

高中電腦教師學科基本知識之研究

林美娟 吳正己 林鳳英
國立台灣師範大學 資訊教育研究所

(投稿日期: 88 年 4 月 1 日, 接受日期: 88 年 5 月 12 日)

摘要: 本研究採用「大慧調查法」探討我國高中電腦教師所應具備的學科基本知識。調查問卷之設計是以 1991 年美國 ACM/IEEE 所提之大學電腦科學課程建議書 (Computing Curricula '91) 為藍本, 彙整出電腦科學之基本知識項目共計 340 項, 邀請十四位資訊科學領域之專家學者研判各知識項目之重要性。經過四輪的問卷調查及一次座談之後, 專家評定了 165 項高中電腦教師必備的知識項目。該 165 項知識項目主要涵蓋了「計算機概論」、「資料結構」、「演算法」、「計算機結構」、「作業系統」、「程式語言結構」、「軟體工程」、「電腦網路」、「多媒體系統」、「離散數學」、「機率」、及「線性代數」等科目。本研究所得結果可供電腦教師培育機構之參考, 亦可為高中電腦科學專門知識檢定之依據。

關鍵詞: 電腦教師、學科基本知識、大慧調查。

緒 論

高中課程早於民國七十二年便將「電子計算機簡介」列入選修科目, 民國八十四年將科目名稱改為「電腦」, 且重新修訂電腦課程標準綱要, 將於八十八學年度正式開始實施。新的課程標準目標為: (1) 導引學生學習電腦科學的概念與原理, (2) 培養學生應用電腦解決問題的能力, (3) 奠定學生進一步學習電腦科學的基礎 (教育部, 1996)。所列之教學單元包括「電腦的工作原理」、「作業系統」、「電腦應用」、「程式語言」、「演算法及資料結構」、以及「電腦科學的其他領域」。新的課程標準特別著重電腦科學基本知識的介

紹, 期使學生對電腦科學有一整體的瞭解, 而不再如以往般, 僅學習應用軟體或程式設計。由新訂課程標準之目標及內容來看, 未來高中電腦教師將需具備專業之電腦科學基本知識, 方足以勝任新課程之教學。

師資之良窳是維繫課程成敗的關鍵, 但由於國內近年來資訊教育之倉促推行, 高中電腦教師多數由其他學科的在職教師經過短期的培訓而成。根據何榮桂等 (1995) 的「我國高級中學電子計算機簡介課程實施現況調查研究」指出, 約有四分之三強的高中電腦教師 (佔 77.2%) 為非本科系畢業, 換言之, 本科系畢業的電腦教師還不及四分之一 (佔 22.8%)。受過培訓的教師中曾修過「二十學分以上之電腦課程」者佔 61.2%; 曾接受「四階段訓練

班」之進修者佔 7.3%；曾受過「六個月以上訓練」者有 24.1%；曾接受「54 小時或三學分以上之訓練課程」者佔 40.1%。另一研究（吳鐵雄，梁恆正，1993）也指出我國高中電腦教師半數以上來自於資策會的師資班培訓而成。整體而言，高中電腦教師之專業背景極為分歧與不足，其教學品質令人憂心。

事實上，在美國也有類似的情況，Taylor 及 Poirot (1989) 的研究顯示：高中電腦教育課程的推動之所以緩慢，是由於 70 年代的電腦教師資格檢定與訓練發生了問題，而且大部份學校將電腦教學由自行進修或僅修習少數電腦學分的老師擔任，自然影響了教學的品質。有些電腦教育學者甚至認為大部份的高中生之所以排斥電腦科學，係由於不適任的電腦教師所造成。另外，Leeke (1988) 將美國高中電腦學科推動成效不佳的原因歸納為：(1) 電腦課程在高中課程中不是受重視的學科；(2) 缺乏一個標準的電腦課程；(3) 在大學或學院中，仍少有電腦教師的培育計畫。最後一項點出了「缺乏合格的高中電腦教師」也是實施成效不佳的主要原因。

Shulman (1986) 指出，教師的知識可分成三大類：(1) 學科知識 (Subject Matter Knowledge 或 Content Knowledge)，也就是教師本身具備的專業領域學科知識及對這整個學科知識體系的瞭解；(2) 一般教學知識 (Pedagogical Knowledge)，它所強調的是教學技巧、原理、策略，以及瞭解學生如何學習、領悟等過程；(3) 學科教學知識 (Pedagogical Content Knowledge)，亦即教師使用類比、例證、解釋及證明等方法，以幫助學生理解學科內容知識。這三類知識中，學科知識是最根本的，教師必須對所要教授的學科知識有一定程度的了解，才能進一步運用合宜的教學技巧與策略，幫助學生理解其所教授的知識內容。

「合格的電腦教師」經常引起的爭議焦點在於教師本身「學科知識」的完整性。因為

「學科知識」是教學的基本素材，「學科知識」對於一位教師在擬定教學計畫、進行教學評量、進行教學診斷以及回答學生所提的問題等諸多方面均有決定性的影響 (Calderhead & Miller, 1986)。換言之，「學科知識」可說是勝任教學工作的必備條件。我國刻正實施之師資培育管道多元化之新制，其中一大特色是將教師所須具備之學科專門知識交由培育機構自行認定，故而只要是修畢教育學程的「資訊相關」科系畢業生，均有可能成為合格之電腦科教師。而目前國內大學院校之「資訊相關」科系相當多樣化，有偏重理論、工程、教學、管理等各方面，其所提供之必、選修課程也相當紛歧，而且每一課程之學分數及內容之差異性亦極大。在此複雜的環境下，如何為電腦領域的諸多專業科目區分其重要性，自然極易引發基於本位主義的意見衝突。在師資培育多元化的潮流下，為確保教師之專業素養，已有愈來愈多的學者主張經由檢定的方式來產生師資。在此前提下，本研究期望對電腦教師的學科知識提出一個較具體的指標，以做為師資檢定的依據，亦可提供電腦師資培育機構之參考。

研究目的

本研究的主要目的在探討我國高中電腦教師所應具備的學科基本知識，以做為師資檢定的依據。具體而言，本研究的目的如下：

- 一、探討高中電腦教師所須具備之學科基本知識項目。
- 二、提出師資培育機構培育電腦教師之課程建議。

文獻探討

以下分別由我國、美國、及以色列電腦教師認證科目，探討高中電腦教師所須具備之學科知識內涵；其次以美國電子計算機學會所提出之大學電腦課程建議書為基礎，來分析電腦

科學知識之基本內容；最後並針對相關之研究加以描述。

一、我國高中電腦教師需具備之學科知識

我國現行有關中學電腦教師之規定包含在民國七十八年公佈實施之「中小學教師登記及檢定辦法」所附之「中等學校各學科教師本科系相關科系及專門科目學分對照表暨施行要點」（教育部，1991）中。依據該規定，欲登記為高中或高職之電子計算機科教師所需具備之條件為：(1) 本科系畢業，或(2) 非本科系畢業但至少修畢所規定科目中之二十學分（表1）。師資培育法實施之後，教師認證科目由各師資培育機構自行認證，以國立台灣師範大學為例，其所訂定之專門科目學分數為三十學分（表2），多於教育部原定之二十學

表1：教育部電子計算機科教師專門科目及學分表

專門科目	學分
1. 計算機概論	3
2. 程式語言（程式設計或計算機程式）	4
3. 資料結構	3
4. 資料處理	3
5. 計算機圖學	3
6. 系統程式	3
7. 數位邏輯	3
8. 微算機原理或微處理機	3
9. 資料庫	3
10. 作業系統	3
11. 編譯系統	3
12. 計算機組織（結構）	3
13. 組合語言	3
14. 微電腦介面電路	3
15. 數值分析（方法）	3
16. 微電腦系統設計	3
17. 微電腦硬體或軟體	3

表2：國立台灣師範大學電腦科教師專門科目及學分表

專門科目	學分
1. 計算機概論(一)（或計算機概論）	2-4
2. 資料結構	3
3. 組合語言	3
4. 作業系統（或高等作業系統）	3
5. 演算法（或高等演算法、演算法分析與設計）	3
6. 資料通訊（或計算機網路概論、計算機網路、計算機通訊、電腦網路、通信系統）	3
7. 計算機概論(二)	4
8. 線性代數	3
9. 機率論	3
10. 數位邏輯（或數位控制）	2-3
11. 軟體工程（或軟體發展方法）	3
12. 計算機結構（或高等計算機結構）	3
13. 程式語言結構	3
14. 人工智慧	3
15. 程式語言（或程式設計）	2-3
16. 資料庫（或資料庫理論、高等資料庫系統）	3
17. 編譯系統（或系統程式）	3
18. 數值方法（或數值分析）	2-3
19. 數位訊號處理	3
20. 電腦多媒體（或多媒體系統）	2-3
21. 微處理機（或微算機系統）	3

分，且二者之科目名稱及學分數亦有不同。如教育部原有之某些硬體科目（如微電腦介面電路、微電腦系統設計等）並未在台灣師大的認定科目之中；反之，台灣師大的認定科目中則多出了些數學科目（如線性代數、機率論等），並增列了近年來電腦科技的兩大新興領域（電腦網路、多媒體系統）的相關科目。

二、美國各州中學電腦教師需具備之學科知識

依林美娟(1996)所蒐集歸類的美國三十五州及哥倫比亞特區現行之中等學校電腦教師檢定標準，顯示各州作法相當分歧，有許多州並未針對電腦師資有相關規定，但也不乏詳列必備能力、科目、學分數的州。大多數的州對於主修或副修資訊科系之大學畢業生均直接認可其學科專門知識資格，對於非資訊科系畢業

之學生則可透過認證各州所定之專門科目取得電腦教師資格。各州所訂定之專門科目彙整於表3中。表中第一欄為科目名稱；第二欄為規定該科目為必備的州數，其後括弧中為這些州名稱之英文縮寫；第三欄為規定該科目為選備之州數。由表三來看，各州對電腦教師所要求之專門科目及總學分數雖有所不同，但某些專門科目之重複性相當高，如「程式設計」（10州）、「資料結構」（6州）、「作業系統」（5州）、「電腦硬體」（5州）、「應用軟體」（4州）、「電腦與社會」（4州）等六科較常被列為必備科目。而各州學分數之要求則介於十二學分至三十二學分之間。基本上，這些州規定的必選備科目仍不脫大學電腦科系的基本課程內容，其中特別被共同強調的是「程式設計」，而「電腦與社會」則是資訊教育新興的主題。

表3：美國各州電腦科教師專門科目統計

科目名稱	必備之州數	選備之州數
Algebra	1 (KY)	1 (VA)
Algorithms	2 (NE, WY)	1 (ME)
Computer Applications	4 (AR, FL, KY, VA)	1 (ME)
Computer Hardware	5 (DC, DE, NE, NJ, WY)	1 (ME)
Computer in Society	4 (DC, LA, NE, FL)	1 (ME)
Computer Programming	10 (AR, DC, DE, ND, NE, KY, FL, SD, WY, FL, NE)	
Database Management	3 (DC, WY, AR)	
Data Structures	6 (DE, NE, FL, NJ, VA, WY)	
Hardware Maintenance	1 (WY)	
Multimedia/Hypermedia		1 (WE)
Networking	1 (FL)	1 (ME)
System Software/O.S.	5 (DC, DE, NE, VA, WY)	
Software Engineering	2 (NE, WY)	
Statistics	1 (KY)	
Integration into Content Areas	3 (LA, NE, WY)	1 (ME)

註：括弧中為各州名稱簡寫

三、以色列高中電腦教師需具備之學科知識

除美國外，相關文獻僅蒐集到以色列電腦師資學科認定之標準。以色列高中電腦教師都須修習指定的必修科目，如果只要教授一般電腦課程，僅須另修習二個選修科目；如果要教授較深入的電腦課程，則須另修習四個選修科目（見表 4）。另外，這些未來的電腦教師都須修習二種不同類別的程式語言。必修課程中的「程式設計前的演算法簡介」（A Pre-Programming Introduction to Algorithmics）目的是教授以演算法解題的概念，在不使用程式設計的前提下，逐步的設計演算法；至於「演算法學」（Algorithmics）則整體的介紹電腦科學及其中的基本概念（Gal-Ezer, 1995）。

四、ACM 與 IEEE 所建議之大學電腦科學課程

前述三節中，我國、美國、或以色列電腦教師所須具備之學科知識均以科目來訂定，但由於電腦科學不若其它科學領域發展之成熟，往往課程名稱相同，但課程內容相差甚多者亦不乏見。以下所述之大學電腦課程建議書，則以知識主題項目的方式規劃大學課程，其對學科基本知識內容之描述更為明確。

美國電腦科學界的兩大組織—ACM (Association for Computing Machinery) 與 IEEE-CS (Institute of Electrical and Electronic Engineers – Computer Society) 的聯合作小組於 1991 年提出對大學電腦課程建議—Computing Curricula '91。它是由 120 位電腦科學、工程、教育方面不同領域的專家在多次的會議上不斷的研討修改，以求所建議之課程能因應資訊社會潮流變化的需求。該建議書中規劃了十個知識領域的共同核心課程：

1. 演算法及資料結構 (AL: Algorithms

表 4：以色列培訓高中電腦教師的必、選修課程規定

必修課程	選修課程
程式設計前演算法簡介	電腦組織
程式設計簡介	資訊系統簡介
資料結構與演算法學	軟體工程簡介 (使用Ada語言)
自動機與正規語言	Prolog (或 Lisp) 及人工智慧專題
演算法學	數值分析簡介
電腦教學專題	電腦圖學

and Data Structures)

2. 電腦結構 (AR: Architecture)
3. 人工智慧與機器人學 (AI: Artificial Intelligence and Robotics)
4. 資料庫與資訊擷取 (DB: Database and Information Retrieval)
5. 人－電腦之溝通 (HU : Human-Computer Communication)
6. 數值與符號計算 (NU: Numerical and Symbolic Computation)
7. 作業系統 (OS: Operating Systems)
8. 程式語言 (PL : Programming Languages)
9. 軟體工程與方法 (SE : Software Methodology and Engineering)
10. 社會、倫理及專業議題 (SP : Social, Ethical, and Professional Issues)

此外，ACM 與 IEEE 的聯合作小組認為學生至少需選修一些數學課程，包括離散數學、微積分、機率、線性代數、進階的離散數學、數理邏輯 (Mathematical Logic) 等。為使學生能對電腦科學各領域作更深入的探討，又訂定了進階和補充的主題 (Advanced and Supplemental Topics)，包括電腦通訊網路、電腦安全、平行及分散計算、程式語言轉譯、計算理論、及超大型積體電路系統設計

等知識項目。

該課程建議書中除界定上述共同、數學、及進階等知識領域，更進一步將每一知識領域細分成一些主題，各主題下再細分知識項目，對電腦科學的知識內容可說做了完整而具體之定義。

五、學科知識的大慧調查研究

有關教師知識的研究多偏向於教師教學知識或學科知識對教學的影響方面，較少針對教師的「學科知識」作探討。本研究僅就使用大慧調查法 (Delphi Technique) 的「中等學校生物教師學科基本知識之研究與檢定」(林金盾, 1996)，及同樣是針對電腦科學教師所作的研究—「電腦科學教師之能力檢定計畫」(Chen, 1989) 加以討論。

林金盾以「內容分析法」分析二十一世紀之中等學校生物教師所應具備之「生物學科基本知識」，分析其「概念內容及組成」，俾作為發展生物教師適用之「生物學科基本知識測驗」之構念 (Construct) 依據，並以此觀點邀請專家群 (Expert panels) 對試擬之「生物學科基本知識概念及組成表」評分 (Rating)，以建構生物教師應具備之「生物學科基本知識概念及其組成表」。其專家群包含十位生物學者 (其中 3 位為非師範體系，7 位為師範體系教授)，對「生物學科基本知識概念內容及組成表」中每一主概念及次概念 (共 660 條) 的「重要性」表示意見。學者、專家以五點量表分別就每一條概念加以評估。

Chen 為確認一位合格的中學電腦教師應具備哪些能力，並為中學電腦老師的培訓訂定課程，採用大慧調查法來達成此目的。研究的實施包含兩個階段：(1) 先列出那些是中學電腦老師的必備能力；(2) 對這些能力項目邀請專家群進行評估。「專家群」即所謂的大慧調查的審查小組，包含 48 位電腦科學的教育者，從各州的教育部門、教師的協會或組織、機構、產業界和高中的電腦科學教師挑選出。

表 5：Chen (1989) 所建議的電腦教師培育課程

必修課程	選修課程
1. 程式設計簡介	1. 電腦輔助教學
2. 程式規劃及軟體工程	2. 人工智慧
3. 組合語言與電腦系統	3. 電腦在教育之應用
4. 資料結構及演算法	4. 教室中電腦應用
5. 檔案結構及處理	5. 系統分析與設計
6. 教育用程式語言	6. 電腦網路與資料通訊
7. 電腦教學方法	
8. 迷你與微電腦系統	
9. 教育專題設計	

問卷以五點量表實施，在反覆實施一連串問卷之後，有 26 項能力項目被評比為極端重要 (extremely important) 是「必須要知道的」(mandatory)；另有 31 項能力項目是普通重要 (of moderate importance) 歸納在「或許需要」的部份 (may be needed)。其最後建議的培育課程如表 5。Chen 之論文由於篇幅較短且描述不完整，且其論文結論僅提出課程科目建議，對調查重點所在的能力項目反未提及，研究之嚴謹與否仍有待進一步了解。

研究方法

一、研究設計

本研究主要採用「大慧調查法」彙整專家學者的意見。另外，並於問卷調查結束時，舉辦一場專家座談會，針對尚有爭議的知識項目作討論，以達成本研究之結論。

大慧調查法經常被運用於處理專業性、前瞻性、爭議性等問題的研究上 (鄭湧涇, 1995)。而本研究探討高中電腦教師所必需具備的學科知識，也具備這些性質。大慧調查法是用一系列問卷調查的方式來獲得人們對問題共同看法的技術。傳統問卷調查法只要製

發一次問卷就完成調查工作，而大慧調查法則需製發一連串（通常是四次）的問卷才能完成調查研究（謝文全，1975）。而傳統達成共識的圓桌討論法（the round table discussion method）係群體共聚一堂針對某些事來討論，其缺點有：當參與討論的人數太多時，不但討論不易進行，而且浪費時間，同時亦可能有各種負面的效應，諸如：切西瓜靠大邊（bandwagon effect）、「強人」或強勢意見左右其他人意見效應、面子效應等等。此外，當意見不合有所爭執時，亦難免傷感情。經費需求較大亦是其另一缺點（Cyphert & Gant, 1971）。大慧調查法的設計係針對圓桌討論之缺點加以改進而來。它將面對面的溝通改變為匿名式的溝通。研究者利用問卷，徵詢所選樣本對某些問題的意見。這個問卷的實施是一系列的，所以大慧調查法可說是對樣本的一系列詢問，並提供前次團體的反應情況，供當次問卷回答之參考。

由於大慧調查法僅提供前一輪調查結果的統計數字，讓每個受試者知道上一次大多數人怎麼想，至於為什麼那麼想，則並未告知受試者。所以最後調查結果所得的一致性，可能只是表面上意見，而非在議論或理由上深層的共識（黃政傑，1987；謝臥龍，1997）。有許多問題需要深入的討論和腦力激盪，並需立即反應和連續回饋，而這並不是大慧調查法所能做到的。故而本研究在第三次問卷時要求專家對較缺乏共識之問卷項目寫出個人之意見，以供第四次問卷其它人填答之參考；並於最後舉行一場座談會，讓專家們面對面討論，以凝聚最後之共識。

二、專家選定

大慧調查本質上是一種意見或判斷的調查，其調查的對象不一定要多，唯一的要求是就擬探究的主題而言，必須都是「專家」，其意見才具有徵詢及參考的價值（鄭湧涇，1995）。本研究在挑選專家時，將專家的條

件界定為具有資訊相關博士學位且其目前的工作具有研究性質者。因為具博士學位者，對資訊領域的知識較有深入且廣博的了解，而從事研究工作者對於日新月異的電腦科學知識較能有所掌握。本研究在專家的選擇上並未納入高中電腦教師，主要是基於以下的考量：中等學校的電腦學科屬於新興的學科，它與傳統學科的最大差異，在於它的學科內容仍存在著極大的彈性，不像數學、物理、生物等學科，經過數十年來的實施，其課程內容已具相當的穩定性。事實上，以電腦領域知識更新速度之快，電腦學科的內容勢將隨著不斷做修訂。換言之，今日的高中電腦教師所講授的程式語言、作業系統、應用軟體等課程內容，在三、五年內就可能全盤更新。因此，電腦教師無疑是所有學科教師中「折舊率」最高的。由於本研究所欲掌握的是「變中求同」的原則，亦即如何在日新月異的電腦知識中，辨識出「不變」的那一部份，並以之為高中電腦教師的必備知識。就此而言，我們認為參與此調查的專家應盡量跳脫目前高中電腦科教學內容的侷限，以較為超然的角度來觀照電腦領域的知識。

本研究在考量不同專家的學經歷背景、專長，並事先徵得專家的同意下，挑選了資訊界不同領域的十五位專家組成本研究大慧調查之專家群。包含大學院校資訊科系教授九名，電腦科學教育學者二名，研究員三名，資訊業界人士一名。其中因第一次問卷中，有一位專家之問卷遲遲未收到，所以在第二次之後將之排除在樣本之外，故實際參與調查的專家計有十四人。

三、問卷設計

一位高中電腦教師所需具備之學科基本知識不外乎資訊領域的相關知識，而在檢視過 Computing Curricula '91 之內涵及相關國家中等學校電腦學科教師檢定之概況等文獻之後，研究者以為 Computing Curricula '91 對於資訊領域相關知識的界定，具備了高度的

縝密性及結構性，足可做為編製問卷的主要依據。第一次問卷整理了 Computing Curricula '91 之內容，條列出包含共同核心部份（十個核心知識領域）214 項、數學部份 22 項、進階知識項目 104 項，共計 340 項。問卷中，各知識領域、主題、及知識項目皆以英文呈現，以避免翻譯時可能的失真而誤導專家填答問卷。第二至四次之問卷則均依前一次問卷結果重新整理，並附上前一次結果之統計資料以供專家參考。表 6 為第二次問卷中「演算法與資料結構」知識領域之部份問題，其中 AL1、AL2、AL3 為該知識領域中的主題，而各主題下則為具體之知識項目，其右則呈現第一次問卷勾選其為必備知識之專家人數供填答參考。

四、實施過程

整個大慧調查的過程中，共寄發四次問卷供專家填答意見。從 1996 年 12 月寄發第一次問卷，直至 1997 年 7 月回收第四份問卷。第一次問卷時附上「高級中學選修科目電腦課程標準」供專家參考。從第二次的問卷開始，均將前一回問卷調查的統計結果一併提供給專家參考。四次問卷調查結束後，舉辦了一場專家座談會，針對尚有爭議的知識項目進行面對面的討論，最後進行表決。在表 7 中，我們將四次問卷所包含的知識項目數目，以及最後列入座談會討論並表決的項目數一一列出，由表中可看出知識項目數的收斂情形。此收斂過程正表示著專家共識之逐漸凝聚。以下分別說明各次問卷調查之實施概況。

表 6：第二次問卷「演算法與資料結構」之部份問題

		重要程度					
前次調查	勾選人數	極重要 1	2	3	4	不重要 5	
		←————→					
(1) AL: Algorithms and Data Structures							
<u>AL1: Basic Data Structures</u>							
1.Definitions of basic data structures	[14]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.Use of the basic data structures	[14]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.Contiguous and linked implementations; customi zation to fit problem requirements, including space vs. time trade-offs	[11]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<u>AL2: Abstract Data Types</u>							
1.Purpose of ADT's	[11]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.Implementation of ADT's in a high-order language, with examples	[9]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<u>AL3: Recursive Algorithms</u>							
1.Introduction to recursive algorithms	[13]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.Connection with mathematical induction	[10]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.Comparison of iterative and recursive algorithms	[9]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

表7：歷次問卷知識項目之彙整統計

	待答之 知識項目數	納入必備之 知識項目數	列為刪除之 知識項目數	未確定項目數 (下次續答)
第一次問卷	340	—	1	364*
第二次問卷	364	103	—	261
第三之一次問卷	122	23	25	74
第三之二次問卷	139	—	109	30
第四之一次問卷	74	17	16	41
第四之二次問卷	30	1	25	4
座談會	45	21	24	—
合 計	—	165	—	—

*專家增列25項知識項目。

(一)第一次問卷調查

此次問卷調查的主要目的是為了先行確立問卷內容的合理性，因此請專家就 340 項知識項目圈選應否列為必備的知識，並請他們增補認為重要但未列於問卷上的其他知識項目。原有知識項目中，有一題「數學」類的知識項目，因贊同人數為「0」而予以刪除。此外，專家所增補的知識項目（包含電腦的周邊設備、多媒體的軟硬體架構、人工智慧、網路應用、遠距學習等相關的知識項目）共計 25 項；其中共同核心部份新增 11 項，進階知識部份新增 14 項。總共 364 項知識項目留待第二次問卷繼續實施。

(二)第二次問卷調查

第二次問卷將增補的知識項目條列加入，並在每項目後列出第一次問卷勾選同意其為必備知識項目之人數（參見表 6），請專家決定每一知識項目的重要程度。本問卷請專家依知識項目的重要程度以五點量表給分，由「1」表示「極重要」到「5」表示「不重要」。此次問卷項目包含共同核心部份 225 項、數學部份 21 項、進階知識項目 118 項，共計 364 項。在回收問卷之後，以第一次問卷中專家贊同人數超過 10 人（即百分之七十五以上的

人），且本次問卷中該知識項目的重要程度評定較高者（指標值低於 2.5），納入必備的知識項目。這些知識項目共計 103 項，不再繼續要求專家填答，但仍置於後續問卷中以求知識呈現之完整性；其餘之 261 項於第三次問卷繼續調查。

(三)第三次問卷調查

第三次問卷將 261 項待答知識項目分為兩部份，第一部份（問卷三之一）是第一次問卷中專家贊同人數不超過 10 人或第二次問卷中該知識項目的重要程度中等（指標值介於 2.5 與 3.5 之間）的知識項目，請專家仔細再斟酌一次，此一部份共有 122 項。第二部份（問卷三之二）是第二次問卷中知識項目重要程度評定較低者（指標值大於等於 3.5），共有 139 項，若專家沒有表示保留之意見則將刪除。在回收完第三次問卷，重要程度指標小於等於 2.5 者共 23 項列為必備的知識項目，而仍有 104 項知識項目（三之一 74 項，三之二 30 項）未能確定必備或刪除，故續於第四次問卷填答。

(四)第四次問卷調查

本次問卷為最後一次之調查，故改以「應保留」或「應刪除」的方式請專家作最後之判

斷，不再以先前五點量表方式評定知識項目的重要程度。在問卷三之一中，仍有 74 項重要程度指標仍介於 2.5 與 3.5 之間繼續列入問卷四之一；至於問卷三之二部份，仍有 30 項知識項目專家提出理由說明不應刪除，此 30 項編為問卷四之二，請專家看過理由之後，再思考「應保留」或是「應刪除」。第四次問卷若圈選「應保留」人數超過回答問卷專家人數的三分之二以上，則判定該知識項目為必備的知識項目，此次納入必備知識項目共計 18 項。

(五)專家座談會

在統計完第四次問卷（包含問卷四之一及四之二）之後，仍有 45 項知識項目，專家對此表示「應保留」或是「應刪除」的人數相當，所以繼續以座談會交換意見，在逐項討論各知識項目之後，以舉手表決作成最後結論，其中 21 項納入必備，其餘之 24 項則刪除。統計最後所得之必備知識項目共計 165 項。

調查結果分析

以下將由各個知識領域分別呈現調查所得結果。由於篇幅所限，將以各領域之知識主題為主，以勾繪出教師所須具備學科知識之主要

架構，對各主題下之知識項目則無法詳列。有興趣之讀者，可參考林美娟 (1998) 及林鳳英 (1997) 之論文報告。下文中各知識項目之編號仍保留與上二報告相同以利對照。

一、演算法與資料結構

由表 8 中可看出：在「演算法與資料結構」的 29 項知識項目中，「必備知識」有 19 項，「刪除部份」有 10 項，此範疇中有 66% 的內容是專家認為應該要具備的。其中 AL1、AL2 屬於一般「資料結構」（參考 Horowitz & Sahni, 1994）的範疇；AL3、AL4、AL6、及 AL8 則為「資料結構」與「演算法」（參考 Brassard & Bratley, 1996）均會涉及的部份；其中 AL6-3 所提及的排序方式（如：shell sort, bucket sort, radix sort）並非一般常用的排序方式，專家認為較不重要而刪除。而 AL5、AL7、及 AL9 屬於「演算法」中較進階的知識部份，專家們認為對高中電腦教師較不重要。由調查所得結果來看，一般資訊系的必修課程「資料結構」、「演算法」應列為電腦教師認證的必備科目。此正符合高中電腦課程需對「演算法與資料結構」做概略介紹之需求。

表 8：演算法及資料結構 (AL：Algorithms and Data Structures)

主 題	必備知識項目
AL1: Basic Data Structures	所有項目
AL2: Abstract Data Types	所有項目
AL3: Recursive Algorithms	所有項目
AL4: Complexity Analysis	所有項目
AL5: Complexity Classes	2
AL6: Sorting and Searching	1, 2, 4, 5, 6
AL7: Computability and Undecidability	刪除
AL8: Problem-Solving Strategies	1, 2, 3
AL9: Parallel and Distributed Algorithms	刪除
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	66% (19/29)

二、電腦結構

由表 9 中可看出：在「電腦結構」的 40 項知識項目中，「必備知識」有 24 項，「刪除部份」有 16 項，此範疇中有 60% 的內容是專家認為應該要具備的。從調查結果來看，若將「計算機結構」列為必備科目即可涵蓋這些必備知識項目。雖然與 AR1 較相關的是「數位邏輯」課程，與 AR3、AR4、AR5 較相關的是「組合語言」課程，但這些內容在「計算機結構」（參考 Mano, 1993）的課程中也會涵蓋。至於 AR6-5 是有關「電腦的周邊設備」的知識，是專家新加入的知識項目，是屬於較實務的知識；AR8 強調的是「多媒體」的相關知識，是目前電腦科技的發展重點之一，專家們認為電腦教師應該知道多媒體的應用、相關的架構、設備裝置、基

本的原理，才能教導學生這一方面的知識。

三、人工智慧與機器人學

由表 10 中可看出：在「人工智慧與機器人學」的 27 項知識項目中，「必備知識」有 10 項，「刪除部份」有 17 項，此範疇中有 37% 的內容是專家認為應該要具備的。由於「人工智慧」在高中課程中是屬於選擇授課內容，且所選出的必備知識項目，在「計算機概論」（如 Brookshear, 1997）、「演算法」相關的課程均已涵蓋，所以「人工智慧」應無須列為必備科目，但可在師資培訓課程中開設為選修科目。

四、資料庫與資訊擷取

由表 11 中可看出：在「資料庫與資訊擷取」的 23 項知識項目中，「必備知識」有 9

表 9：電腦結構 (AR：Architecture)

主 題	必備知識項目
AR1: Digital Logic	1, 3, 4, 5
AR2: Digital Systems	刪除
AR3: Machine Level Representation of Data	所有項目
AR4: Assembly Level Machine Organization & Architecture	1~6
AR5: Memory System Organization and Architecture	1, 3, 4, 5, 6, 7
AR6: Interfacing and Communication	所有項目
AR7: Alternative Architectures	刪除
AR8: Computer System Application Architectures	所有項目
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	60% (24/40)

表 10：人工智慧與機器人學 (AI：Artificial Intelligence and Robotics)

主 題	必備知識項目
AI1: History and Applications of Artificial Intelligence	1, 3
AI2: Problems, State Space, and Search Strategies	1~4
AAI: (Advanced) Artificial Intelligence	a, b, c, d
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	37% (10/27)

項，「刪除部份」有 14 項，此範疇中有 39% 的內容是專家認為應該要具備的。至於 DB2-3 (overview of relational algebra)、DB2-4 (representing database relationship) 及進階的知識項目部份，專家均不認為電腦教師必須具備；由選出的必備知識項目來看，這些內容均可涵蓋在計算機概論中（參考 Brooks-hear, 1997）。

五、人—電腦之溝通

由表 12 中可看出：在「人—電腦之溝通」的 16 項知識項目中，「必備知識」有 5 項，「刪除部份」有 11 項，此範疇中有 31% 的內容是專家認為應該要具備的。由於此範疇與高中課程內容較無實際的關連，所以重要性不易凸顯。但有專家認為「使用者介面未來仍會持續改進，教師對此應有初步的了解」、「Homepage 的介面設計，需要特別注意」及「對各種資料檔案格式大小，應該要知道」。所以，「人—電腦之溝通」中所包含的使用者介面、以及計算機圖學中的部份知識內容（表

12 中 Computer Graphics 的必備知識項目）教師仍應知道。反之，專家認為無須知道 Computer Graphics 領域中太深入的知識，但對於 Multimedia 的相關概念仍應有所了解。故專家建議將「Computer Graphics」標題改為「Multimedia Technologies」，另加入 audio 和 video 等內容。

六、數值與符號計算

由表 13 中可看出：在「數值與符號計算」的 12 項知識項目中，「必備知識」有 3 項，「刪除部份」有 9 項，此範疇中有 25% 的內容是專家認為重要的。此範疇與高中課程內容較無實際的關連，但有專家從資訊人的專業素養角度，認為「對一位資訊人而言，需要去了解計算機表示數值的限制」。本範疇中必備的知識項目有限，且對高中教師而言其重要程度較低，專家認為其可涵蓋於數學課程中。故而「數值分析」等相關課程，並不需要列為高中電腦教師必備科目。

表 11：資料庫與資訊擷取 (DB：Database and Information Retrieval)

主 題	必備知識項目
DB1: Overview, Models, & Applications of Database Systems	所有項目
DB2: The Relational Data Model	1, 2, 5
ADB: (Advanced) Database and Information Retrieval	刪除
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	39% (9/23)

表 12：人—電腦之溝通 (HU：Human-Computer Communication)

主 題	必備知識項目
HU1: User Interfaces	2
HU2: Computer Graphics	刪除
CG: (Advanced) Computer Graphics	a, b, h, i
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	31% (5/16)

七、作業系統

由表 14 中可看出：在「作業系統」的 39 項知識項目中，「必備知識」有 28 項，「刪除部份」有 11 項，此範疇中有 72% 的內容是專家認為應該要具備的部份。由於這些知識項目均屬「作業系統」（參考 Siberschatz & Galvin, 1994）課程的主要內容，故而「作業系統」應列為必備科目。

八、程式語言

由表 15 中可看出：在「程式語言」的 42 項知識項目中，「必備知識」有 26 項，「刪除部份」有 16 項，此範疇中有 62% 的內容

是專家認為應該要具備的。此知識範疇涵蓋的範圍相當廣，舉凡「程式設計」、「程式語言結構」、「系統程式」、「編譯系統」、「自動機理論與正規語言」等課程均有相關的內容包含進來。針對這些必備知識項目，一般「程式語言結構」（參考 Sebesta, 1999）課程已可涵蓋這些知識；而「自動機理論與正規語言」的相關知識 (PL7-3、PL7-4、PL7-5) 在某些計算機概論的教科書（如 Aho & Ullman, 1992）亦會包含這些內容。

九、軟體工程與方法

由表 16 中可清楚看出：在「軟體工程與方法」的 42 項知識項目中，「必備知識」有

表 13：數值與符號計算 (NU：Numerical and Symbolic Computation)

主 題	必備知識項目
NU1：Number Representation, Errors, and Portability	1
NU2：Iterative Approximation Methods	1, 3
SC：Symbolic Computation	刪除
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	25% (3/12)

表 14：作業系統 (OS：Operating Systems)

主 題	必備知識項目
OS1：History, Evolution and Philosophy	1, 4
OS2：Tasking and Processes	所有項目
OS3：Process Coordination and Synchronization	所有項目
OS4：Scheduling and Dispatch	所有項目
OS5：Physical and Virtual Memory Organization	所有項目
OS6：Device Management	刪除
OS7：File Systems and Naming	所有項目
OS8：Security and Protection	1, 2
OS9：Communications and Networking	1, 3, 4
OS10：Distributed and Real-time Systems	刪除
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	72% (28/39)

表 15：程式語言 (PL：Programming Languages)

主 題	必備知識項目
PL1：(History) and Overview of Programming Language	3
PL2：Virtual Machines	1
PL3：Representation of Data Types	所有項目
PL4：Sequence Control	所有項目
PL5：Data Control, Sharing, and Type Checking	所有項目
PL6：Run-time Storage Management	所有項目
PL7：Finite State Automata and Regular Expressions	3, 4, 5
PL8：Context-Free Grammars and Pushdown Automata	1, 2
PL9：Language Translation Systems	1, 2, 3, 4
PL10：Programming Language Semantics	刪除
PL11：Overview of Programming Paradigms	1, 3
PL12：Distributed and Parallel Programming Constructs	刪除
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	62% (26/42)

表 16：軟體工程與方法 (SE：Software Methodology and Engineering)

主 題	必備知識項目
SE1：Fundamental Problem-solving Concepts	所有項目
SE2：The Software Development Process	1, 2, 3, 8
SE3：Software Requirements and Specifications	刪除
SE4：Software Design and Implementation	3
SE5：Verification and Validation	刪除
ASE: Advanced Software Engineering	刪除
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	21% (9/42)

9 項，刪除部份有 33 項，此範疇中有 21% 的內容是專家認為應該要具備的。而因為 SE1、SE2、SE4 中關於軟體的發展模式、文件製作、程式發展和除錯工具等知識項目，在「軟體工程」這一門課程中方可獲得較清楚的概念；而且「軟體工程」的主要教學目標之一，乃在於培養學生以團隊方式合作開發大型軟體系統之經驗，此經驗在其他課程中不易獲得，所以仍應將「軟體工程」列為必備科目。而 SE3、SE4、SE5 及 ASE 的知識項

目，就高中電腦教師而言顯然較不重要。

十、社會、倫理等專業議題

由表 17 中可看出：在「社會、倫理等專業議題」的 14 項知識項目中，「必備知識」有 4 項，「刪除部份」有 10 項，此範疇中有 29% 的內容是專家認為應該要具備的。而最後在座談會中，有專家認為「這些知識就如同『公民與道德』，在課堂上教不出這些東西來」，但也有專家認為「雖然價值觀不是能教

表 17：社會、倫理等專業議題 (SP：Social, Ethical, and Professional Issues)

主 題	必備知識項目
SP1：Historical and Social Context of Computing	4
SP2：Responsibilities of the Computing Professional	刪除
SP3：Risks and Liabilities	刪除
SP4：Intellectual Property	所有項目
必備項目百分比（必備項目數/所有項目數）	29% (4/14)

表 18：數學部份 (MA：Mathematics)

主 題	必備知識項目
DM：Discrete Mathematics	所有項目
ADM：Advanced Discrete Mathematics	刪除
CA：Calculus	刪除
PR：Probability	所有項目
LA：Linear Algebra	所有項目
ML：Mathematical Logic	刪除

的，但也要給學生有各種不同價值判斷的機會」、「醫學系也有醫學倫理這樣的課程」、「科學本身是中立的」等諸多不同的看法。由於 SP4 有關智慧財產權的知識在法律中已經明訂，專家間較無爭議；但對於 SP1、SP2、SP3 等三部份屬於倫理層次的議題，專家認為可考慮列為選修的內容。

十一、數學知識

由表 18 中可看出：在數學方面的知識中，專家認為「離散數學」(DM)、「機率」(PR)、「線性代數」(LA) 等三方面的知識是高中電腦教師應具備的。至於「微積分」則因其為理工科學生所共同必修的基礎數學科目，並不屬於電腦專門科目。此外，專家建議刪除「進階離散數學」(ADM) 及「數理邏輯」(ML)。

十二、進階知識部份

表 19 為進階知識項目的調查結果。「電腦通訊網路」(CCN) 的所有知識項目，專家一致認為是必備的知識項目；所以，有關網路的科目（如「電腦網路」或「資料通訊」等）應列入必備科目中。「程式語言的轉譯」(PLT) 列為必備的項目有 3 項，這些知識項目專家建議將其併入「程式語言」領域 PL5（參見表 15）的內容中。至於電腦安全 (CS)、平行與分散計算 (PDC)、計算理論 (TC)、及 VLSI 系統設計等四項進階知識，高中電腦教師並不須具備。

結論與建議

本研究採用了「大慧調查法」探討我國高

表 19：進階部份 (Advanced and Supplemental Topics)

主 題	必備知識項目
1. CCN : Computer Communication Networks	所有項目
2. CS : Computer Security	刪除
3. PDC : Parallel and Distributed Computing	刪除
4. PLT : Programming Language Translation (必備項目數/所有項目數)	f, j, k (3/8)
5. TC : Theory of Computation	刪除
6. VLSI : VLSI System Design	刪除

中電腦教師所應具備的學科基本知識，調查問卷之設計是以 1991 年美國 ACM/IEEE 所提之大學電腦科學課程建議書 (Computing Curricula '91) 為藍本，彙整出電腦科學之基本知識項目共計 340 項，邀請十四位資訊科學領域之專家學者研判各知識項目之重要性。經過四次問卷及一次座談會的實施之後，茲將所得之結論與建議綜述如次。

一、結論

(一)高中電腦教師學科知識內涵

專家群在第一次的問卷調查中增列了 25 項知識項目，並在隨後的問卷調查中針對總共 365 項知識項目進行研判，最後評定其中的 165 項為高中電腦教師的必備知識項目，其餘的 200 項則決定刪除。若將其與 ACM Curricula '91 之內容相對照，則在「共同核心」的知識部份，專家所選之必備知識項目與 Curricula '91 所列各知識主題之細項間，其所佔的比例大致如下：「演算法與資料結構」約 66%，「電腦結構」約 40%，「人工智慧與機器人學」約 37%，「資料庫與資訊擷取」約 39%，「人-電腦之溝通」約 31%，「數值與符號計算」約 25%，「作業系統」約 72%，「程式語言」約 62%，「軟體工程與方法」約 21%，「社會、倫理等專業議題」約 29%。由以上的比例可以看出：在這

些核心領域中，對電腦教師較重要的知識領域為「演算法與資料結構」、「作業系統」、及「程式語言」，其次則為「電腦結構」、「人工智慧與機器人學」、及「資料庫與資訊擷取」等。若將各知識領域的所有知識項目合併來看，則國內專家認為 Curricula '91 的共同核心知識項目中，高中電腦教師所應具備的項目約佔全部的 45%。此外，專家們也增補了一些 Curricula '91 所未列出的知識項目，如電腦硬體周邊相關知識、「多媒體」知識領域等。至於數學部份，專家認為「離散數學」、「機率」、及「線性代數」應為必備知識；在進階知識方面，專家則強調「電腦通訊網路」之重要性。這樣的結果顯示，專家們認為高中電腦教師所需具備之知識，在「廣度」上的要求顯然勝過「深度」。換言之，高中電腦教師的電腦專業知識的完整性、概念性、基礎性各方面，並不一定需要像大學資訊科系畢業生那麼的深入，但是對於電腦科學基本知識的廣泛了解卻是必要的。故而，資訊相關科系畢業生其電腦專業知識固足以勝任高中電腦科教學上之需求；但對於非資訊相關科系之畢業生，亦應可准其於修習某些特定之電腦專業科目後，以學分採認的方式認證其高中電腦教師資格。

(二)高中電腦教師應修習之專門科目

在調查結果分析中，我們以專家選出的必備知識項目在該領域知識所佔的比例做為考量

該知識領域重要性的一個指標；但若由實務面考量，則由於 ACM Curricula '91 所訂之知識領域與目前大學資訊科系所開設之資訊專業科目之間，並非一對一的對應。例如「演算法與資料結構」這一領域，在大學資訊科系均分成「演算法」與「資料結構」分別開課；又如「程式語言」這一領域所包含的知識項目，其實分屬「計算機概論」（含「程式設計」）、「程式語言結構」、「系統程式」、「編譯系統」等科目所涵蓋的內容。因此，若欲將專家所選出之必備知識項目對應至目前大學資訊科系之課程，則依我們在前一節中針對各必備知識項目逐一分析歸納的結果，可獲得以下的結論：高中電腦教師所應修習的科目（必備科目）應包括：「計算機概論」、「資料結構」、「演算法」、「計算機結構」、「作業系統」、「程式語言結構」、「軟體工程」、及「電腦網路通訊」等八科。「計算機概論」課程中應包含人工智慧、資料庫、自動機理論等一般性知識之介紹，方足以涵蓋所有的必備知識項目。由於國內某些大學之「計算機概論」課程並不包含程式設計的教學，若屬此種情形，則上述課程名單中另應加上「程式設計」一科。在數學部份則應修習「離散數學」、「機率」、及「線性代數」等三科。此外，有鑑於多媒體應用之普遍化，亦宜考慮將「多媒體」一科列入，在該科目中介紹使用者界面之設計、計算機圖學的基本知識、以及影音效果之相關技術與製作等。

以上所歸納之必備科目除「軟體工程」與「多媒體」外，均為一般大學資訊學系之必修科目。這些科目亦都涵括在國立台灣師範大學所訂之電腦科教師專門科目中（參見表 2）。而其中之「程式設計」、「資料結構」、「作業系統」、「計算機結構」等科目，亦有美國許多州規定為教師必備科目（參見表 3）。這些科目亦與以色列所規定之電腦教師必選修電腦科目相同（參見表 4），差別較大的是，以色列將「自動機理論與正規語言」列為必備，

且其必備科目中並未列入數學科目。

二、建議

基於上述結論，本研究從研究結果之用途、電腦教師之必備科目要求、後續研究等三方面提出建議。

（一）有關研究結果用途之建議

本研究歸納所得之高中電腦教師的必備知識項目，可做為日後檢定電腦教師學科知識能力的依據。具體而言，若將來的電腦教師認證不再以科目來認定，而改採資格考試的方式，則主管機構勢須舉辦考試以測驗教師是否具備足夠之專業知識。在考試題庫的建立方面，本研究所歸納出的 165 項必備知識項目將可做為命題重點之參考。

（二）必備科目建議

以國內的現況而言，目前教師資格認證方式係由各師資培育機構依自訂之科目自行認證。根據本研究歸納之結果，若須以科目認定的方式來做為電腦教師資格登記之依據，我們建議各師資培育機構於訂定高中電腦科教師之應修習科目時，至少應包括以下主要科目：

「計算機概論（含程式設計）」(Computer Science I and II)、「資料結構」(Data Structures)、「演算法」(Computer Algorithms)、「計算機結構」(Computer Architectures)、「作業系統」(Operating Systems)、「程式語言結構」(Constructs of Programming Languages)、「軟體工程」(Software Engineering)、「電腦網路」(Computer Networks)、「多媒體系統」(Multimedia Systems)、「離散數學」(Discrete Mathematics)、「機率」(Probability)及「線性代數」(Linear Algebra)等科目。

（三）後續研究建議

1. 檢證本「高中電腦教師學科基本知識」的適用性

本研究經專家評定的 165 項必備知識項

目，是否涵括了所有教師所必備之學科知識，仍有待進一步的實徵研究加以檢證。

2. 繼續學科教學知識的研究

即使教師的學科專業知識再完備，若缺乏適當的教學方法以引起學生的學習興趣，教學成效仍會打折扣。尤其高中電腦課程所包含的程式設計教學及應用軟體教學，其教學策略與技巧在一般的教學法中並不會提及。因此，若能更進一步的針對電腦教師「學科教學知識」(Pedagogical Content Knowledge) 進行研究，以界定出學科教學知識之細節，則電腦師資培育機構除了提供電腦專業科目的訓練之外，亦可據以加開電腦教學相關的教育科目，以充實未來電腦教師的學科教學知識。

致 謝

本研究承蒙中華民國國家科學委員會之研究經費補助，計畫編號為 NSC-85-2513-S-003-015，特此致謝。

參考文獻

- 何榮桂、吳正己、李忠謀 (1995)：我國高級中學電子計算機簡介課程實施現況調查研究。台北：教育部。
- 吳鐵雄、梁恆正 (1993)：台灣地區中小學資訊教育現況與困難。中等教育，44(6)，6-31。
- 林金盾 (1996)：中等學校生物師資培育與檢定模式之研究—子計畫三：教師學科基本知識之研究與檢定。國科會專題研究報告。計畫編號：NSC 84-2513-S-003-008。
- 林美娟 (1996)：中等學校電腦科教師學科教學能力之研究。台北：國科會研究計畫成果報告。計畫編號：NSC-84-2511-S-003-088。
- 林美娟 (1998)：高中電腦教師學科教學基本能力之研究。台北：國科會研究計畫成果報告。計畫編號：NSC-85-2513-S-003-015。
- 林鳳英 (1997)：高中電腦科教師學科基本知識之研究。台北：國立台灣師範大學資訊教育研究所碩士論文 (未出版)。
- 教育部 (1991)：中等學校各學科教師本科系相關科系及專門科目學分對照表暨施行要點。台北：作者。
- 教育部 (1996)：高級中學課程標準。台北：作者。
- 黃政傑 (1987)：課程評鑑。台北：師大書苑。
- 鄭湧涇 (1995)：國立台灣師範大學資訊所會議資料。
- 謝文全 (1978)：得懷術在教育研究上的應用。今日教育，34，35-38。
- 謝臥龍 (1997)：優良國中教師特質之德懷分析。教育研究資訊，5(3)，14-28。
- Aho, A. V. & Ullman, J. D. (1992). *Foundations of Computer Science*. New York, NY: Computer Science Press.
- Brassard, G. & Bratley, P. (1996). *Fundamentals of Algorithmics*. New York, NY: Prentice Hall.
- Brookshear, J. G. (1997). *Computer Science: An Overview (5th ed.)*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Calderhead, J. & Miller, E. (1986). *The integration of subject matter knowledge in student teachers' classroom practice*. Lancaster, England: University of Lancaster. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 277 677).
- Chen, J. W. (1989). Toward an ideal competency-based computer science teacher certification program: The Delphi approach. *ACM SIGCSE Bulletin*, 21(1), 257-261.
- Cyphert, F. R. & Gant, W. L. (1971). The Delphi technique: A case study. *Phi Delta Kappan*, 52(5), 272-273.
- Gal-Ezer, J. (1995). Computer science teachers' certification program. *Computers and Education*, 15(3), 163-