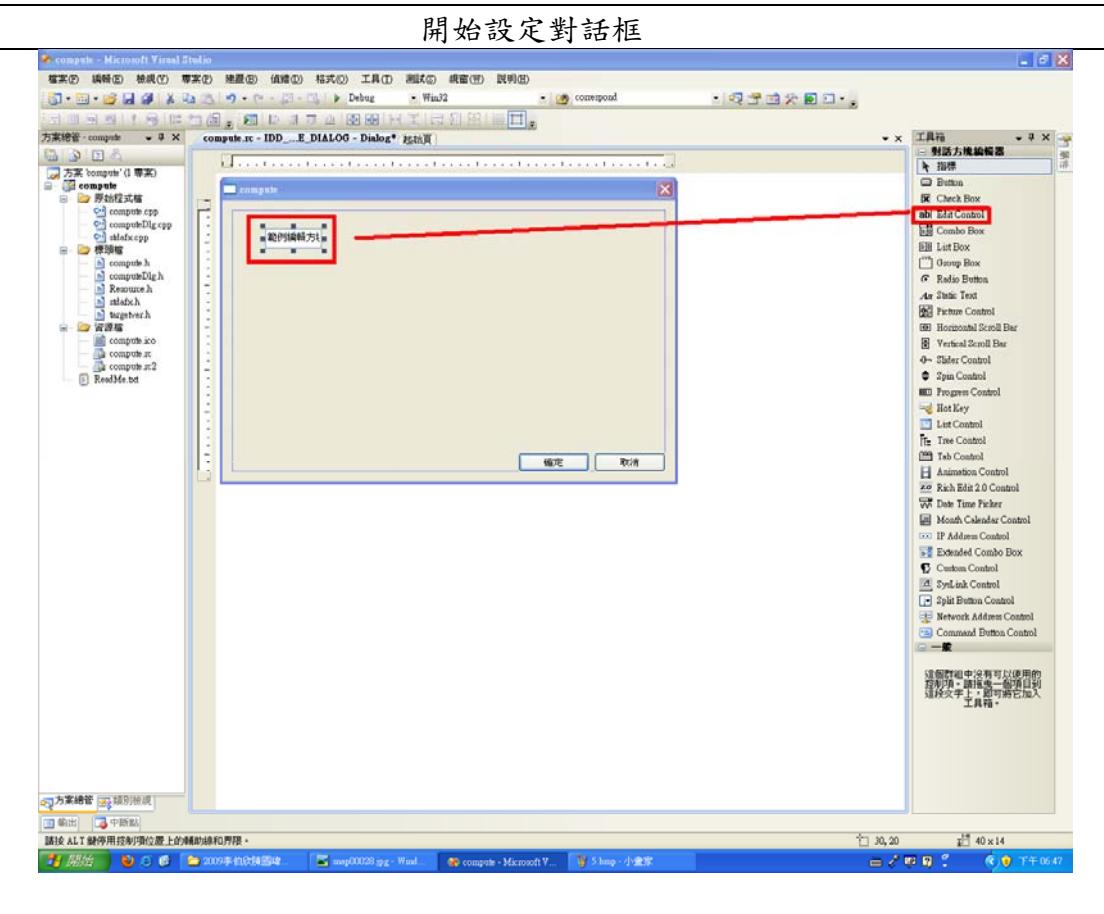
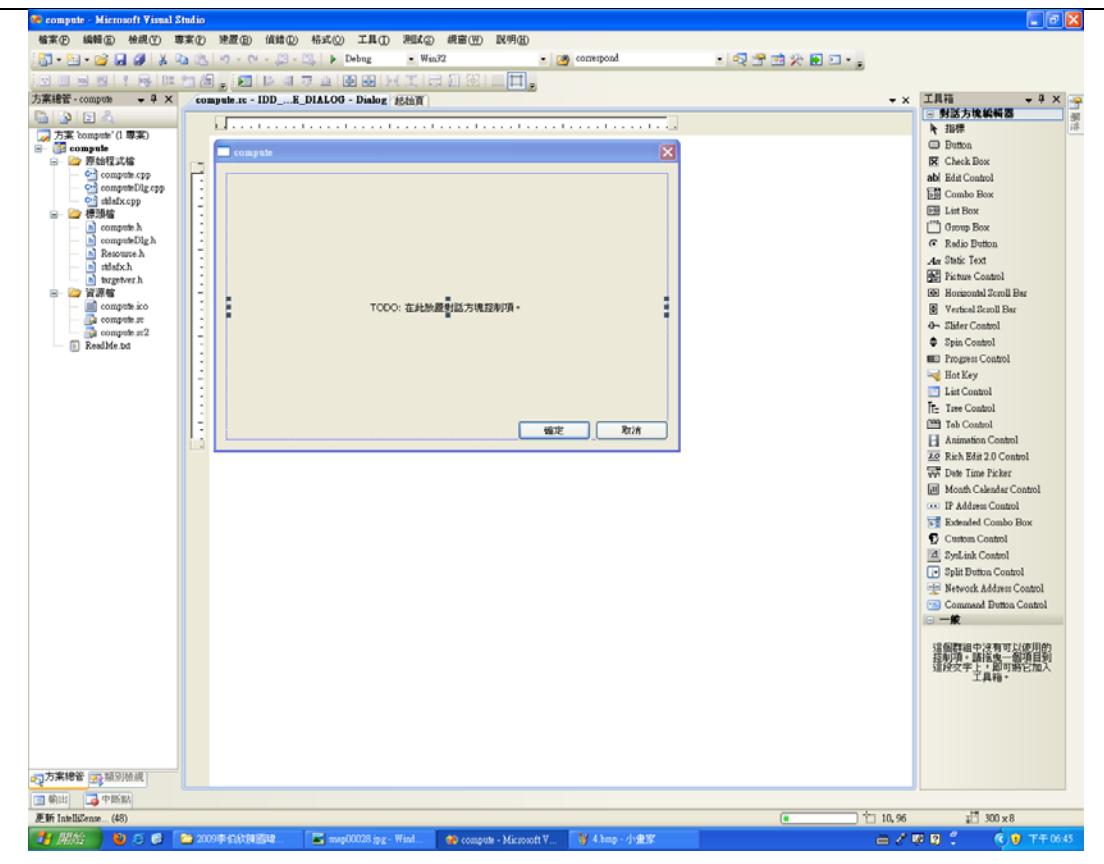
下一步



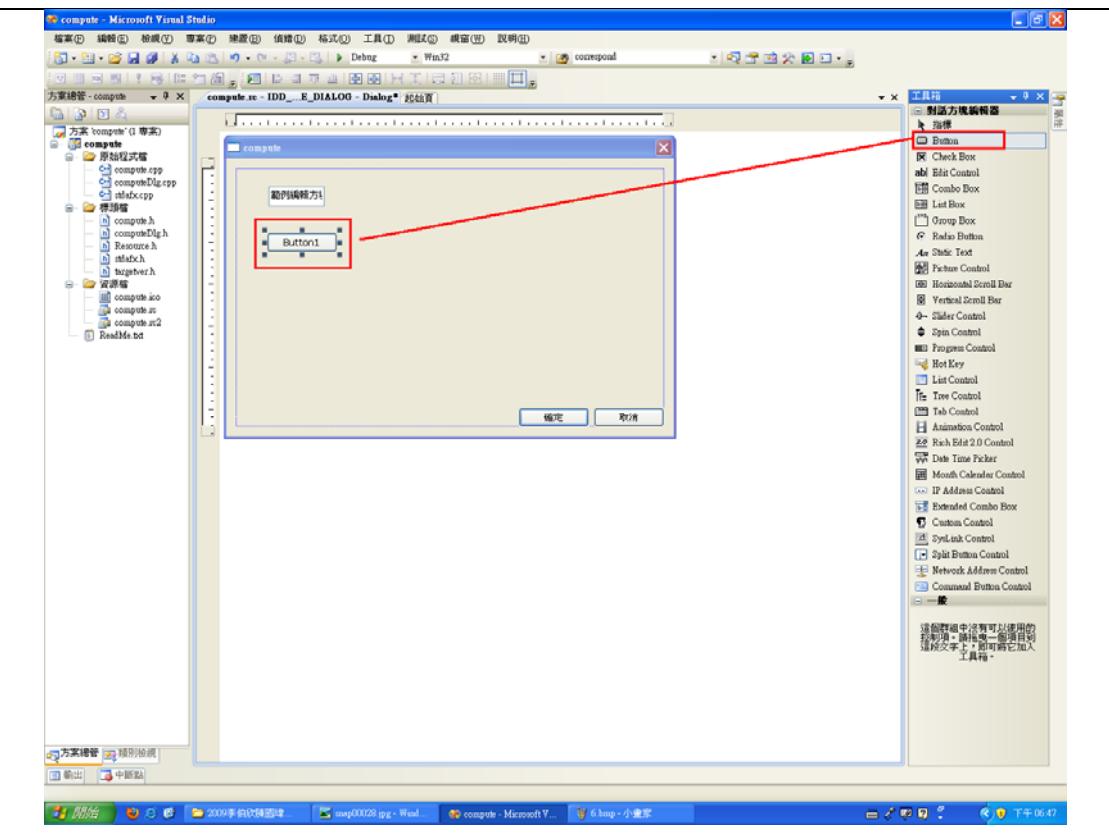
下一步



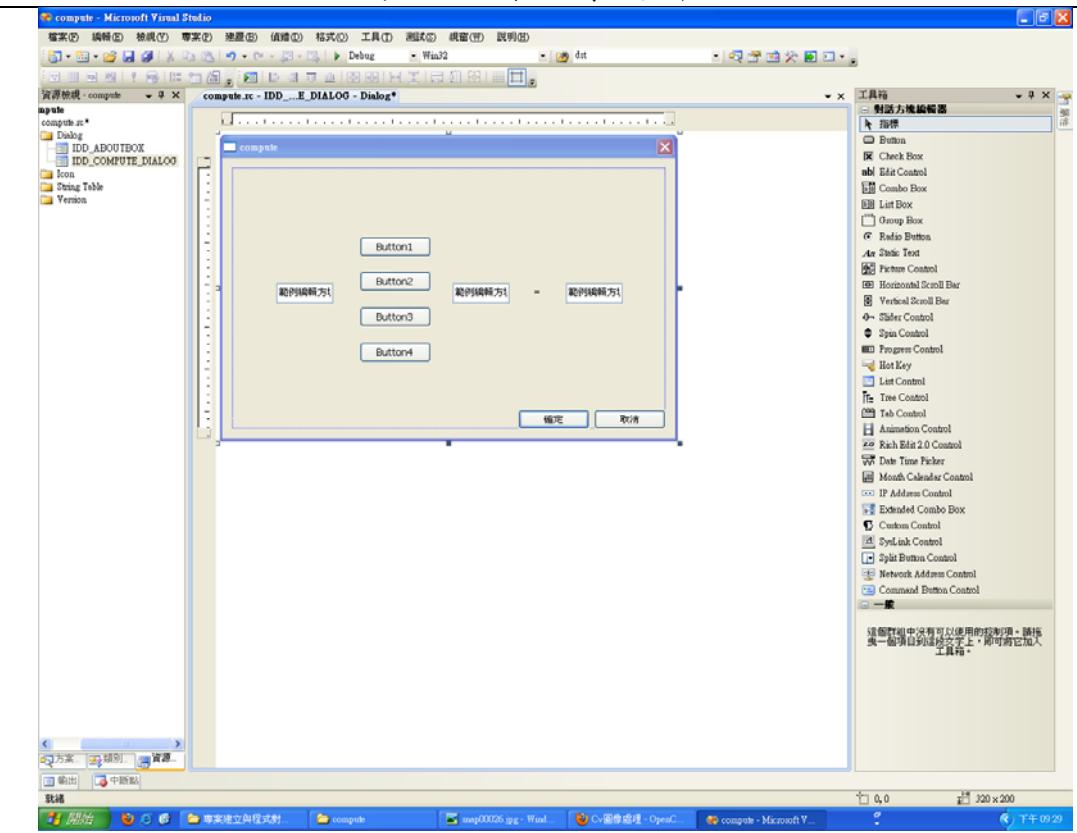
完成



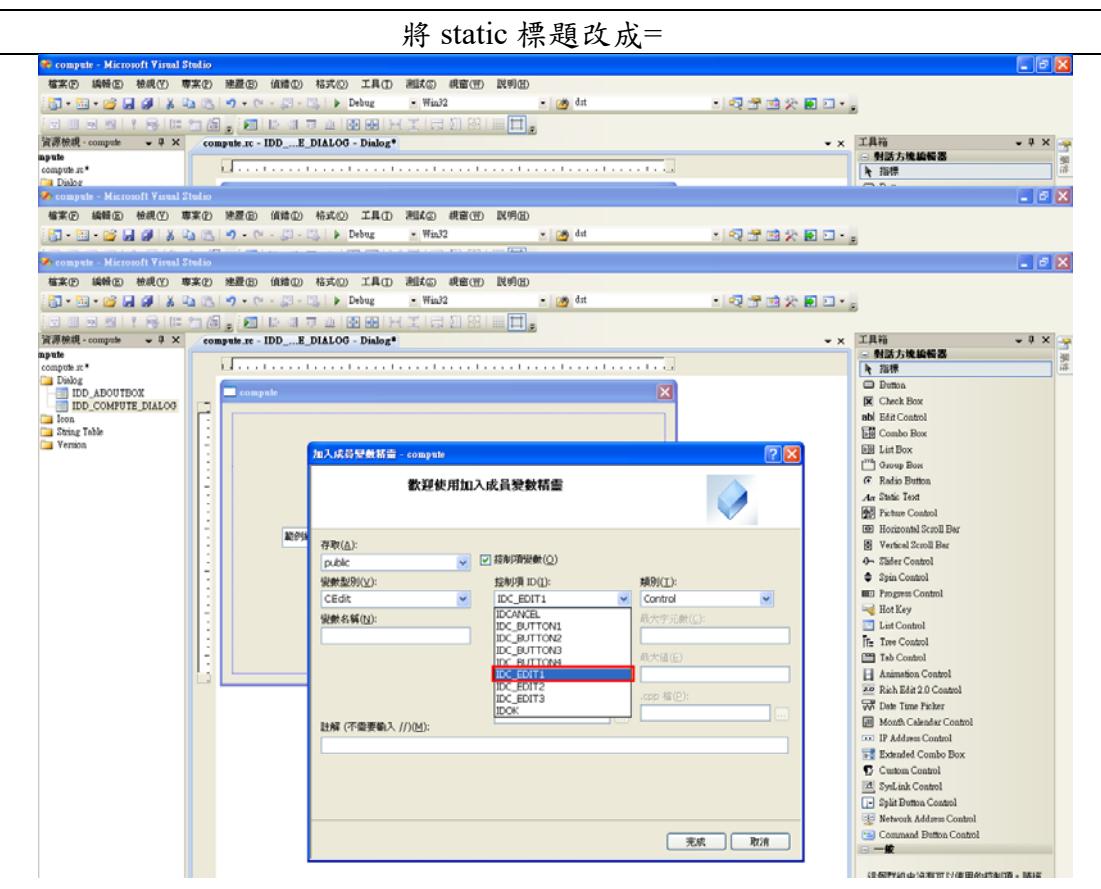
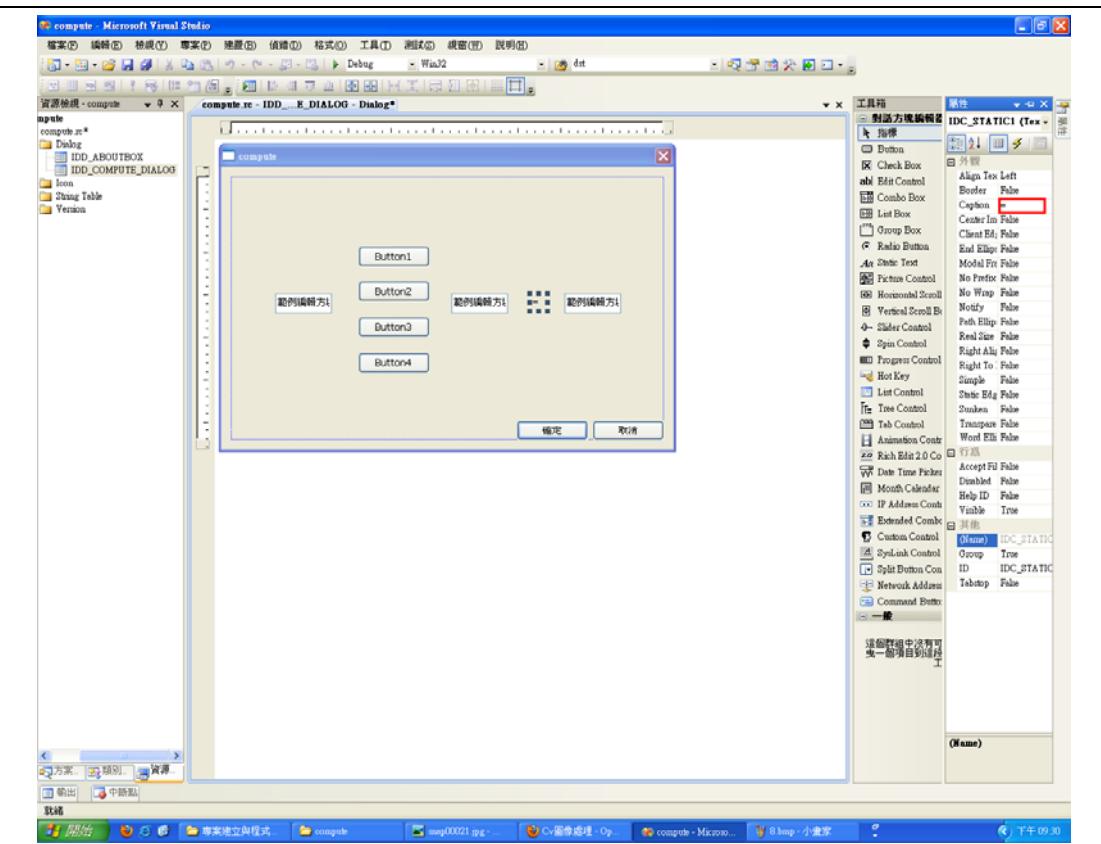
將 edit control 拉至對話框中



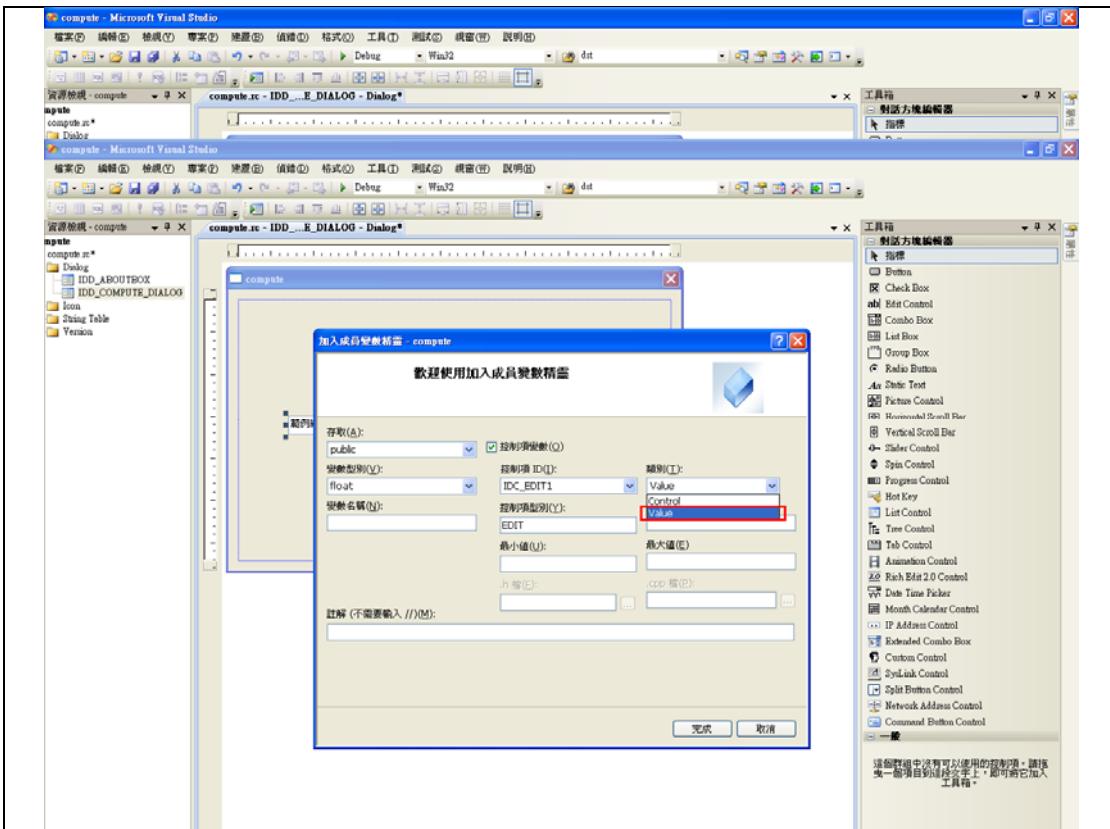
將 Button 拉至對話框中



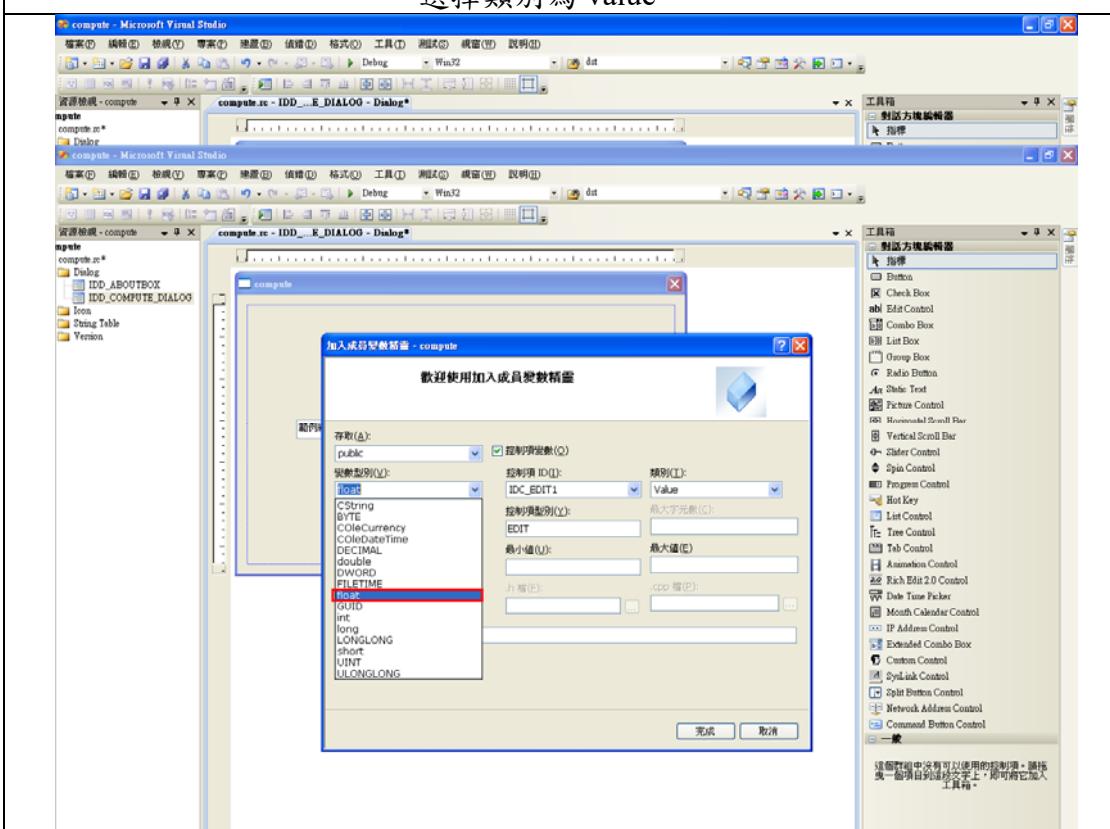
以排列整齊



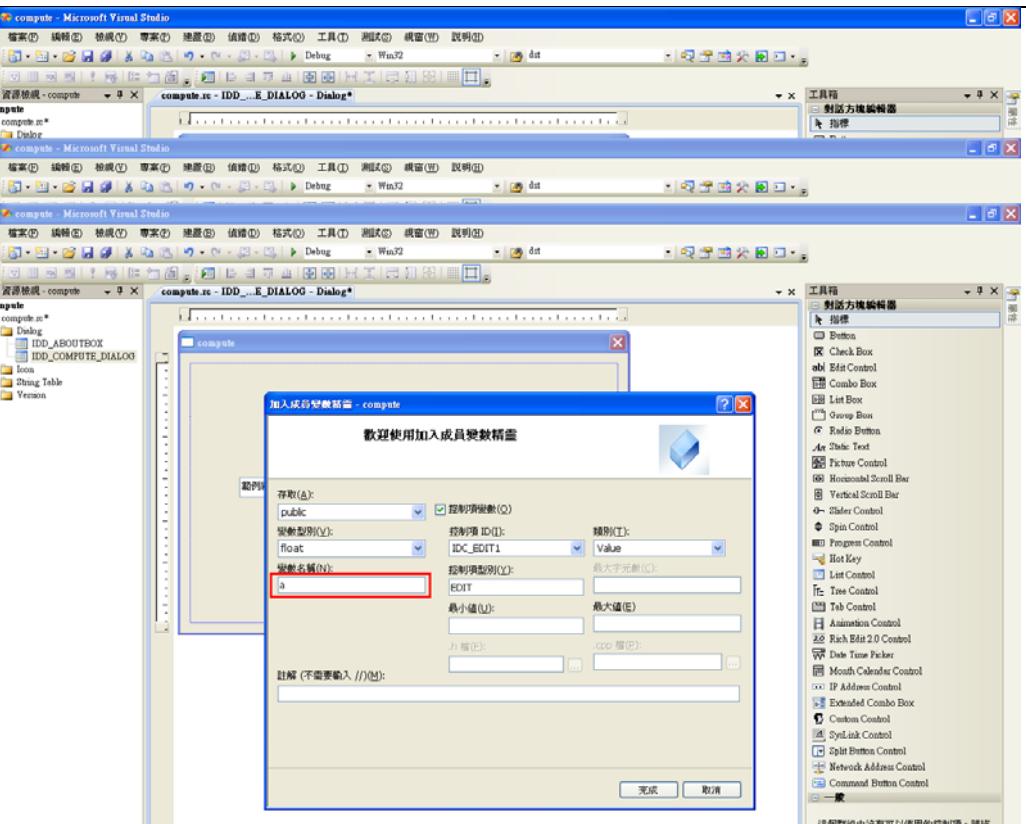
选择设定 edit



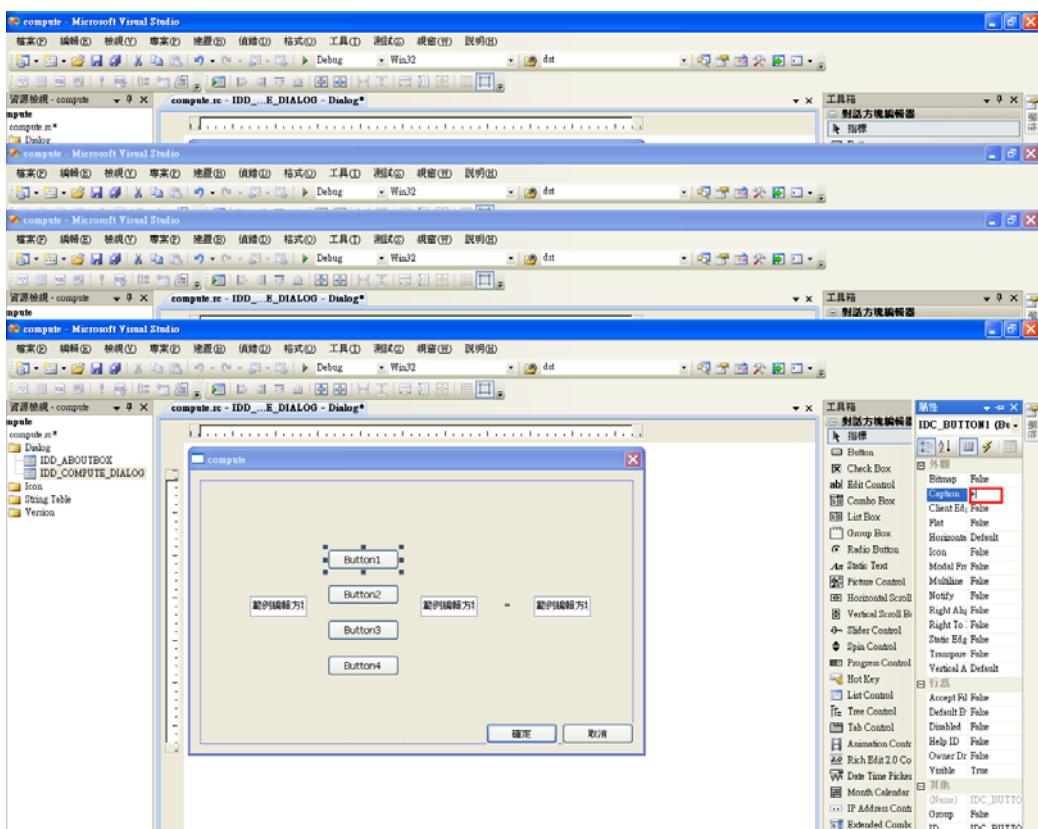
選擇類別為 value



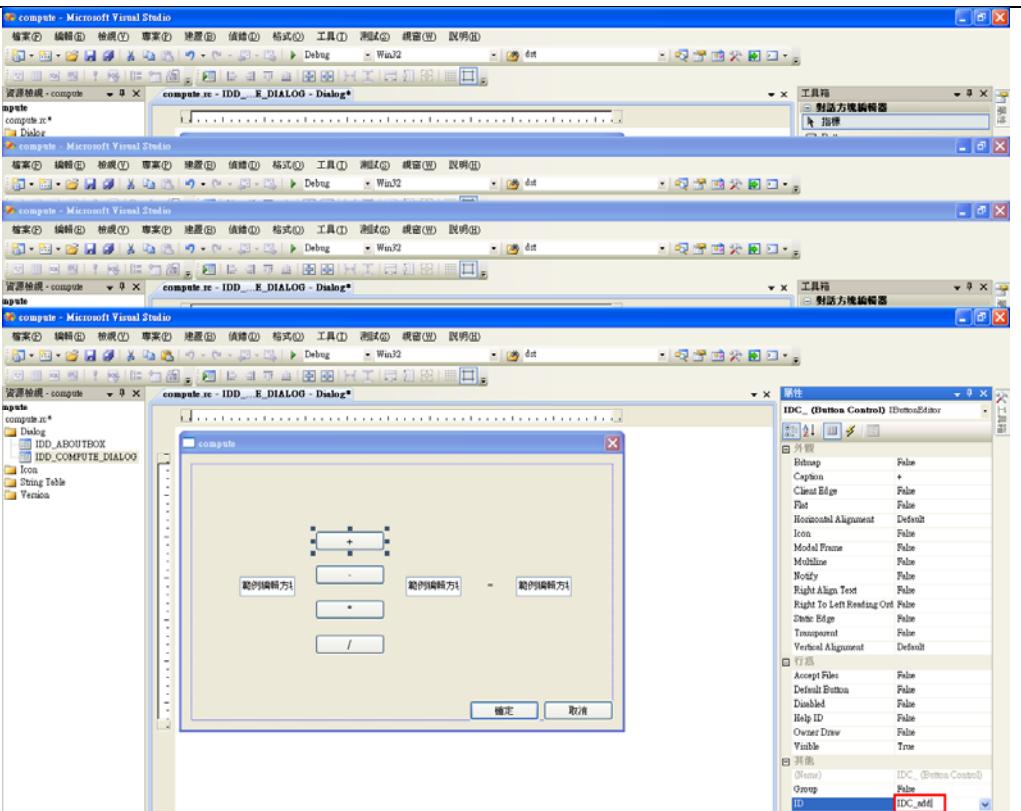
選擇參數類別為 float



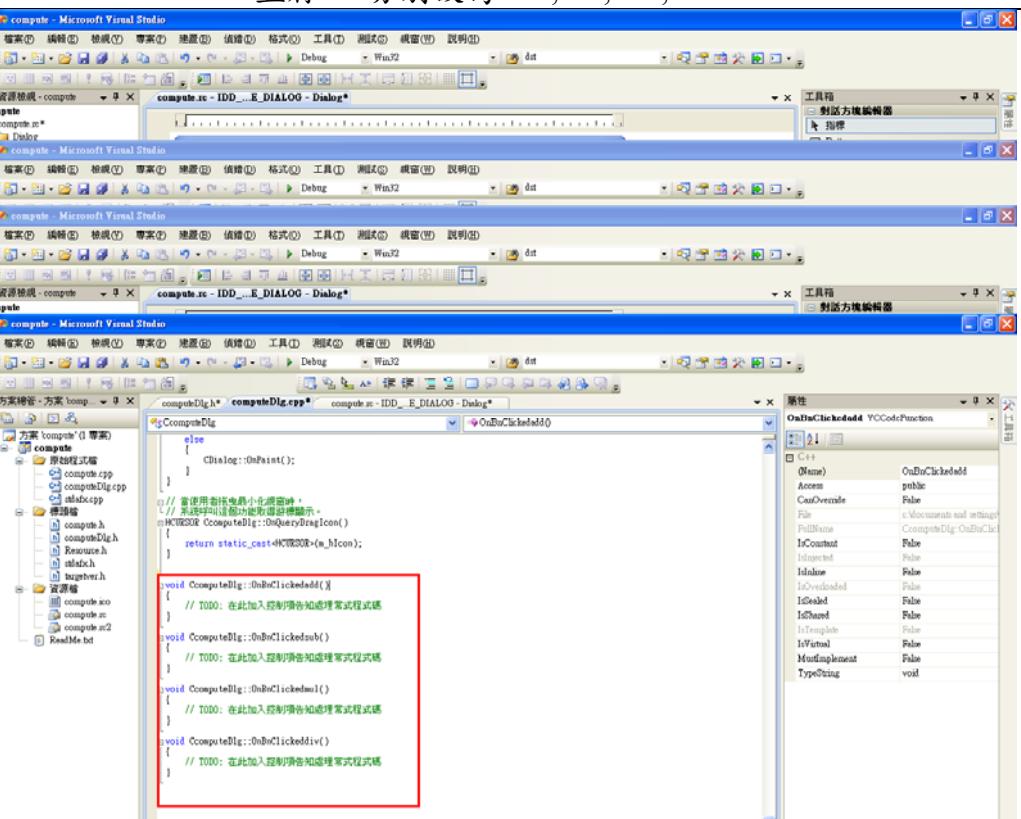
設定參數名稱為 a 並將其他參數以一樣的方式設定好參數(b,c)



將 button 標題分別設為+,-,\*,/



並將 ID 分別設為 add,sub,mul,div



將參數函數打在程式碼中

compute [執行] - Microsoft Visual Studio

```

    void ComputeDig::OnBnClickedAdd()
    {
        UpdateData(true);
        c+=b;
        UpdateData(false);
    }

    void ComputeDig::OnBnClickedSub()
    {
        UpdateData(true);
        c-=b;
        UpdateData(false);
    }

    void ComputeDig::OnBnClickedMul()
    {
        UpdateData(true);
        c*=b;
        UpdateData(false);
    }

    void ComputeDig::OnBnClickedDiv()
    {
        UpdateData(true);
        c/=b;
        UpdateData(false);
    }
}

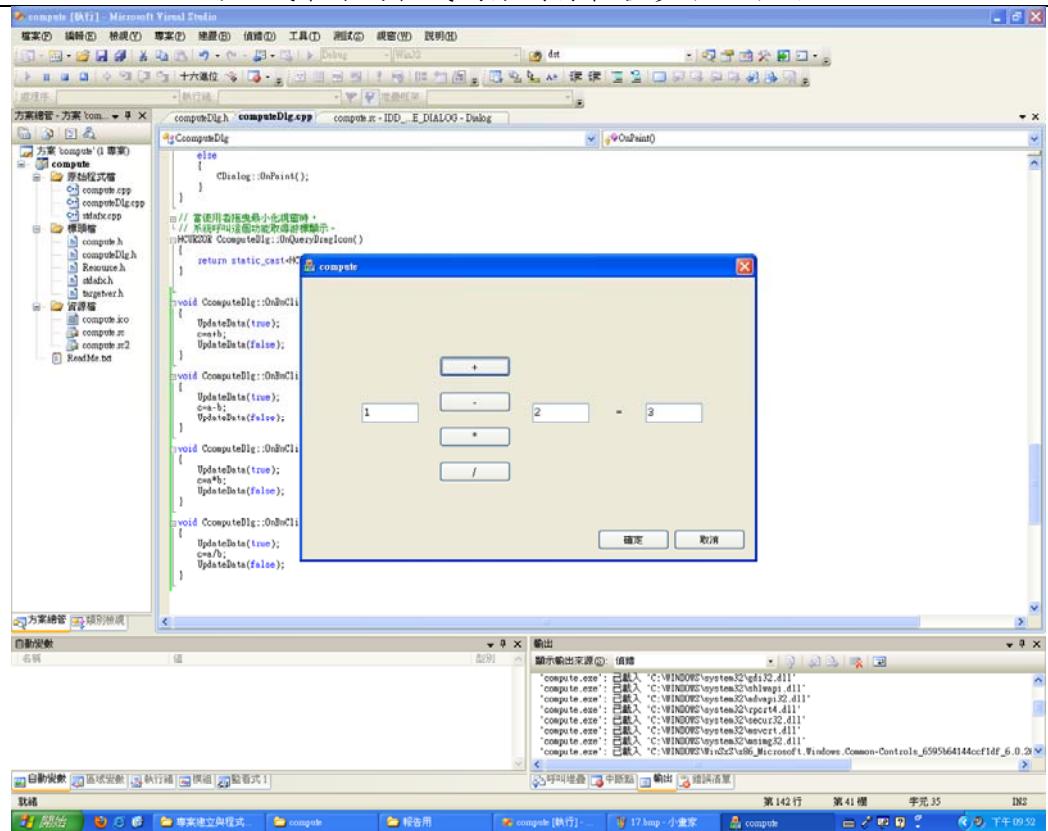
```

輸出

自動變數 記憶體 執行器 檢視器 監控視窗 | 呼叫堆疊 中斷點 執出 | 錯誤清單

第 142 行 第 41 樣 字元 35 INS

將加減乘除的程式碼分別打在各參數函數內



按 F5 Debug 成功做出計算機小程式

結論：

在此小計算機的程式中，學會並了解一些 MFC 基本的對話框程式設定及操作方式，以利之後專題更快瞭解並撰寫程式碼。

### 附錄三 研讀 OpenCV

#### 何謂 OpenCV?

OpenCV 是一個開源的電腦視覺程式庫，該庫是用 C 和 C++ 和運行在 Linux，Windows 和 Mac OS X 上有積極的發展接口上為 Python，紅寶石，MATLAB 和其他語言。OpenCV 中的一個的目標是提供一個易於使用的電腦視覺的基礎設施幫助人們建立相當複雜的視覺應用迅速，還包含一個完整的，通用的機器學習庫，這子程式庫的重點是統計樣本的識別和群組。

#### OpenCV 之運用

在 OpenCV 中庫包含超過 500 個功能，在視覺跨越許多領域，包括工廠產品檢驗，醫療成像，安全性，用戶界面，攝像機標定，立體視覺和機器人技術。例如，大多數人都知道它的使用有些在監測，和許多人還知道，這是越來越多地用於圖像和視頻在網絡上。有些利用電腦視覺在遊戲界面。然而，很少有人意識到大多數空中和街道地圖圖像（如谷歌的街景）大量使用攝像機標定和圖像拼接技術。幾乎一切，是大規模生產的自動檢查已在某些時候使用電腦視覺。

#### 電腦視覺？

電腦視覺是一門研究如何使機器「看」的科學，更進一步的說，就是指用攝影機和電腦代替人眼對目標進行識別、跟蹤和測量等機器視覺，並進一步做圖像處理，用電腦處理成為更適合人眼觀察或傳送給儀器檢測的圖像。

作為一個科學學科，電腦視覺研究相關的理論和技術，試圖建立能夠從圖像或者多維數據中獲取『信息』的人工智慧系統。這裡所指的信息指夏農定義的，可以用來幫助做一個「決定」的信息。因為感知可以看作是從感官信號中提取信息，所以電腦視覺也可以看作是研究如何使人工系統從圖像或多維數據中「感知」的科學。

#### OpenCV 的結構和內容

OpenCV 的大致結構分為五個主要部分，其中四個是顯示在圖 1-5。CV 的組件包含基本的圖像處理和更高級別電腦視覺算法，ML 是機器學習庫，其中包括許多

統計分類和聚類的工具。 HighGUI 包含 I / O 例程和函數用於存儲和加載視頻和圖像，以及 CXCore 包含基本數據結構和內容。

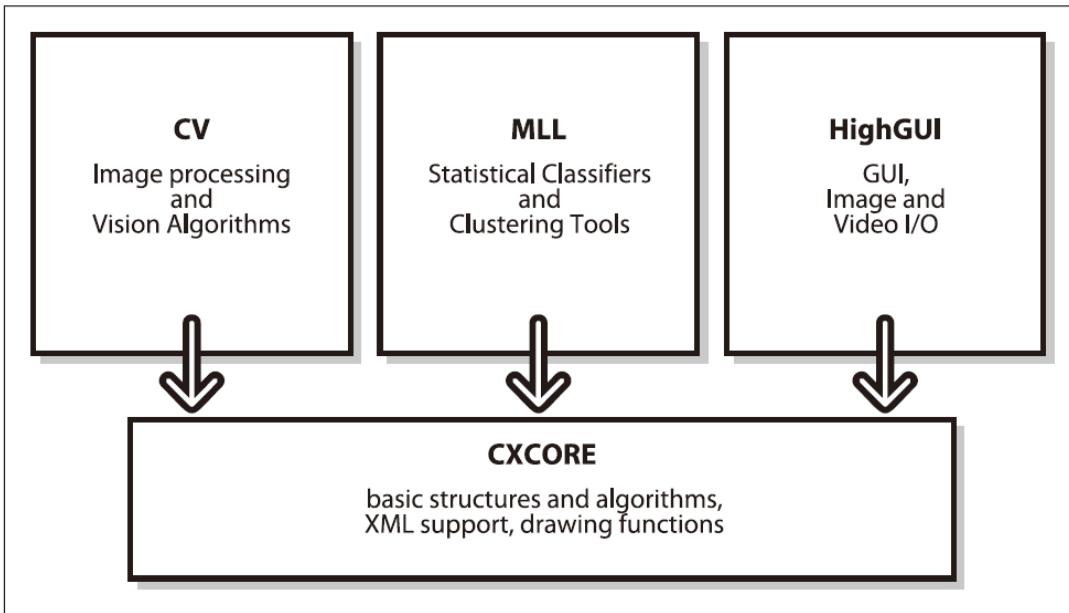


圖 1-5。 OpenCV 中的基本結構

- 特徵項，是一種計算上有效的識別技術，在本質上是模板匹配程序
- 一維和二維 HMMs，統計識別技術解決動態規劃
- 嵌入的 HMMs
- 從立體視覺支持的姿勢識別
- Delaunay 三角網的擴展、序列等
- 立體視覺
- 輪廓部位的形狀匹配
- 組織的描述符號
- 眼睛和嘴巴追蹤
- 3D 追踪
- 找到骨骼(中線) 在一個發生地點內的物體
- 使兩照相機重疊視野彎曲
- 背景，前景分割
- 視頻監控
- 攝像機標定的 C++ 類

這一些功能在未來可能遷移到 CV，我們可能永遠也不會知道。

結論：

OpenCV 是對影像處理來說是很好用的軟體，功能非常全面，如果你要進行電腦影像處理方面的程式設計就一定要使用 OpenCV，例如對電腦攝影機拍下的影像加上動畫的貼圖、還有對影像中的物體進行追蹤等，都可以使用 OpenCV。