
利用方格紙和 SciDAVis 開放軟體學習 數據繪圖

徐仲昕 江慶瑜 謝易呈 劉容禎 賈至達*

國立臺灣師範大學物理系

壹、前言

普通高中自然領域的 108 新課綱中除了規劃了必修的實驗之外，也規範了 4 學分的探究與實作的必修課程；不僅是普通高級中學，技術高中自然領域的新課綱中；也加入探究式課程的元素，讓教學可以迎合上時代的變化。依據此探究精神而延伸的彈性課程及加深加廣的選修課程，也會將探究與實作課程精神融入，並開發實驗量測和實作教材，其中一定會有相關數據與圖表的繪製教學。

我們常對學生說：一張數據圖勝過千言萬語，” One Graph Is Worth a Thousand Logs”，或者是” One Picture is Worth a Thousand Words”；數據是要經過整理、分析後，再精準地將結果或理念傳達，當然是不能造假的。一般數學、自然和科技領域中，國際上以 Letters 或 Communications 形式呈現的期刊(如 Journal of American Chemistry Society, Applied Physics Letters)對於論文的審查很嚴謹，連頁數都也限制，有時連圖表數目也會有限制，因此論文中要如何呈現的數

據圖數目也須審慎思量。要如何誠實又精準地表達研究成果是相當嚴肅的課題；顯見”圖(Figures)”在一篇論文中的重要性(參考資料 1)；學習如何進行數據分析並作圖顯示出合理的結果，是十分必要的。自然領域的探究與實作的課程，和學術研究的歷程類似，因此數據整理、分析、判讀與繪圖能力的培養，十分需要融入在中學探究與實作或相關探究式課程之中。

探究式教學從問題發現、建立模型、數據量測與分析以利於推理與論證，由推理和綜合討論、判讀和反覆驗證，因而得到研究結論，到最後進行成果發表，要讓大家都了解實驗或實作成果所包含的科學意涵；而這整個過程中，多半都需要透過數據圖表的呈現，才會有利於判讀而建立合理的模型，再由數據統整、反覆驗證而得到結論。數據圖表的判讀，不僅是報告人需要有繪製科學圖表的經驗，聽眾們也需要具有數據圖表判讀的能力。如果學生有繪製科學數據圖表的經驗，對於了解他人報告實驗數據，也具有較好的能力；因此製作圖表的過程，是”閱讀理解”素養的培養，是”分析與發現”的重要因素之一，更是”建立模型”不可或缺的能力；

*為本文通訊作者

也是發表成果或與他人”討論與傳達”時的基礎功夫；因此數據圖表的整理與分析的能力，會和學生的學習表現有相當高的關聯性。

常見的數據繪圖軟體多以 Excel 為主，是一個不錯的資料和數據處理的軟體，對於文章資料的整理上很方便，可是對於科學資料分析、進行科學性的報告上卻有些專業上的不方便。雖然市面上還有許多數據繪圖的軟體，功能也相當齊全，但是一開始就使用商業的繪圖軟體不僅成本高；學生們對於繪製數據圖的一些基本原則不容易立即掌握；更有學生因為方便而使用盜版的商業數據分析軟體；如 Origin、SigmaPlot 等，而衍生著作權的問題。本文介紹一個科學數據資料分析的教導課程，一方面可以融入探究與實作的課程內容，另一方面也可以減少盜版的問題。本文介紹的教學步驟是先由方格紙的數據繪圖開始，介紹繪製數據圖表的一些基本原則；第二部分為數據繪圖的開放軟體使用教學，即是用 SciDAVis 進行實作練習的課程；將上述兩者連過成一個教學模式，讓老師和學生可以一起使用與共同學習。

貳、方格紙練習題：

利用作圖顯示探究的成果，是一個重要、且需要培養的能力；探究問題時，學生必須閱讀相關資料和進行實驗，需進行推理分析，解釋數據圖中要傳達的訊息；但不僅如此，還必須有能力可以即時的看懂演講者報告中、或是論文中的數據圖表，

甚至上台進行報告時都需要圖表，這些在學習每一個學科都是必要的過程。許多科學教學的網頁，也都強調數學或科學的初學者，學習用手繪製數據圖是很重要的學習過程(參考資料 2)。

利用方格紙繪圖，是繪製科學繪圖的基礎練習；老師可以在繪製數據圖之先或之後告知繪圖的要點，而當學生練習過一、兩次後，學生們對於繪製數據圖有了初始的概念後，後續使用 SciDAVis 或是商業軟體時，比較容易避免那些常犯的錯誤，讓文字和口頭報告中實作成果的呈現，讓人容易理解。以下就利用方格紙繪製數據圖時，應注意的幾個要點做簡要說明：

一、選定坐標

繪製數據圖或是函數圖，先要選定坐標軸。數學上橫軸(水平軸)是獨立變量(以 x 表示之)，相依變量是縱軸(以 y 表示之)，也就是垂直軸，即數學式： $y=f(x)$ ；例如線性關係式 $y = ax + b$ ，其中 y 是相依變量， x 為獨立變量，而 a 、 b 為定值。在繪製數據圖時，縱軸和橫軸都需要標明時驗所量測的變量名稱和單位，也需要儘量用到所有方格紙的範圍去表示數據點，才能夠比較清楚表示出其意義，而讓人理解。

通常方格紙是 A4 大小、每方格是一公分見方，因此約有 20 公分x28 公分的範圍可以用於繪圖。橫書或是直書，沒有一定的規定；但縱軸和橫軸的比例尺必須選擇適當且合理，以便使所有的數據點盡可能充滿整個圖面的空間。

在數據繪圖中， $x-y$ 軸變量和其單位的正確性是必需的。標準格式通常是：變量（單位），括號中為該變量測量的單位。變量及其相關單位；例如 $t(s)$ ，表示以秒， s ，為單位的時間 t 。

二、數據點

繪製在圖形上的實際數據標示稱為點或是數據點。在數學中，它們包括一組稱為坐標的數字，這些坐標表示函數 (x) 的輸入及其對應的輸出 (y)。坐標被寫為 (x,y) ，其中獨立變量 x 的值在相依變量 y 的值之前。 (x,y) 點代表收集的數據。例如一個化學沉澱反應測量溶液中的沉澱物的質量 M 隨時間 t 的變化，那麼數據點表示為 (t,M) ，其中時間 t 作為獨立變量，質量 M 為相依變量。在方格紙上作圖時，選擇好 t 和 M 坐標之後，可以用鉛筆將數據 (t,M) 點出。如果實驗中有些看起來偏離變化趨勢的數據點，是不可以刪除的，但是可以考慮不要納入繪製趨勢線或是數據擬合。

三、線性關係或關係曲線

教學實驗通常不容易進行數千次數據測量，且只能在某些物理量的區間內進行測量，例如每 5 秒測量一次、共測量 300 秒的時間而有 60 各數據等。因此在實驗數據中的許多圖形，都有範圍的限制，而在數據範圍內可以用趨勢線(直線或曲線)來

表示數據點的函數關係。通常用一個數學函數繪製成圖形時，所有的點都完全落在直線或曲線上，因為所有的點都由函數求出來的。然而在用實驗量測所得的數據繪圖時，數據點也是會用一未知的函數線來表示，而此函數線表示獨立變量 x 和相依變量 y 間有著某種基本的規律；但是科學的實驗常伴隨”不準度”(Uncertainty)，這意味著所有實驗測量的數據，與數學函數點不同，多數數據點不會直接落在擬合趨勢線上，而是在某種不準度的範圍內；因此數據圖的擬合曲線，被稱為最佳擬合線或趨勢線。最佳擬合線或趨勢線通常是以線性回歸等方法求得擬合線(參考資料 3)。經由一組數據點求得擬合線，該擬合線就代表實驗在此範圍內的相依變量和獨立變量的關係，就不再依照數據點來判定兩者關係。

學生練習繪製數據圖需要一組數據，教師可以用以往實驗課的數據，或是利用表一的數據；進行方格紙的數據繪圖。表一的數據是以簧片共振頻率 $f_R(\text{Hz})$ 受兩磁鐵間距 $d(\text{cm})$ 改變，而產生變化之實驗數據進行練習。此實驗數據是 2010 年的 11 屆亞洲物理奧林匹亞實驗考題的結果之一(參考資料 4)，圖 1 為實驗裝置的示意圖。物理的原理是因為磁力改變，而造成共振頻率改變，表一數據所顯示的是兩磁鐵相斥時的共振頻率。

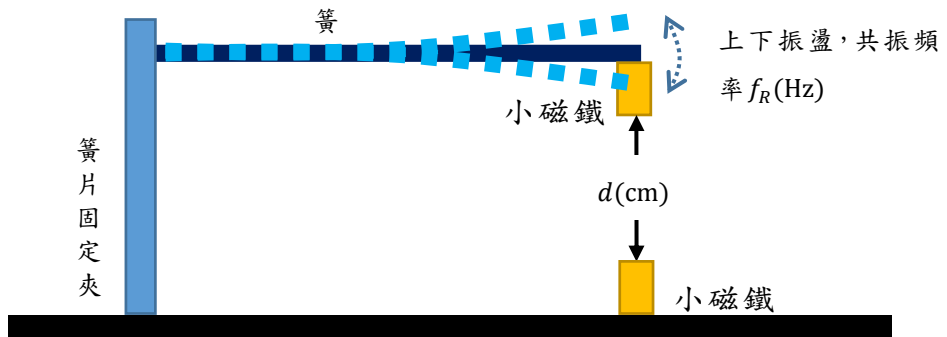


圖 1、簧片共振頻率受兩磁鐵間距改變，及磁力改變，而產生變化之實驗示意圖。

表一：兩小磁鐵的間距和共振頻率的數據表

兩磁鐵間垂直距離 $d(\text{cm})$	共振頻率 $f_R(\text{Hz})$
1.85	26.67
1.75	26.68
1.65	26.70
1.55	26.73
1.45	26.77
1.35	26.84
1.25	26.89
1.15	26.96
1.05	27.14
0.95	27.35
0.85	27.67
0.75	28.15
0.65	28.81
0.55	29.75

在老師教學的部分：此部分是以方格紙進行繪圖，並作討論；主要是同學用方格紙進行自主作圖練習為主，期待學生能夠自我學習到繪圖的要點。因為繪製出好

的數據圖有好幾種的認定方式，要學生能夠親自動手繪製，老師在旁引導和同儕觀摩，自能體會其中的要訣。以下依據表一，以循序漸進的方式提出三個練習。

練習一：將表一的數據繪圖，即共振頻率 f_R 對距離 d 作圖。

教學活動：(以下三種都適用，依照學生的學習狀況而定)

1. 在學生繪圖之前，老師先告知上述的繪圖要點後，學生再進行繪圖。
2. 教師可以在學生繪圖同時，提醒如前所述的繪圖要點。
3. 待學生繪圖結束之後，請學生們自行互相觀摩，找出比較適當的模式。

請學生繪製兩張共振頻率 f_R 對距離 d 的作圖，以提供練習二和練習三使用。

練習二：假設共振頻率 f_R 和距離 d 是指數衰減的形式，即 $f_R = Ae^{-kd}$ 其中 k 為衰減係數， A 為正比常數，則

$$\ln(f_R) = -kd + \ln(A) \quad (1)$$

利用(1)式，將 $\ln(f_R)$ 對 d 作圖。

教學活動：

1. 由表一的數據增列一行，利用(手機)計算機求 $\ln(f_R)$ 數值，並將其記錄在表一增列的行中。
2. 利用公式(1)，引導學生在練習一的方格紙中將 $\ln(f_R)$ 數據對 d 作圖，此時教師還是可以在學生繪圖同時，提醒上述的繪圖要點。
3. 此時在練習一中的方格紙上會有兩個數據曲線，僅有一個橫軸(距離 d)，但是有兩個縱軸， f_R 和 $\ln(f_R)$ 。待學生繪圖結束之後，請學生們自行互相觀摩，並對圖形關係進行討論。

練習一是基礎的繪圖練習，一個橫軸，對應到一個縱軸，且其中僅有一條曲線，而且不容易看出簧片共振頻率 $f_R(\text{Hz})$ 和兩磁鐵間距 $d(\text{cm})$ 的函數關係。以下的練習二提出雙縱軸的繪圖練習，同學可以直接看出 $f_R(\text{Hz})$ 和 $d(\text{cm})$ 的函數關係。

練習二所獲得的數據圖有兩條曲線，含有一個橫軸，兩個縱軸；但一個數據圖有四個邊，所以不難想像是可以有一個數據圖可以有兩個橫軸，兩個縱軸。練習三所得到的數據圖就是會有兩個橫軸、兩個縱軸，以利於了解相依變量和獨立變量間的函數關係。

練習三：已知簧片在沒有磁鐵的狀況下的自然共振頻率為 $f_0 = 26.5\text{Hz}$ ，鼓勵學生提出假設，例如：假設 $f_R - f_0 \propto d^n$ ，或者是 $f_R - f_0 = A \times d^n$ ，求 n 的數值。(註：如果允許，可以說明有兩種方式繪圖，一是用全對數方格紙，或是計算對數值後作圖，以下針對後者作教學活動規劃。)

教學的活動：

1. 由表一的數據再增列兩行，利用(手機)計算機求 $\ln(f_R - f_0)$ 和 $\ln(d)$ 的數值，並將其記錄在表一所增列的兩行中。
2. 將 $\ln(f_R - f_0)$ 對 $\ln(d)$ 作圖，教師可以在學生繪圖同時，提醒繪圖的要點，引導學生利用方格紙的四邊都可以是座標軸。
3. 待學生繪圖結束之後，請學生們自行互相觀摩，找出比較適當的模式。

此章節最後請學生們將所繪的數據說明，並討論優缺點，讓學生了解數據作圖需要注意的事項。至於物理現象的討論，並不是繪製數據圖時的重點，因此老師可以略去物理原理的討論，而針對繪圖需要的能力作引導和討論。

參、SciDAVis 開放軟體入門使用介紹

SciDAVis 具有跨平台以及免費的優點，使用相當容易，製作的圖表版面簡潔易懂，適合放進論文中、成果和研討論會報告中；雖然有些功能還不足；但是沒有版權或費用的問題，對於數據處理入門者的學習相當有助益。學習如何使用 SciDAVis，不僅可以繪製出專業的圖表，

易於讓聽眾了解實作或研究成果的意義，更有助於上述之科學素養與能力的培養，而且對於問題解決基礎能力、成果報告和研討會報告專業度；都能夠有所提升。

SciDAVis 是 *Scientific Data Analysis and Visualization* 字頭的縮寫(參考資料 5)，中文翻譯是：科學資料分析與視覺化，是一個數據分析和繪圖工具，基本使用方式和要付費的 ORIGIN 軟體相似。SciDAVis 是一個跨平臺的自由軟體，可以在 Window、Apple OS 和 Linux 等作業系統上執行。目的在於將實驗的數據、模擬的數據，或是理論計算的方程式等相關數據，由產生的數據表格輸入，繪製成常用的、易於理解的 2 維(2D)或 3 維(3D)的數據圖；數據圖以 JPEG 或 PNG 的形式輸出，可以

直接複製在文件中。使用過 ORIGIN 軟體的人，都知道數個數據繪圖，以及和與這些圖有關的所有數據表格可以保存在一個「project」中，因此該「project」是 SciDAVis 的存檔方式。

除了能繪圖外，也可以用以進行數據分析，例如常用的積分、外插，或是傅利葉分析等分析功能，都可以執行。以下針對 SciDAVis 的所需要的入門功能，逐一介紹，並依序可以是一個課程教學的模式，讓老師可以跟學生一起進行數據處理的”現場共同實作”。

肆、下載與安裝：

SciDAVis 自由軟體下載的網站是 <https://sourceforge.net/projects/scidavis/>，安裝容易，十分方便，使用手冊可以由 <http://scidavis.sourceforge.net/manual/> 下載，是以英文撰寫的手冊，內容針對每一個功能逐次說明，相當詳盡。

圖 2 顯示的為 SciDAVis 標準版面，(A)區為數據表格輸入的地方，表上方標題顯示 Table#編號；(B)為數據繪圖區，圖上方標題顯示為 Graph#；而(C)為數據分析時，顯示出分析的結果，標題顯示 Result Log，圖 1 中的數值為(B)中曲線擬合的結果。圖 2 中(A)和(B)區的位置可以自由移動。

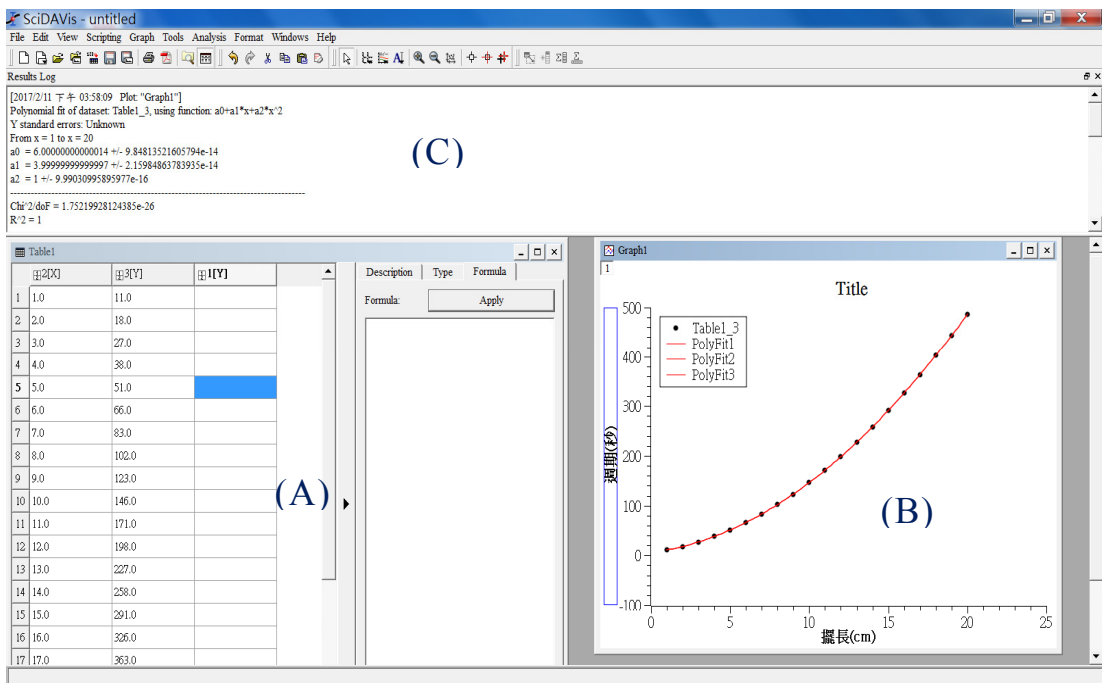


圖 2：典型的 SciDAVis 版面，(A)為數據表格(表上方顯示 Table)，(B)為數據繪圖(圖上方顯示 Graph)，而(C)為 Result Log 是數據分析的結果區。

伍、開啟 SciDAVis 與輸入數據

通常開啟 SciDAVis 軟體，見到的畫面如圖 3 所示，僅會顯示(A)數據輸入區。Table1 左邊 1[X]和 2[Y]兩欄可以輸入兩軸的數據，在其右邊是各個欄位數據的特性。我們可以手動輸入數據，也可以複製 EXCEL、MS-Word 等的視窗表單，貼在相關的欄位內。數據的形式可以用右邊的 Type 進行選擇，可以選數值(Numeric)、文字(Text)、月份名稱(Month names)、日期(Day names)、或是日期和時間(Date and time)。數據呈現的格式可以用 Format 進行選擇。有效位數必須以 Decimal Digits:

選定，原始的設定為 6 位，通常課堂上的實驗約有 2-3 位有效位數，而小數的位數更少，因此需要注意選取有幾位有效數字。

如果要輸入數據欄位的物理量名稱，可以用 Description，在 Name 的欄位中輸入物理量的名稱。若需要新增欄位，可以在欄位的上方按下滑鼠右鍵選擇 Add Columns；若是在兩欄位之間插入新欄位時，選取 Insert Columns。當 X 欄位已經填入時，如圖 4 所示，可以利用 Formula 在新的欄位輸入公式，並產生數值如圖 5 所示，將 d[X]欄位的數值乘以 10 倍。

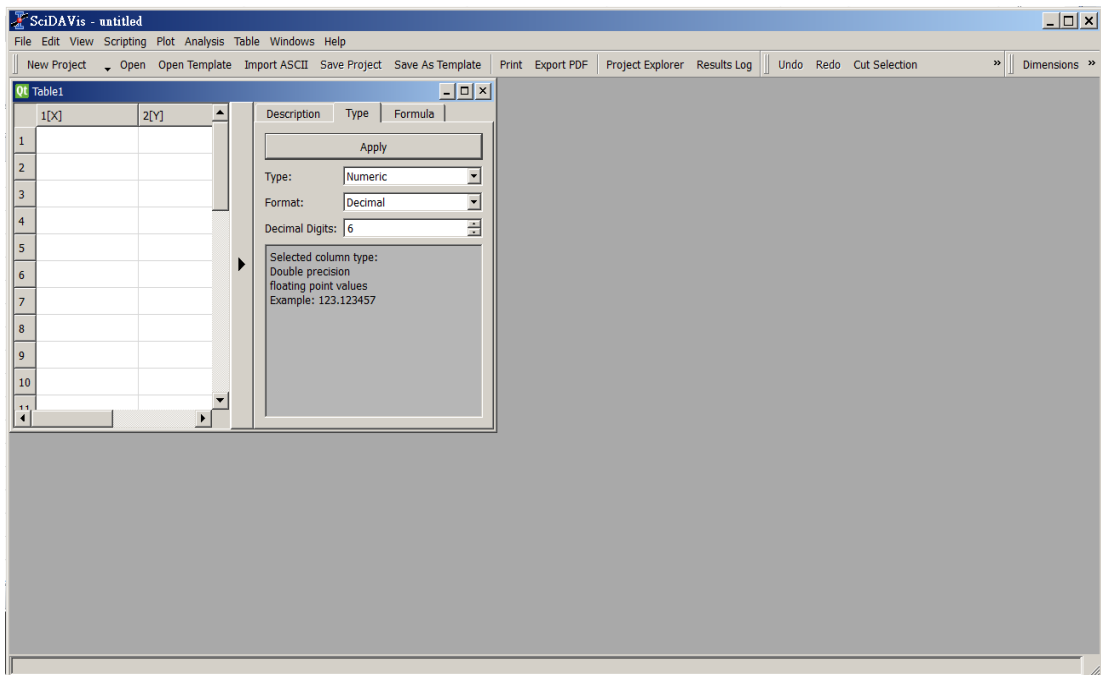


圖 3：開啟 SciDAVis 軟體首次見到的畫面，僅顯示 Table1。

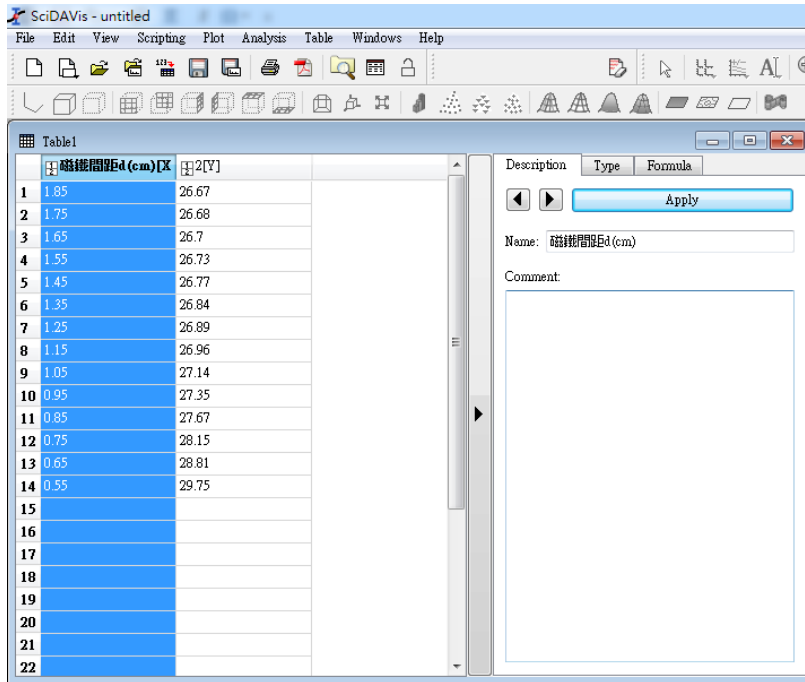


圖 4：利用 Table1 右邊的 Description、Type 和 Formula 輸入數據的物理量、有效位數，或是用相關公式產生與 1[X] 欄位的相關數值。

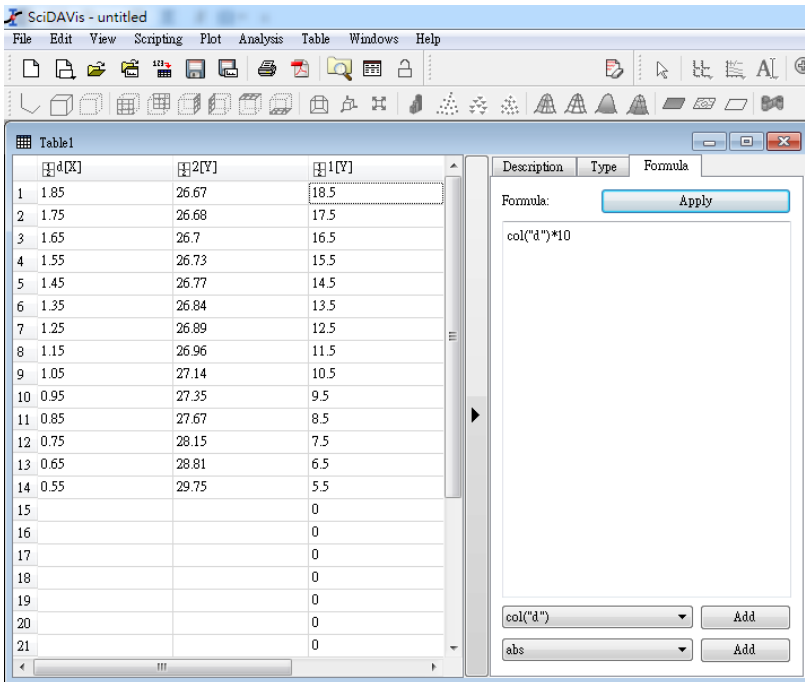


圖 5：當 1[X] 欄位數據已經輸入，可利用 Formula 產生相關數值。圖中顯示將 d[X] 欄位的數值乘以 10 倍。

陸、利用 SciDAVis 繪製 2D 數據圖表

當輸入實驗數據後，可以選取所要繪圖之數據欄位，進行繪製數據圖；主要有兩個方式選擇繪圖；一是選取數據欄位以後，按下滑鼠右鍵選擇最上方按鈕”

Plot”，並選擇想要的作圖法，如 Line、Scatter 等如圖 6(a)所示，也可以由最上方工具列(Tool Bar)上選擇” Plot”，如圖 6(b)所示；兩種方式都可以達成目的。當選取好想要的作圖 Line、Scatter 等型式之後，會出現圖表視窗，如圖 7 所示。

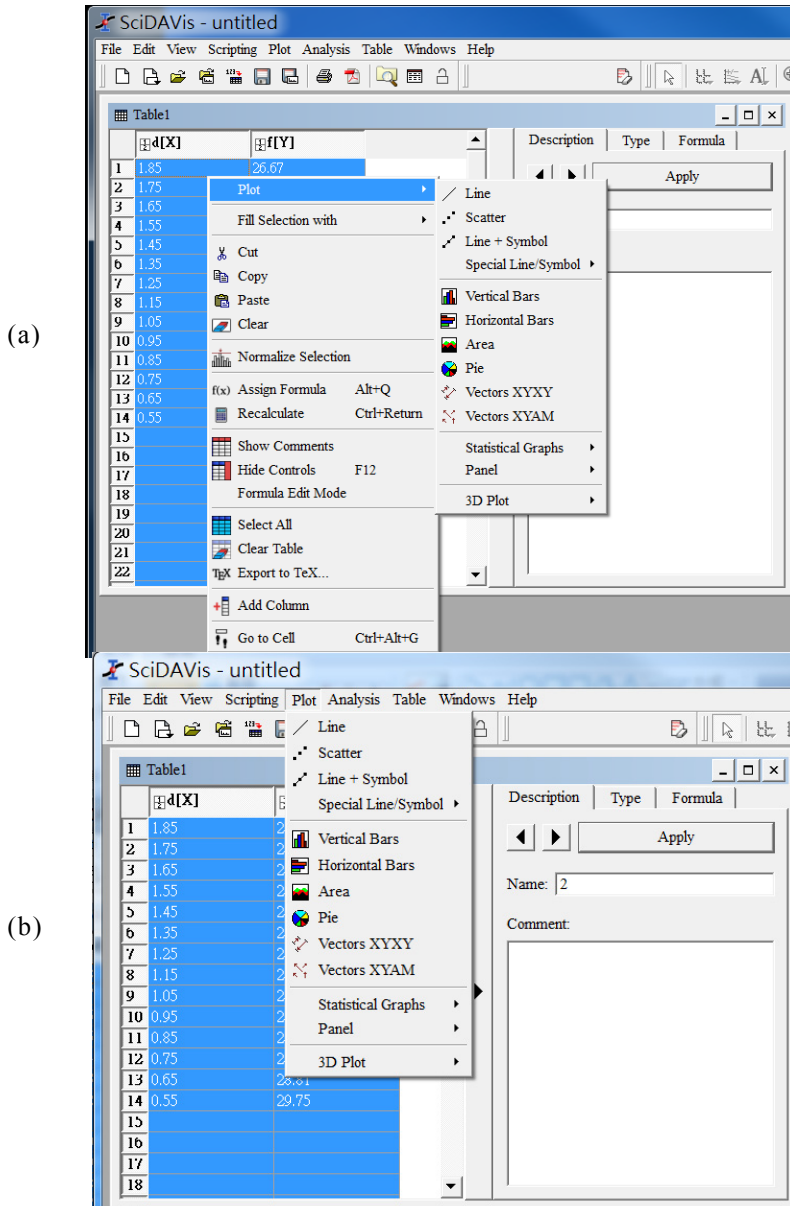


圖 6：(a)當數據輸入，按下滑鼠右鍵選擇最上方按鈕”Plot”後，所出現的畫面。(b)利用上方工具列(Tool Bar)的選擇鈕，選擇”Plot”出現的畫面。

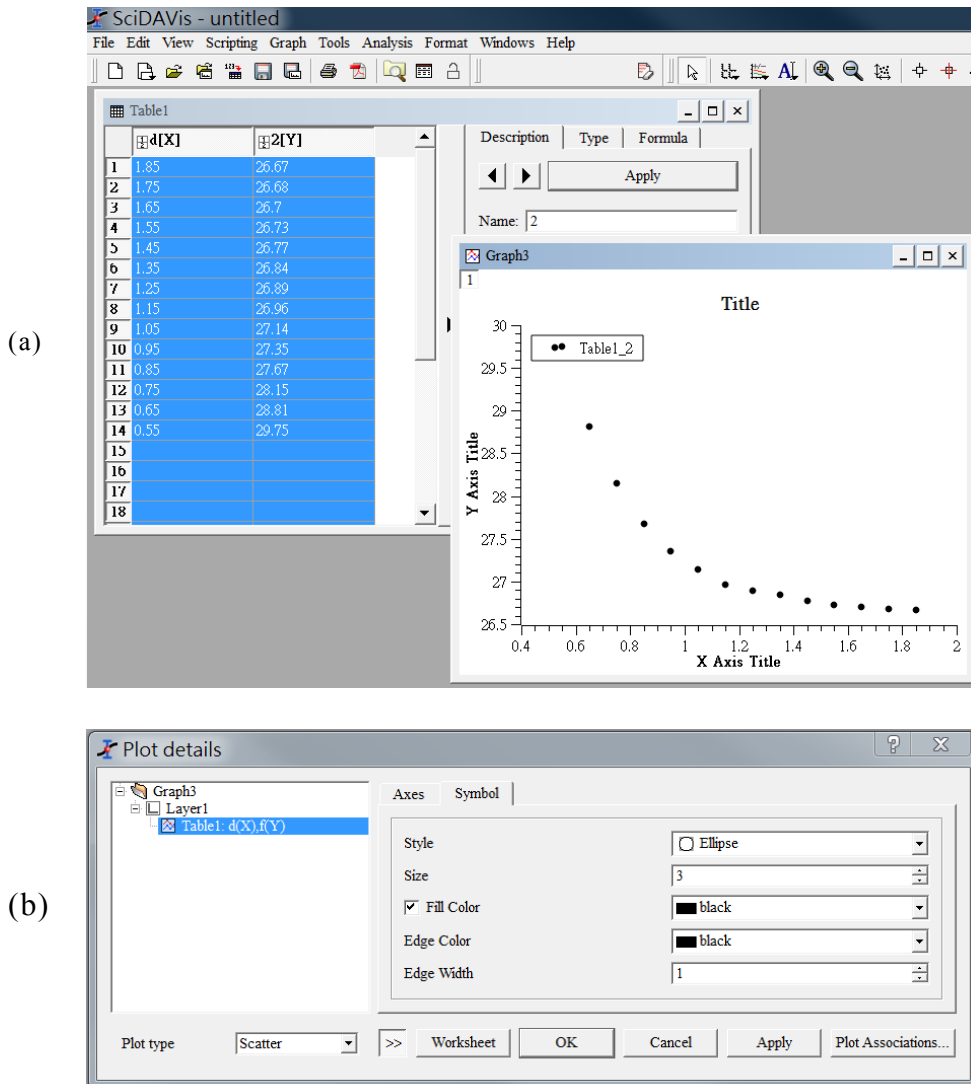


圖 7: (a) 顯示的是選擇 Scatter 所繪出的 2D 圖形，數據點大小和顏色都是內建的。
(b) 利用滑鼠在數據點上連接兩次，會出現更動數據點形狀(Style)、大小(Size)和顏色(Color)的畫面。

同樣的方式，可以更改圖形的標題 (Title)，在標題上用滑鼠連續按兩次之後，會得到如圖 8 的畫面，可改變標題顏色、字型(含大小)和位置，圖中藍色加強部分輸入了 f vs. d plot，但是在圖表中會顯示出 f vs. d plot；相同的，也可

以在 X Axis Title 和 Y Axis Title 上連續點兩次，輸入物理量與其所對應的單位，標示出 X 軸與 Y 軸代表的意義。

座標軸上的刻度，也是可以更改的，包括改變繪圖範圍、字型大小和格式，還有標線的向內、向外以及粗細。這些都可

以用滑鼠按兩下，進行變更。有時候為了數據顯示方便，會改變數據圖的範圍，此時可以在範圍(Scale)的地方做調整，如圖 9。格線(Grid)的選取是為了讓圖形易於比較；例如進行口頭報告時，報告者會將數據所處的範圍，加上格線，以加深觀眾印象。此處也可以對 X Axis Title 和 Y Axis

Title 作重新輸入或更改；亦或者是選擇在數據圖的上邊(Top)和右邊(Right)加上線，讓四邊都有刻度與標線，符合不同數據作圖上的需要。

當完成數據圖後，可以點按右鍵，選擇” Copy” 複製圖表到自己的報告裡，或是選擇” Export” 匯出並儲存數據圖。

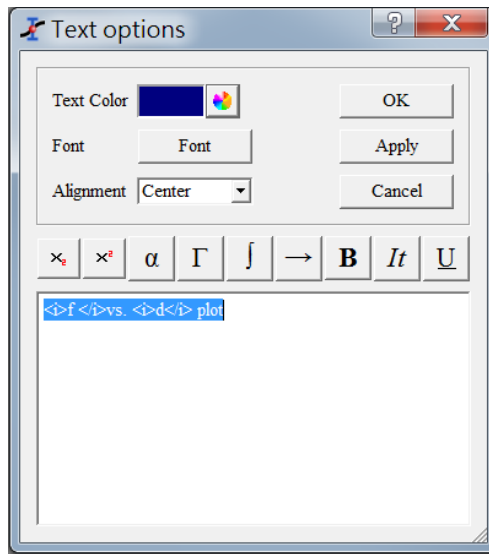


圖 8：用滑鼠在標題”Title”上連續按兩次所出現的畫面，可以直接輸入文字，有選擇顏色、字型等功能。

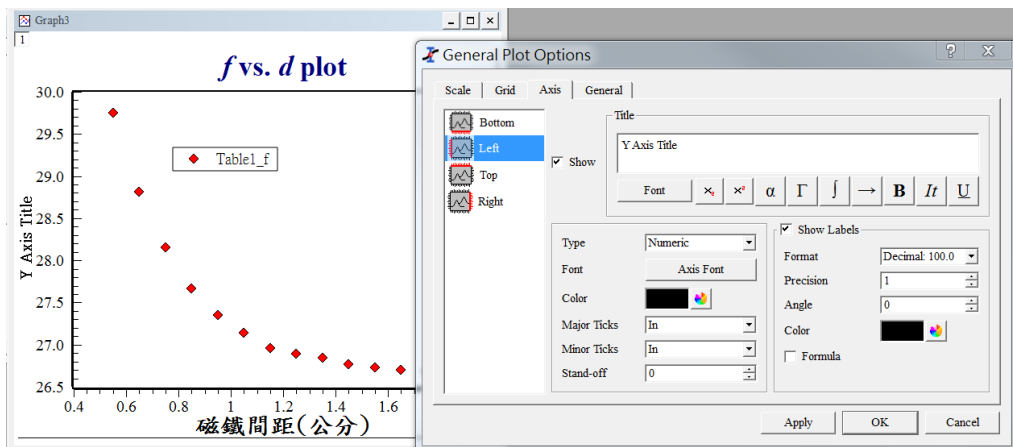


圖 9；用滑鼠連續兩次點選座標軸，可以改變數據圖顯示的範圍(Scale)，加上格線(Grid)、更改字型、大小等功能。

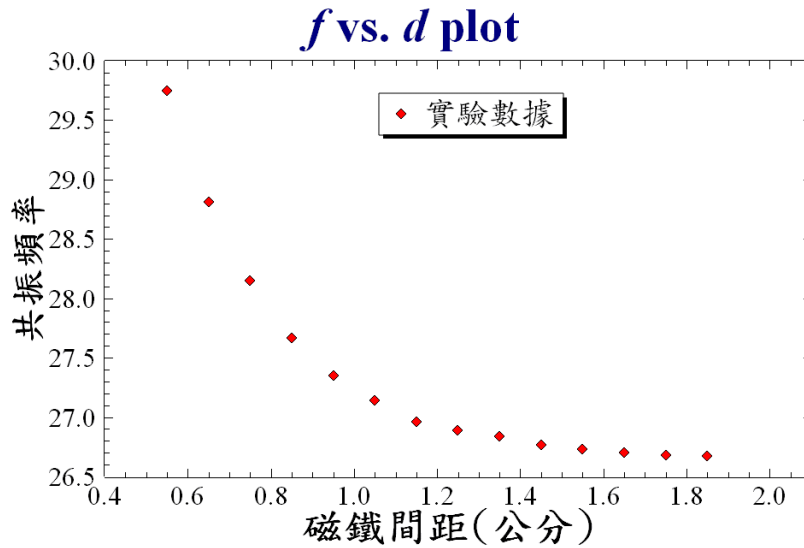




圖 10：利用複製的功能，顯示最後完稿的數據圖。

練習四：將第一部分的練習一、練習二和練習三，請學生們用 SciDAVis 輸入數據並且進形繪圖，此目的是讓學生們感受用電腦繪圖的方便性以及用方格紙繪圖的重要性。因為用 SciDAVis 繪製出的圖形跟方格紙所得到的數據圖一樣，學生以後就了解如何繪製數據圖。

教學的活動：

1. 將表一的數據輸入到 SciDAVis 並增列兩行，在增列兩行中計算 $\ln(f_R - f_0)$ 和 $\ln(d)$ 。
2. 在 SciDAVis 中繪製共振頻率 f_R 對距離 d 作圖，並與練習一的方格紙作圖比較。教師可以在學生繪圖同時，再次提醒繪圖的要點。
3. 將新增的兩行數據， $\ln(f_R - f_0)$ 對 $\ln(d)$ 作圖。
4. 利用擬合的功能，讓學生練習數值擬合(參考六的部分)。
5. 待學生繪圖結束之後，請學生們自行互相觀摩，互相學習。

柒、繪製多層的數據圖

在繪製的數據圖上，如圖 7(a)和圖 9 的左上角，即 Graph3 的下方，有個浮水印的 ，代表是 Layer 1(圖層 1) 的意思，在浮水印  的地方連接兩次左鍵，會跳出圖 11 的視窗，將想要加上圖表的數據選取，

並選擇數據線的顯示方式，接著按往右的箭頭，就成功將新的數據點加到數據圖上了，反之，要移除數據點，就選擇該數據並按向左的箭頭即可移除。這樣方式可以在同一個座標軸，顯示兩組數據，其作圖結果如圖 12。

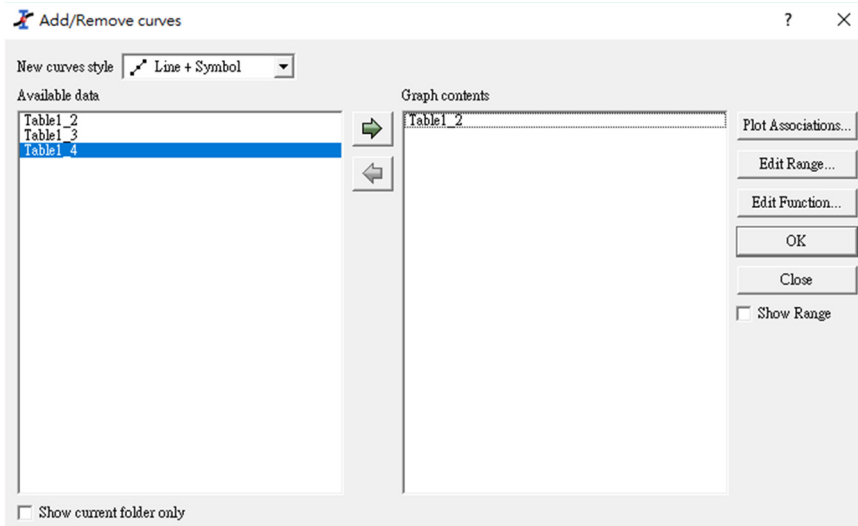


圖 11：選擇想要加上的數據，按下向右的箭頭，就能將新的數據點加到圖上。

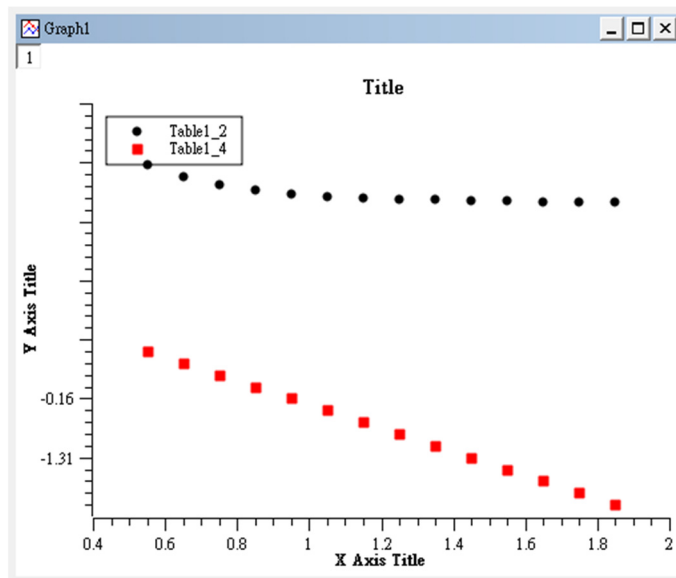


圖 12：兩組數據顯示在同一個坐標軸。

如果想繪出兩個表格做比較，如圖 13 所示，可以在浮水印☐的地方按下右鍵，選擇” Add Layer”，會出現一個空白圖形，同時也會顯示☐，在☐或空白圖形上，按右鍵再選擇” Add/Remove Curves”，即可加上一組數據。其他則如同上述 2D 繪圖的做法，改變座標軸、標題和座標標示都依照前述的步驟即可。

捌、數據的分析擬合

完成數據圖後，選取工具列上的” Analysis”，或在想要分析的圖層上按右

鍵也可以選擇” Analysis”，再選擇特定的擬合函數類型，即可以擬合數據。圖 14 顯示的是圖 10 數據擬合的結果，圖中紅色細線(ExpDecayFit1)，即由擬合結果所繪出的線。

圖 14 用於擬合的數學式為 $f = y_0 + A \cdot \exp(-d/t)$ ，其中 y_0 、 A 和 t 是擬合的參數，擬合的結果如圖 15 所示。Results Log 會顯示每一次擬合的結果，值得一提的是擬合的 χ^2 和 R^2 數值也會呈現，顯示出擬合結果好壞，能作為是否重新擬合的參考。

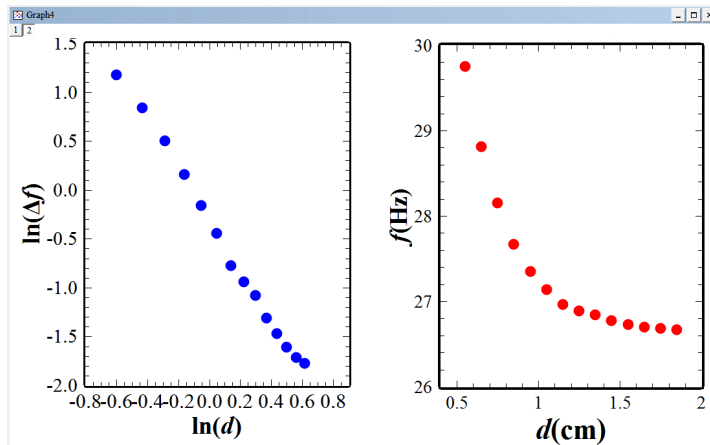


圖 13；雙層數據顯示圖。

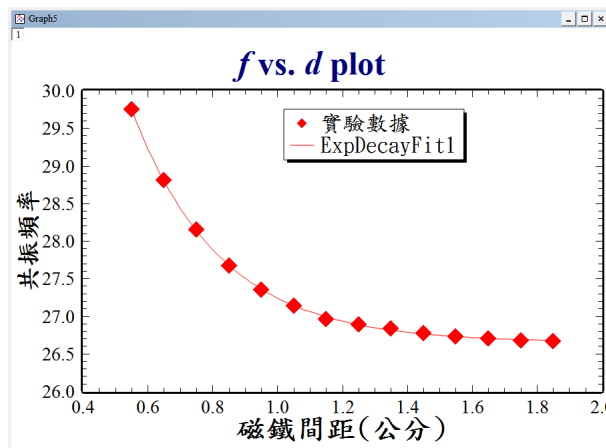


圖 14：顯示出圖 10 的數據擬合結果。

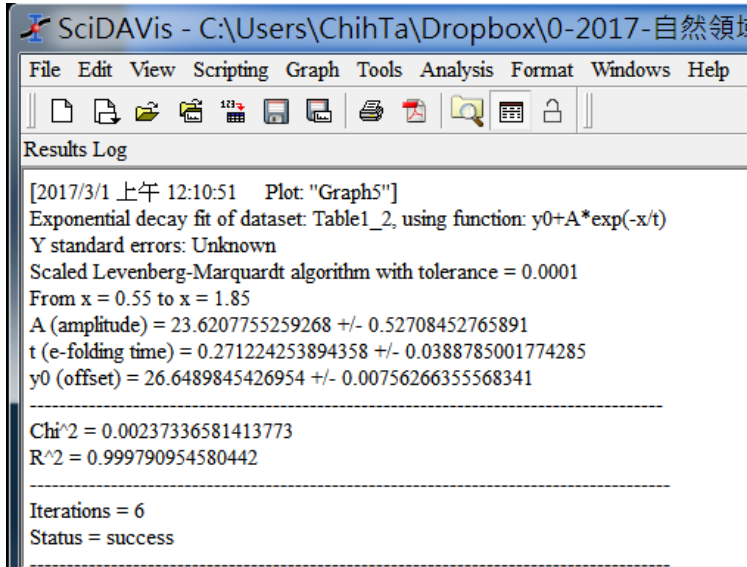


圖 15：每次擬合的數值結果，會在 Results Log 中顯示。

玖、3D 圖形繪製

SciDAVis 也可以繪製 3D 的圖形，通常以 XY 面為一平面，選取 Z 軸的數據，則 Z 為 XY 面上的高度，即是以 $Z = f(X, Y)$ 作為一各高度繪圖，如圖 16 所示。

一般的照片或是圖片，也可以繪製成 3D 的圖形。由工具列上選取“File”，選

擇” Import Image”，將圖檔選取輸入，會自動將圖檔轉為數據圖，所得到結果如圖 17 中 Graph1 所示。中間有紅色的圖案，是 Graph1，即輸入的圖案檔，Matrix1 是圖檔轉換成強度數據。選取 Matrix1 中所有的數據，並選擇想要的作圖法，就可以得到 3D 數據圖。

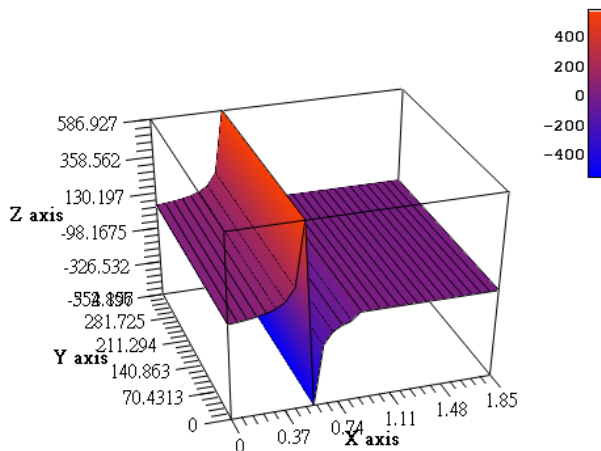


圖 16：簡易的 3D 繪圖，以 $Z = f(X, Y)$ 的函數方式繪出 3D 數據圖。

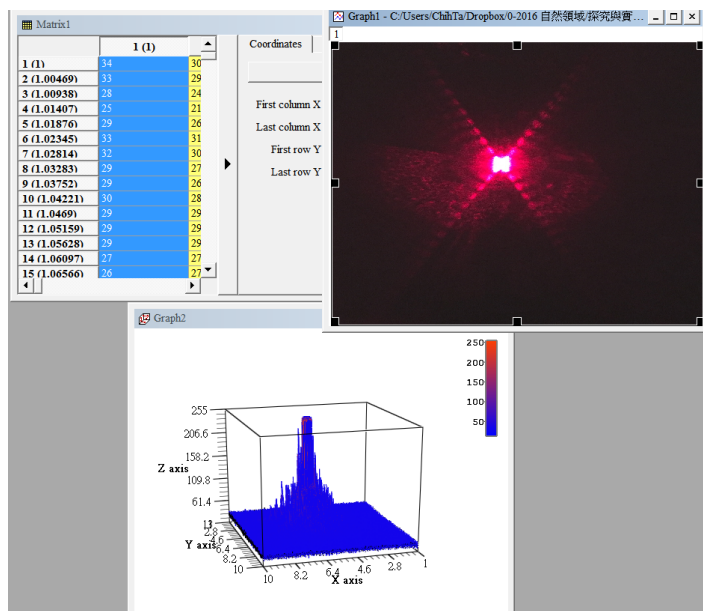


圖 17：輸入圖形檔案，轉換成強度為 Z 軸，繪製出 3D 立體圖。

拾、總結

本文中提提到方格紙的繪圖練習，主要是方格者容易取得，且價格便宜，另外方格紙也可以用於其他相關的課程實作中，例如向量、函數繪圖，還有一般力學的學習都很方便，十分建議學生們再一開始的時候使用，不要一下就用電腦的繪圖軟體。作者建議是先用方格紙進行繪圖練習，在用 SciDAVis 進行電腦繪圖的練習。

SciDAVis 是一個開放軟體，也相當容易上手，尤其是它還可以有 2D 和 3D 繪圖功能，數據擬合的功能對於一般高中的實驗也很足夠，此外它與常見要付費的 ORIGIN 軟體檔案相容，因此推薦給各位高中老師和同學們使用。多幾次的練習，會發現此軟體對於科學資料分析很有幫助，不僅有助於學生的繪圖學習，對於日

後報告的呈現，也十分有助益。

參考資料：

例如：Journal of American Chemistry Society, http://pubs.acs.org/paragonplus/submit/jacsat/jacsat_authguide.pdf, 或者是 Applied Physics Letters, <http://aip.scitation.org/apl/authors/manuscript> 等期刊。

美國教育統計中心 (National Center for Education Statistics) <https://nces.ed.gov/nceskids/createagraph/> 和 socratic 公司所提供的資料：<https://socratic.org/chemistry/measurement-in-chemistry/drawing-graphs>。

維基百科之數據分析之線性回歸 https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_regression

亞洲物理奧林匹亞官方網站：<http://apho.ias-ntu.org/papho2010.html#APhO2010>

SciDAVis 開放軟體官方網頁

<http://scidavis.sourceforge.net/>