

LED電動機模型教具的研製與教學評估

Teaching Evaluation and Development of LED Motor Model Teaching Aids

彭世興

國立宜蘭大學電機工程系

Shyh-Shing Perng

Department of Electrical Engineering, National Ilan University

摘要

本文以「高亮度LED燈」代替「電動機線圈」的創新概念，研製一個「LED電動機模型教具」。利用LED發光的顏色，顯示電動機線圈通電後，所產生磁場的極性與方向。再以電路控制LED燈的亮滅，產生類似廣告燈的旋轉視覺效果，藉由LED色彩的變化可吸引學生注意，提高學習動機。利用「手動操作」的模式，將旋轉電機「連續」快速的動作方式，分解成「離散」步階的手動操作模式。使學生由一步一步手動的操作過程，觀察LED燈顏色的亮滅變化，體會出電動機建立旋轉磁場的工作原理。本文所研製的「LED電動機模型教具」，應用於實際的「電機機械」教學課程，並經由問卷與成就測驗完成教學成效評估。本文發展的教具與教材，可作為高職、大專院校等開設電機機械理論與實驗課程之教學參考與應用。

關鍵字：電動機、電機機械、教具

Abstract

In this paper, we create a “newly designed LED motor teaching device” based on the innovative concept of substituting LED for coil inside the motor. The color of LED lights indicates the pole and direction of the magnetic field. With a control circuit to manipulate the LED lights, we can create visual effects that simulate the spinning motion of electromagnetic fields inside a motor. The colorful blinking LED light, resembles the neon sign, can attract students' attention easily and boost their learning motivation. This device will break down the “continuous” rapid action of

rotating electrical machinery, into a “discrete” step-by-step manual operation mode. With the aids of the flashing LED lights, students will gradually understand the principles of rotating electrical machines through hands-on operation. The rotating electrical machinery teaching materials can be used in actual electrical machinery courses. The teaching evaluation estimated by surveys and examinations shows that the rotating electrical machinery teaching materials can significantly enhance the effectiveness of teaching and learning. The teaching aids and teaching materials can also be teaching reference of electrical machinery theoretical and experimental courses in vocational schools and universities.

Keyword: rotating electrical machinery, electric machinery, teaching aid

壹、前言

旋轉電機設備是現代人生活中不可或缺的裝置，因此「電機機械」、「電機機械實驗」等課程在傳統的電機領域與各種電機類考試中都是核心課程。然而在相關課程的授課過程中，一般只用文字與簡單的圖形來闡述旋轉電動機的動作原理，對許多物理現象，例如「磁場的變化」，因非肉眼所能觀察，學生只能憑空臆測想像，使得「電機機械」等相關課程常被學生認為是艱深難懂的學科。因此國內外大專院校，積極發展各種「電機機械」與「電機驅動控制」課程的教學實驗教具，具有結構可變、簡單、方便的特性，但大都屬於模組化的實驗教學設備，對於旋轉電機動作原理的細部分析缺乏詳實描述。例如一般交流電機通上頻率為 60Hz 的交流電源後，轉子轉動的速度是依電機磁極數決定，二極交流電機轉速約為 3600rpm，四極交流電機轉速為 1800rpm。由於轉子轉動速度很快，一般學生只知道通電後馬達會快速運轉，至於內部詳細的動作機制，則很難去體會了解一部電機如何由靜止的線圈，建立旋轉的磁場。因此本文利用類似廣告燈的旋轉視覺效果，設計以電路控制 LED 燈的亮滅時間，來產生 LED 燈旋轉的視覺效果。並由「手動的操作」，將快速的旋轉磁場分解成每轉 12 個動作區間，可一步一步控制動作區間的變換，讓學生藉由 LED 燈的顏色變化，容易清楚看出旋轉電動機建立旋轉磁場的動作原理，達到有效且快樂的學習效果。

貳、文獻探討

科技知識的學習常以實作與實驗為基礎，依「學習經驗塔」的理論(吳清山, 2008)，強調多重感官的直接經驗學習，透過解決問題及實作的經驗，將更具學習成效。(Colin Rose, 2011)在加速學習法的六個基本步驟中，強調學習者必須透過視覺、聽覺和觸覺與肢體動作等感知系統，找出最適合自己的學習方式，才能有效地吸收資訊達成學習目標。所以在電機機械相關課程教學活動中，若能設計教具讓學生動手操作練習，使其對複雜的電機理論能有深入體驗與反思，如此，透過實際體驗與操作，所獲得的學習經驗與成效，是其他教學策略所無法達成的。近年來由於電力電子技術的蓬勃發展，使得電機機械相關課程的教學又重新獲得重視。因此國內外期刊論文探討「電機機械」與「電機驅動」教學實驗平台的相關文獻非常多，大致可歸納為電機教學實驗平台與電腦輔助學習等兩個主要的學習方式。

一、電機教學實驗平台的學習方式

例如 Montesinos (2005)提出以 DSP 處理器 TMS320F2812 為基礎，開發一種低成本的直流馬達測試平台，可幫助學生獲得實現 DSP 即時控制的知識，而且可應用在任何類型的數位即時控制技術。Blanche (2007)建立磁阻馬達驅動系統的教學實驗平台，並規劃相關理論與實驗的教學課程。Edward (2009)使用工業級設備來建立一個能量轉換實驗室，不但能節省建置費用，還能讓學生獲得操作實際工業級設備和機器的工作經驗，以提高學生的學習興趣。Colak (2011)介紹一種新型基於網路學習的電機教育工具，包括動畫、電機系統的模擬，並透過網路可進行系統的遠端監控與遠距的實驗教學。Liyanagedera (2013)提出一個電機驅動控制的軟體學習工具，可提供各類馬達的驅動控制實驗課程，例如能操作馬達閉迴路控制，或即時監控馬達的轉速變化等。Hodder(2014)建置一個先進的馬達教學實驗室，以直流馬達控制一個完整的島狀生產線，教學單元包括馬達速度控制、DSP 驅動程式設計、A/D 轉換技術、PI 控制器的設計等。

二、電腦輔助的學習方式

電腦輔助學習是一種有效的學習方式，已成功的應用在各個領域的教學上，其優點為可增進學生學習的興趣，提升學習的動機，縮減學習的時間，改善學習的成效。在電機機械相關的教學領域上，網路虛擬實驗室與電腦模擬動畫被大量應用，例如 Bal(2010) 使用 Matlab/Simulink 建立一個開關磁阻電動機 (SRM) 的虛擬實驗室，每位學生可透過網際網路進入虛擬實驗室，學生可改變 SRM 的參數，並能透過螢幕觀看 SRM 輸入輸出訊號的響應波

形圖。Jesus (2011)提出遠端網路虛擬實驗室，並應用於土木工程學院之感應電機起動法的教學。Syal(2012)則使用 Matlab/Simulink 軟體建立虛擬實驗室，利用模擬三相感應馬達的無載與堵住實驗，求出三相感應馬達的單相等效模型電路參數，並進行三相感應馬達的特性模擬實驗。Travassos (2013) 發展一個遠距教學的虛擬實驗室，透過虛擬電子手冊，可使用虛擬實驗室內建或自行開發的儀器設備來完成各教學單元的實驗，由於虛擬實驗室的互動環境，使每個學生更積極地參與學習活動。Ishibashi(2014) 發展一個適合智慧型手機或平板電腦使用的遠距實驗系統，此系統提供一個直流電機和單相交流發電機的遠距控制實驗系統。

然而，上述大都是以「電機驅動控制」的實驗設備為主，較強調整體電機驅動控制法則的建立，藉由個人電腦、系統單晶片、FPGA 或 DSP 微處理器等作為馬達驅動控制的硬體基礎，所建立的實驗平台系統較適合研究所或高年級進階實驗課程的學習，對於入門的教學設備與教材較為缺乏。因此本文針對電機機械初學者，研製一套新型「LED 電動機模型教具」，以「高亮度 LED 燈」代替「電動機線圈」的構想，利用 LED 發光的顏色，顯示磁場的極性與方向。再以電路控制 LED 燈的亮滅，產生旋轉的視覺效果，使學生藉由一步一步手動的操作過程，觀察 LED 燈顏色的亮滅變化，了解包括步進馬達、直流馬達、交流馬達等旋轉電機的動作原理，達到有效教學的目的。

三、馬達的工作原理探討

市面上有很多不同種類的馬達或稱電動機，從指甲大小的微型馬達，到大如一間房間的大型電動機，其基本動作原理都是相同的;其基本結構都是由兩組磁場組成。如圖1所示，若其中一組磁場保持固定不動一般稱作「定子」，另一組磁場可旋轉或移動一般稱作「轉子」，依磁場交互作用「同性相斥」、「異性相吸」的原理，使兩組磁場因磁性吸斥力的作用，可驅動轉子旋轉(Chapman 2012)。依轉子磁場和定子磁場的軸向區分，馬達的基本控制結構可區分為：扭力控制結構與位置控制結構。扭力控制結構如圖1(a)所示，轉子和定子磁場的軸向互相垂直，因磁性吸斥力作用的結果，會產生扭力而迫使轉子旋轉。但是轉子旋轉90度後會和定子平行，此時轉子就會被磁場鎖住，即使再強的電流都無法讓其繼續旋轉。位置控制結構則如圖1(b)所示，轉子和定子磁場的軸向平行，其轉子的位置因被定子吸住而使得軸向固定與定子一致。

(一)步進馬達的動作原理

步進馬達屬於位置控制結構，馬達轉子被定子磁場鎖住不能旋轉。如圖2所示必須多放幾組線圈，再依序控制定子線圈的開關狀態，讓不同角度的定子磁場依序動作，導引轉子的轉動，進而使馬達可以一步步的順利旋轉，這就是步進馬達的動作原理。步進馬達的構造，轉子是永久磁鐵，定子由多組電磁線圈組成。每次只選擇其中一組的線圈通電，當定子的各線圈依序輪流通電時，步進馬達轉子也就依序轉動起來。步進馬達各組線圈控制，都只是邏輯式的ON/OFF控制，非常適合用於數位邏輯電路或微電腦控制，這是步進馬達在微型電動機市場非常暢銷的主要原因。像是磁碟機、印表機和掃描器等都是採用步進馬達。控制步進馬達定子線圈通電的輸出頻率，可以控制步進馬達的轉速，控制步進馬達定子線圈通電的順序則可以控制馬達的正反轉。

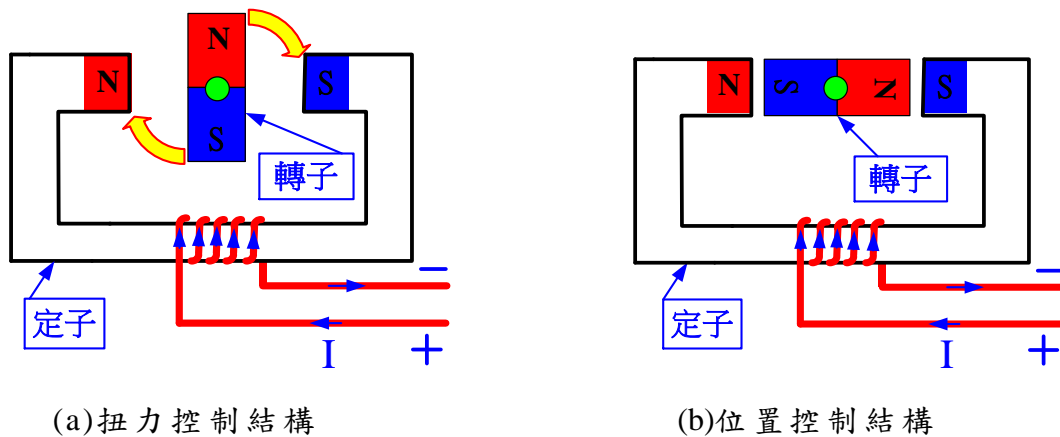


圖 1 馬達的基本控制結構

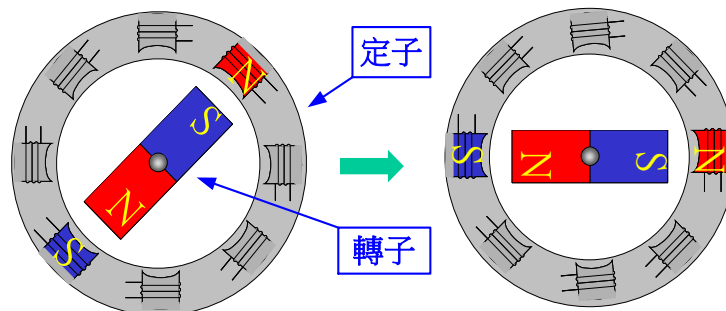


圖2 步進馬達的動作原理

(二) 直流馬達的動作原理

直流馬達的結構是屬於扭力控制結構。如圖3(a)所示，其轉子和定子磁場相互垂直，因磁場的吸斥作用會產生扭力而讓轉子旋轉。但是轉子一旦旋轉了90度，使得兩個磁場平行時，馬達就會失去扭力而停止轉動。為了使馬達持續不停的旋轉，直流馬達必須設計很特殊的「換向」結構(Chapman 2012)，透過換向裝置改變轉子線圈的電流方向，讓轉子磁場以水平方向分界，達到上半部保持為N極、下半部保持為S極的目的。不論轉子旋轉到任何角度，轉子磁場永遠保持具有和定子磁場垂直的特性。因為兩者永遠保持垂直，所以直流馬達能夠不停的旋轉。上述所謂的「換向」結構就是透過定子上的電刷與轉子線圈的接線銅片(又稱換向片)，來改變轉子線圈的電流方向。如圖3(b)所示，以兩電刷連線(垂直線)為分界線，在電刷連線右邊的轉子線圈電流方向是流入紙面，左邊的轉子線圈電流方向是流出紙面，則轉子線圈電流就能產生上半N極、下半S極的轉子磁場。如此透過電刷可改變轉子線圈電流方向達到改變轉子磁場方向的目的，才能驅使直流馬達持續不停的旋轉，這就是直流馬達的基本動作原理。

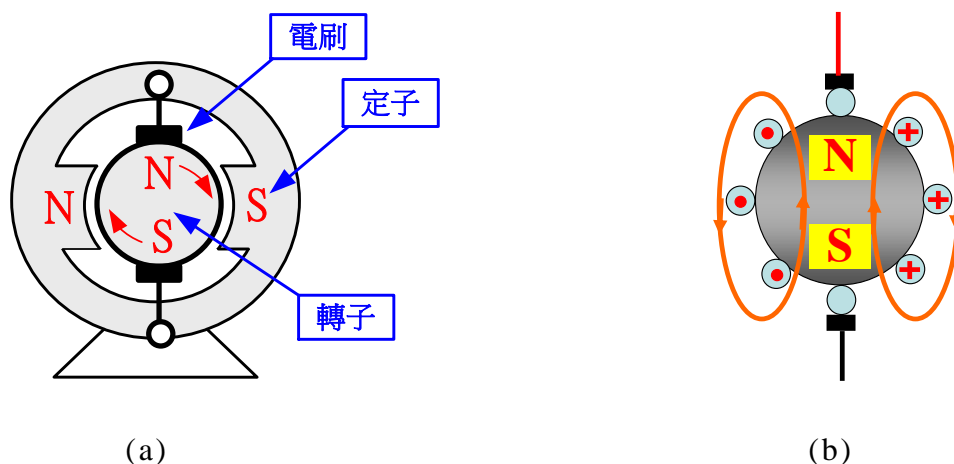


圖3：直流馬達的剖視圖

(三) 交流馬達的動作原理

交流馬達的動作原理與步進馬達的原理極為類似，屬於位置控制結構。都是藉由定子線圈產生旋轉磁場，因磁性吸斥力作用吸引轉子磁鐵跟著轉動，旋轉磁場的快慢與旋轉方向，決定了轉子的旋轉速度與方向。但步進馬達的電源是直流電，經由一步步的 ON/OFF 控制定子線圈依序通電，使定子建立跑馬燈式的旋轉磁場，讓轉子磁鐵跟著旋轉。而交流馬達的電源是交流電，必須經過特殊安排才能產生旋轉磁場。所謂特殊安排就是交流電機定子線圈安裝放置的空間位置，需要按一定規則放置。定子線圈通電流的時間順序，也有嚴格的規定，如此，數個定子線圈產生的磁場才可合成旋轉磁場，使轉子磁鐵隨定子旋轉磁場轉動。以三相交流馬達來說明，定子線圈要產生旋轉磁場須符合下列兩個條件(Fitzgerald 2013)：

1. 定子線圈擺放的「空間」位置：三相電機之定子線圈的放置空間，必須以 120 度電機角間隔排列放置，如圖 4(a)所示。

2. 定子線圈通電的「時間」順序：A、B、C 三相定子線圈，必須通入時間相位相差為 120 度電機角的三相電流，如圖 4(b)所示，則三相磁場的合成才能產生一個旋轉磁場。

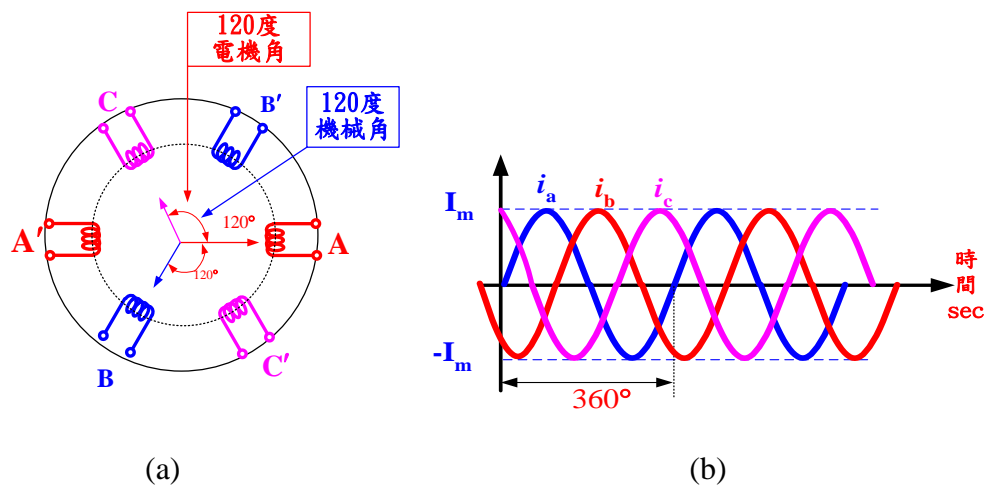


圖 4 三相交流馬達定子線圈擺放的「空間」位置與通電的「時間」波形圖

參、研究方法

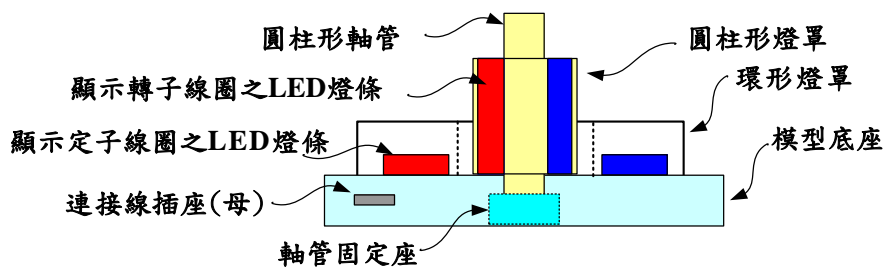
本文研製的「LED 電動機模型教具」，包括有一 LED 電動機模型及一控制器所組成：

(一). LED 電動機模型的設計：如圖 5 所示，LED 電動機模型設置有一模型底座，該底座上設六組高亮度 LED 燈條，以圓周等距環形排列，用以模擬旋轉電機的定子線圈。每組 LED 燈條由兩種不同顏色的 LED 燈條組成，用以模擬六組電磁線圈的激磁狀態與磁場極性，六組 LED 燈條外面再罩上燈罩。該模型底座中心設有圓柱形軸管，該圓柱形軸管底部由軸管固定

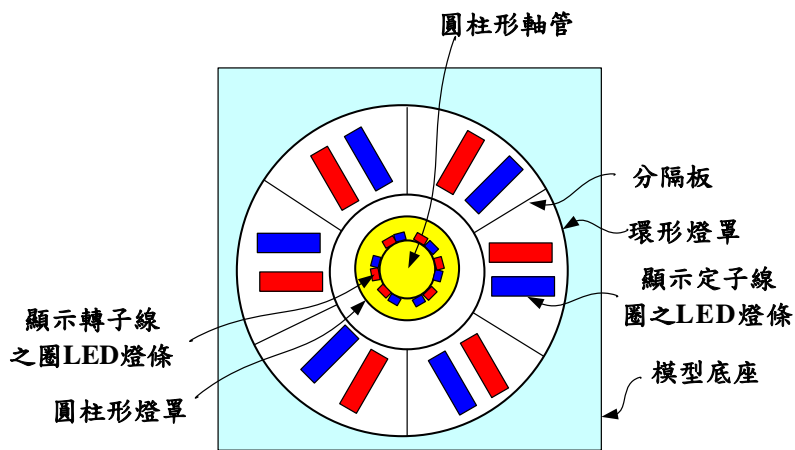
座固定，該圓柱形軸管上安裝有六組高亮度LED燈條，每組LED燈條由兩種不同顏色LED燈條組成，用以模擬旋轉電動機的轉子磁場，外面再罩上圓柱形轉子燈罩，該模型底座設有連接線插座，以方便與控制器接線。

(二). 控制器與控制電路的設計：控制器包括選擇開關、手動開關、自動開關，電源電路、控制電路與驅動電路等。如圖6所示，該控制器外殼內部設置有一電源電路，用以提供LED電動機模型教具所需的直流電源，此外殼內部另設置有一控制電路及一驅動電路，其中控制電路用以執行LED電動機模型教具所需的控制法則；驅動電路用以驅動模型的LED燈條。該控制器外殼頂部設有二按鍵開關，一為手動開關可操作切換離散的動作模式，一為自動開關可設定連續模式的轉速。此外殼頂部另設有一選擇開關，可選擇手動或自動模式。該外殼側邊設有開口作為電源線與連接線的出口，經由連接線插座與LED電動機模型連接組成LED電動機模型教具。

控制電路採用Xilinx的Spartan-3 FPGA晶片發展板，主要是利用硬體描述語言VHDL為設計入口完成控制器的設計。為了方便控制電路的設計與動作原理的說明，本文將一個週期的弦波電源區分為12個工作區間，則每一個工作區間為 30° 電機角度。同時設計用三相交流方波電源代替三相交流弦波電源，如圖7(a)所示為定子三相LED擺放的位置圖，圖7(b)所示為A、B、C三相弦波電源與方波電源的12個工作區間波形圖，方波電源具有三種不同位準的輸出電壓，為了方便觀察以標準化之 $1pu$ 、 0 、 $-1pu$ 表示。三相LED的通電時序邏輯真值表可用表1描述，其中負號表示電壓極性相反或電流流向相反。如圖8所示為三相定子LED通入三相交流方波電源後，依各個動作區間所建立合成磁場的解析圖，圖中動作順序(1)之A、B、C三相方波電源大小分別為 $1pu$ 、 $-1pu$ 、 $-1pu$ ，則A、B、C三相LED通入三相電源後產生的合成磁場大小為 $2pu$ 、方位在 90° 。動作順序(2)之A、B、C三相方波電源大小分別為 $1pu$ 、 0 、 $-1pu$ ，則A、B、C三相LED通入三相電源後產生的合成磁場大小為 $1.732 pu$ 、方位在 60° 。由上述可知當三相馬達依序完成動作(1)~(12)，則定子線圈會建立順時針旋轉一周的合成旋轉磁場。因此只要控制定子線圈通電的動作順序，就可以控制轉子的轉動。只要控制通入交流馬達定子線圈的電源頻率，就可以控制交流馬達的轉速，控制通入交流馬達定子線圈的電源相位，則可以控制交流馬達的正反轉。



(a) 前視圖



(b) 俯視圖

圖5 LED電動機模型示意圖

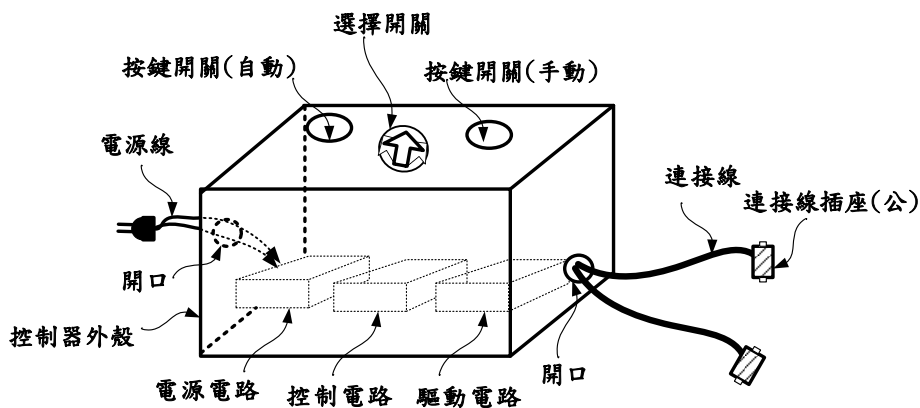
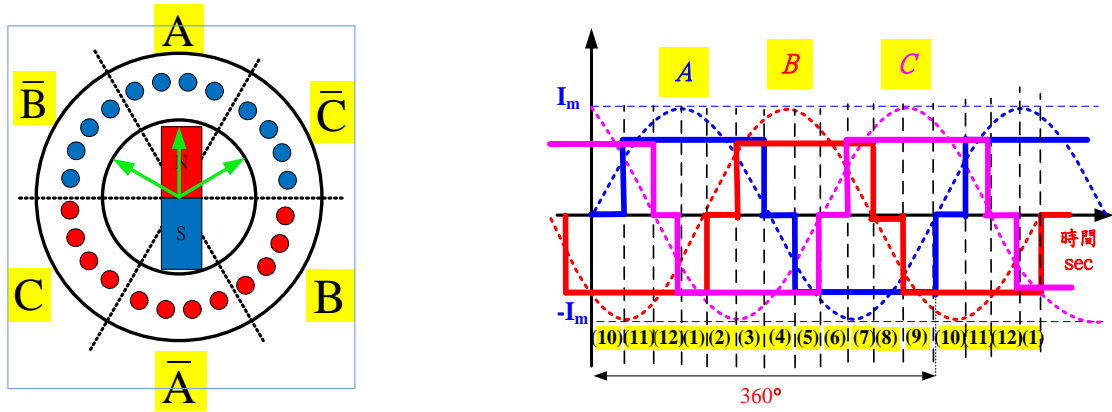


圖6 控制器示意圖



(a) 定子三相 LED 擺放的位置圖

(b) 三相電源波形圖

圖 7：三相繞組擺放位置圖與三相繞組電源波形圖

表 1 三相 LED 的通電時序邏輯真值表

動作順序	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
線圈 A	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1
線圈 B	-1	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1
線圈 C	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	-1	1	1	1	0

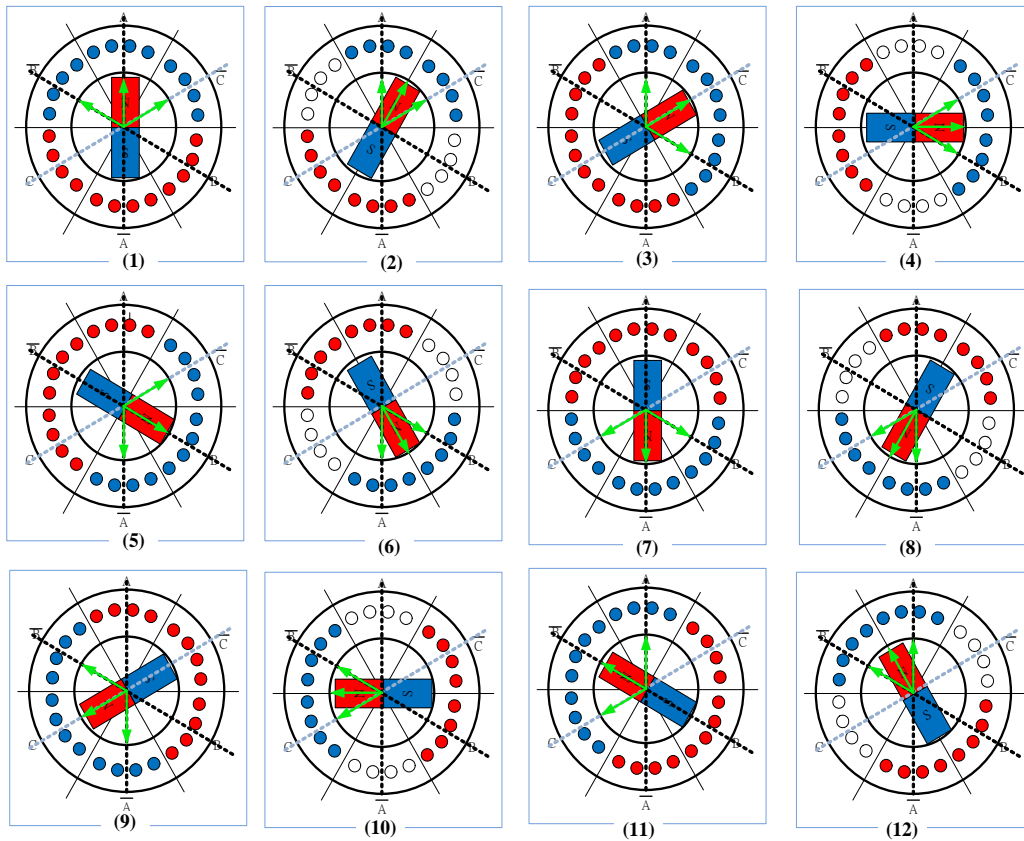


圖 8：定子三相 LED 通電後依動作順序建立合成磁場的解析圖

(三). 驅動電路的設計：如圖9所示為LED電動機模型的驅動電路圖，A、B、C三相LED燈條分別由三個橋式功率開關IO模組驅動，開關IO模組可將直流電源切換控制為+VDC、0、-VDC三種不同位準的交流方波電源，以驅動三相LED燈條。功率開關驅動訊號由FPGA晶片控制，可控制A、B、C三相LED燈條的電流方向。三個橋式功率開關IO模組的主控晶片為L298N，主要規格是控制訊號的電壓為5V、驅動的最大負載電流為2A、驅動的負載電壓為5V~35V及最大功率為25W。如圖10(a)所示為研製完成的LED電動機模型教具外觀照片。

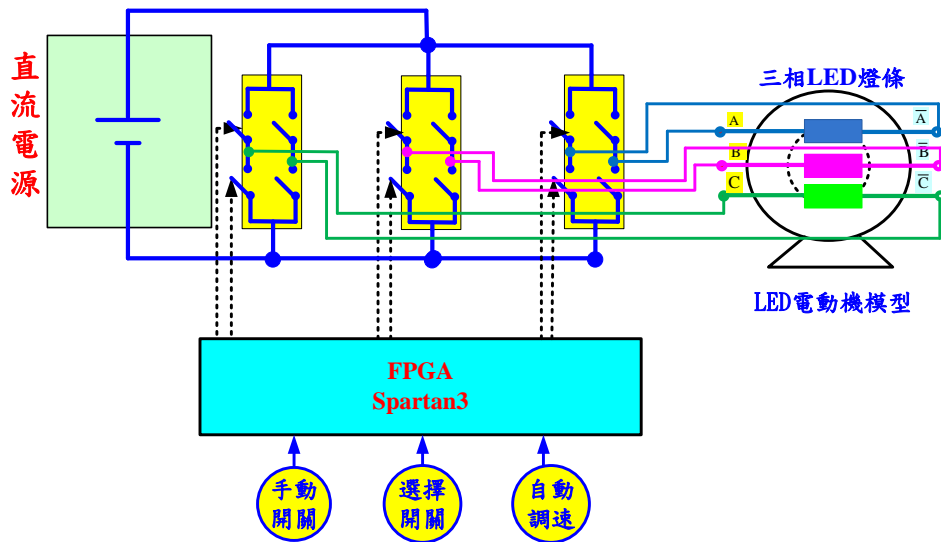


圖9 LED電動機模型驅動電路的設計圖



(a) LED電動機模型教具

(b) 旋轉電機教具

圖10 模型教具外觀照片

肆、教學成效評估

為了評估所研製的相關教具教材是否達到增進學生學習成效的目標（楊錦潭、莊宛毓、朱永芳,2005），本文教學成效評估選定國立宜蘭大學電機系三年級甲、乙兩班的的學生為實驗樣本，以電機機械課程的教學活動進行成效評估，各組參與人數如表2所示。分為控制組與實驗組，其中

- (一) 控制組（傳統教學組）：上課方式採用傳統的教學方式，在教室老師使用書本、講義、投影片講解、放映操作影片等方式進行教學。
- (二) 實驗組（教具教學組）：上課方式為傳統教學加上教具輔助教學，為了評估LED電動機模型教具輔助學習的成效，配合本文作者的相關作品如圖10(b)所示旋轉電機

教具(彭世興, 2013)。將實驗組學生區分為A、B、C三組，實驗A組實施旋轉電機教具+LED模型教學，實驗B組實施旋轉電機教具教學，實驗C組實施LED模型教具教學，如圖11所示為實驗組實施教具教學的活動照片。



(a) LED電動機模型教具助教示範教學



(b) 學生操作旋轉電機教具情形

圖11 實施模型教具教學活動照片

表2 成效評估樣本人數

組別		人數
控制組	(實施傳統教學)	39(電機三甲)
	A組(實施旋轉電機教具+LED模型教學)	18
	B組(實施旋轉電機教具教學)	16
實驗組	C組(實施LED模型教學)	18
總計		91

本文所用的評估量測工具共有兩種，分別是：

- (一)、**成就測驗** (吳明隆, 2013; 余民寧, 2011)：屬於知識性測驗題目，依據教學單元撰寫而成，最後正式的測驗題目，為選擇題共20題。
- (二)、**學習意見調查**：為了解受測者對本研究的相關教具教材的使用滿意度，作為往後修正的依據。所設計的正式問卷調查表共15題，採用李克特式的五點量表法(Five-Point Likert-type scale)來進行研究，受測者從「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」中勾選符合自己意見的選項。

統計分析：本文以SPSS軟體作為資料分析之工具，採用多重比較(Post Hoc) 檢定。

(一) **成就測驗：**實驗設計安排在旋轉電機原理介紹單元，實驗組與控制組學生都先進行傳統的教學方式，同時向學生宣布下週會舉行成就測驗，是為前測成績。第二週控制組進行教具操作投影片說明，再觀看操作示範影片，但不進行教具實體輔助教學。實驗組由助教進行教具操作示範說明，並進行分組教具操作實驗教學。此時不預告第三週會再次舉行成就測驗，即為後測成績。表 3 為前後測成績的敘述統計數據，表 4 為前測成績 Post Hoc 檢定結果，表 5 為後測成績 Post Hoc 檢定結果。檢定結果說明如下：

1. 前測成績 Post Hoc 檢定：結果顯示控制組與實驗 C 組的前測成績平均差異很顯著，主要原因是實驗組的分組是依照修課學生學號分組，實驗 C 組的學生多為重修生成績較差，因此依照學號分組方式並不理想，未來應依前測成績做 S 形分組，則可確保各組前測成績平均差異為不顯著。
2. 後測成績 Post Hoc 檢定：結果顯示控制組與實驗 ABC 組的後測成績平均差異都未達顯著，然而觀察前後測成績的敘述統計數據，可發現控制組前後測成績的平均差異分數為-4.4 分，主要原因是不告知後測的情況下，學生因未準備造成後測成績的退步。反觀實驗組在不告知後測的情況下，後測成績的平均分數增加 3.3 分，顯示經由實體的教具操作確實能增進學習成效，其中實驗 A 組實施旋轉電機教具+LED 模型教學的成效最好，平均分數增加 6.4 分，其次是實驗 C 組 LED 模型教學，平均分數增加 4.4 分，再其次實驗 B 組是旋轉電機教具教學，平均分數增加 1.4 分。

表 3 前後測成績敘述統計

組別	個數	前測成績		後測成績	
		平均數	標準差	平均數	標準差
控制組	39	64.783	2.624	60.384	2.975
A	18	60.833	2.977	67.222	3.710

實驗組	B	16	60.938	3.985	62.330	4.753
	C	18	48.889	3.931	53.333	4.022
	全班	52	57.545	2.143	60.882	2.480

表 4 前測成績多重比較(Post Hoc) 檢定

依變數: 前測成績

Tukey HSD

(I) 前測	(J) 前測	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下界	上界
1	2	3.94928	4.57902	.824	-8.0276	15.9261
	3	3.84511	4.78030	.852	-8.6582	16.3484
	4	15.89372(*)	4.57902	.004	3.9169	27.8706
2	1	-3.94928	4.57902	.824	-15.9261	8.0276
	3	-.10417	5.65902	1.000	-14.9058	14.6975
	4	11.94444	5.49006	.138	-2.4153	26.3042
3	1	-3.84511	4.78030	.852	-16.3484	8.6582
	2	.10417	5.65902	1.000	-14.6975	14.9058
	4	12.04861	5.65902	.151	-2.7531	26.8503
4	1	-15.89372(*)	4.57902	.004	-27.8706	-3.9169
	2	-11.94444	5.49006	.138	-26.3042	2.4153

3	-12.04861	5.65902	.151	-26.8503	2.7531
---	-----------	---------	------	----------	--------

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

表 5 後測成績多重比較(Post Hoc) 檢定

依變數: 後測成績

Tukey HSD

(I) 後測	(J) 後測	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下界	上界
1	2	-6.83761	5.05117	.532	-20.0716	6.3964
	3	-1.94872	5.38570	.984	-16.0592	12.1617
	4	7.05128	5.05117	.505	-6.1827	20.2853
2	1	6.83761	5.05117	.532	-6.3964	20.0716
	3	4.88889	6.19724	.859	-11.3478	21.1255
	4	13.88889	5.90883	.095	-1.5922	29.3699
3	1	1.94872	5.38570	.984	-12.1617	16.0592
	2	-4.88889	6.19724	.859	-21.1255	11.3478
	4	9.00000	6.19724	.471	-7.2367	25.2367
4	1	-7.05128	5.05117	.505	-20.2853	6.1827
	2	-13.88889	5.90883	.095	-29.3699	1.5922
	3	-9.00000	6.19724	.471	-25.2367	7.2367

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

(二) 學習意見調查：問卷調查區分為教具設計與教材內容、學習成效、整體滿意度等三個面向，分析整理數據結果如下表 6~8:

表 6 教具設計與教材內容面向

	平均數	標準差
--	-----	-----

1. 教具控制器的設計簡單、操作容易。	4.4902	.67446
2. 教具操作手冊的編輯美觀、說明清楚易懂。	4.2157	.70182
3. 教具的設計，能幫助我了解馬達的分類與構造。	4.4118	.57189
4. 教具的 LED 燈設計，對我了解馬達的工作原理很有幫助。	4.4510	.67272
5. 教具手動操作模式的設計，對我了解馬達的工作原理很有幫助。	4.3922	.66569
6. 教具自動操作模式的設計，對我了解馬達的工作原理很有幫助。	4.2941	.69790

資料分析：「旋轉電機教具教材」的設計與教材內容，由問卷結果顯示，操作容易、使用方便，在功能設計上受到肯定。

表 7 學習成效面向

	平均數	標準差
7. 教具能幫助我了解直流馬達的工作原理。	4.2941	.64169
8. 教具能幫助我了解步進馬達的工作原理。	4.4706	.61165
9. 教具能幫助我了解交流馬達的工作原理。	4.4314	.64047
10. 使用教具學習，能幫助我理解上課的學習內容。	4.5686	.53870
11. 使用教具能讓我對學習內容記得更清楚。	4.5098	.64413
12. 使用教具學習，能提高我學習電機機械的興趣。	4.4510	.67272

資料分析：「電機教具教材」的學習成效，由問卷結果顯示，肯定本文研製的教具能幫助學習者更容易了解電機的理論知識。

表 8 整體滿意度面向

	平均數	標準差
13. 在傳統課堂授課，加上教具的輔助學習，對我的學習	4.5294	.54233

成效很有幫助。

14. 我喜歡使用教具當作輔助學習工具。	4.6471	.52244
15. 整體而言，我對教具的輔助學習感到滿意。	4.5882	.57189

資料分析：由問卷結果顯示平均數在 4.5 以上，表示學生對「電機教具教材」的整體滿意度非常良好。

伍、結論

本文研製的「LED 電動機模型教具」，係以「高亮度 LED 燈」代替「電動機線圈」的模式，利用 LED 發光的顏色，顯示電動機線圈通電後，所產生磁場的極性與方向。再以電路控制 LED 燈的亮滅，產生類似廣告燈的旋轉視覺效果，使學生藉由一步一步手動的操作過程，觀察 LED 燈顏色的亮滅變化，了解包括步進馬達、直流馬達、交流馬達等旋轉電機的動作原理，達到有效教學的目的。相關教具教材實際應用於國立宜蘭大學電機系的「電機機械」教學課程，經由學習成就測驗完成教學成效評估，由於受到實驗分組的影響，使本文無法用統計方法證明所研製的教具，具有顯著的教學成效，未來實驗組與控制組的分組將依前測成績做 S 形分佈，使各組成員差異減到最小，確保教學成效評估的正確性。另外由問卷結果顯示，在功能設計與操作便利性上受到學生肯定，在學習成效及整體滿意度的表現非常良好。

誌謝

本文之研究承行政院科技部編號 MOST 103-2511-S-197 -002 計畫支持研究經費，謹此誌謝。

參考文獻

吳清山、林天祐(2008)。學習地圖。教育研究月刊。

楊錦潭、莊宛毓、朱永芳(2005)，符合 SCORM 2004 SN 規範的適性化教材設計對學習成效之研究，國立高雄師範大學通識教育中心&資訊教育研究所。

- 吳明隆 (2013), SPSS 統計應用學習實務:問卷分析與應用統計, 三版, 知城數位科技。
- 余民寧 (2011), 教育測驗與評量—成就測驗與教學評量, 三版, 心理出版社。
- 彭世興、李志文、吳德豐、江茂欽、謝俊男(2013,5), 旋轉電機教具的研製與教學評估, 第二屆工程與科技教育研討會, 台北, 第 12-25 頁。
- Bal, G., Bayhan, S., (2010). *Internet based virtual electric machine lab: Switched reluctance motor*, 2010 4th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 1 - 5.
- Blanke, B., Andrada, P., & Lopez, J. (2007). *An education and research prototyping platform for switched reluctance motor drives*. Proceedings of the Power Electronics and Applications, 1-8.
- Chapman, S. J. (2012). *Electric Machinery Fundamentals*, 5/e, New York: McGraw-Hill.
- Colin Rose, (2011). *Accelerated Learning for the 21st Century: The Six-Step Plan to Unlock Your Master-Mind*, Random House Publishing Group.
- Edward, R. C., (2009, February), *An Energy Conversion Laboratory Using Industrial-Grade Equipment*, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 24, no.1, 3-11.
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., Umans, S.D. (2013). *Electric Machinery*, 7/e, Singapore: McGraw-Hill.
- Ishibashi, M., Fukumoto, H., Furukawa, T. , Itoh, H. ; Ohchi, M., (2014). *Development of a web-based remote experiment system for electrical machinery learners*, 2014 International Power Electronics Conference (IPEC-Hiroshima 2014 - ECCE-ASIA), 724-729.
- Jesus, F., A., Garcia-Gutierrez, P.A., Gordillo-Iracheta, C., (2011, May). *Development of an integrated virtual-remote lab for teaching induction motor starting methods*. Promotion and Innovation with New Technologies in Engineering Education, FINTDI.2011, 1-5.
- Liyanagedera, C.M., Kulatunga, N.A., (2013). *Multi-motor controller as an educational tool*, 2013 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 1348 - 1351.
- Montesinos, D., Galceran, S., Sudria, A. & Gomis, O. (2005). *A laboratory test bed for PM brushless motor control*. Proceedings of the Power Electronics and Applications, 1-6.
- Syal, A., Gaurav, K., Moger, T., (2012). *Virtual laboratory platform for enhancing undergraduate level induction motor course using MATLAB/Simulink*, IEEE International Conference on Innovative Practices and Future Trends, AICERA.2012, 1 - 6.

Travassos Valdez, M., Machado Ferreira, C., Barbosa, F.P.M. (2013). *Electrical engineering teaching and distance learning using a desktop virtual reality system*, 2013 48th International Universities' Power Engineering Conference (UPEC), 1-4.

當前科技大學工程與技術教育使用教學方法之調查

The Investigation of Teaching Method for Engineering and Technological Education in University of Science and Technology on Contemporary

張仁家

國立台北科技大學 技術及職業教育研究所

Jen-Chia Chang

Graduate Institute of Technological and Vocational Education, National Taipei University of Technology

蕭錫錡

正修科技大學 企業管理系

Hsi-Chi Hsiao

Department of Business Administration, Cheng Shiu University

王 麒*

國立台北科技大學 技術及職業教育研究所

Chi Wang*

Graduate Institute of Technological and Vocational Education, National Taipei University of Technology

摘要

本研究旨在瞭解科技大學工程與技術教育教師在教學方法上的使用情況，研究結果可提供教師在教育教學方法之參考。本研究以 33 所科技大學工程與技術教育教師為問卷對象，回收有效人數計 257 位，利用問卷調查法，蒐集教師在工程與技術教育教學中所使用教學方式之頻率，以次數分配，描述教師在教學方法上選擇經常使用與從未使用之使用情形，並以卡方適合度分析(test of goodness of fit)考驗教師在選擇教學方法上是否有顯著的差異。研究結果發現，科技大學工程與技術教育教師最常使用的教學方法為「講述式教學法」且明顯高於其他方法，在「角色扮演法」、「發現教學法」、「教師團隊教學法」及「工作坊教學法」之使用

頻率明顯偏低。在培養實務技能中，重要的「專題製作」及「問題導向學習」(PBL)並沒有常被使用。

關鍵字：工程教育、工程與技術教育、教學方法、技職教育教學

Abstract

This study aims to understand the engineering and technology teachers at the University of Science and Technology on the use of teaching methods, research results can provide a reference for teachers in education teaching methods. To achieve the purpose, this research to 33 University of Science and Technology, counted 257 engineering and technology teachers for object, using questionnaire survey method, collected teaching methods in the frequency by engineering and technology teachers, and by times distribution, described teachers on the choice of teaching methods regular used and never used, and by chi-square analysis (test of goodness of fit), tested whether there is a significant difference among teachers in different choice of teaching methods. Study found that teaching method which is most commonly used by engineering and technology teachers at University of Science and Technology is "Lecture Method", it is obviously higher than other methods. As for "Role-playing Method", "Discovery Method", "Team Teaching Method" and "Workshop Method", the use of frequency is significantly lower. The methods of "Practical Project" and "Problem-based Learning" (PBL) which should be importantly used in practical skills teaching and training are not commonly used.

Keyword: Engineering Education, Engineering and Technological Education, Teaching Methods, Technological and Vocational Teaching

壹、前言

現今國內高科技產業發展迅速，專業實務的人力資源需求大幅增加。台積電發言人曾晉皓指出「國內科技人才的供給太少，隨著通訊、面板等其他新興產業的需求不斷增加，高科技人才培育發展腳步太慢，幾乎跟不上企業徵才的需求」(廖德琦，2004)。但台灣每年的大學畢業生失業人數逐年攀升，如此現象是產業與學校間之人才培育出現斷層的重要問題。要如何掌握科技發展的趨勢，配合產業需求，提昇學生實務上專業知識技術成為國家競爭力的主要棟樑，是技職教育教師在課堂教學方法上須探究的重要課題。

工程與技術教育是國家利益、社會發展、經濟建設及提供技術人才的重要命脈。早在 2005 年，美國發表《培養 2020 的工程師：為新世紀變革工程與技術教育》文中高度地重視大學工程與技術教育與產業界的結合，以產業實務需求作為教育發展之主要方向，其中以課程作為教育的基本結構，在課程類型、內容與教學方法上應力求創新，強調重在實際應用與實作培育的能力 (ABET, 2005)。因此，工程與技術教育的教師在課程教學上是否有所改變與創新是影響學生有效學習的重要環節，也是當前工程與技術教育因應全球化時代挑戰所需要做的改善與變革。

隨著現今科學技術的發展，教學內容的複雜性，如果使用單一的教學方法，不能有效地完成教學任務，(李方，2003)，如何培養創新思考能力？培養正確的批判思考及問題解決能力？是教師在教學上重要的任務之一 (湯誌龍、黃銘福，2007)。蕭錫錡 (2011) 指出我國科技大學的工程教育人力培育應以應用科學為基礎，實務為主，本質傾向技術能力應用，偏重學生的實務 (hands-on) 經驗，即是能使學生了解基本原理，熟悉實務演練，將理論與實務緊密結合，在做中學、學中做，提高學生的創新能力和動手做的能力 (于彤，2008)，達到強化實務教學之效能。查建中 (2008) 指出現今工程與技術教育在教學內容上，主要有三大問題：1. 太偏重於理論與實際脫節，教學內容陳舊，更新過於緩慢，跟不上產業的發展；2. 缺乏多樣性，教材與教學統一，限制了教師和學生的創造力；3. 過於強調教師在課堂的教學講授，忽視學生主動學習和實踐的環節。而我國技術院校之課程，不分領域普遍有課程內容太著重知識理論，忽略了應用科學知識與技術之能力的問題 (饒達欽、劉昌煥、鄭永福，1996)，吳偉雄、褚蓮娣 (2005) 提出對於理工科的學生而言，實驗教學相當重要。學生透過足夠的

驗證性實驗和一定數量的綜合性實驗、創新性實驗等，才能真正理解掌握該學科的理念和知識，獲得其中的測試技能和實驗能力及初步具有處理實際工作的能力。Flikkema, Franklin, Frolik, Haden, Shiroma, & Weller(2010)指出工作坊教學有利於工程教育開放式的討論與個案學習，包括：1.課程發展是集中在有系統的思考；2.是多教練或多機構的合作學習；3.採用多種替換式的材料、方法與成功經驗，來進行課程；4.以實際操作的方式結合軟硬體，解析系統性的學習項目。Wold & Moore(2013)認為工程課程應嵌入互動的角色模擬扮演策略，以鼓勵學生扮演互動角色的發展，讓學生採取的角色與其他同學的角色相互的交流、探索及解決實務上可能發生的全球性問題。此外諸多外國學者提出問題導向學習方式(PBL)，其效益已經有據可查，被確定為促進學習成果與ABET(Accreditation Board for Engineering and Technology)標準一致的教學方法(Matusovich, Jones, Paretti, Moore, & Hunter, 2011)。

為此，教師在教學過程中應對課程內容進行有系統的分析且可依學生背景與特質規劃與設計教材並確立適配之目標，選擇適當的教學方法與評量方式(甄曉蘭，2004)，歸納綜合多位學者之意見，教師要達到良好的教學效果，勢必要選擇運用多樣式搭配的教學方法。

茲以在工程與技術教育教學中常見的「專題製作」及「問題導向學習」兩種教學方法為例加以說明。專題製作的教學方法，可以培養學生統整所學的知識理論和技能，並與實務結合，瞭解產業現況需求，其中學生檢視本身的興趣及志向，透過與他人合作來培養團隊合作精神、學習批判思考、分析問題、提升解決問題的能力，使能適應現今快速變遷的社會(蔡吉郎、與廖年森，2010)。此亦提供學生實作能力及自我訓練的機會，有助於專業知識與技術融合的境界(盧昆宏，2002)，葉榮木等人(2005)研究指出，在專題製作課程中，學生喜歡彼此相互比較作品，並想在技術上獲取更大的進步，教師本身和學生們皆非常認同專題製作的價值。綜合學者觀點，專題製作教學方法可以有效結合理論與實務，提高學習者學習動機與興趣，幫助激發創新思維，引導問題解決，並增加團隊合作學習，是為工程與技術教育中良好的教學方法。

而「問題導向學習法」(Problem-based learning, PBL)是現今國際上非常流行的教學方式，把學生設置在複雜、有意義的問題情境中(劉紅、袁杰，2007)，主要讓學生能主動參與討論的學習情境，引起學生學習興趣及動機，使提升學生的學習成效，幫助問題解決的能力(Polman, 1995)，在過程中，學生得以訓練主動建構知識與發展問題解決的技能(Mayo, Donnelly,

Nash, & Schwartz, 1993)。其中優點包括：1.所處理的問題可以接近實際生活世界情境；2.能夠激發學生主動參與學習動機；3.幫助科技整合的取向；4.提供學生有機會選擇學習中的內容與型態；5.增進學生合作學習；6.幫助提升教育的品質(Delisle, 1997)，Abman 與 Lopez(2000)指出在美國的工程學院中約有50%的課程已採用PBL教學方法（溫嘉榮、鄭國明、郭勝煌，2010），PBL應用在機械工程教學中有利於提高學生團體合作和人際溝通、幫助學生解決問題的能力並能培養學生發展創新的能力（方策、王啟明、高安禮，2009），以協助課堂中的知識與實務產生交集，提升學生學習興趣，藉由合作參與及問題解決，使學生不再只是單純被動的接收知識，而是能活化利用創造性的思考與實用性的知識建構（呂佩穎、林佑徽，2010）。如前述，問題導向學習方法重視以學生為核心使成為自我引導的學習者，培養解決實際問題為目標，強調合作學習，激發創造思考與創新思維的能力，工程與技術教育教師在教學中若配合運用，能有效提升幫助學生多方面的學習效能。

基於上述本研究擬透過實徵調查與分析，以科技大學工程科系的教師為對象，瞭解工程與技術教育教師在教學方法上不同的使用情況，探討對於教師在教育教學方法上可做的不同轉變與改進。

貳、文獻探討

一、工程與技術教育的發展趨勢

工程與技術教育為主要培養國家經濟建設所需的高級專業人才，2000年起，麻省理工學院、瑞典皇家工學院、瑞典查爾摩斯技術學院與林克平大學等4所工程等大學組成的跨國研究組織，經過探索研究，創立出CDIO (Conceive 構思、Design 設計、Implement 實施、Operate 運行)工程與技術教育理念，此模式是近年來國際工程與技術教育改革最新成果，使學生以主動務實並串連課程的方式學習工程與技術教育，也滿足了美國、加拿大和其它華盛頓協議國家職業工程師組織對工科教育的要求，教學架構具體表現了創新的教育思想（陳春林、朱張青，2010）。

CDIO 工程與技術教育模式創始人之一愛德華·克勞利(Edward Crawley)教授、現今俄羅斯斯科爾科沃理工大學校長，在「“21世紀的工程與技術教育：大學應該怎麼樣”」的主題演講

中，提出工程與技術教育在 21 世紀的發展重要核心是創新。創新探索應是教育、研究以及與產業合作的緊密融合，應培養學生扎實的專業知識、學習人際交往技能、了解市場和社會需求、以應用為取向進行工程研究及加強與產業界的知識交流與合作等，在創新中推動產業和社會經濟發展（李含，2014）。

2009 年美國「工程與技術教育認證委員會」，制定了一套對工程與技術教育新的認證準則，來評估現代工程與技術教育的學生應具備的發展能力，其中包括能科學與工程等知識、數據處理、實驗設計與分析、多種訓練的綜合能力、並重視應用工程問題對全球環境和社會的影響及應用不同技術與現代工程方法解決實務問題的能力等。

由此可看出，世界多國對於工程的教育理念逐漸趨向於解決現實的社會問題與環境議題。重視學生學以致用的實踐能力，及具有交流溝通、互助、團隊合作等綜合能力(Pia Lappalainen, 2009)，並強調學生的創新創意思考，培育出符合全球化時代，國際性、實踐性、綜合性、創造性、團隊性、高水準的全方位工程人才。

二、我國科技大學工程與技術教育的概況

近年來，國內一般大學與技職院校數目不斷增加，校園教育與訓練，正面臨轉型壓力。臺灣技職教育實用之精神因學術化而逐漸流失，導致技職教育人才「學非所用」，出現「學用落差」（蕭玉真，2013）。不能滿足行業的需求，基層人力出現斷層（張仁家，2014）已是明顯存在的問題。在這樣社會環境影響、產業銜接嚴重失衡及快速提升的市場機制轉型情況下，技職體系中在師資與學生課程學習方面，勢必帶來更多衝擊與挑戰（張仁家、游宗達，2014）。

工程與技術教育是整合科技與工業知識技術，扮演國家經濟成長與社會發展之重要動力。多年來工程與技術教育缺乏社會、政治和環境方面的實踐性工程課程(Johnston, Gostelow, & King, 2000)。Geli de Ciurana (2006)指出許多國家之工程學院透過課程改革的方式來處理環境及社會等議題。因此，除了透過基本知識傳授和技術方法之訓練外，如何使工程與技術教育理論與實務做結合，培育具備專業工程知能並符合於社會產業需求的人力資源為當務之急。

2009年國科會應用科學教育學門在專題計畫徵求重點內，特別增加工程與技術教育課程革新、創新教學、創新評量等，以期提升國內對於工程與科技教育研究的能量。2013年教育部推動「第二期技職教育再造計畫」其中以課程活化為面向，強調課程彈性、實務增能、創

新創業為具體策略，且依據社團法人台灣評鑑協會（2014）指出科技大學評鑑指標中，課程規劃占整體六項評鑑指標有相當程度的比重，其中強調「能因應專業特性、社會及產業需求、以及學生特質，並且依據學生學習目標建立良好的課程規劃、運作及檢討機制」，顯示教育部透過評鑑的手段提醒各系所在課程發展中亦先找出該系所的產業定位，重視培養學生具備該產業所需的基本能力，在課程發展中應能對應培養這些能力，有效地將課程與能力做緊密結合（張仁家、蕭錫錡，2014）。2014年IEET中華工程與技術教育學會舉辦工程與技術教育會議中，以協助教師強化對學生主動學習和對解決問題能力，規劃了「創新教學方法」及「深化實務課程內涵」兩大主題，其中幫助教師活化自身的教學方式來提高學生學習動機。

由此趨勢可以見得，創新、實務、活用的教學方法日益受到重視，教師為教育第一線最具影響力的工作者，在學生需求改變、教育政策改革及教材內容革新下，教師的教學方法應該重新檢視，尤其以培育國家產業經濟建設專業技術人才的工程與技術教育更是如此。

三、工程與技術教育的教學方法

工程與技術教育需因應21世紀人才觀的轉變，並配合國家近年來以創新、知識密集和高附加值服務型產業發展，來培育社會產業所需求人才為主要目標。不能只是運用普通的專業知識技能來進行工作，教會學生分析問題找出原因和解決問題（張仁家、蕭錫錡，2014），須幫助學生釐清完成工作項目需要的條件及可能產生的影響(Sabah, Mahmood, & Melanie, 2003)。工程與技術教育有別於科學教育，更著重在理論與實務的結合，必須綜合社會、經濟、技術許多方面，解決現實問題（楊琳，2008）。Pia Lappalainen(2009)也指出教師在實際教學中，必須更加注意學生相互交流、溝通及團隊合作能力的培養。美國麻省理工學院Professor Dick K.P. Yue, 表示透過MIT OpenCourseWare (OCW)學校將所有的課程資訊公開在網站上，提高教育工作者的課程與學的品質，使教學更加有效，增進學生擁有更多的資源與讓自學的學習者使用以豐富他們的生活，有將近96%教育工作者認為該網站有助於學習新的教學方法幫助教學上的改善(MIT, n.d.)。

Gavin(2011)討論在都柏林大學(University College Dublin, UCD)土木工程系課程項目為基礎發展的專題本位學習設計課程，歸納出PBL模型設計在UCD柏林大學的實施包括：1.問題發生在很短的5日期間內；2.焦點在於土木工程設計原理於實際的應用；3.每週安排專題演講來探討與問題相關而不同於尋常的特徵；4.每週五上午學生必須口頭報告自己的解決方案並

且不可遲交。藉此培養他們面對強硬的規定與急迫期限的能力；5.工作量繁重與時間緊迫的訓練結果，可以鼓勵自我導向學習。在研究調查結果中，學生反應持正向肯定，滿意度頗高，90%學生認為PBL可以改善過去傳統課堂的設計學，學生學習到許多正向元素，包括應用設計的能力、團隊合作、發展團隊及溝通技巧。且教師也肯定，認為可以考驗學生是否對教學教材有真正的理解，並可以促進師生間互動關係(Gavin, 2011)。

Lopez-Querol, Sanchez-Cambronero, Rivas, Garmendia(2015)認為非技術技能，例如、溝通、團隊工作及開放式解決問題的能力，是土木工程師必須具備的基本素養以履行其專業職責，傳統以教師為中心的教學方法在土木工程學校中沒辦法鼓勵學生發展這些技能，為此他們於2012-2013年，在西班牙University of Castilla-La Mancha(UCLM)土木工程學院進行實驗測試，將學生分為兩群體，一組為給予傳統的教學法，另一群體給予高度連接PBL的教學法，這兩個調查的結果顯示使用PBL教學方法之學生相對於傳統的教學方法，在個人活動中之最終訓練平均分數、學生滿意度、知識應用能力、信心指數及參與團隊合作度等有更好的表現，顯示PBL有較於傳教學方法擁有更好的性能。

而在美國印第安納大學(Indiana University), Vincent & Elinor Ostrom 曾經提出利用工作坊的方式，讓學生與來自世界各地的學者進行每天的互動，從跨學科的角度來看問題，利用了多種方法，促使學生進行跨學科和集體激盪的行動研究，最後甚至在互動的討論中幫助政府在“公用地”施政的問題上找到迎刃而解的實施策略(Walker, 2014)。2015年，施普林格科學與商業媒體新聞公司(Springer Science & Business Media)報告了他們花了六年時間，以團隊為基礎發展活動項目，並為促進西班牙12至16歲的學生在工程教育領域積累經驗。諸多活動項目的設計，其目的是為了增加學生對於科學知識的興趣，在簡易技術活動項目的互動情況下，促進工程技能，提升工作能力和增進產業的價值觀，幫助學生對於自己職業生涯的選擇規劃，並提高選擇繼續深造大學的整體水平。活動中對於物理學和工程學相關的理論與概念都是以圖示及動手實驗來進行學習。學生以工作坊的概念、設計自己的工作車間，活動主題是讓學生以低成本材料設計可以遙控操作的水下機器人。到目前為止，該活動已包括21隊不同的學生群體，並顯示此項活動讓每個小組了解到團隊精神，隨著努力和良好的工作策略，讓所遇到之問題都可以被克服解決(El-Fakdi, Cufí, Hurtós, & Correa, 2015)。

2013年，Poon以混合式學習方法在英國Cardiff University教授經濟房地產和建築系的學生，希望借由此種混合式學習方法提高學生學習參與的興趣以增進技能，並幫助他們的提昇就業。而“混合式學習”是一個結合多種方法的教學方式，包括有工作坊、研討會、講座和使用虛擬學習環境等，目的在促使學生的學習發揮相互補充和激盪，促進學生合作學習。在學年結束後，以電子郵件方式進行學生學習問卷調查，學生們回饋的結果認為此方法增強了

整體的學習經驗，能在理論與實踐間取得良好的平衡，且利用問題為基礎的方法來學習經濟概念，更有幫助於理解(Poon, 2013)。

綜合歸納上述多國工程教育之教學實例，我國工程與技術教育教師在教學方法與認知上必須思考應如何採用並搭配選擇使能有效提升學生實踐能力、思考能力、創新精神、團隊合作及主動自學能力之教學方法。

Regina, Emmanuel, & Josiah(2010)歸納出 14 種教學方法作為研究教師創新認知與教學方式的依據。本文將國內外多位學者對於這 14 種教學方法的各自定義整理如表 1，並藉由這 14 種教學方法，作為本研究問卷調查題項的依據，探討科技大學工程與技術教育教師教學方法之使用情形，並提出未來可以進行調整或改善的建議。

表 1

工程與技術教育中常見的教學方法及其定義

教學方法	定義
講述式 教學法	正式的講述方式有些以演講的型態出現，大部分採用口頭講解或書面資料的闡述，以問答、受訓者練習和教學媒體呈現的方式來進行教學，即是最傳統的培訓教學方法（王財印，2004）。
專題製作 教學法	教師或學生根據所學相關領域，選擇適當主題，經由個人或小組合作，運用所學理論與技能，發揮想像力與創造力，幫助學生將所學的理论與實務結合，來瞭解產業之作業流程並檢視自己的興趣與志向，透過與他人合作，培養團隊合作精神、相互思考、分析問題、面對及解決問題，將其運用在成品設計、製作或探討主題之課程中（陳鎰斌，2008）。
示範 教學法	以實際執行一套程序或一連串的逐步示範動作，使學生了解教學的現象或原理。通常包含有行動、程序、技巧與知識，並運用各種設備或實物作配合（林麗華、林炎瑩，2004）。
合作 學習法	受訓者一同進行學習並分享彼此想法，對團體與個人的學習一樣負責，主要強調團體目標與團體成現(Slavin, 1994)。

討論 教學法	為達成教學目標，透過各種方式，如聽、說及觀察等過程，彼此溝通意見，以協助教師達成教學目標的活動(Gall & Gillett, 1980)。
工作坊 教學法	採用專業組織團體的涵義，包括有活動、演講、討論等多種不同方式，能夠促進不同立場、族群的學習者思考、探討、交流進行教學，是目前越來越流行的一種教學方式（李安明、陳怡安、謝琬琪，2012）。
發現 教學法	教師在學生學習原理概念時，並非將教材的最後形式直接呈現給學生，而是提供學生問題情境，給予學生一些實例和問題，讓學生能積極思考，自行發現和研究，並學習掌握教材中知識架構的一種方法(Bruner, 1961)。
個別化 教學法	運用方法引發學生興趣，依照學生的個別差異安排合適合量的學習內容，來教導學習的方法（陳勇祥，2010）。
教師團隊 教學法	一群有目的、例常性合作的工作教師，協助一群學生學習。此教學團隊的教師們包括設定課程目標、課程時間及準備各科目計劃，實際共同教導學生，並評鑑教學結果等方面的共同工作(Buckley, 1999)。
問題解決法	以問題為中心的情境，在解決問題的過程中，幫助學生發展思考、理解、解決問題等智能。 一般步驟如下：1.澄清問題 2.搜集資料 3.分享與討論 4.結論（陳美雪，2007）。
電腦輔助 教學	將學生安排在已編寫好的電腦互動模式課程中，電腦依照學習者先前的學習反應，選擇一個適當的主題或單元，學習者可以按照自己的學習能力調整學習進度(Sipple & Sipple, 1980)。
角色扮演 教學法	在事件案例中運用角色扮演，將現實生活中抽象或複雜的事物呈現，以供學習者進行學習的教學方法(Sutcliffe, 2002)。

實地訪視	利用靈活教材，打破教室空間的限制，使學生直接與實際情境接觸，獲得具體完整的經驗與印象（陳嘉彌，1990）。
參觀法	
實驗法	狹義的實驗指自然科學方面之各種實驗。廣義的實驗指所有學科之各種具有試探意義的活動。教師為幫助學生發現知識及驗證知識，給予學生各種實驗與試探機會的方法（中華百科全書，1983）。

資料來源：本研究整理。

參、研究方法

本文旨在探討科技大學工程與技術教育教師教學方法之使用情況，透過問卷調查方式，以教學方法的使用頻率及教學方法為研究變項，進行描述性統計、卡方適合度考驗，瞭解不同教學方法與使用頻率之間的關係。

一、研究架構

如圖 1 所示，本研究欲探討科技大學工程與技術教育教師教學方法之使用。

教學方法
1. 講述式教學法
2. 專題製作(Porjet work)
3. 示範教學法

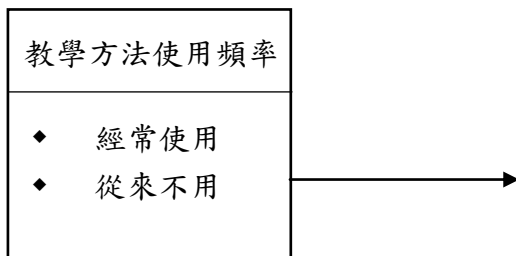


圖 1 研究架構

二、研究假設

依據本研究目的與文獻探討結果，提出本研究之假設：

假設 1：教師在選擇「經常使用」之教學方法上有顯著差異。

假設 2：教師在選擇「從未使用」之教學方法上有顯著差異。

三、研究對象

本研究以台灣各科技大學之工程學院專任教師為母群體，共計 33 所學校，採用系統隨機抽樣的方式選取樣本進行調查。由於各校對於工程學院的定位不一，致使相同的系在不同學校裡，有些歸屬於工程學院，有些卻歸屬於電資學院，甚至有的歸到機電學院；又各工程學

院下設的系科與班級數量相當分歧，為了請院長協助施測方便，遂採配額抽樣(Quota Sampling)的方式，委請工程學院的院長代為隨機轉發給該院的教師填寫，各校隨機抽取 15 位工程學院教師，共計 495 名教師為問卷填答對象如下表 2 所示。

四、研究實施

研究問卷於 2014 年 10 月以郵寄的方式寄送，並於一個月後開始進行電話催收，再經半個月完成回收。一共發出 495 份問卷，回收後剔除無效回收問卷，有效問卷 257 份，有效回收率為 51.9%，回收樣本分配情形，如下表 2 所示。

表 2

研究樣本及回收分配情形

學校	學院	有效回收人數	有效回收人數百分比%
國立臺灣科技大學	工程學院	6	2.33
國立雲林科技大學	工程學院	8	3.11
國立屏東科技大學	工學院	10	3.89
國立臺北科技大學	工程學院	13	5.06
國立高雄第一科技大學	工學院	3	1.17
國立高雄應用科技大學	工學院	6	2.33
國立虎尾科技大學	工程學院	14	5.45
國立高雄海洋科技大學	海洋工程學院	0	0.00
國立澎湖科技大學	海洋資源暨工程學院	2	0.78
國立勤益科技大學	工程學院	0	0.00
朝陽科技大學	理工學院	12	4.67
南臺科技大學	工學院	14	5.45
崑山科技大學	工程學院	10	3.89
龍華科技大學	工程學院	8	3.11

明新科技大學	工學院	9	3.50
弘光科技大學	工學院	4	1.56
健行科技大學	工學院	14	5.45
正修科技大學	工程與電資學院	11	4.28
萬能科技大學	工程學院	0	0.00
建國科技大學	工程學院	4	1.56
明志科技大學	工學院	9	3.50
聖約翰科技大學	工程學院	0	0.00
遠東科技大學	工程學院	14	5.45
東南科技大學	工程學院	15	5.84
南開科技大學	工程學院	0	0.00
中華科技大學	安全工程學院	7	2.72
吳鳳科技大學	工學院	15	5.84
中州科技大學	工程學院	6	2.33
修平科技大學	工程學院	9	3.50
台北城市科技大學	工程與設計學院	15	5.84
大華科技大學	工程科技學院	15	5.84
南榮科技大學	工程學院	4	1.56
國立雲林科技大學	工程學院	0	0.00
總數	33	257	51.92

五、問卷設計

為達研究目的，本研究問卷調查題項採 Regina, Emmanuel, & Josiah(2010)所歸納的 14 種教學方法為依據，受試之教師根據自己在工程與技術教育教學時，教學方法上使用頻率的實際情形進行作答，其答案選項為「經常使用」、「偶爾使用」、「較少使用」及「從來不用」，依 4、3、2、1 加以記分。受試之教師在該教學方法所獲得的分數越高，表示在其教學方法上的

使用頻率愈高，反之，則表示受試之教師愈不常使用此教學法。

六、問卷資料處理及統計分析

本研究針對回收之 257 份有效問卷進行資料編碼與建檔，輔以次數分配與百分比來描述樣本特性以及次數分配描述教師選擇經常使用及從未使用在教學方法上之使用情形，並運用 SPSS 分析套裝軟體，以卡方適合度分析(test of goodness of fit)考驗教師在選擇經常使用及從未使用之教學方法上是否有顯著性差異。

肆、資料分析與討論

一、樣本資料之描述性分析

本研究問卷調查之背景資料包括：性別、年齡、教學年資、任教領域、有無業界實務經驗、認為個人教學上的創新程度，共六項調查項目。問卷回收樣本背景資料如下表 3 所示：(1)以性別而言，男性居多為 235 人，佔全體人數的 93.3%；(2)就年齡分布而言，以 51-60 歲的教師人數最多，有 100 人，佔全體人數 39.1%，46-50 歲的教師次之，有 65 人，佔全體人數 25.4%，61 歲(含)以上的教師人數最少，有 11 人，佔全體人數 4.3%；(3)就教師教學年資而言，21-30 年的教師人數最多，有 92 人，佔全體人數 36.1%，11-20 年的教師次之，有 79 人，佔全體人數 31.0%，30 年(含)以上的教師人數最少，為 17 人，佔全體人數 6.7%；(4)就教師任教領域而言，於機械與動力領域的教師人數最多，有 90 人，佔全體人數 35.0%，電機與電子的教師人數次之，有 70 人，佔全體人數 27.2%，設計領域的教師人數最少，為 3 人，佔全體人數 1.2%；(5)就教師認為個人在教學上的創新程度而言，認為個人在教學上之創新程度尚可的人數最多，有 110 人，佔全體人數 42.8%，認為多數有創新的教師人數次之，有 96 人，佔全體人數 37.4%，認為完全無創新的教師人數最少，為 3 人，佔全體人數 1.2%。

表 3

科技大學之工程學院教育教師背景變項之描述性分析(N=257)

類別	變項	樣本數	遺漏值	有效百分比%	累積百分比%
性別	男	235	5	93.3	93.3

	女	17		6.7	100.0
年齡	35歲(含)以下	12		4.7	4.7
	36-40歲	25		9.8	14.5
	41-45歲	43	1	16.8	31.3
	46-50歲	65		25.4	56.6
	51-60歲	100		39.1	95.7
	61歲(含)以上	11		4.3	100.0
教學年資	5年(含)以下	26		10.2	10.2
	6-10年	41		16.1	26.3
	11-20年	79	2	31.0	57.3
	21-30年	92		36.1	93.3
	30年(含)以上	17		6.7	100.0
任教領域	機械與動力	90		35.0	35.0
	電機與電子	70		27.2	62.3
	土木與建築	25		9.7	72.0
	化工與材料	22	0	8.6	80.5
	設計	3		1.2	81.7
	資訊與資工	21		8.2	89.9
	其他	26		10.1	100.0
有無業界實務經驗	有	172	3	67.7	67.7
	無	82		32.3	100.0
認為個人教學上的創新程度	很有創新	27		10.5	10.5
	多數有創新	96		37.4	47.9
	尚可	110	0	42.8	90.7
	少數創新	21		8.2	98.8
	完全無創新	3		1.2	100.0

二、經常使用及從未使用在教學方法使用情形之描述性分析

本研究問卷調查之教學方法包括：講述式教學法、專題製作、示範教學法、合作學習法、討論教學法、工作坊教學法、發現教學法、個別教學法、教師團隊教學法、問題解決教學法、電腦輔助教學法（含模擬）、角色扮演法、實地訪視參觀、實驗教學法，共 14 項調查項目。填答者選擇教學方法之經常使用及從未使用的情形，如下圖 2 及圖 3 所示。

本研究有效教師樣本數為 257 人，如圖 2，在「經常使用」情形中，教師選擇最常使用的教學方法為講述式教學法，有 201 人，佔全體人數 78.2%，其次是示範教學法，有 105 人，佔全體人數 40.9%，第三是實驗教學法，有 95 人，佔全體人數 37.0%。

在「從未使用」情形中，如圖 3，教師選擇從未使用的教學方法為角色扮演法，有 106 人，佔全體人數 41.2%，其次是工作坊教學法，有 78 人，佔全體人數 30.4%，第三是教師團隊教學法，有 60 人，佔全體人數 23.3%。

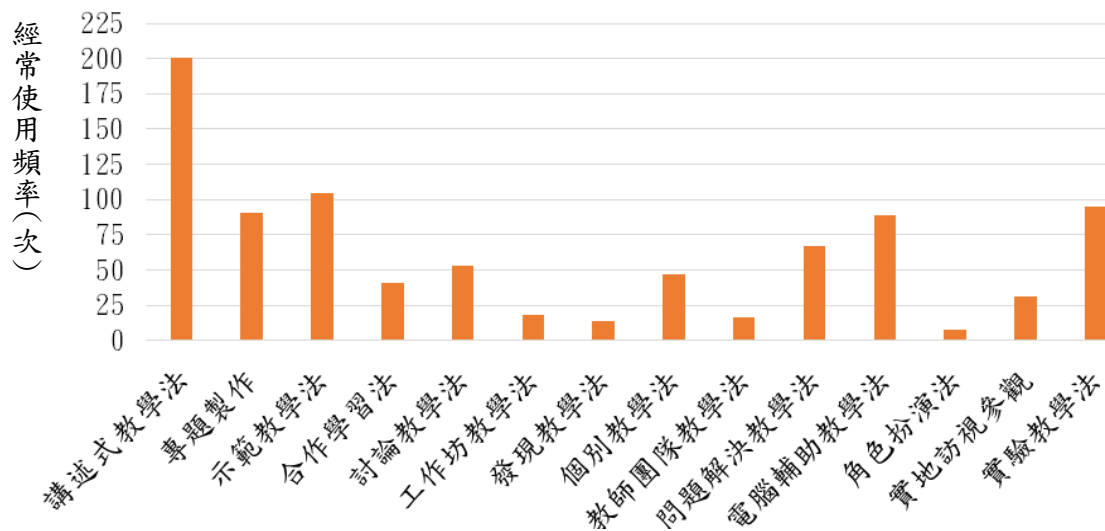


圖 2 經常使用之教學方法的次數統計圖

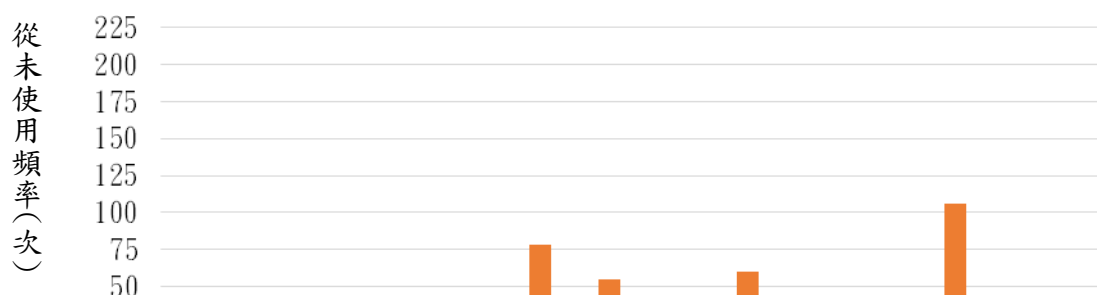


圖 3 從未使用之教學方法的次數統計圖

四、經常使用及從未使用在教學方法使用情形之卡方適合度考驗

本研究有效教師樣本數為 257 人，研究問卷採李克特量表設計，教師在 14 種教學方法之經常使用及從未使用中可以重複做選擇，最終統計，經常使用之教學方法觀察個數總合為 876 次，從未使用之教學方法觀察個數總合為 499 次。

由表 4 的卡方考驗結果顯示，教師在選擇「經常使用」之教學方法觀察個數總合為 876 次，卡方考驗檢定統計量顯示，以常態之原則檢視 14 種「經常使用」的教學方法，其期望個數為 62.6，在自由度(df)為 $(14-1)=13$ ，.05 顯著水準(α)下，卡方臨界值(Chi-square critical value)為 34.527，因此本研究卡方值(Chi-square) 553.055 達顯著水準，p 值趨近於 0，故拒絕虛無假設，得知本研究之 14 種教學方法在教師選擇經常使用中，具有顯著差異。因此可推論教師在經常使用的教學方法中並不相同，且最常使用的是講述式教學法及示範教學法。

教師在選擇「從未使用」之教學方法觀察個數總合為 499 次。卡方考驗檢定統計量顯示，以常態分布原則檢視 14 種「從未使用」的教學方法，其期望個數為 35.6。在自由度(df)為 $(14-1)=13$ ，在.05 顯著水準(α)下，卡方臨界值(Chi-square critical value)為 34.527，因此本研究卡方值(Chi-square) 314.263 達到顯著水準，p 值趨近於 0，故拒絕虛無假設，得知本研究之 14

種教學方法在教師選擇從未使用中，具有顯著差異。因此可推論教師在從未使用的教學方法中並不相同，且最不常用的是角色扮演法及工作坊教學法。

表 4

經常使用及從未使用之教學方法的卡方分析表

教學方法	經常使用		從未使用	
	觀察個數	期望個數	觀察個數	期望個數
講述式教學法	201	62.6	3	35.6
專題製作	91	62.6	11	35.6
示範教學法	105	62.6	11	35.6
合作學習法	41	62.6	23	35.6
討論教學法	53	62.6	13	35.6
工作坊教學法	18	62.6	78	35.6
發現教學法	14	62.6	55	35.6
個別教學法	47	62.6	30	35.6
教師團隊教學法	16	62.6	60	35.6
問題解決教學法	67	62.6	22	35.6
電腦輔助教學法 (含模擬)	89	62.6	25	35.6
角色扮演法	8	62.6	106	35.6
實地訪視參觀	31	62.6	40	35.6
實驗教學法	95	62.6	22	35.6
總和	876		499	
卡方	553.055 ^a		314.263 ^a	
自由度	13		13	
漸近顯著性	.000		.000	

伍、結論與建議

本研究旨在探討國內科技大學工程與技術教育教師教學方法之使用情形，經問卷調查獲致以下重要結論與建議。

一、結論

(一) 國內科技大學工程與技術教育教師最常使用講述式教學法

統計資料顯示，傳統的講述式方法教學最常使用。但對於現今工程與技術教育應重視實務訓練、符合產業需求，培育工程與技術教育學生創新創意思考、實踐能力、團隊合作等能力、自主自學能力等重點並不符合。

(二) 國內科技大學工程與技術教育教師最不常使用角色扮演教學法

在 14 種教學方法中以角色扮演、發現教學法、教師團隊教學法及工作坊教學方法明顯低於其他。顯示教師較不重視教學案例情境中的學習，缺乏引導學生將現實生活發生的實際案例加以分析、思考的能力。對於培育工程與技術教育學生之實務應用、創造思考、問題解決等能力有落差存在。

在最不常使用的角色扮演教學方法中，是能讓學生學習深入體會不同角色的特質，培養同理心，讓學生能在假想的情境中了解、揣摩真實情況。Wold & Moore(2013)指出目前的工程教育課程並不強調與來自不同文化背景的成功者互動或與展現全球競爭力的技能者交流。學習使用跨國平台的工作是必不可少的。目前的工程課程必須採取嵌入互動的角色模擬扮演策略，來鼓勵學生角色扮演的學習中發展，讓學生採取的角色與其他同學的角色交流、探索和解決現實的全球性問題。在發現式教學法中能讓學生積極思考、研究、自行發現並掌握教材使學生在探索的過程中發現原理原則（顧炳宏、陳瓊森、溫嫩純，2011）並利於激發學生智慧潛力、掌握發現的方法形成學習遷移（傅曉濤，2007）。而教師團隊教學法因教師參與教學團隊，增加彼此互動機會，降低了教師的疏離感(Ediger, 2000)且教師能夠發揮個人的專長、集合眾人智慧（錢濤，1974）透過分享理念、相互評論與觀摩，達到教學能力的提升(Ediger, 2000; Hinton & Downing, 1998)，而張楚鶯（2010）提出工作坊教學能透過師徒制學習，並重

技術與藝術，重視在工作場所中實踐，透過不同形式的活動設計，針對主題可做深入的剖析與探討，能幫助參與者對主題範疇與內容衍生更宏寬的觀點、見解與視野（李郁文、邱美華，2001）。由上述其他研究結果顯示角色扮演、發現教學、教師團隊教學及工作坊教學這些教學方法均能帶來傳統講述教學所未能達到之效果，若多使用上述多種教學方法能讓工程與技術教育之教學效果、品質與發展性得到良好的提升。

在現今國內外工程與技術教育學界所肯定的專題製作教學法及問題導向學習法（PBL）雖然已有教師導入教學中，但使用比重仍不高。蕭錫錡等人（2001）指出在「專題製作」課程中可培養學生團隊合作之精神與促進人際關係的學習，使學生能適應多變的社會現況，具備邏輯與直覺的思考能力、自我意志力與責任感、創造力、疑問與發問心。問題導向學習法（PBL）可以培養學生解決問題的能力並在過程中培養問題解決的精神與態度，以應付日學生活之所需（陳秀芬，2007）等等的諸多優點，在本文上述皆已介紹。

二、建議

根據上述結論，本文建議國內科技大學工程教師在教學方法上可以搭配多樣的教學方式並調整使用的頻率。雖然講述式教學法是最常用也最方便的教學方法，若長時間採用講述式教學也可能會使學習效率降低，讓學生缺乏參與感、不易吸引學生注意力、引發不了學習興趣、互動性低、學生處於被動的學習狀態失去了許多探索與實作的機會（羅寶鳳，2003）。因此，教師可嘗試變換不同的教學方法，以符合實際的教學情境與學習需求，並以追求最佳的學習效果為依歸。

教師們能利用在本研究調查中從來不用、最少使用的角色扮演、發現教學、教師團隊及工作坊教學法，使工程與技術教育的學生能有更多元化的學習。例如在角色扮演中案例情境的學習，透過揣摩、思考、分析與討論，學習如何實際的將技術應用到自己的生活中，以發現教學法來激發學生思考、探索問題引起學習動機及運用工作坊的團隊活動學習裡，促進不同團體組織參與者的合作交流、分析討論並在實踐學習中操作實務與演練。最後工程與技術教育教師如能重視教師團隊教學法，可幫助集結多位教師的多樣智慧，發揮各自的專長領域，提供多樣化的專業見解。

若根據本文提出的建議，嘗試結合多樣教學方法，提高其使用比率，相信能改善不少工程與技術教育所產生的問題並帶來更好的學習效率，幫助培育學生能符合現代國際工程與技

術教育趨勢，發展宏觀視野，增進國際競爭力，且教師們必定能將工程與技術教育帶領更為精湛的工程領域，國家工程發展所倚靠的是人才，而人才的優劣取決於教育的質量，十年樹木，百年樹人，只有不斷的改革與進步，方能擁有多元並扎實的優良教育，在不同時代所面對不同的挑戰。

誌謝

本研究特別要感謝審查委員的辛勞，同時也感謝科技部對本研究的經費支持（計畫編號：MOST 103-2511-S-027-004-MY3 及 MOST 103-2511-S-230 -001 -MY3）。

參考文獻

- 于 彤（2008）。探索工程與技術教育改革的系統方法。*機械職業教育*，1，30-32。
- 中華工程與技術教育學會（2015）。**2014 年 IEET 教學與評量策略研討會（I）顛覆傳統式的方 策**、王啟明、高安禮（2009）。PBL教學模式在機械基礎實驗教學中應用的探索思考。*實驗技術與管理*，2，120-122。
- 王財印（2004）。講述教學法及講述技巧，輯於王財印、吳百祿、周新富（主編），*教學原理*（頁 141-155）。臺北市：心理出版社。
- 台灣工程與技術教育與管理學會（2015）。*工程與科技教育學術研討會*，2015年1月18日，取自 <http://cete.ateem.org.tw/>
- 吳偉雄、褚蓮娣（2005）。基於虛擬實驗的教學方法研究。*嘉興學院學報*，6，105-107。
- 呂佩穎、林佑徽（2010）。通識教育改革：問題導向學習法在「全球化與世界變遷」課程之應用與檢討。*通識學刊：理念與實務*，1，121-160。
- 李 方（2003）。對立與融合：傳統教學方法與現代教學方法。*華南師範大學*，6，91-97。
- 李 含（2014 年）。CDIO 工程與技術教育模式創始人之一愛德華·克勞利談 21 世紀工程與技術教育。*清華大學新聞網*，取自 http://www.tsinghua.edu.cn/publish/news/4205/2014/2014061209105255862015_3/20140612091052558620153_.html

- 李安明、陳怡安、謝琬琪 (2012)。校長專業發展工作坊評鑑指標—以平衡計分卡概念建構。嘉大教育研究教學刊, 27, 1-25。
- 李郁文、邱美華 (2001)。兩性教育與生涯規畫：團體諮商主題工作坊。台北：桂冠。
- 社團法人台灣評鑑協會 (2014)。103-108 學年度科技大學綜合評鑑項目效標。2015 年 7 月 2 日，取自 <http://tve-eval.twaea.org.tw/>
- 林麗華、林炎瑩 (2004)。職業學校技能檢定訓練教學與實例之探討。士林高商學報, 2, 29-35。
- 查建中 (2008)。面向經濟全球化的工程與技術教育改革戰略—產學合作與國際化。高等工程與技術教育研究, 1, 21-27。
- 袁振君 (2010)。國外高等工程教育課程研究對我國的啟示。中國電力教育, 24, 105-107。
- 張仁家 (2014)。開展技職教育的天空—析論當前高職教育應走的方向。中等教育, 2, 21-31。
- 張仁家、游宗達 (2014)。德國雙軌技職教育對我國技職教育之啟示。台灣國際研究季刊, 3, 173-188。
- 張仁家、蕭錫錡 (2014)。科技大學系所本位課程發展的理論與實務。輯於李隆盛主編之「大學課程與教學的改革與創新」, 頁 189-210。臺北：五南。
- 張楚鶯 (2010)。基於工作坊的商務英語翻譯教學模式的應用與探析。湖北函授大學學報, 3, 113-114。
- 教育部 (2013)。職業學校群科課程綱要總綱。2010 年 07 月 13 日，取自 <http://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000304&KeyWord>
- 中華工程與技術教育學會 (2015)。教與學—翻轉教室教學及專題實作課程之設計與實例, 2015 年 1 月 18 日，取自 http://www.ieet.org.tw/meet1_11_2.aspx
- 曹龍泉 (2009)。問題導向學習策略在新興科技融入高職專題製作課程之應用。科技教育課程改革與發展學術研討會。高雄市 9 月。
- 陳木金 (2007)。問題導向學習法與反思學習法在校長學習之應用。載於校長的學習國際學術研討會會議手冊 (237-252)，台北市：國立台北教育大學。
- 陳秀芬 (2007)。問題解決教學科學活動設計—澱粉檢測技術之應用。屏東教大科學教育, 25, 85-93。

- 陳勇祥 (2010)。因材施教好妙方教學手札—個人化教學法在班級的應用。**教師天地**, 167, 79-80。
- 陳春林、朱張青 (2010)。基於 CDIO 教育理念的工程學科教育改革與實踐。**教育與現代化**, 1, 30-34。
- 陳美雪 (2007)。**國小社會學習領域建構取向教學之行動研究** (未出版之碩士論文)。國立嘉義大學, 嘉義。
- 陳嘉彌 (1990)。舉辦參觀學習活動之計畫與範例。**視聽教育雙月刊**, 6, 14- 27。
- 陳鎰斌 (2008)。高職學校電子科專題製作課程實施初探。**內湖高工學報**, 19, 233-240。
- 傅曉濤 (2007) 發現學習及其在元素周期律教學中的運用。**安徽教育學院學報**, 6, 121-122。
- 湯誌龍、黃銘福 (2007)。大專校院之專題製作課程與產業需求的關係：以機械領域為例。**教育實踐與研究**, 2, 157-186。
- 楊 琳 (2008)。淺談工程與技術教育改革。**湖北第二師範學院學報**, 7, 104-105。
- 溫嘉榮、鄭國明、郭勝煌 (2010)。以 PBL 問題導向高層次思考之行動學習模式探討。**工業科技教育學刊**, 3, 9-15。
- 葉榮木、張國維、潘世耀、林裕軒、蘇峻緯、林裕閔、廖家成 (2005)。**以專題導向學習為基礎之光機電整合工程教學系統研發**。行政院國家科學委員會專題研究成果報告 (編號: NSC- 93-2516-S-003-012), 未出版。
- 中華百科全書 (無日期)。**實驗法**。取自 <http://ap6.pccu.edu.tw/Encyclopedia/data.asp?id=2507>
- 廖德琦 (2004)。高不成, 低不救, 人力資源待挽救。**新台灣新聞周刊**, 445。取自 <http://www.newtaiwan.com.tw/bulletinview.jsp?bulletinid=19727>
- 甄曉蘭 (2004)。教學理論, 載於黃政傑主編, **教學原理**。臺北: 師大書苑。
- 劉 紅、袁 杰 (2007)。PBL 對研究生教學改革的啟示。**高等建築教育**, 3, 16-19。
- 蔡吉郎, 廖年淼 (2010)。高職「專題製作」課程實施機制之研發。**技職教育期刊**, 2, 19-34。
- 盧昆宏 (2002)。**專題製作與報告撰寫**。台北: 華泰。
- 蕭玉真 (2013)。打造實用技職。**高教技職簡訊**, 78, 16-19。

- 蕭錫錡、趙志揚、許世卿、許錫銘、曾世虹、陳婉如 (2001)。從專題製作課程論大學工程學生創意思考能力之培養。《工業教育學刊》，21，15-28。
- 蕭錫錡 (2011)。落實課程規劃強化技職校院務實致用教育目標。《技術及職業教育季刊》，1(1)，33-37。
- 錢 濤 (1974)。協同教學法研究。《教育輔導》，8，18-23。
- 羅寶鳳 (2003)。超越方法的教學：學習過程中的關係建立。《課程與教學季刊》，4，101-116。
- 饒達欽、劉昌煥、鄭永福 (1996)。我國當前高職專科技術學院課程與教材改革報告書。台北市：行政院教育改革審議委員會。
- 顧炳宏、陳瓊森、溫嫩純 (2011)。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效—以密度概念為例。《科學教育學刊》，3，257-282。
- Abdul-Wahab, S. A., Abdulraheem, M. Y., & Hutchinson, M. (2003). The need for inclusion of environmental education in undergraduate engineering curricula. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 4(2), 126 - 137.
- ABET. (2005). Engineering vs. engineering technology. Retrieved Oct. 3, 2013, from <http://goo.gl/hUVEOP>
- ABET (2009). *Accreditation Board for Engineering and Technology*. Retrieved June 14, 2009, from <http://www.abet.org>
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- Buckley, F. J. (1999). *Team teaching-what, why and how?* California, CA: SAGE.
- Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandria, Virginia, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Ediger, M. (2000). *Assessing five sacred cows in education*. Retrieved from ERIC database. (ED442862)
- Edward, F., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Crawley, D. B. (2007). *Rethinking engineering education-The CDIO approach*. New York, NY: Springer-Verlag.
- El-Fakdi, A., Cufí, X., Hurtos, N., Correa, M. (2015). Team-Based building of a remotely operated underwater robot, an innovative method of teaching engineering. Retrieved from

<http://goo.gl/nCdBXX>

- Flikkema, P., Franklin, R., Frolik, J., Haden, C., Shiroma, W., & Weller, T. (2010, October). *Mini workshop - MUSE - Multi-university systems education*. 40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Washington, DC.
- Gall, M. D., & Gillett, M. (1980). The discussion method in classroom teaching. *Theory into Practice*, 2, 98-103. doi:10.1080/00405848009542881
- Gavin, K. (2011). Case study of a project-based learning course in civil engineering design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 547-558.
- Geli de Ciurana, A. M., Leal Filho, W. (2006). Education for sustainability in university studies: Experiences from a project involving European and Latin American universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 7(1), 81-93.
- Hinton, S., & Downing, J. (1998). *Team teaching a college core foundations course: instructors' and students' assessments*. Retrieved from ERIC database. (ED429469)
- Johnston, S., Gostelow, P., King, J. (2000). *Engineering and society: Challenges of professional practice*. Harlow England: Prentice Hall.
- Lopez-Querol, S., Sanchez-Cambronero, S., Rivas, A., Garmendia, M. (2015). Improving Civil Engineering Education: Transportation geo-techniques taught through Project-Based Learning Methodologies. Retrieved from <http://goo.gl/Uw00xB>
- Mayo, P., Donnelly, M. B., Nash, P. P., & Schwartz, R. W. (1993). Student perceptions of tutor effectiveness in problem based surgery clerkship. *Teaching and Learning in Medicine*, 5(4), 227-233.
- Matusovich, H. M., Jones, B. D., Paretti, M. C., Moore, J. P., Hunter, D. A. N. (2011, June). *Motivating factors in problem-based learning: A student perspective on the role of the facilitator*. 118th ASEE Annual Conference and Exposition, Vancouver, BC.
- Massachusetts Institute of Technology (n.d.). *About MIT OpenCourseWare*. Retrieved from <http://ocw.mit.edu/about/site-statistics/>
- National Academy of Engineering (2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new*

century. Washington, DC, WA: National Academies Press.

Pia Lappalainen. (2009). Communication as part of the engineering skills set. *European Journal of Engineering Education*, 2, 123-129.

Polman, J., & Fishman, B. (1995). *Electronic communication tools in the classroom: student and environmental characteristics as predictors of adoption*. The Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, CA.

Poon, J. (2013). An examination of a blended learning approach in the teaching of economics to property and construction students. *Property Management*, 31(1), 39-54.

Samba, R., Achor, E. E., Ogbeba, J.A. (2010). Teachers' awareness and utilization of innovative teaching strategies in secondary school science in Benue state, Nigeria. *Educational Research*, 1(2), 032-038.

Sipple, C. J., & Sipple, R. J. (1980). *Computer dictionary*. Indiana, IN: Howard W. Sams & Co. Inc.

Slavin, R. E. (1994). *Cooperative learning: Theory, research and practice (2nd ed.)*. Boston: Pearson.

Sutcliffe, M. (2002). Simulations, games and role-play. *The Handbook for Economics Lecturers*. Retrieved from <http://www.economicsnetwork.ac.uk/handbook/games>

Walker, J.M. (2014). The Bloomington Workshop: multiple methods, interdisciplinary research, and collective action. Retrieved from <http://goo.gl/vvyT7Q>

Wold, K., Moore, S.L. (2013, June). *The impact of role-playing simulations on global competency in an online transnational engineering course*. 120th ASEE Annual Conference and Exposition, Atlanta, GA.

發展課程地圖 知識系統：概念模型與知識工程

Developing Curriculum Mapping Knowledge System: Concept Modeling and Knowledge Engineering

葉慶隆、蔡慧貞*

大同大學 資訊工程系學系

Ching-Long Yeh、Hui-Chen Tsai*

Department of Computer Science and Engineering, Tatung University

摘要

課程地圖是動態歷程，清楚描繪出課程架構、修課要求與順序，作為學生修習課程的指引，幫助學生瞭解選讀的課程內容，並可從眾多課程中兼顧興趣及實務選擇出最適合自己的修課路徑，提供大學生完整的學習及應用。然而目前大學系所的課程地圖僅能提供線性式瀏覽與關鍵字搜尋服務，在學習路徑(課程)的查詢並無法容納所有可能性，滿足個人需求。因此本研究目的是以知識工程方法論、語意網技術來發展智慧型課程地圖知識系統，提供學生求學、職涯發展等診斷諮詢，提供學系檢討課程設計的依據，及業界招募人才的參考。此外由於此技術具開放性及資料整合能力，課程地圖的知識庫可以加入語意網的連結資料，其它大學可以利用轉換包裝技術，將其課程地圖資料轉成 RDF 後，便可以加入本系統，未來可以擴散形成全國性課程地圖系統。

關鍵詞：語意網、知識工程、R2RML、UCAN、課程地圖

Abstract

Curriculum maps dynamically sketch the learning paths and requirements in the curriculum architecture. It is helpful guide for students in designing their learning paths and investigating in overall their learning content. A student can choose from various courses the ones to form a suitable learning path by taking into account both her interest and substantive consideration. The current university curriculum maps generally list the courses offered by the departments ordered according to each semester yearly. User can either browse the list or find entries in the list through keyword search, which cannot meet individual requirements. In this paper, we attempt to build a curriculum map knowledge system for the interactions with various kinds of users, including teachers, students, and the industry. We aim at employing the Semantic Web technology to develop the knowledge system. We apply the knowledge-engineering methodology, CommonKADS, to analyze the problem of curriculum mapping and design the knowledge model and design the system architecture. We employ RDF/OWL to build the domain schema and knowledge base. Then we implement the system on the Semantic Web supported Drupal 7. Due to the openness and the ability of data integration we can extend the knowledge system to

include the curriculums from other universities.

Keyword: Semantic Web, Knowledge Engineering, R2RML; UCAN, Curriculum Mapping

壹、前言

課程地圖繪製(Curriculum Mapping)是一個收集和記錄與課程相關資料的動態過程，主要考量學生職涯發展目標，規劃大學修業期間學習路徑，作為學生修課的引導(李坤崇, 2009)。課程地圖的組成是由各個分散的課程組合而來，每一課程中包含課程的課程大綱及課程資訊，目的是要建立完整的課程大綱與描述，幫助學生能充分了解選讀的課程內容，並可從眾多課程中兼顧興趣及專長選擇出最適合自己的修課路徑，讓大學生活能有更完整的學習及應用(English, 1980; Jacobs, 2004)。課程地圖的作用在繪製課程的路徑，並紀錄學生在學習過程中可能必需經過的所有學習課程及學習先後順序的關係，是學生修課的導航系統。根據專業分工的不同，可以設立不同的學習路徑圖，如技術研發人員學習路徑圖、銷售人員學習路徑圖、生產人員學習路徑圖等。根據職涯能力發展的不同，學生可以只應用一個專業的學習路徑圖、也可以同時採用多個的學習路徑圖。由此可知，課程地圖是學生修課的導航系統，課程地圖中課程設計排程是一條一條的學習路徑，紀錄學生在學習過程中可能必需經過的所有學習課程及學習先後順序的關係，可以幫助學生了解在特定的學習目標下應採取哪些特定順序的課程，有效累積自己的知識與技能，達到自己未來發展目標(Yang, Li, & Lau, 2010)。

課程地圖是教師規劃教學的管道之一，在進行的過程中，教師可能因為學生的反應或一些突發狀況而修改原先預定的課程內容，或依據教學主題列出關鍵問題，是提供教師將課程系統化的一個工具。1991年，Heidi Hayes Jacobs以學校行事曆為基礎，讓教師結合課程活動與評量繪製課程地圖，並且從課程地圖中的資料，可以被橫向的檢討學年的缺失及縱向的檢驗學生的學習經驗，作為檢視課程內容的具體依據。另外Jacobs也帶領紐約州New Paltz學區教師用課程地圖整合學區的課程，使課程地圖成為了解實際教學的重要工具(Jacobs, 1997; Jacobs, 2004)。2001年，Harden將所有大學醫學教育相關課程的組成因素接合成一個完整的課程地圖，著重在什麼要被教、如何被教、何時被教，以及學生是否達到預期教學成果的評量(Harden, 2001)。2002年Sumsion和Goodfellow在澳洲大學幼兒教育系的課程中，依發展大學生的一般技能繪製整個幼教專業課程地圖(Sumsion & Goodfellow, 2001)。澳洲Curtin University of Technology依據Oliver等人繪製課程地圖的實作歷程，製定9個畢業生須達到的特質，並藉由課程地圖落實於課程內容與評量中(Oliver, Jones, Fems, & Tucker, 2007)。Uchiyama和Radin藉由教師資格取得課程(Teacher Licensure curricula)計畫，參考Jacobs的理念繪製課程地圖，過程中透過討論彼此分享、分析，發展以資料為基礎的教學，用以建構以訊息為基礎的教育實踐標準，應用於「教師許可課程」中(Uchiyama & Radin, 2009)。

近年來課程地圖的重要性逐漸地被各校所重視，發展方向大多以課程規劃作為學生未來「升

學」與「就業」的指引，期望透過課程地圖的建立，鼓勵學生積極規劃並實現自己的學習目標。其中在就業出路發展上整合就業職涯平台(如 UCAN)的診斷，或連接人力銀行就業地圖，提供學生完整的就業方向及資訊。為協助學生規劃學習路徑與發展生涯藍圖，透過課程地圖建立學生的職業技能發展為核心的學習路徑，制定學生所要習得的知識與能力，讓學生確認課程中要增進的一般技能為何？要如何發展這些技能？並找出它與課程的可能落差，提供學生對未來就業發展進行自我生涯規劃，釐清職涯選擇，改善學習成效與提升學習興趣。另一方面，提供老師依據學生未來就業發展須具備的知識與一般技能修正各學習科目的概要、課程內容、指定作業，讓知識與一般技能的重要性更能落實於課程方案中，進而協助學生適應未來的就業環境。

台灣各大學課程地圖大多以課程為基本單位建置靜態的網路課程地圖，依照年級列出必、選修課程，提供學生四年修課規劃，大多以查詢或是表格條列方式呈現，缺乏課程與課程之間的關連性描述，課程所屬的領域類別也未列出，致使無法從中獲得明確的學習方向及指引。這種依年級課程規劃所產生的學習路徑中，節點(node)間的端線(edge)，僅具有“前後”連結關係，缺乏依照課程目的¹(objective)及學習成效(learning outcome)等所建立的“語意”關聯，無法提供學生了解路徑中預計及已經達到的學習成效，不僅容易造成學習迷失，也降低了學習動機與學習成效連貫性。本研究的目的是將現行課程地圖的順序路徑提升成為豐富的語意路徑，進而以後者為基礎，發展智慧型課程地圖知識系統，有別於現行課程地圖系統，提供學生求學、職涯發展等具語意之診斷諮詢，此外也提供學系檢討課程設計的依據，及業界招募人才的參考。

本研究藉由知識工程方法論、語意網技術來發展智慧型課程地圖知識系統。以大同大學資工系課程地圖為目標，運用知識工程方法分析課程地圖定義、內容、設計、運作等問題，建立這些問題所需的知識模型，設計系統架構。以語意網 RDF/OWL 技術為基礎，採用 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML²)，將課程綱要資料庫裡相關欄位轉成 RDF 格式，包括(1)課程側寫資訊；(2)課程概述及目標；(3)各單元主題、內容綱要、學習目標、學習成效評量方式等，並以特定領域本體知識庫(Domain Ontology)裡的辭彙為基礎，對基本地圖語意資料各部分加註語意，建立課程地圖的領域框架及知識庫。

本研究以 RDF 儲存庫³為基礎建立課程地圖級學生學習成效知識庫，參考 ACM Computer Science Curricula 2013⁴裡的知識領域(knowledge area)、知識單元(knowledge unit)等，利用 SKOS⁵辭彙集建立領域本體知識庫，經過語意註解後建立課程地圖語意資料，在雲端開發平台服務 Drupal 7⁶上開發課程地圖知識內容管理系統，發展以本體知識為基礎的推理服務，提供診斷諮詢、學習路徑規劃服務介面給教師、學生、業界等相關人士使用。

¹ Assessment Primer: Goals, Objectives and Outcomes, <http://assessment.uconn.edu/primer/goals1.html>

² R2RML, <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/R2RML>

³ 譬如 OpenLink Virtuoso Open-Source Edition, <http://virtuoso.openlinksw.com/dataspace/doc/dav/wiki/Main/>

⁴ CS2013, <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>

⁵ SKOS, <http://www.w3.org/2004/02/skos/>

⁶ Drupal 7, <http://drupal.org/>

本研究預期成效在完成具語意基礎之智慧型課程地圖知識系統後，由於此技術具開放性及資料整合能力，課程地圖的知識庫可以加入語意網的連結資料，其它大學可以利用轉換包裝技術，將其課程地圖資料轉成 RDF 後，便可以加入本系統，未來可以擴散形成全國性課程地圖系統。以考量學生的職涯發展，透過智慧型課程地圖知識系統可以提供學生根據個別特性，規劃學習路徑，作為修課的指引。

由於知識系統的複雜度高，本文說明初步研究成果。第二節是相關文獻探討，第三節說明系統概念模型之建構及發展服務界面所採用的知識工程方法概述，最後是結論與未來工作。

貳、文獻探討

一、課程地圖

課程地圖源於 1980 年 Fenwick W. English 提出以事實為基礎的記錄實際授課內容、授課時間，以及教學與區域評量方案的配合 (English, 1980)。1990 年 Jacobs 擴展 English 對課程地圖的定義，課程地圖是一個蒐集資料的歷程，以學校行事曆為基礎的課程資料，呈現整個學年中教室中將發生的事，以及它們和州(state)或區(district)的標準如何結合，並提供教師結合課程活動與評量，以及檢視課程內容的具體依據 (Jacobs, 1997)。Jacobs 強調溝通在課程地圖繪製過程的重要性，除了呈現課程藍圖、引導課程行進方向外，課程地圖亦是教師們進行課程溝通、協商的依據 (Jacobs, 1997)。

課程地圖是一個收集和記錄與課程相關資料的過程，包含核心技能的確認、課程教授的內容，以及運用於各個主題領域和各個年級的實施過程與評量方式。常見的課程地圖主要以年級、類別、階段、結合課程與職涯、學習領域或等級等幾個類型來呈現，Hale 將課程地圖分為四個類型，分別為 (Hale, 2008)：

1. 日誌地圖：係指教師個人地圖，在每個月或數月的教學後記錄學生實際學習狀況。
2. 計畫地圖：是教師個人地圖，在每個月或數月的教學前計畫學生的學習內容。
3. 共識地圖：學校的學習計畫地圖，以月或年級為單位，由集體決議而形成。
4. 主要地圖：以行政區為範圍的學習計畫地圖，以月或年級為單位，由該區任務小組設計而成。

課程地圖是伴隨著課程實體而產生。課程地圖的重點不只在於每一個組成要素的個別內容，而是各要素間的聯結與接合，以形成一個有效的整體，進而讓整體課程變得更透明化，以及能更有效的實施，讓教師與學生皆有所參考與依循，促進教師間的交流，並對學校整體目標加以反省。課程地圖是一個繼續不斷的動態歷程，在繪製課程地圖過程中，透過討論彼此分享、分析，以及善用標準重新編製課程，不僅打破教師間的孤立，更能彼此分享知識和教學信念，並促成課程的改變，是一個促進支持、合作的機構文化的一個有用的工具。

二、UCAN 大專校院就業職能平台

UCAN¹，大專校院就業職能平台，是教育部為提升學生對職場就業相關職能的瞭解，以貼近產業需求之職能為依據，結合職業興趣探索及職能診斷讓學生透過職能進行自我評估，探索職涯發展方向，瞭解能力強弱，規劃自我能力養成計畫與學習方向，以具備正確的職場職能，提高個人職場競爭力。UCAN 平台以主計處所公告「中華民國行業標準分類」為主架構，符合聯合國 ISIC(2008, Rev.4)及 NAICS(2007, Rev.4)等國際職業分類標準，並依據實際產業概況及專家意見，歸納出 16 個職涯類型及 66 個就業途徑，讓對學生對職涯類型有概略性認識，瞭解不同就業途徑應該具備的專業職能及所需相關執業資格、技能檢定及證照，以及未來可能從事的相關職業，有助於掌握職業的樣貌。UCAN 平台發展職業興趣探索與職能診斷兩大概念為主軸。

1. 職業興趣探索

UCAN 平台以 States' Career Clusters Initiative 的 The Career Clusters Interest Survey 為基礎，依興趣、特質跟偏好三大單元活動以「我最喜歡哪些活動」、「我認為自己有哪些特質」及「我喜歡哪些科目」三個面向讓學生進行自我診斷，找出個人對不同職業類型的興趣強弱，分析自我適合從事哪一類型的職業，並透過專家會議、題庫分析及量表平行檢測等方式與 John Holland 的人境適配論中的 RIASEC 分類系統進行關聯分析，對應、區辨出 16 個職涯類型適切的 RIASEC 分類，作為未來職涯方向的參考。

2. 職能診斷

職能主要用來描述在執行某項工作時所需具備的關鍵能力。UCAN 平台以貼近產業需求的職能為內容，參考國內外之產業職能模型，分為職場「共通職能」與「專業職能」兩部分，針對各項職能列出相關的知識技能及有關的學習活動項目，以引導學生依個人所需，透過選擇養成項目、規劃及管理能力的自我評估，瞭解個人能力強弱，進行個人能力規劃、養成所需職能。

- (1) 職場共通職能診斷：職場共通職能係指代表從事各種不同的職業類型都需要具備的能力，UCAN 平台參酌相關研究結果及業界、學界專家建議，列舉八項共通職能：溝通表達、持續學習、人際互動、團隊合作、問題解決、創新、工作責任及紀律、資訊科技應用，學生在完成共通職能診斷結束後，UCAN 平台會以圖表搭配適當文字說明呈現診斷結果，讓學生瞭解分數意義並規劃後續相關學習行動，以協助能力養成。
- (2) 專業職能診斷：專業職能是透過工作分析法(task analysis)，展開各項就業途徑工作者所需從事的工作任務、工作活動及具體展現的行為。UCAN 平台收集各方產業資訊及相關研究結果，並邀請學界、業界專家召開專家會議修訂職能內容，並以問卷方式蒐

¹ UCAN 大專校院就業職能平台，<https://ucan.moe.edu.tw/>

集業界在職人士意見，共計產出 66 個就業途徑之專業職能，讓學生瞭解相關職業所須具備的專業能力。

綜合上述，UCAN 平台提供 16 個職涯類型及 66 個就業途徑，讓學生透過職業興趣探索及職能診斷來瞭解不同就業途徑應該具備的專業職能及所需相關執業資格、技能檢定及證照，以及未來可能從事的相關職業。本研究的目的是要發展智慧型課程地圖知識系統，提供學生求學、職涯發展等診斷諮詢，以及提供學系檢討課程設計的依據，業界招募人才的參考。因此將以課程大綱為基礎，參考學生進行職能自我評估結果，作為本研究建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑之參考依據。

三、學習成效評量

學習成效(learning outcomes)是描述學生在課程結束後，被期望具有的資格與能力，包含知識、能力(技能)和態度(價值觀、性格) (Spadv, 1994)。成績¹(grading)是大多數老師採用在評核學生學習成效的準則。成績的評核並不包含學習成果的措施，通常以學生考試、作業、出缺勤(attendance)、參與度(participation)、學習進步情況(improvement)等方式來幫助老師瞭解學生學到什麼？評量的結果通常是以分數作為依據，但缺少回饋機制和改進措施。評量^{2,3}(assessment)則是針對學生是否完成一個課程學習成效的考核檢驗，提供學生瞭解是否已滿足學習目標。學習成效的評核目的是在提高教學與學習的過程。學習目標^{4,5}(learning objectives)是老師對於學生學習成效的期望的描述，包含學生依據學習目標可達到的特定技能、價值觀和態度。老師與學生透過學習目標可以掌握學習方向，例如達到目標最低標準為何？哪些學習任務/技能必須具備何種能力才能接續完成，從學習任務反應了解學習進步的情況等。綜合而言，學習成效評量是以學生學到什麼為主，透過評量的過程來檢視學生學習的歷程，以及在學生結束課程後，如何證明學習到哪些知識與能力(技能)？為未來職業生涯是否做好了準備？是否達到預期的目標？由此可知，如何學習？如何幫助學生學習？如何確認學生達成學習成效？是目前重要的課題。

目前我國各大學檢核學生學習成效檢核採取方式大多以修習課程的成績、校內會考(紙筆測驗)方式、或以畢業專題、畢業展演、實習等檢核學生能力的學習成果。然而這些學習成效的評量方式僅提供學生瞭解所修習之單獨課程的成果，卻無法瞭解其與前後課程之相互關係，進而達到最終預期的目標。因此，本研究將發展具語意之智慧型課程地圖系統，提供學生求學、職涯發展等診斷諮詢，以降低學習迷失，提高學習動機與學習成效連貫性。

¹ Assessment vs. Grades & Evaluation, <http://www4.wccnet.edu/departments/curriculum/assessment.php?levelone=gradeseval>

² Grading vs. Assessment of Learning Outcomes: What's the difference?
<http://www.cmu.edu/teaching/assessment/howto/basics/grading-assessment.html>

³ Assessment of learning outcomes,
<http://www.tlu.ee/en/studies/Student-Gateway/Study-Info/Grading>

⁴ Guidelines For The Assessment Of Learning Outcomes, http://www.niu.edu/assessment/manual/_docs/assessguide.pdf

⁵ How to Write Program Objectives/Outcomes,
<http://assessment.uconn.edu/docs/HowToWriteObjectivesOutcomes.pdf>

四、語意網

在網路資訊爆炸時代，使用者需要費時費力地針對網路上的龐大資訊進行人為的檢視及過濾，只有讓電腦也能懂得這些資訊內容的意義，才有可能幫助人們提升資訊的使用效率。於是，Tim Berners-Lee 於 1998 年提出語意網(Semantic Web)的概念，在每個資訊內容都加註一個詮釋標記(metadata)，讓電腦透過這個詮釋標記來瞭解資訊的含意，電腦就可以互相溝通或進行自動化處理，達到知識共享的目的 (Berners-Lee, Hendler, & Lassila 2001)。

語意網的出現並非取代現今網路架構，而是豐富它。語意網改變現行人工使用網路資訊的方式，在語意網裡，資訊都將被賦予完善的意義，目標是要建立「全球資料網」(Web of Data)，讓電腦能做更有用的工作，使其在各種不同的應用環境下能被更有效的整合與再利用，開發出系統間透過網路做可信賴的交談 (Abrahams & Wei Dai, 2005)。語意網技術包括 RDF、SPARQL、OWL 和 SKOS。語意網採用了本體網頁描述語言¹ (Ontology Web Language, OWL)，以知識本體為基礎製作 RDF 資料儲存庫，用 OWL 語言建立自己的詞彙及本體知識架構(ontology)，發展法則來處理網頁含意交換及分享 (Hendler, 2001)。語意網的運作模式²，首先運用 OWL 中的結構化邏輯及推理機制，定義出特定領域的字彙和概念關係，將其以 XML 方式定義完整的詮釋標記，並透過 RDF 處理資源的描述，RDF³描述不同存取節點(Nodes)與存取節點之間的關係，是一種提供連接概念與概念之間關聯的資料結構，藉由這樣的技術，電腦能夠進行自動化的處理，而資料的整合，搜尋，分享與再利用變得迅速，並促使全球網上資源運用更為徹底，也使人們節省不少時間與精力 (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001)。

五、連結資料

連結資料(Linked Data)是在網路上透過間接引用 URL 進行發佈、分享與連結的一種方法。目的是讓資料集能發佈到全球網上，個別資料集裡的項目和其它資料集的項目互連，避免資料筒倉效應(data silo effect)的發生，建立一個高度結構化且具有語意的資料網路，讓機器得以理解資料和資料彼此在意涵上複雜的關係，透過資料間相互連結的特性，使資料更廣泛及創新的運用，而不僅是單純的詞語和詞語的連結 (Berners-Lee, 2006)。在網路上為了精確的找到資料，通常會使用自然語言；在關聯的資料，通常會隨附語意網定義的資料，Tim Berners-Lee 訂出了開放資料五顆星分類架構 (Berners-Lee, 2006)：

- 1 **顆星**：放在全球資訊網上(任何格式皆可)，且採用開放授權條款(如「創用 CC 姓名標示」授權條款)釋出，是一種非常簡單的資料發佈方式。
- 2 **顆星**：以機器可取用的結構資料方式釋出，資料被取得時是一個結構化的資料，例如使用 Excel 格式，而不是放上表單的影像檔。

¹ OWL Overview, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

² W3C Semantic Web Activity, <http://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw>

³ RDF Tutorial, http://www.w3schools.com/webservices/ws_rdf_intro.asp

3 顆星：同上，使用非專屬的資料格式，例如：用 CSV [以逗號分隔的數值]格式而不使用 Excel 格式。或許需要轉換器或外掛來轉換專屬格式以達輸出資料之目的。

4 顆星：同上，資料要遵從 W3C 的開放標準(如「RDF 資源描述架構」)，使用 URIs 來表達，讓眾人可以指向你的資料。

5 顆星：同上，將資料連結到其他人的資料，建立資料間相互關係，提升資料的價值。

藉由五顆星評等系統的等級區分，讓使用者能夠很快的辨識資料集所屬的等級，並且透過等級的區分瞭解不同單位在開放資料(open data)上的程度，來鼓勵政府機關將提供的開放資料(或資料集)採開放格式以利各界查詢與取用，並逐步建立「互連開放資料」(LOD)，達成機器對機器識別讀取及利用。目前製作五星資料不是本研究的重點(Heath & Bizer, 2011)，因此在系統概念模型(參考參、一節)產出的 RDF 資料並非完整的 4 星資料，未來在製作五星資料時，我們要遵循選定資料集的 URI，選用適當辭彙集，三星資料轉成 4 星資料，做好個別資源物件(instance)和語意連結等步驟。

六、R2RML

R2RML¹(RDB to RDF Mapping Language)是一種提供關聯式資料庫和 RDF 資料集之間映射(mapping)的語言，主要是將關聯式資料庫的資料結構和資料轉換成 RDF 的三元組(Triple)模型和 RDF 資料，定義關聯式資料模型和 RDF 資料模型之間的映射關係，本地詞彙表和外部領域本體的映射方法，將映射語言定義標準可被機器讀取和處理的編碼格式，進而達到表達關聯式資料模型和 RDF 資料模型之間映射關係的目的，讓機器可自動將關聯式資料庫資料轉換成 RDF 資料(Das, Sundara, & Cyganlak, 2012; Michel, Montagnat, Faron-Zuker, 2014)。

1998 年，Berners-Lee 對關聯式資料庫和 RDF 兩者資料模型進行深入研究，認為其二者之間存在互為映射關係，亦即關聯式資料庫中資料表(table)等同於 RDF 資料模型中的類(class)，欄位(fields)可視為 RDF 資料模型中的屬性(property)，欄位值相當於屬性值(property value)，每筆紀錄(record)描述的實例相當於 RDF 資料模型中的主體(subject)，紀錄所包含的欄位是這個主體的謂詞(predicate)，欄位值相當於謂詞的客體(objects)，由此可知，不管是關聯式資料模型或是 RDF 資料模型，都能對實體之間的關係進行建模(modeling)，唯一不同的是，RDF 資料模型中的所有實體(entity)與實體間的關係都是用 URI 來表示，可以在 Web 對不同資料來中的實例建立關聯關係，所以在語意網中，RDF 更是適合的資料模型(Berners-Lee, 1998)。

R2RML 是 W3C 推薦將關聯式資料映射為 RDF 資料集的標準規範，使用 RDF/Turtle 規範提供這些映射。R2RML 以一個或多個三元組匹配(triples map)元素的形式來定義從 RDB 到 RDF 的映射，透過 R2RML 處理器(R2RML processor)能夠產生並提供存取 RDF 資料集的服務。一個

¹ R2RML, <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/R2RML>

R2RML 處理器有三種產生和存取 RDF 資料集的方式 (Villaz & Hausenblas, 2012)：

1. Dump：將匹配輸出的 RDF 資料集產生實體為一個檔案。
2. SPARQL：為 RDB 提供一個虛擬的 SPARQL 查詢介面。
3. Entity-Level：通過瀏覽器或爬蟲用戶端實現 HTTP GET 存取。

R2RML 目的是提供從關聯式資料庫資料表到 RDF 資料集合的簡單轉換機制。這種方法允許使用 RDF 對關聯式資料庫資料表執行資料注入(injection)，以及從關聯式資料庫資料表到 RDF 的檢索。由於現今課程地圖系統、課程大綱大多數是存放在關聯式資料庫中，因此本研究將運用 R2RML 標準將課程大綱轉換為 RDF 模型。

七、ACM CS2013 電腦本位課程大綱

CS2013 電腦本位課程大綱¹(Computer Science Curriculum 2013)是 ACM(Association for Computing Machinery)和 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)共同提出之國際性電腦本位課程大綱(undergraduate programs in computing)指導方針。自 1968 年來，ACM 和 IEEE 相繼公佈了國際性計算機科學教育領域之電腦本位課程大綱文件 Curriculum 68、CS2001(Computer Science Curriculum 2001)和 CS2008(Computer Science Curriculum 2008)，目前最新完整之電腦本位課程大綱 CS2013 發佈於 2013 年 12 月 20 日，涵蓋範圍包含電腦工程(Computer Engineering)、資訊系統(Information Systems)、資訊技術(Information Technology)、軟體工程(Software Engineering)、電腦科學(Computer Science)等。CS2013 電腦本位課程大綱²主要是由知識本體(Knowledge Body，簡稱 KB)、知識領域(Knowledge Area，簡稱 KA)、知識單元(Knowledge Unit，簡稱 KU)所組成。知識本體(KB)是由一組熱門主題(Topics)組成的知識領域(KAs)。每個知識領域(KA)更進一步組成組織單元(KUs)。知識本體並不是一對一對應於特定的課程上，是指課程包含來自多個知識領域的主題。主題分為核心(Core)或選修(Elective)，核心(Core)又更一步細分為一級(Tier-1)和二級(Tier-2)。

1. Core Tier-1：是每門計算機科學課程必要的組成部份，適用在入門課程中。
2. Core Tier-2：屬大學計算機科學等級的基本要素，CS2013 目標是期望計算機科學課程可以涵蓋 Core Tier-2 topics 達 90-100%，最低門檻為 80%。
3. Elective：一門課程可能需要指定選修教材在知識本體中。

CS2013 目的是期望將知識領域(KAs)內的主題以不同的方式安排在不同的課程中。一般情況下，許多課程只會包含一個知識領域的教材，或者，所有的教材都來自於一門課程中的一個知識領域。CS2013 提出知識主題階層設計架構，指出課程應包含所有 Core Tire-1 主題，確保所有學生適用於教材；同樣地，課程也應包含所有或幾近所有的 Core Tire-2 主題，確保所有學生都可以

¹ Computer Science Curricula 2013, <http://ai.stanford.edu/users/sahami/CS2013>

² ACM CS2013, <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>

接觸到教材的絕大部分；因為只有核心主題並不能完成課程，所以課程也應包含重要的選修教材。CS2013 期望課程能整合多個知識領域，以作為課程指引，因此建議在課程設計上採用原則有：

1. 應提供學生跨學科的彈性選擇。
2. 應以畢業生如何準備適應於各行各業之全方位人才為培育目標。
3. 提供畢業生對於主題預期熟練程度的指導方針。
4. 提供真實可採用的建議，讓課程設計沿著創新與最新發展領域前進，使其更具彈性。
5. 指導方針必須與各種機構相關的。
6. 基本知識的範圍必須是管理的。
7. 必須以培育畢業生可以成功地面對瞬息萬變的領域為目標。
8. 應確定基本技能和知識，以最大彈性度提供所有畢業生選擇應具備的主題。
9. 應提供可安排主題到課程中的最大彈性度。
10. 課程制訂與審查必須是廣泛的。

CS2013 知識本體將計算機科學的知識組織分為 18 個知識領域，各個知識領域下又細分所屬的知識單元。18 個知識領域分別為：演算法與複雜性(Algorithms and Complexity)、架構與系統(Architecture and Organization)、計算機科學(Computational Science)、離算數學(Discrete Structures)、圖形與視覺化(Graphics and Visualization)、人機介面(Human-Computer Interaction)、資訊保障與安全(Information Assurance and Security)、資訊管理(Information Management)、智慧型系統(Intelligent Systems)、網路與通訊(Networking and Communications)、作業系統(Operating Systems)、平臺式系統開發(Platform-based Development)、平行與分散式運算(Parallel and Distributed Computing)、程式設計語言(Programming Languages)、軟體開發基本原理(Software Development Fundamentals)、軟體工程(Software Engineering)、系統基本原理(Systems Fundamentals)、社交工程議題和專業技能(Social Issues and Professional Practice)。

CS2013 提出之知識主題階層設計架構，包含知識領域、知識單元、及其建議之核心(Core) 或選修(Elective)的授課時間。在知識主體中，課程(course)是指一個受認可的研究單位，所謂的全職生(full-time students)是在一個學年修幾個課程。知識主體單位是以傳統教學授課時間「小時(hour)」為單位，不包含相關講座，例如：自習、實驗課、和測驗等。CS2013 在全球有高達 80 門的示範課程，本研究將以 CS2013 為參考，歸納出課程相關領域和主題的關係建置，提供老師以能力培養為參考下進行教學規劃。

參、系統概念與知識工程

本節從技術架構角度說明本研究系統之概念模型，此外我們也說明採用知識工程方法建構系統所提供的智慧型服務，以及實作系統之流程概述。

一、發展系統概念模型

本研究目的是以語意資料為基礎，發展智慧型課程地圖知識系統，架構如圖 1 所示。依使用者所需前端提供各種服務界面，如診斷諮詢服務供學生、教師、業界人士之用，內容管理服務供管理者使用。中間層是一個知識庫系統，內容來自後端課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料後端提供各種語意資料來源。

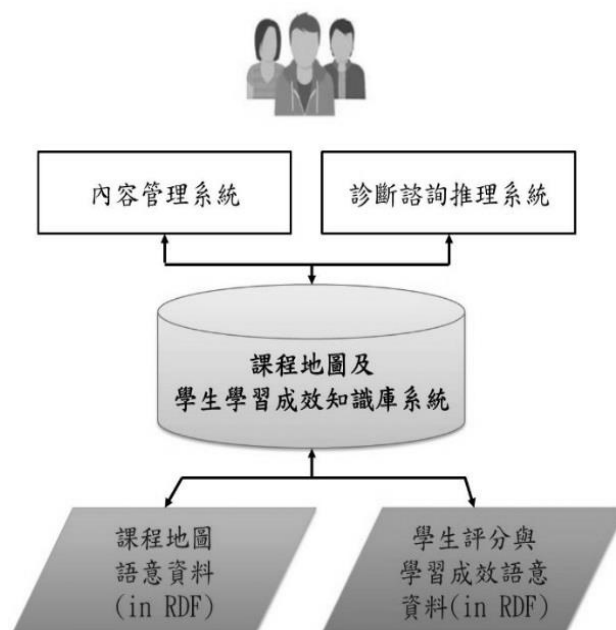


圖 1 本研究智慧型課程地圖知識系統架構圖

圖 1 系統後端兩個語意資料源(課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料)，其原始供應來自於學校現有的教務行政資料庫，包含教學大綱資料庫、學生修課成績等。這些原始資料大多存在關聯式資料庫，缺乏外顯的(explicit)語意資訊，本研究以語意加註方法 (Uren, Cimiano, Iria, Handschuh, Vargas-Vera, Motta, & Ciravegna, 2006)，從原始資料庫中抽取適當欄位值，配合本體知識(ontology)附加語意資料，產出 RDF 檔案，以便存入 RDF 知識庫。以下分別說明後端課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料來源的建構概念。

1. 建立課程地圖語意資料

現行的課程地圖是以課程為基本單位，有的只有課程名稱，有的以網址連結到該課程的課大綱。這種課程地圖提供的學習路徑，節點(node)間的端線(edge)，僅具有“前後”連結關係，缺乏依照課程目的¹(objective)及學習成效(learning outcome)等所建立的“語意”關聯，無法提供學生了解路徑中預計及已經達到的學習成效。這個步驟的目的是建立各課程

¹ 參考 <http://assessment.uconn.edu/primer/goals1.html>

的語意資料，然後以此語意資料為基礎，根據各服務所建立的任務知識(task knowledge)¹，執行推理工作，建立目的導向(goal oriented)的學習路徑，如圖 2。

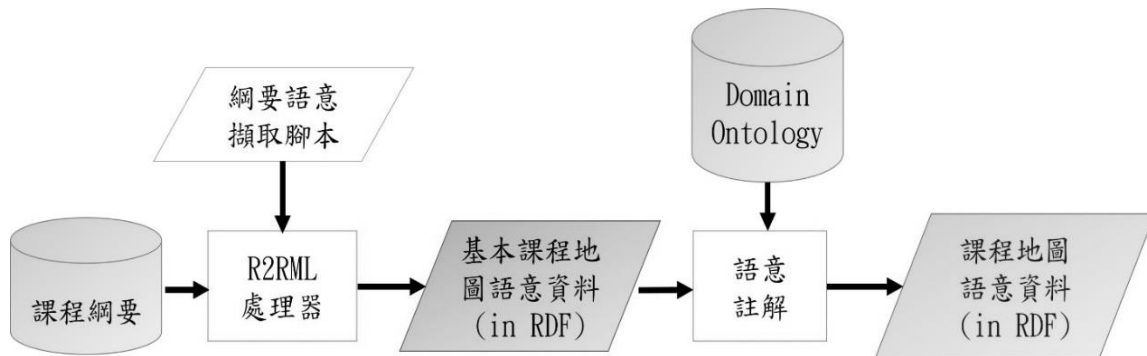


圖 2 本研究建立課程地圖語意資料示意圖

圖 2 是建立課程語意資料的示意圖，其結果(圖中綠色區塊)將進入智慧型課程地圖知識庫，提供診斷諮詢推理所需的知識。首先我們用 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML²)，寫腳本程式，透過處理器(R2RML 處理器)，將課程綱要資料庫裡相關欄位轉成 RDF 格式，包括(1)課程側寫資訊，(2)課程概述及目標，(3)各單元主題、內容綱要、學習目標、學習成效評量方式等，產出圖 2 的基本課程地圖語意資料。本研究選用大同大學資訊工程學系的課程大綱為實驗對象，接下來我們以特定領域本體知識庫(Domain Ontology)裡的辭彙為基礎，對基本地圖語意資料各部分加註語意，產生課程地圖語意資料(圖 2 課程地圖語意資料(in RDF)區塊)。本研究實驗對象是資訊領域，因此參考 ACM Computer Science Curricula 2013³裡的知識領域(knowledge area)、知識單元(knowledge are)等，利用 SKOS⁴辭彙集建立圖二的領域本體知識庫，經過語意註解後就產出圖 2 的課程地圖語意資料。

2. 建立學習成效語意資料

圖 2 著重在建立課程地圖裡各別課程的語意資料，圖 3 則是針對個別學生對於修過課程建立其學習成效語意資料。本研究參考 Carnegie Mellon University 的 Eberly Center 所提的課程評分和學習成效間的關聯性⁵，將課程大綱裡的各單元評分方式和學習成效整合，從知識(knowledge)和技能(skill)的角度，給各單元評分方式加註適當學習成效分類從每位學生的課程成績中可以得到學習成效的直接評量數據。圖 3 首先以圖 2 的課程地圖語意資料為輸入，給各單元的學習成效評量方式加註其學習成效分類。另一方面我們製作腳本程式，將學生修課成績資料庫裡的各學習單元成績轉成學生課程單元評分語意資料(圖 3 學

¹ CommonKADS Model Set, <http://www.commonkads.uva.nl/>

² R2RML, <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/R2RML>

³ ACM CS2013, <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>

⁴ SKOS, <http://www.w3.org/2004/02/skos/>

⁵ Grading vs. Assessment of Learning Outcomes: What's the difference? <http://www.cmu.edu/teaching/assessment/howto/basics/grading-assessment.html>

生評分與學習成效語意資料(in RDF)部分)。

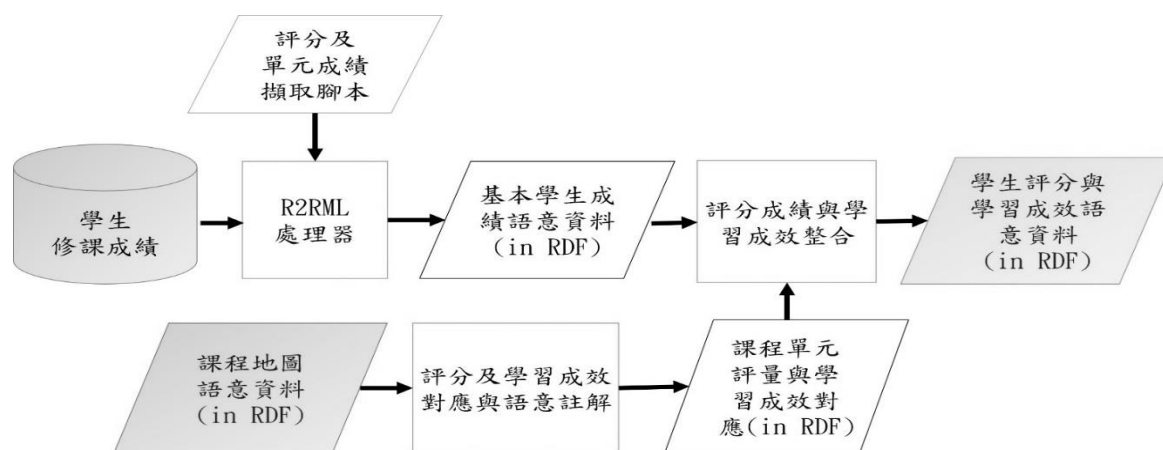


圖 3 本研究建立學生學習成效語意資料示意圖

3. 系統實作流程概述

本研究將以大同大學資工系課程地圖為目標進行系統發展，預計採取之實作流程說明如下：

- (1) 將課程大綱關聯式資料庫中相關資料運用 Virtuoso 雲端系統軟體 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML)，撰寫腳本程式，透過 R2RML 處理器，將課程綱要資料庫裡相關欄位轉成 RDF 格式。
- (2) 參考 ACM Computer Science Curricula 2013 裡的知識領域(knowledge area)、知識單元(knowledge are)等，運用 protégé SKOS 辭彙集建立領域本體知識庫後，經過語意註解後產出課程地圖語意資料。
- (3) 結合課程地圖語意資料，參考 Carnegie Mellon University 的 Eberly Center 所提的課程評分和學習成效間的關聯性，將課程大綱裡的各單元評分方式和學習成效整合，將每位學生可程成績加註其學習成效分類。
- (4) 運用 Virtuoso 雲端系統軟體 RDB-to-RDF 對應技術(R2RML)，撰寫腳本程式，將學生修課成績資料庫裡的各學習單元成績轉成學生課程單元評分語意資料學生評分與學習成效語意資料(in RDF)。
- (5) 最後，將資料發佈到 Drupal 7，進行系統開發，提供使用者查詢及應用。

二、知識工程

本研究目的是發展智慧型課程地圖系統，採用 CommonKADS 知識工程方法論 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999) 來開發建造這個知識系統，也就是圖 1 系統架構中的前端服務介面和中間的知識庫。

CommonKADS 將知識密集問題分成分析和合成兩大類，前者對於已經存在的系統，根據觀察到的資料，輸出跟系統的一些特性，如分類、診斷等問題。後者是對於尚未存在的系統，根據需求建立系統，如設計、規劃等問題。整個知識系統是建立在一系列的模型建立上，從抽象到具體共分三層：情境(Context)、概念(Concept)、及成品(Artefact)。情境類包含組織模型、任務模型、代理模型；概念類是由知識模型、通訊模型組成；成品類含設計模型，簡述如下 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999; Carlos, Iglesias, & Mercedes Garijo, 2008)：

1. 組織模型(Organization Model)：描述和分析組織主要活動，便於發現問題和機會，建立其可行性，並評估對組織行動的影響。
2. 任務模型(Task Model)：分析組織的子流程計劃。
3. 代理模型(Agent Model)：代理任務的執行人。
4. 溝通模型(Communication Model)：任務中涉及代理人溝通的概念描述。
5. 知識模型(Knowledge Model)：闡明在執行任務時使用的知識種類和結構。
6. 設計模型(Design Model)：將上述模型構成知識的規範要求念建立模型。

本研究知識工程工作著重在情境及概念層之模型的建立，首先從組織的角度認識知識地圖系統的建立。從訪談、腦力激盪與會議討論的方式，略述大學的組織脈絡及課程地圖營運理念、目標、實施策略與外在因素等，並列出所察覺的問題癥結與改善之機會狀況及對已察覺到的問題與機會，列出可能的解決方式。接下來針對上述之問題與機會，進一步分析出問題癥結點在大學相關部門結構、程序、人員、資源、知識、文化和權力等六大方面的影響。依工作流程展開每一個流程內的工作，並分解工作所運用到的知識資產，再加以評估該知識的重要性。描述出問題癥結點所運用的知識資產，評斷其是否正確，以作為未來改善之依據對商業投資風險、成本和利益、資訊科技的支援性、專案等方面進行可行性評估。

課程地圖是教學對於學生學習狀態的假設，教學的流程也會因為學生的學習表現而不斷被修正。課程地圖強調如何發展更實際可行的課程，以及思考教學與評量的結合。現今大多大學系所呈現的課程地圖大多屬於線性架構，提供學生按著路線一步一步走，到達到某個職業類別的終點，或是以想要從事的職業為起點，再按圖索驥，找出必須行走的路線。這樣屬於定製化的課程地圖，是否考量到個別學生的差異性？能否引發多元而豐富的學習經驗？是否會限定學生的學習內容？這都是現在課程地圖所面臨的問題。UCAN 是教育部提供一個讓學生進行職業興趣探索及職能診斷，作為規劃自我能力養成與發展方向，讓學生可以具備正確的職場職能，提高個人職場競爭力。因此，本研究將在對課程地圖深入探討認識後，對課程地圖做實務演練，以獲得第一手的經驗，了解開發整合系統所需的知識結構及服務流程，並以課程大綱為基礎，UCAN 平台為參考，建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑，發展學生的就業力，期望對後面利用知識工

程方法分析問題及設計系統時，提供實務幫助。

概念層的工作主要是知識模型的建立。CommonKADS 知識模型是藉由分析資訊來轉化行動的能力，呈現知識的型態與處理該流程所需的知識。知識模型採用領域知識(Domain Knowledge)、推理知識(Inference Knowledge)和任務知識(Task Knowledge)三種不同形式的知識來描述如何解決某種特殊的任務 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999)。領域知識是描述特定領域的知識和信息，基本上是一個知識的描述。推理知識是描述領域知識如何實行推理過程。任務知識是描述系統完成或必須使用策略完成的目標。透過 CommonKADS 的模型分析可以發現領域知識發展的機會和瓶頸，並有效分配和運用知識資源，同時還提供了一個詳細分析知識密集的任務和流程的方法 (Schreiber, Akkermans, Anjewierden, de Hoog, Shadbolt, Van de Velde, & Wielinga, 1999)。

肆、結論與未來工作

一、結論

課程地圖目前是各大學課程發展所需建置的重要項目之一，課程地圖能提供學生在學習的路途中找到有興趣的課程，進而提升學習效率，讓所學的每一門課程都能靈活運用，並讓學生能在學習中找到目標及未來的發展方向，期能兼俱專業知識與技能。本研究將課程加上 ACM CS2013 電腦本位課程大綱的詞彙集應用，以及完整的規劃 SKOS，再藉由本體論及語意網的技術來做資料整合，運用在課程大綱的建構上，讓使用者在做查詢時，提供了更專業的解析來做為學習路徑(課程)的參考，讓學生在未來能更有競爭力，創造最大附加價值。

本研究雖採用 ACM CS2013 電腦本位課程大綱的詞彙集為應用架構，當本研究結果未來可推廣至其學科領域時，在資訊領域除了 ACM CS2013 外，建議亦可採用印度 ISO/IEC 23821-1993 資訊技術詞彙¹，其他學科領域建議參考英國廣播公司提供描述英國國家課程 Curriculum Ontology 之數據模型和詞彙為知識本體。

二、未來工作

本研究以知識工程方法論及語意網技術來發展課程地圖知識系統，提供學生能夠了解課程內容及學習目標，依據學生個別特性，提供適性化的學習路徑，作為修課規劃的參考、及職涯發展。本文僅完成初步概念模型及知識工程特性說明，以下是未來工作。

1. 以 CommonKADS 知識工程方法步驟分析課程地圖問題，建立知識模型，並進行研究如何和課程地圖語意資料集及學生評分與學習成效語意資料集整合。

1 ISO/IEC 23821-1:1993 Information Technology – Vocabulary, <https://ia601903.us.archive.org/32/items/gov.in.is.14692.1.1999/is.14692.1.1999.pdf>

知識工程方法論是以結構式方法建立知識系統，如 CommonKADS，有別於 70 年代從以模型建立方式，對組織、任務、代理人三個角度進行模型塑造，對問題做情境分析 (Context analysis)。情境分析供當作概念分析的輸入，用以建立知識模型 (knowledge model)、溝通模型 (communication model)。依照知識模型和溝通模型的結果建立系統架構設計，最後進行系統實作。知識模型包括目標及任務 (task & goal)、推理結構 (inference structure)、和領域框架 (domain schema)。

2. 建立課程地圖 RDF 儲存庫及前端內容管理系統。

前述我們提到如何建立課程地圖語意資料及學生評分與學習成效語意資料。在這個步驟我們要進行將所產出的 RDF 資料檔存入 RDF 三元組儲存庫 (RDF Triple Store)，參考 W3C 所列舉的大型三元組儲存庫，選擇適當的技術及參考過去我們建立 RDF 三元組儲存庫的經驗，選擇 OpenLink Software 的 Virtuoso Open-Source Edition 來建立本研究所需的課程地圖及學生學習成效知識庫，並在知識庫的前端建立內容管理系統，提供使用者概念式搜尋介面，對知識庫裡的資料做增、刪、修、查詢等工作。

3. 建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑。

教育部大專校院就業職能 UCAN 平台提供 16 個職涯類型及 66 個就業途徑，讓學生對不同就業途徑應該具備的專業職能及其所需相關執業資格、技能檢定、證照、與未來可能從事的相關職業等有所了解與認識。本研究將以課程大綱為基礎，UCAN 平台為參考，建立以學生的職業技能發展為核心的學習路徑，為學生認識自己的職業興趣、明確職涯方向，有目標地加強其職場就業相關職能的依據及參考，做好未來就業準備。

4. 完成以語意課程地圖為基礎建構之學習目標與成效診斷系統

本研究將採用 Drupal 7 的語意網工具和內容管理工具製作內容管理服務介面，完成以語意課程地圖為基礎建構學習目標與成效診斷系統，提供師生進行語意查詢、教學及學習路徑諮詢等應用，為學生選課、職涯發展和教師課程設計的依據及參考，達到課程地圖及課程資訊的整合及應用。

5. 建立 5 星級課程地圖開放資料，以利各大學課程地圖整合。

以連結資料技術發展研擬 3 星課程地圖資料集提升至 5 星級，提供未來各大學課程地圖資料集整合的基礎。開發 SPARQL Endpoint 提供 5 星級資料取用，讓使用者可以瀏覽、查詢所需的課程地圖。開發 5 星資料集管理系統，提供開發人員方便介面，除了維護課程地圖 5 星資料集外，也有立於利未來製作 5 星資料集。

6. 建立課程地圖知識系統，有效連結學校人才培育與產業人才需求。

近年來台灣學生面臨高學歷、高失業力的窘境下，最常碰到的問題就是學生對於所學專長與未來發展關係不明確，學校對於業界產業人才需求的能力養成，產生認知上的差

異，造成學生所學與業界期待不符，本研究課程地圖知識系統依據學生學習需求考量，結合業界需求所需具備之專業能力，將學生就業競爭力與產業界需求進行連結，有系統的規劃出整體性的課程，讓學生專業能力和職業能力結合，學習完備的專業實務技能，讓學生習得將來工作所需能力外，也讓業主可以找到符合工作需求的員工，降低產業界與學術界對專業能力養成認知之差異，減少學習所得與業界需求之間的落差；此外也可以作為業界進行人才專業知識與技能辨識與培育的有效工具，幫助業主在培育組織員工時，可依循此學習地圖，採漸進的養成模式，實質培養企業所需人才。

參考文獻

- 李坤崇 (2009)。大學課程地圖理念、繪製與類型。 *教育研究月刊*, 187, 86-105。
- Abrahams, B. and Wei Dai. (2005). Architecture for automated annotation and ontology based querying of semantic Web resources, *The 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, 19-25 Sept, France.
- Berners-Lee T. (1998). *Relational Database on the Semantic Web*, Retrieved February 10, 2015, from <http://www.w3.org/DesignIssues/RDB-RDF.html>..
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*. 284 (5), 28-43.
- Berners-Lee, T. (2006). *Linked Data - Design Issues*. Retrieved March 08, 2014, from: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.
- Carlos A. Iglesias & Mercedes Garijo. (2008). The Agent-Oriented Methodology MAS-CommonKADS. *Intelligent Information Technologies: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 4, 24.
- Das S, D., Sundara, S., & Cyganlak, R, R. (2012). *R2RML: RDB to RDF Mapping Language*, Retrieved December 28, 2014, from <http://www.w3.org/TR/r2rml/>.
- English, F. W. (1980). Curriculum mapping. *Educational Leadership*. 37(7), 558-559.
- Hale, J. A. (2008). *A guide to curriculum mapping: Planning, implementing, and sustaining the process*. CA: Corwin Press: Thousand Oaks.
- Harden, R. M. (2001). AMEE Guide No. 21: Curriculum mapping: a tool for transparent and authentic teaching and learning. *Medical Teacher*. 23(2). 123-137.
- Heath, T. & Bizer, C. (2011). *Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space* (1st edition). Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology, 1:1, 1-136. Morgan & Claypool.
- Hendler, J. (2001). Agents and the Semantic Web, *IEEE Intelligent Systems*, 16(2), 30-37.
- Jacobs, H. H. (1997). *Mapping the big picture: Integrating curriculum & assessment K-12*. Alexandria,

- VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Jacobs, H. H. (2004). *Getting results with curriculum mapping*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Michel, F., Montagnat, J. & Faron-Zuker. (2014). A survey of RDB to RDF translation approaches and tools, Retrieved February 20, 2015, from <http://credible.i3s.unice.fr/lib/exe/fetch.php?media=credible-13-2-v1-rdb2rdf.pdf>.
- Oliver, B., Jones S., Ferns, S. & Tucker, B. (2007). Mapping curricula: ensuring workready graduates by mapping course learning outcomes and higher order thinking skills. Paper presented at the Evaluations and Assessment Conference, Brisbane. Retrieved November 24, 2014, from <http://c2010.curtin.edu.au/local/docs/paper3.pdf>.
- Schreiber, G., Akkermans, J. M., Anjewierden, A. A., de Hoog, R., Shadbolt, N. R., Van de Velde, W. & Wielinga, B. J.(1999). *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Spady, W. G. (1994). *Outcome-based education: Critical issues and answers*. Arlington, VA: American Association of School Administrators.
- Sumsion, J. & Goodfellow, J. (2001). Identifying generic skills through curriculum mapping: A critical evaluation. Paper presented at the annual conference of the Australian Association for Research in Education. Retrieved September 12, 2014, from <https://www.aare.edu.au/02pap/sum02460.htm>.
- Uchiyama, K. P. & Radin J. L. (2009). Curriculum mapping in higher education: A vehicle for collaboration. *Innovative Higher Education*, 33, 271-280.
- Uren, V. S., Cimiano, P., Iria, J., Handschuh, S., Vargas-Vera, M., Motta, E. & Ciravegna, F. (2006). Semantic annotation for knowledge management: Requirements and a survey of the state of the art. *Journal of Web Semantics*, 4(1), 14-28.
- Villaz, N B, & Hausenblas. (2012). RDB2RDF Implementation Report, W3C Working Group [OL]. Retrieved April 2, 2014, from <http://www.w3.org/TR/rdb2rdf-implementations/>.
- Yang, Y.F., Li, F., & Lau, R. (2010). *An Open Model for Learning Path Construction*. In: Proceedings of International Conference on Web-based Learning.

在不同課程順序下學生對鎖具構造概念建立之研究

The study of the students realization to the lock structures under different curriculum orders

余安順

高雄市復華中學

An-Shun Yu

FuHwa Senior High School

摘要

本研究是以相同的課程，不同的順序安排動手做與觀展活動，並以競賽方式促進學童在鎖具構造上的瞭解同時學習鎖具構造的興趣，本研究目的是希望瞭解何種順序的課程安排，有助於學童加深學習鎖具的構造和興趣，並藉由動手做與競賽策略，檢視學童是否達到鎖具構造概念的建立。本研究參加的探究組學童有 32 人，其中包含 24 個男生與 8 個女生；解說組的學童有 23 人，其中包含 16 個男生與 7 個女生。本研究利用問卷與學習單的方式評估學童參加活動前後的鎖具構造學習情形，研究結果顯示探究組學童在鎖具活動前後的科學學習興趣和自我效能均有顯著差異，而解說組的學童自我效能有達到顯著差異，科學學習興趣則未達顯著差異。此外，結合動手做與鎖具競賽活動可以有效幫助學童對於鎖具構造的了解。

本研究參加的探究組學童有 32 人，其中包含 24 個男生與 8 個女生；解說組的學童有 23 人，其中包含 16 個男生與 7 個女生。本研究利用問卷與學習單的方式評估學童參加活動前後的鎖具構造學習情形，研究結果顯示探究組學童在鎖具活動前後的科學學習興趣和自我效能均有顯著差異，而解說組的學童自我效能有達到顯著差異，科學學習興趣則未達顯著差異。此外，結合動手做與鎖具競賽活動可以有效幫助學童對於鎖具構造的了解。

關鍵字：博物館、鎖具、鎖具構造

Abstract

The aim of the study is to use the same curriculum but the different orders of the curriculum to discuss the students' various responses in learning the structures of locks. In the meanwhile, by the hand-on activities and competitions, it evaluates the students learning interests and acquisitions of the structures of locks. The investigation group has totally 32 students including 24 boys and 8 girls. The contrast group has totally 23 students including 16 boys and 7 girls. The data of the questionnaires and worksheets is used to discuss the differences of the students' learning before and

after the course. The results show that the investigation group has the positive improvement in learning interests and self-efficacy. At the same time, the contrast group only has the positive improvement in self-efficacy. Moreover, it is helpful for the students to learn the structures of locks through the hands-on activities and game-oriented competitions.

Keyword: museum、lock、structure of lock

壹、前言與研究目的

日常生活中，鎖具不過是一個工具，稍不留心很難注意到它的存在，但是鎖具在人類生活中卻扮演著重要的角色，而且從兩千多年前的漢代就已經有鎖具的存在，鎖具除了具有文化、歷史、技術、科學的面貌外，在科技的發展之下，現代的鎖具結構的變化，也與過去的鎖具的構造概念差異甚遠，當然拜科技所賜，現代鎖具有許多科技性的電子判讀裝置，但是卻少了幾分古人對於機械構造的巧思。鎖具的機械構造雖然有許多不同型態，但是主要的原理都是利用栓銷的作動讓鎖栓與鑰匙形成共軛的相對性，原理不難但是對於學童來說，因為鮮少接觸鎖具的內部構造，如果可以藉由大眾科學教育的管道去瞭解鎖具的機械構造，對學童來說是一項難得的體驗也是結合科學、技學與工程的學習。

博物館是大眾學習的場所，而且具有社會教育功能，不同屬性的博物館都有其特別的蒐藏物件，一般民眾到博物館能參與到的博物館活動，通常以瀏覽展示與教育學習活動為主，較少能夠實際動手做或是競賽。此外，博物館中教育活動往往以導覽或宣導式安排為大宗，如果一直以講述方式進行，對於學生族群不容易長時間吸引注意力，因此活動的順序安排與時間掌握便顯的重要。Holmes (2011) 指出學生不喜歡學習科技內容的理由，主要是這些內容往往伴隨許多記憶性的內容以及數學運算，太認知性質的學習引導容易導致學生對學習科學或是科技概念具有排斥的直覺反映。因此以博物館的教育推廣立場來說，讓參觀者或是學習者能快速吸引興趣、體驗以及建立基本概念為博物館主要目的，而動手做以及一些遊戲競賽最容易引發學習者興趣 (Gerstner & Bogner, 2010; Yilmaz, 2010)。2012 年，國立科學工藝博物館（以下簡稱：科工館）接受國立成功大學顏鴻森教授捐贈一批古鎖物件，該年底科工館便將這些藏品以中國古鎖為主題，規劃了一個鎖具特展，此特展除了展出館藏鎖具之外，也設計許多互動的鎖具機械裝置，讓參觀者可以實際從操作鎖具的開關過程，體會鎖具構造的原理。除了展示之外，同時結合科學教育活動，進行動手做與開鎖競賽的營隊，希望學童藉由參加營隊活動可以吸收到鎖具的相關知識。課程設計的順序安排對於學童的概念建立過程有不同的哲學觀點，建構主義者認為學習應該在認知基模上以探索方式建構知識；而目前

的科技教學則多傾向先傳授知識概念再去探索驗證。因此本研究目的是希望藉由博物館藏品的動手做體驗和競賽活動，以不同順序的課程安排之下，學童對於對鎖具構造概念的建立情形、並提升對於鎖具的探索興趣與自我效能，進而能欣賞古人在鎖具構造上的智慧與巧思設計。

貳、文獻探討

Bybee (2010) 認為要提昇學童的科學素養，面對 21 世紀的未來需著重在整合性的科學教育，所謂整合式的教育內容必須涵蓋科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 與數學 (Mathematics)。過去以認知性質為主的科學素養，現在應該是以培養問題解決與創造力的 STEM 素養為方針。為了建立統整性的知識與素養，利用多元的資源來達成學習目的為未來的趨勢亦是方針，除了制式教育的學習之外，學習者也應該利用非制式的教育管道，提升 STEM 的學習應用。Yilmaz (2010) 認為工程教育需要多元能力的整合，而動手設計並完成作品正好符合 STEM 的精神。Ralston、Hieb 和 Rivoli (2013) 的研究指出，美國從小學到大學都有以 STEM 為元素設計的課程，這些課程經過四年 2000 名學生的驗證發現，多元統整的工程教育是有效而且適於當代的課程設計主流，透過科學、科技、工程與數學領域的整合更能培養未來解決問題的人才。本文的教學場域是科學類的博物館，教學精神便以 STEM 為方針，教學策略則是以製作鎖具與開鎖競賽來建立鎖具的構造概念，充分的融入博物館資源在學習活動中。

一、博物館資源與學習

學習在一般的定義中往往被認為是概念改變或是認知結構產生變化，在博物館中的學習雖然最終也是希望在認知上可以得到增長，但是方法與模式上與一般學習有所不同，主要因為博物館的環境屬於公眾教育的場所，博物館不是知識的守門員，所要傳遞的也不僅僅是知識而已，而是希望帶給觀眾一種學習的經驗與體驗，透過參觀體驗的過程得到知識。

博物館雖然是個教育的場域，但是因為其特殊的性質與限制，博物館的教育方針向來不以學習成效為依歸，反而著重於學習興趣的培養以及提升學習者的自我效能(張美珍, 2003)。博物館不像學校有固定的學習時間、因此觀眾在博物館往往如過客一般，因此如何在短暫的時間內讓觀眾或是學習者可以對某些主題形成重點式的概念，便成為博物館努力的目標。博物館促進學習的方式多以導引、探索、互動或是模仿的方式切入，在情境中建立知識概念(Falk & Dierking, 1992)。如此方式主要還是希望學習者能維持一定的學習興趣，學習興趣之所以得到支持來自於自我效能得到滿足，Bandura (1977) 早期提出的自我效能 (Self-efficacy)，其

含意是學習者自己對某種行為的能力批判，尤其在操作型的學習活動中，自我效能強弱幾乎決定了學習者是否願意動手操作，而動手操作的過程如果失去興趣，學習活動不但無法維持，甚至也無法建立學習概念。Yilmaz (2010) 的研究提到，利用營隊來進行動手做的活動，不只可以讓學生熱中於學習，並且藉由作品或是任務的完成，相對的可以提升學生的自我效能以及學習成效。Fantz、Siller 和 Demiranda (2011) 也指出學童若能在上大學前有更多的學前工程教育經驗，例如參加一些科技營、夏令營或是額外的科技比賽，將來若就讀工程相關科系會有較高的自我效能。因此利用博物館的資源來推廣教育活動對學童來說可以培養興趣、增加經驗，有助於他們日後遇到相關問題時的自我效能。

二、構造概念的學習策略

(一) 動手做的學習策略

動手做 (Hands-on) 的理論基礎多引用杜威的做中學 (learning by doing) 經驗哲學，杜威認為經驗來自於生活中與環境不停交互作用自然產生的，在經驗中人們不斷的經過同化與調適，因此得以累積經驗，因此動手操作是最容易達到經驗事物的途徑 (Dewey, 1938)。在杜威的理論中，雖然動手操作是獲得初級經驗 (Primary experience) 的管道，但是要形成歸類、分析、形成抽象的概念或是理論則有賴於次級經驗 (secondary experience) 的過程。

教育部 (2009) 於 98 課綱中強調生活科技課程為培養學生應用科技與解決問題的能力，透過實踐與操作活動提升學生的學習興趣，在課綱中可以發現動手做能力的培養，已經成為既定的目標，並且以此作為學習策略規劃。Gerstner 和 Bogner (2010) 以及 Goodman, Freiburg, Rasmussen 和 Di (2006) 等人也提出動手操作的經驗，可以大幅提升學生的學習動機，在學習策略中融入動手策略，除了可以加速概念的建立，同時也可以澄清一些錯誤的認知理解。Yilmaz (2010) 過去在德州大學中舉辦針對高中生工程設計的夏令營，內容都以工程設計並且動手完成作品為內容，這些任務內容訴求不只是一要教導學生工程知識，更重要的是在動手做的策略中提升學生的學習興趣。由此可見動手做的學習策略足以讓學童進行概念的建立，本研究的機械構造概念尤其適合以動手方式進行概念建立，構造概念有別於其他抽象式的認知範疇，學習者不需由想像的方式建立概念，反而透過觀察以及實際的體會機械操作，更能加深學習者的印象。

(二) 博物館的學習策略

參觀展示是博物館最主要服務模式，許多國內外經驗顯示，在博物館中進行教育活動，尤其面對學生團體時必須採取一些策略，除了基本的解說導覽外，亦可以使用活動單、探索

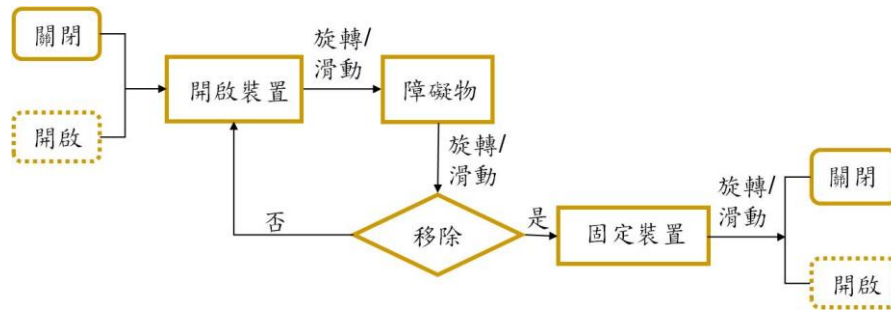
單或是專題任務導向的工作單輔助學習活動（張美珍，2003；朱耀明，2001；Dubin, 1994）。Madden（1985）的研究發現，到博物館民眾之中有 96% 是參觀展示，特別到博物館參加教育活動的觀眾只有 4% 左右（劉婉珍，2001）。參觀展示的過程就是一種學習策略，透過參觀展示的過程形成個人、社會與環境的互動歷程，在這個歷程中，將獲得的資訊融入心智結構中，透過走動的學習策略，學習不緊緊發生在個人身上，在個人與物件的互動中，學習不僅僅是著眼於看的見的教材，而是存在於整個環境與個人的社會脈絡中（Falk & Dierking, 1992；張美珍，2003）。Willde 和 Urhahne（2008）提到開放性的學習任務不容易獲得知識以及學習動機，參觀展示便屬於高度開放性的自我導向學習，因此在其研究中便建議至少需要學習單的引導設計在開放性任務中。遊戲與競賽總是容易吸引學童的目光與專注力，任何學習活動如果以遊戲或是競賽的方式出現，學童比較容易有興趣並且將注意力集中在競爭的意圖上（Smith, 1993；Straffin, 1993）。本研究所設計的競賽策略，有競賽之名確無競賽之實，雖然設計兩兩一同進行開鎖，然開鎖時間乃是個別紀錄，並未著重於兩兩競爭，但是卻可收競賽之效，提升學童在學習活動上的樂趣與專注。

三、鎖具構造的概念

鎖具的基本組成，可歸納為固定裝置、障礙物、及開啟裝置等三個部份。固定裝置用來連結兩個物件，使其難以被分離或開啟；以門板為例，其固定裝置為使兩扇門板固定而無法被開闔的設計。一般機械鎖具使用「門」為其固定裝置，旨在固結兩物件，達到鎖閉的功效。

障礙物的作用在於辨別與阻礙錯誤的開啟裝置，兼具防止固定裝置被移動的功能。鎖具的障礙物有不少種類，西洋鎖的障礙物大多為凸塊與制栓，而古中國鎖具則依其類型選用木栓或彈簧片。開啟裝置係指用以克服障礙物來解放或開啟固定裝置的鑰匙、數字、或密碼。上述三個裝置的運動方式又可分為旋轉或滑動兩類，藉由不同的組合，產生釋放與固結兩物件的功效，達到開鎖與閉鎖的目的。

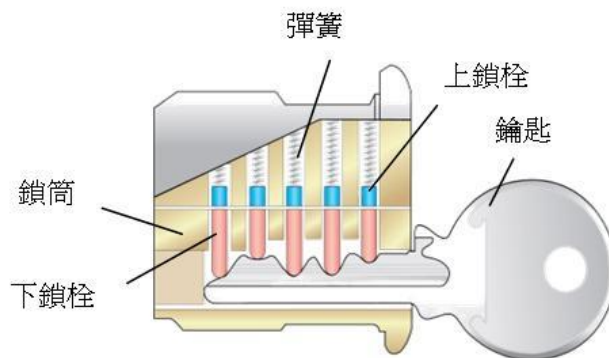
固定裝置、障礙物、及開啟裝置構成鎖具的基本作動，其關係如圖一所示。一般而言，當鎖具位於閉鎖（開鎖）的狀態時，便可開始開啟動作，此時開啟裝置應接受障礙物的判別，確認開啟裝置的正確與否；若為錯誤的開啟裝置，則應重新選擇正確的開啟裝置，方能進入開啟的動作。一旦通過障礙物的判定，便能釋放固定裝置，使鎖具進入開啟（閉鎖）的狀態，完成鎖具的作動。此外，少數鎖具為簡化鎖閉的步驟，亦設計由可開啟狀態直接進入驅動障礙物，並啟動固定裝置，達到閉鎖的功能。



圖一：鎖具構造組成與作動方式

美國 Linus Yale 父子於 1848-1861 年期間，發展出近現代普遍使用栓鎖制栓鎖，又稱為喇叭鎖、珠子鎖、及彈子鎖。栓鎖制栓鎖的機械構造原理是使用鎖栓來防止鎖具被打開，主要零件包含下鎖栓、上鎖栓、及彈簧。彈簧的作用是使兩件式鎖栓(上鎖栓與下鎖栓)確實落下，上鎖栓的尺寸相同，核心重點為長度不一的下鎖栓，正確鑰匙的缺口須與下鎖栓相配合，形成同一平面。開啟時，鑰匙插入使得上下鎖栓接觸的連線與鎖筒旋轉位置相同，藉由鑰匙旋轉，轉動鎖筒開啟鎖具。

由於栓鎖制栓鎖構造簡單與造型精巧，利用所研發的模子、刀具、及市售的工具機大量製作，其精度相同且價格便宜，成為最為常見且廣泛應用的鎖具。鎖具的種類繁多，設計原理也有多種不同形式，本研究所用的鎖具是以栓鎖制栓鎖(Pin-tumbler cylinder lock)為例。



圖二 鎖具內部鎖珠（鎖栓）與鑰匙之共軛相對性

參、研究方法

一、參加對象

本研究的探究組學童共有32人，其中包含24個男生以及8個女生，學童當中2年級有2人、3年級2人、4年級9人、5年級6人、6年級10人、以及7年級3人，4—6年級學生佔總參加人數的78%。解說組學童有23人，其中包含16個男生和7個女生，學童中5年級有6人、6年級5人、7年級5人、8年級4人、9年級3人。探究組的學童多為國小高年級到國一階段，解說組學童平均

年紀大於探究組，學童以國小高年級以及國中生為多數。兩組學童是以網路公告招募方式，開放讓有興趣的學生報名參加，由於科工館的教育活動多以科學為主題而且需要付費，因此報名參加的學童基本上對於科學都抱持著一定的興趣，

二、研究工具

(一) 活動前後測問卷

本研究的工具問卷是引用Tuan, Chin和Shieh (2005) 研發之SMTSL (student's motivation toward science learning) 學生科學學習動機問卷當中自我效能 (self-efficacy) 面向之7個題目，以及劉嘉茹、侯依伶、邱美虹 (2009) 研發之科學態度量表對科學探索的興趣 (interest to scientific inquiry) 面向之4個題目，取其科學興趣與科學自我效能，改編以鎖具為主題施測，整份問卷共11題，原始問卷各面向之內部一致性係數Chronbach's α 為各.82與.84，在本研究問卷中之 α 值為.85。為了更進一步探求每個面向的效果量 (effect size)，本研究以Cohen (1988) 提出的效果量來解釋每個面向所代表的效果量，d值的公式為

$$d = \sqrt{\frac{m2 - m1}{\frac{SD1^2 + SD2^2}{2}}}$$

Cohen指出當d值小於.2表示實際的顯著性為低 (small)，介於.2-.5 表示實際顯著性為低至中等 (small to medium)，而.5-.8之間表示實際顯著性為中至高等 (medium to large)，d值高於.8則表示具有相當大的實際顯著差異。

(二) 活動學習單

本研究使用自編活動學習單收集學童在活動過程中的想法，活動學習單分成四個部分，分別為動手做鎖具、動腳看鎖展、動腦想鎖具以及「鎖」向無敵等。在動手做鎖具的部分是希望瞭解學童在動手組裝掛鎖的前後，對於鎖具內部構造的想像與瞭解，透過學童畫的鎖具剖面圖中可以得知學童活動前後對於鎖具內部構造是否有清楚的概念；在動腳看鎖展以及動腦想鎖具的部分是透過學習單問答的方式，讓學童在看展覽的同時可以閱讀展場的介紹，除了在展示看板上找尋答案之外，同時也觀察鎖具、解釋問題並提出未來的鎖具延伸應用；在「鎖」向無敵中則透過活動競賽的方式，讓學童去觀察鎖具的內部構造找出對應的鑰匙完成開鎖動作。

三、研究設計

本研究是以活動為起點，透過博物館活動提升學童瞭解鎖具、喜歡鎖具、探究鎖具的契機，過去許多研究顯示，在博物館中動手做的活動可以提高學童的學習的興趣，因此活動便以動手製作掛鎖的方式讓學童體驗鎖具的製作。博物館活動的優勢就是可以利用以展場為資源，讓展場與蒐藏品變成教室與教具進行教學活動。比賽活動通常最能炒熱氣氛，但是比賽活動往往比較難以評鑑學童的概念，本研究特別以學習單引導與競賽的方式，利用學童的學習單填寫與紀錄開鎖時間的長短評估學童的構造概念建立。三個階段的活動介紹如下：

(一) 動手做鎖具：為了引發學習動機，活動一開始便讓學童製作掛鎖，每一個參加活動的學童都可以取得一份鎖具的半成品材料包，材料包中均含有一個鎖體帶鎖鉤、鎖匙、鎖心、彈簧、鎖心固定釘、下珠（每一包材料包的下珠皆不相同），上珠和珠蓋為共同零件，且在組裝上珠的過程需要使用榔頭，為了避免學童發生危險，因此組裝的最後階段才在志工協助陪同，由學童敲打入鎖體。



圖三 掛鎖細部零件圖

(二) 動腳看鎖展：在組裝完鎖具之後，學童對於現在掛鎖已經具有初步的認識，但是對於整個鎖具的演變、型態與機械構造尚未有完整的認識，透過鎖具特展以及學習單，學

童除了聽解說導覽之外，鎖具特展中有許多互動性的展品，學童可以利用操作展品的過程，理解鎖珠與鎖匙之間的相對關係。

(三)「鎖」向無敵之開鎖競賽：競賽向來可以炒熱教室的氣氛，本單元設計是讓兩組學童彼此之間競賽，看誰開鎖的時間較短則給予獎勵，開鎖的設計是在鎖體上以圖示告知學童鎖具內部鎖珠的相對位置，另提供每位學童十把鑰匙，其中只有一把可以成功開啟鎖具，學童必須觀察鎖體上的鎖珠位置以及鑰匙上的凹凸齒痕，找出對應的鎖體與齒痕便可成功開啟鎖具。每一位學童可以在兩分鐘以內，挑選三次鑰匙進行開鎖，超過三次未能找出正確鑰匙以及時間超出兩分鐘皆以無法開啟紀錄秒數。

在課程安排上，探究組學童先進行動手做的探索活動，在尚未建立任何概念下，即發給鎖具的半成品材料，由學童自己摸索鎖珠、彈簧與鑰匙之間的構造關係。解說組的學童則由解說員先進行鎖具的課程，課程內容則是介紹古今鎖具的歷史、發展、材質最後講解掛鎖的內部構造。三段課程內容各約 90 分鐘，探究組和解說組的課程內容皆相同，惟探究組的學童先進行動手操作摸索概念並組裝鎖具，而解說組的則是先說明鎖具概念之後再進行組裝。

表一

不同組別學童課程安排表

組別	A.探究組	B.解說組
課程內容		
課程順序	動手做鎖具	動腳看鎖展
安排	動腳看鎖展	動手做鎖具
競賽	開鎖競賽	開鎖競賽

四、 資料收集與分析

本研究的資料收集有兩個部分，一個部分是問卷的填答，另一部份為學習單和競賽紀錄。活動進行之前先進行問卷的前測，活動當中則以學習單的資料收集為主，活動結束之後在施以問卷後測，問卷中的兩個向度分別檢測學童的科學興趣與科學自我效能，並以相依樣本 t 檢定的方式分析前後測的差異。為了評估學童對於鎖具機械概念的建立，以學習單中的鎖具結構與開鎖時間紀錄，藉此評斷學童在鎖具概念建立的情形。利用在動手做鎖具單元前後，讓學童進行剖面圖的繪製，從剖面圖的分析比較中，可看出學童在動手做之課程前後，其概念改變的變化。開鎖競賽中，藉由學童尋找鑰匙的過程，時間越短表示學童越熟悉對於鎖具內部構造與鑰匙之間的關連，由兩次開鎖的時間紀錄，便可知道多數學童的構造概念理解程

度。學習單資料以 A 和 B 區隔探究組和解說組學生，以 S 做為學生資料編碼。

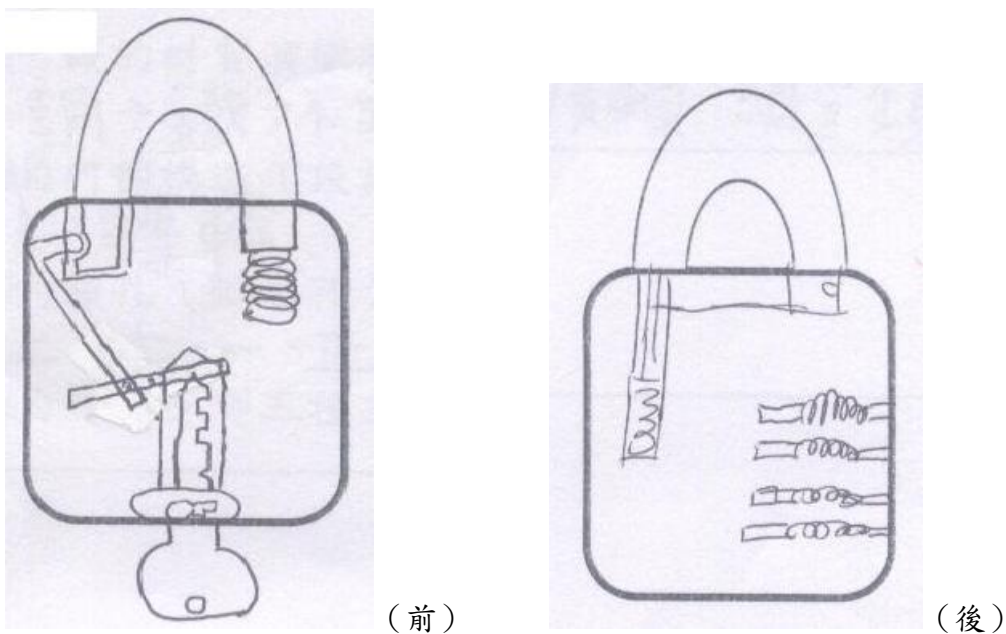
肆、結果與討論

一、鎖具構造概念之建立

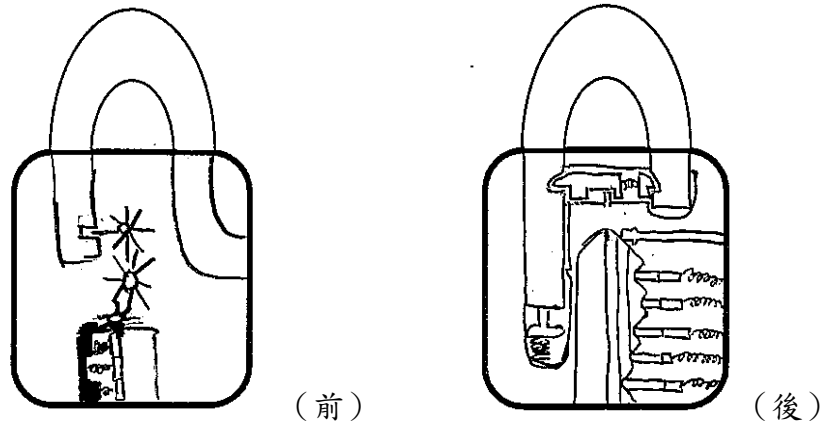
(一) 動手做鎖具-鎖具構造概念的轉變

在動手做鎖具活動前，以學習單的方式讓學童先猜想鎖具內部的機械構造，從學童作答資料中，可以歸納出幾種鎖具概念的的建立情形，在學童尚未建立鎖具構造概念前，大致上有幾種預想構造概念，分別為齒輪式、彈簧式與插銷式。

圖四是學童 AS7 所描繪的鎖具，活動前學童認為鎖具內部是類似像槓桿原理一樣，是由機械桿與支點的相互作用帶動鎖具的閉合。而活動後描繪的剖面圖中顯示，學童雖然已經具備彈簧與鎖珠的概念，但是鎖具長短與鑰匙之間的關連卻無法從圖中得知，顯示學童對於鎖具的內部，僅有材料與構造的概念，尚未建立鑰匙與構造間的完整概念。圖五是解說組學童的前後概念比較圖，圖中發現學童在學習前對鎖具內部構造經常出現齒輪的概念，顯見在日常生活中，學童對於齒輪機械帶動的概念經常出現，因此學童多數會以為鎖具內不是一連串的齒輪交疊，而 BS8 學童在學習後，幾乎可以畫出完全正確的鎖具構造圖，顯示在學習過程中已經造成相當大的概念轉變。

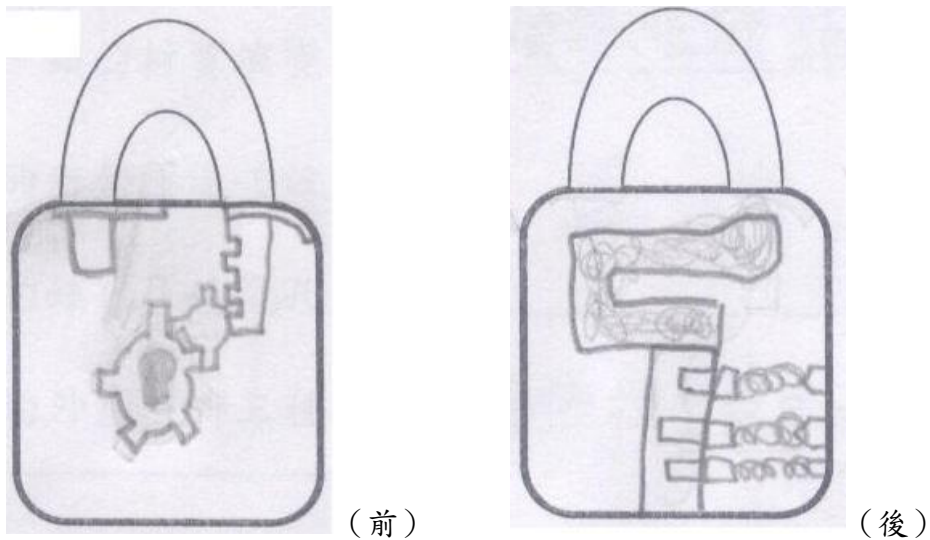


圖四 學童 AS7 鎖具內部前後概念比較圖

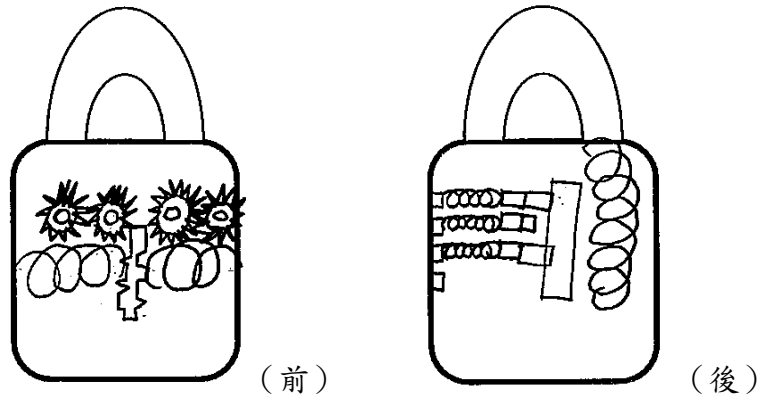


圖五 學童 BS8 鎖具內部前後概念比較圖

不只是解說組的學童，部分探究組學童學習前也認為鎖具內部是以齒輪式的互相嵌合方式作動，圖六和圖七是由學童 AS25 和 BS11 畫的剖面圖，可看出學童在動手做鎖具活動之前，其認為鎖具內部應該有大大小小的齒輪所組成，藉由大小齒輪帶動鎖鉤，達到開閉鎖具的作用。在活動後的內部構造概念圖中，則可以清楚看出學童在概念上，已經有彈簧帶動鎖珠的概念，並且在鎖珠的長短變化上也可以從圖中解讀，顯示學童已經建立鎖具內部的構造基本概念。

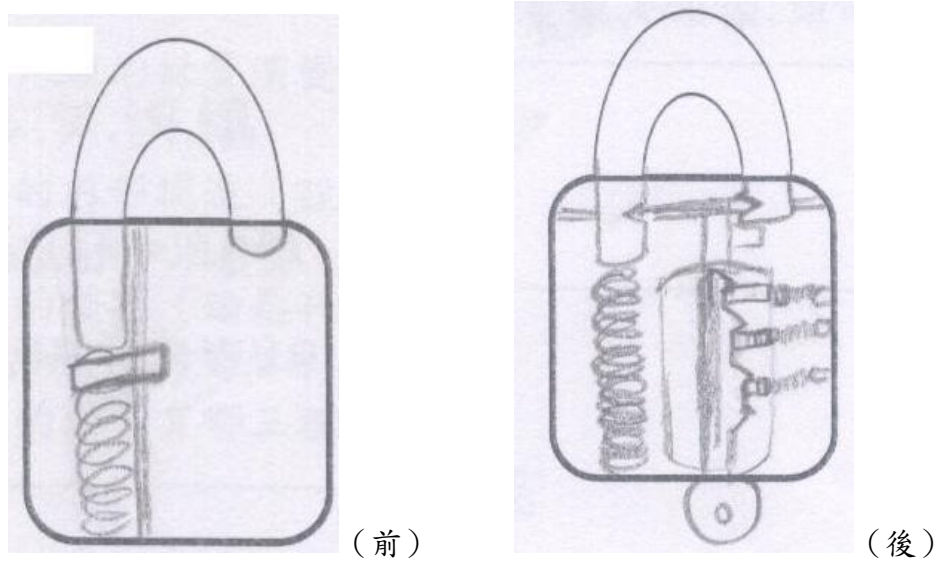


圖六 學童 AS25 鎖具內部前後概念比較圖

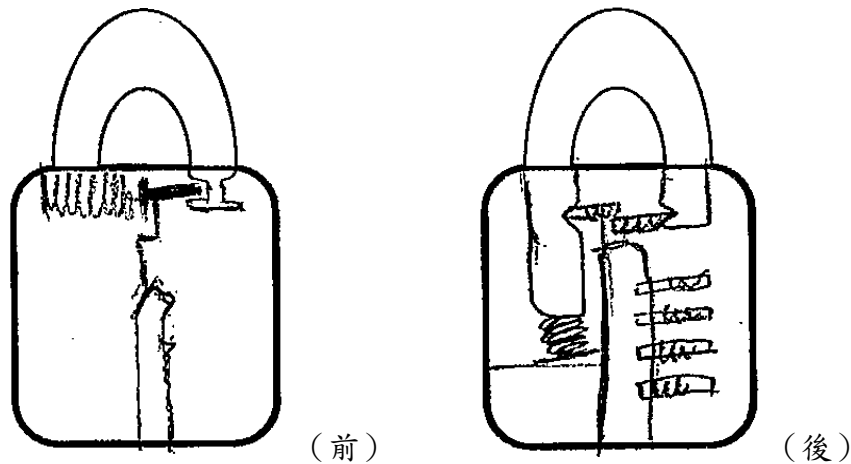


圖七 學童 BS11 鎖具內部前後概念比較圖

圖八和圖九分別由由學童 AS32 和 BS1 所繪，活動前的鎖具內部剖面圖可看到，學童認為鎖鈎會彈起是因為裡面彈簧導致鎖鈎可以彈出，但是對於鎖鈎與鑰匙之間的閉合，卻完全看不到任何箝制裝置，顯示學童在活動前對鎖體內部構造是無概念存在。而活動後的鎖具圖中，明顯可以看出，學童已經具備鎖珠與彈簧的作動方式，甚至將鑰匙與鎖珠之間的共軛關係也清楚的描繪出來，顯示其鎖具構造概念的完整。



圖八 學童 AS32 鎖具內部前後概念比較圖



圖九 學童 BS1 鎖具內部前後概念比較圖

從學童的學習單中可以發現，第一階段的動手做活動後，大多數的學童在鎖具的結構認知上可以建立機械材料的安排與作動方式，但是在鑰匙與內部鎖珠的相對關係部分學童可以理解，但是有些學童尚無法完全確立鑰匙與鎖具構造的相對關係概念，因此在活動安排上，以參觀特展活動，讓學童透過展場解說講解與走動式參觀，透過鎖具的展示物件與解說牌完成學習單上的問題。鎖具展場中亦有許多展示互動裝置，提供學童動手操作鎖具，鎖具和鑰匙皆以透明壓克力製作而成，因此學童可以藉由操作過程，理解鑰匙與鎖具的原理。

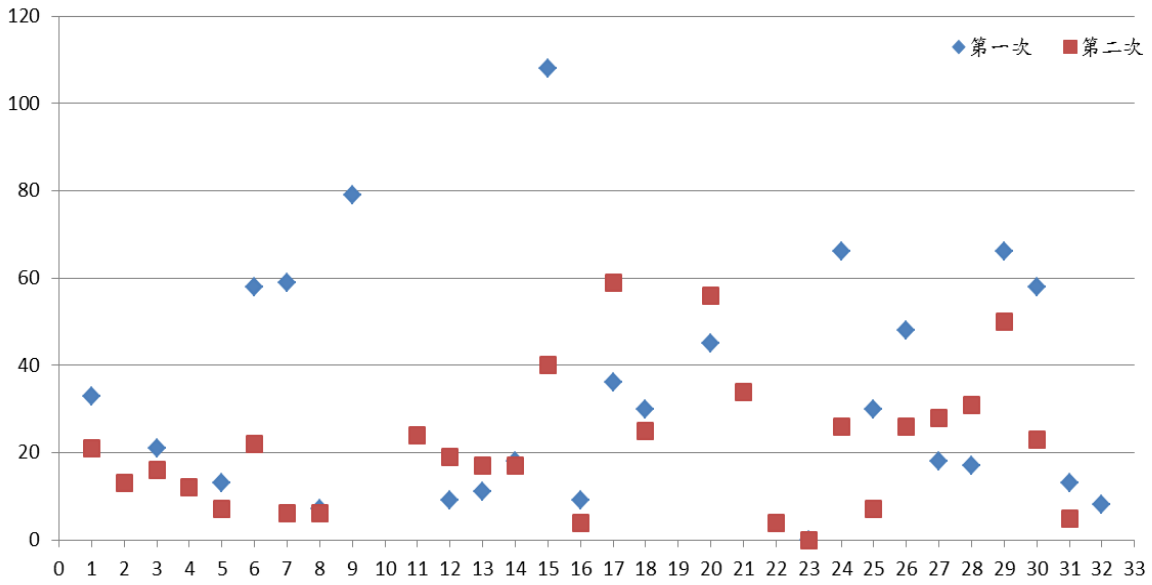
本研究結果相似於 Gerstner 等人 (2010) 和 Yilmaz (2010)，他們都強調動手做與經驗的重要，本研究以動手做鎖具作為活動的起始點，在學童對鎖具完全陌生之下即進行鎖具組裝的探索，這種陌生經驗的建立是博物館的長處，如 Falk 和 Dierking (1992) 所認為的，初次的經驗總是令人印象深刻，在博物館中尤其容易建立初次經驗，不管是接觸展示品或是與物件互動，甚至是社會脈絡的交流，這些經驗效果都會成為未來的學習養分。尤其本研究結果更證實了學童在動手做之前對鎖具構造是充滿想像力，從齒輪、槓桿或是彈簧，各式各樣可能的機械制動構造在動手做後得以一一釐清，如此的經驗與概念建立是從想像中建立，從實做中解答，從學習單的圖便可以清楚的看出學童在概念上的轉變與差異。

(二) 以競賽方式確立鎖具概念建立

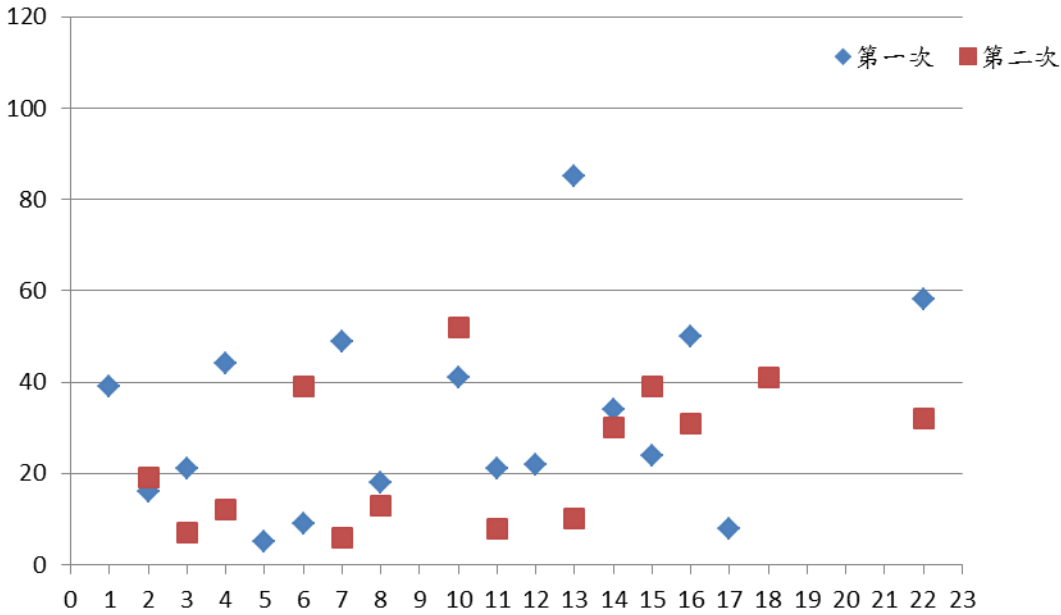
競賽向來可以提昇學童的參與注意力，雖然活動設計讓學童兩兩競賽，但是在成績的記錄上，本研究則以個人方式進行登錄，用以確定學童個人開啟鎖具的歷程。從圖十探究組的結果顯示，有近 69% 的學童兩次的開鎖中，皆可以在時間內找到對應鑰匙，表示這些學童完全可以理解鎖具構造與鑰匙之間的對應關係；結果中有達 94% 的學童在兩次記錄中，至少有

一次可以在兩分鐘內找到對應鑰匙。在兩次都完成開鎖的 22 人中，有 16 人在第二次開鎖的秒數低於第一次，進步者達 72%，顯示經過多次的觀察練習，學童多數已經建立鎖具的構造概念，並且透過多次的練習，觀察的能力會越來越進步。從圖十一解說組的結果顯示，兩次都完成開鎖的有 13 人，約佔 57%，有 78% 的學童兩次中至少有一次可以完成開鎖，有 9 人第二次開鎖秒數低於第一次，進步者為 39%。從表二的比較之下，發現探究組的學童兩次中至少完成一次開鎖比例明顯高於解說組；兩次都完成的比率，探究組的也略高於解說組；最明顯的差別可從進步的程度來看，探究組的學童在開鎖的進步比率上，比解說組的學童高出許多，由此可見探究組的學童在鎖具概念上，是比解說組學童來的深刻，對鎖具的結構也比較熟悉。

Dewey (1938) 從反思經驗中去定義次級經驗的建立，對照本研究結果證實多次的嘗試開鎖，學童可以在第一次的經驗中獲得增強。成功開鎖的學童在掌握挑選鑰匙的技巧下，第二次開鎖便可以依循第一次經驗而減少時間；而第一次未成功開鎖的學童，經過第一次的嘗試之後，多會與同組學童討論、討教當中的秘訣，如 Falk 和 Dierking (1992) 所言，社會脈絡經驗也是博物館經驗中，相當值得重視的一環。朱耀明 (2011) 曾提及經驗間的連接與統整，在本研究也可以看出鎖具經驗的連續性，從鎖具組裝的過程中，內部機械構造的概念基本上就已經建立了，而這個概念延續到開鎖競賽是有跡可尋，因為鎖珠構造與鑰匙齒痕具有共軛特性，以數學概念來說即是 0 與 1，+ 與 - 的相對概念，此概念可回應到 STEM 的精神，鎖具的制動是科學的概念，鎖具的製作與構造則是科技與工程的範疇，而鎖具與鑰匙的關係則充分是一種對應的數學理念。本活動成功之處在於結合了 STEM 精神卻又讓活動不失樂趣，此可歸因於動手做與競賽策略，Holmes (2011) 主張的科技學習或是數學學習之所以令學生反感的原因，在本研究中，學童一樣需要認知性的記憶或是數學的運算，因為他們需要瞭解鎖具的構造與制動方法；開鎖競賽時，他們也需要去觀察鎖具構造去運算出相對的鑰匙齒痕，本研究中汲取 Holmes (2011) 的教訓並已以符合 Gerstner 等人 (2010)、Yilmaz (2010) 的提議，多以動手做作為經驗的概念基礎來發揮，此結果可供後續科技性教育推廣課程設計重要參考。



圖十 探究組學童開鎖競賽完成之時間分佈圖



圖十一 解說組學童開鎖競賽完成之時間分佈圖

表二

探究組與解說組學童進步比較表

	兩次中至少有一次完成	兩次都完成	第二次比第一次進步
探究組	94%	69%	72%
解說組	78%	57%	39%

二、有效提升鎖具的探索興趣與自我效能

從表三的結果顯示，探究組學童對於鎖具的學習興趣達到顯著差異 ($p=.012$)。顯示學童在鎖具活動前後興趣有差別，且效果量達到.45 的中度效果量。自我效能方面，前後測的結果亦達到顯著 ($p=.002$)，效果量方面則達到.62 高度效果量，表示學童在活動過程的確在學習興趣以及自我效能上有成長。

利用博物館的資源協助學童進行鎖具構造概念的建立，不論是探究組或是解說組學童，從本研究的結果都呈現顯著的成效。在動手做、參觀特展與開鎖競賽的學習策略下，學童均能清楚的建立鎖具構造的概念。從鎖具探索興趣與自我效能的前後測發現，探究組的學童皆有達到顯著差異；解說組學童則只有自我效能達到顯著，結果顯示探究組學童在興趣的提升上比解說組學童高。在自我效能方面結果則顯示，解說組學童在經過解說、動手與競賽的過程，自我效能成長的幅度會比探究組學童高。

表三

探究組學童鎖具探索興趣與自我效能 t 檢定表

	前測		後測		t	p	Effect size
	M	SD	M	SD			
對鎖具學習的興趣	4.16	.63	4.45	.65	2.68	.012*	.45
自我效能	3.73	.83	4.18	.58	3.30	.002*	.62

表四的結果是解說組學童的前後測差差異，表三中顯示，解說組在自我效能部分達到顯著差異，且效果量非常高達到.96，而學習興趣則未達顯著，顯示解說組學童在學習興趣上前後並無太大差異，但是經過活動後，對自己的在鎖具上的信心卻加強不少。

表四

解說組學童鎖具探索興趣與自我效能 t 檢定表

	前測	後測
--	----	----

	M	SD	M	SD	t	p	Effect size
對鎖具學習的興趣	3.88	.57	4.07	.76	1.23	.231	.28
自我效能	3.45	.66	4.14	.77	4.15	.000*	.96

研究結果如同 Fantz 等人 (2011) 所言，參加工程的營隊活動有助於學童增加學習興趣以及自我效能，在本研究結果中的確也證實這樣的效果，但是這樣的興趣或是自我效能能持續多久，Fantz 等人 (2011) 的研究也是用回溯的方式去探討過去的工程營隊經驗。博物館經驗是種很奇妙的經歷，Falk 等人 (1992) 認為博物館經驗所產生的對某些事物的學習興趣，往往是在博物館經驗後好幾年才會發酵，這需要長時間的追蹤研究，然而不管這種經驗能持續多久，學習興趣一旦產生，未來遇到可類推的學習概念，便可以很容易的類比與學習遷移 (Dewey, 1938)。

伍、 結論

利用博物館的資源協助學童進行鎖具構造概念的建立，從本研究的結果呈現顯著的成效，在動手做、參觀特展與開鎖競賽的學習策略下，學童均能清楚的建立鎖具構造的概念。博物館是社教機構之一，許多文獻也都支持利用博物館進行學習是不錯的管道，本研究也證實在博物館中學習概念知識，在不以評量為目的的基礎之上，仍然得以建立良好的認知概念，此結果與 Yager (1996)、朱耀明 (2001) 等人的研究結果有相似之處。在博物館的教育活動中，學習的自主性與活動的彈性都比較大，但是也並非是漫無約束的閒逛，博物館教育活動依然有其規劃的流程與教學規劃，在有限度的規劃之下自由學習。如同朱耀明 (2001) 提到的，那怕是利用活動單的引導，適當的引導以及有效的學習策略可以幫助學童進行高層次的思考，一如同杜威所言的次級經驗 (Dewey, 1938)。

次級經驗即反思經驗，透過次級經驗的反覆練習，在正增強作用下便可以有效提升學童鎖具的探索興趣與自我效能，學習的動機與興趣是學習的根本，教育活動雖然都很短暫，但是維持長遠的學習興趣在學童的心中，便可以在日後適當時機萌芽，只要維持對學習高度的興趣與堅強自我效能的信心，未來不管在課業上或是其他領域遇到類似的問題，都可以保持一定的學習動力。雖然本研究在學習興趣與自我效能上和過去研究都呈現正向的顯著差異 (Dubin, 1994; 劉婉珍, 2001; 張美珍, 2003)，但是在統整課程 STEM 上，由於活動的時間稍短，比較難看出學童長遠的影響及效益，關於 STEM 的素養能力培養在文化層面的內涵不容易從問卷或是活動紀錄中得到，畢竟現在的學習經驗何時會影響未來每個人也有許多的個別

差異。

本研究證實結合動手做與競賽的策略設計對學童建立鎖具構造概念有幫助，可提供許多未來的課程思考，諸如特展活動有其時效性，如何延續特展活動的資源在鎖具活動中，便是一項考驗；再者，除了動手做與競賽的學習策略之外，如何再引進其他的學習策略在教育活動中，也是值得關注的議題，只要對學童概念建立有益處，博物館課程的彈性都可以因應需要做更迭，這是非制式教育的好處同時也是特色。

本研究中可看出不同課程的順序安排有不一樣的效果，針對不同目標則可選擇不同的單元順序安排，如需要提升學童興趣者，則可安排先動手探究活動；若需要提升學童自信者，則可先以解說概念課程安排，再行動手做的活動。

致謝：

本文承蒙國科會專題研究計畫 NSC 101-2511-S-359-001 於經費上之補助與支持，得以順利完成，特此致謝。

陸、 參考文獻

- 朱耀明 (2001)。博物館活動單設計—高層思考技能的探討。 *科技博物*, 5(2), 18-32。
- 朱耀明 (2011)。「動手做」的學習意涵分析—杜威的經驗學習觀點。 *生活科技教育月刊*, 44(2), 32-43。
- 張美珍 (2003)。從探索學習的觀點探究博物館參觀活動單的運用。 *科技博物*, 7(2), 63-79。
- 教育部 (2009)。「生活科技科」補充說明審查資料。高級中學課程標準暨綱要 Retrieved Feb, 28, 2013, from http://www.edu.tw/files/site_content/B0035/16-「生活科技科」補充說明審查資料.pdf
- 劉嘉茹、侯依伶、邱美虹 (2009)。探討九年一貫課程實施前後國三學生科學態度變化研究。 *科學教育學刊*, 17(5), 409-432。
- 劉婉珍 (2001)。以展覽為核心的博物館課程。 *博物館學季刊*, 15(4), 3-18。
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM Education. *Science*, 329(5995), 996.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate, Inc.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York, NY: Macmillan.
- Dubin, G. (1994). Improving worksheets, in Hooper-Greenhill, E.(ed). *The Education Role of the Museum*, London: Routledge.
- Fantz, T. D., Siller, T. J. & Demiranda, M. A. (2011). Pre-collegiate factors influencing the self-efficacy of engineering students. *Journal of Engineering Education*, 100(3), 604-623.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1992). *The Museum Experience*. Washington D. C.: Whalesback books.
- Gerstner, S. & Bogner, F. X. (2010). Cognitive Achievement and Motivation in Hands-on and Teacher-Centred Science Classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimise cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*, 32(7), 849-870.
- Goodman, B. E., Freeburg, E. M., Rasmussen, K., & Di, M. (2006). Elementary education majors experience hands-on learning in introductory biology. *Advances in Physiology Education*, 30(4), 195-203.
- Holmes, J. A. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through

- museum-based learning. *Learning Environment Research*, 14, 263-277.
- Ralston, P. A. S., Hieb, J. L. & Rivoli, G. (2013). Partnerships and experience in building STEM pipelines. *Journal of Professional Issues in Education and Practice*, 139(2), 156-162.
- Smith, J. M. (1993). *Evaluation and theory of games*. Retrieved April, 10, 2013, from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-7862-4_22#.
- Straffin, P. D. (1993). *Game Theory and Strategy*. Washington DC: The Mathematical Association of American.
- Tuan, H. L., Chin, C. C. & Sheh, S. H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639-654.
- Wilde, M. & Urhahne, D. (2008). Museum learning: a study of motivation and learning achievement, *Journal of Biological Education*, 42(2), 78-83.
- Yager, R. E. (1996). *Science/technology/society as reform in science education*. State University of New York press, Albany, NY.
- Yilmaz, M. (2010). Hands-On summer camp to attract K-12 students to engineering fields. *Education*, 53(1), 144-151.