

實驗室的新夥伴 —

微電腦在學習圖形上所扮演的角色

邱美虹

國立臺灣師範大學科學教育研究所

根據一份美國科學教育的個案研究報告顯示 (Stake & Easley, 1978)，由於科學課程涵蓋大量的教學內容，造成在教學上只能“犧牲”極有限的時間在實驗室裡。一般實驗室的管理通常又佔用大部分原已極有限可利用來做實驗的時間，因此，大部分的科學教師，發現他們的學生在實驗室中的學習，面臨了許多的問題，歸究其因，乃是學生在極短的時間內，必須要完成太多的實驗步驟。因此，往往學生在踏出實驗室之門後，只學習到極少的技能，對實驗數據與原理的相關性，常出現一知半解的情形 (Raghubir, 1979)。尤有甚者，在某些“用手操作 (Hands-on)”的活動裡，學生也往往只能重覆別人做過的實驗 (Resnick & Ocko, 1986)。對於自發性學習 (Self-initiated learning) 或創造性假設與測試以及強調解釋實驗數據的訓練，就更不是一般實驗室所能提供的了。

在教育學者咸認為電腦輔助教學 (Computer-Assisted Instruction, CAI) 不再足以取代或輔助其他教學方法的同時，一批科學教育研究者發現若能將電腦與實驗室結合，則能更有效的發揮實驗室的功能而提供一個有意義的學習情境。目前被科學教育家極為推崇的乃是“以微電腦為基礎的實驗室” (Microcomputer-Based Laboratories, 以下簡稱 MBL, Mokros, 1985)。這種實驗的新夥伴，提供學習者發展較高層次的認知過程 (Cognitive processes)，如解決問題 (problem solving)、圖型解說技能 (graph interpretation skills)、測試假說 (hypothesis testing)、以及統整的科學概念 (scientific concepts)。因此 MBL 被廣泛的推廣到各級學校去成為實驗室中的一個學習工具。然而僅管如此，MBL 的創始人 Bob Tinker (1985-6) 却指出，由於大部分的科學教師對電腦仍抱持懷疑的態度，對推動此一新萌芽的實驗工具，則大多採觀望的態度。因此，筆者在此先介紹 MBL 的功能與特性，再就近年來以 MBL 為研究主題來探討學習者特性的報告作一介紹，以供讀者參

考。

MBL 的設計乃是利用電腦協助學生收集資料，將實驗中所獲得的數據以圖型的方式“同步”在電腦畫面上呈現出來。易言之，MBL 利用特定軟體、介面與其他週邊設備（如探針和聲納裝置）配合，而將實驗所測得的一些物理量（如溫度、熱及速度等），在二度空間的座標圖上，將二變數間的關係圖表示出來。此“同步繪圖”的特性，使學生不用再等到數小時或數天後，在整理資料的過程中再去尋找實驗結果與實驗過程的相關性。同時，在實驗進行中，學生也可將觀察的重點落在解釋一現象與圖型表徵上的關係。如此，使靜態畫面的二度空間表示法與動態的實驗過程緊密的連接在一起。

MBL 與傳統實驗室在提供學習情境時，有以下三點的不同點（Mokros & Tinker, 1987）。第一，MBL 能作“即時”（real time）的圖型表徵。由於實驗數據能在被收集的同時，逐點在二度空間座標圖上立即顯示出來，使學生在學習科學概念時能將數據所代表的訊息立即傳達。這種立即回饋（feedback）的特性正是 MBL 最大的貢獻。

第二，MBL 可以提供多重模式（multiple modalities）來配合學習時的需求。由於多重模式的表徵法，學生可以將在一課題上所習得的圖型知識應用到不同的課題上。經由這種知識的轉換，學生在面對複雜觀念時，較容易將知識的架構視為一體—利用已習得的知識作為一模板（template），將相似的圖型表徵以類比（analoge）的方式來學習。

第三，MBL 協助學生將其在實驗室內的時間加以重新分配。由於 MBL 利用電腦收集資料並整理成圖，因此它可以減少學生用以測量、操作、計算、填表和繪圖的時間。如此是否代表這些技能不重要呢？答案當然是否定的。MBL 乃是將低層次或是屬於次技能（subskill）的學習環境轉變為以訓練高層次的認知行為為中心的學習情境，並提供學生有更多的機會去問“如果這樣做或那樣做（what if），實驗結果會是如何呢？”這種學習過程有助於培養學生提出假設、進行觀察與實驗，並加以分析、解釋與比較，以究其因的能力。如此可以將學生的實驗時間作更有效的利用。

以下筆者將以 MBL 中兩套最常被用來探討學習者特性的軟體作為討論的重點。

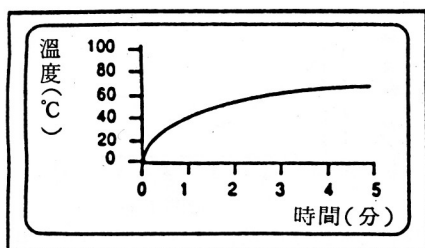
（一）熱與溫度（Heat and Temperature，簡稱 H & T）

Nachmias 和 Linn (1987) 利用此套件來觀察學生如何以批判性的態度來評量實驗資料。此 H & T 軟體乃是利用溫度的針測器（Temperature probe）將冷卻與加熱

液體的過程於實驗中自動繪於座標圖上（以時間為橫軸，溫度為縱軸）。該研究所使用的測試工具為圖型批判性評量 Critical Evaluation of Graphs (CEG)，其測試的項目包括圖型的刻度、探針刻度的校準和裝置，以及探針的靈敏度（圖一）。實驗結果顯示，學生在使用過 H & T 之後，大都能診斷 (diagnose) 出造成不正確圖型的原因，同時也能進一步的將與溫度有關的資訊用以判斷實驗的結果。在 Songer 和 Linn (1990) 的研究中，更進一步的指出，這種科學技能的增進歸因於學生在使用 H & T 之

探針刻度的校準

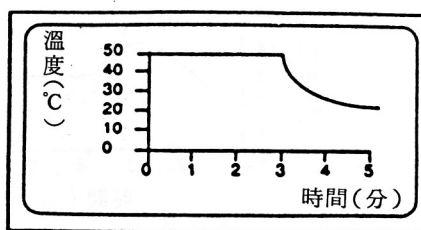
在水被加熱到沸騰的實驗中，其在電腦上的圖型如下。請問下列何種因素致使圖型所呈現的最高溫僅為 70°C ？



- (a) 在本實驗中，水沸騰的溫度為 70°C
- (b) 時間的刻度太短了
- (c) 溫度的刻度範圍太窄了
- (d) 探針的刻度校準不正確

圖型的刻度

下圖為電腦紀錄水從 8°C 冷卻到室溫的圖型。請問何者是解釋此曲線最好的理由？



- (a) 探針壞了
- (b) 溫度的刻度範圍太窄了
- (c) 此圖所呈現的資料完全正確
- (d) 時間的刻度太短了

圖一：Nachmias 和 Linn 研究中 CEG 所使用的樣本試題

後，具有以下四點的特性：(1)學生必須對所學的原理有透澈的瞭解，(2)學生必須能夠發現問題的相似性而舉一反三，(3)學生應該要能夠具有整合知識的能力，(4)學生必須樂於接受較有意義的知識。如此，學生才能將實驗結果與原理相互配合，有效地利用既有的知識去評估實驗的結果。

(二) 運動繪圖器 (Motion Grapher, 簡稱 MG)

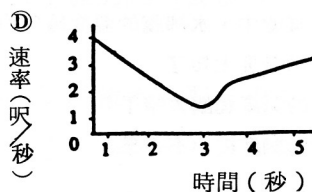
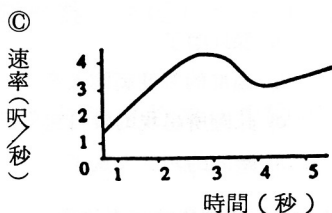
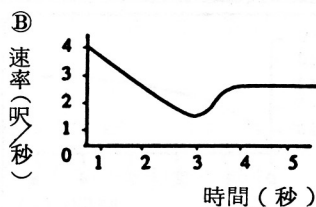
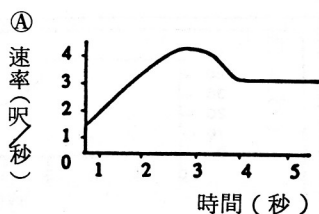
此運動繪圖器乃是利用超音波轉送器 (ultrasonic transducer)、介面及特定軟體來觀察一運動體其速度或加速度對時間作圖的一套 MBL 裝置。學生可以在學習

過程中，改變運動體的條件（快慢、方向）而設計實驗步驟，探討各變因之間在圖型表徵上的變化，並可得到立即回饋去刺激其思考的能力。

根據 Mokros 和 Tinker (1987) 的研究，他們發現學生在使用過 MBL 的 MG 之後，學生視圖型如圖畫 (graph-as-picture) 的情形大為減少 (圖二)。而在 Chiu (1990) 的研究中，則更進一步指出此種現象，以水平方向的移動為主，在垂直方面運



如圖所示，某球自一斜面滑下後，再滑上一平面。請問下列何者最能表示出該球的速度？

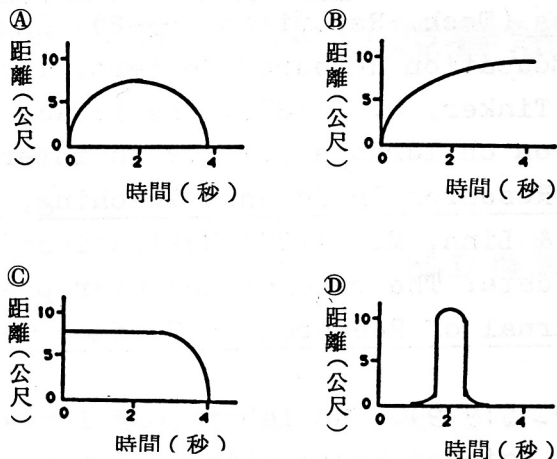


圖二：水平運動的樣本試題

動的圖型，學生則仍缺乏轉換其經驗的能力 (圖三)。探究其因，可能與其實驗經驗屬於水平運動有關。在 Brasell (1987) 的研究中指出學生使用標準即時的 MG 較學生使用延遲現圖的 MG (Delayed) 在學習成就上有顯著的差異，此更驗證即時 (real time) 效應有助於學生的學習。

由於學生有更多的時間在測示自己的假設，因此前述的研究中都得到一個共同的結論，那就是學生解釋實驗數據與圖型關係的能力都增加了。雖然此種情形在加速度對時

某生將球垂直投入空中，並在其落回原處時接住此球。請問下列何圖代表該球所經過的距離？



圖三：垂直運動的樣本試題

間之圖型表現上，並無太大的顯著差異，然而一般而言，仍是其學習成長。根據 Chiu (1990) 的研究指出，此套軟體對高成就與低成就的學生具有相同的效應，因此在鼓勵中學在實驗室以 MBL 配合教學有其正面的意義。

綜上所述，我們不難瞭解由於 MBL 將學習的重心從繁瑣的逐點繪圖等其他技能轉到以發展高層次的認知行為，使得實驗室的工作變得更為有意義。同時由於其具有即時繪圖的功能，更將抽象的觀念具體化並提供一個真正能讓學生去探究 (explore) 其創造性的實驗 idea。如此實驗不再只是重覆他人的工作去驗證已知的原理，而是進而能讓學習者自發性地去嚐試不同的假設，以發揮實驗真正的精神。

參考資料：

1. Brasell, H. (1987). The effect of Real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. Journal of Research in Science Teaching, 24(4), 385-395.
2. Chiu, M.H. (1990). The effectiveness of Microcomputer-Based Laboratories in teaching scientific skills and

- concepts: A comparative study. Unpublished doctoral dissertation, Harvard University, MA, U.S.A.
3. Mokros, J. (1985, Nov). The impact of microcomputer-based science labs (Tech. Report No. 85-2). Cambridge, MA: Technical Education Research Centers, Inc.
 4. Mokros, J. & Tinker, R. (1987). The impact of Microcomputer-Based Labs on children's ability to interpret graphs. Journal of Research in Science Teaching, 24(4), 369-383.
 5. Nachmias, R. & Linn, M. (1987) Evaluations of science laboratory data: The role of computer-presented information. Journal of Research in Science Teaching, 24(5), 491-506.
 6. Raghubir, K.P. (1979). The laboratory investigative approach to science instruction. Journal of Research in Science Teaching, 16, 13-18.
 7. Resnick, M., & Ucko, S. (1986, Dec. 18). LEGO/Logo and Science Education. Unpublished manuscript, The Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
 8. Songer, N.B., & Linn, M.C. (1990, April). Building integrated understandings: Knowledge integration aids and student views of the scientific enterprise. Paper presented at annual AERA, Chicago, U.S.A.
 9. Stake, R.E., and Easley, J.A. (1978). Case Studies in Science Education. University of Illinois, Urbana-Champaign: Center for Instructional Research and Curriculum Evaluation and Committee on Culture and Cognition. Volumes I and II. (Prepared for National Science Foundation Directorate for Science Education, Office of Program Integration.)