

教育研究集刊

第五十一輯第一期 2005年3月 頁31-62

資訊科技融入教學： 借鏡美國經驗，反思臺灣發展

宋曜廷 張國恩 侯惠澤

摘要

本文旨在闡述和評論美國近十餘年來將資訊科技融入教學的經驗與成果，並與臺灣中小學的資訊融入教學成果作一比較。首先，我們提出資訊科技融入教學的「目標－障礙－對策架構」(Goal-Barrier-Solution Framework, GBS)，來說明目前資訊科技融入教學在美國所碰到困難，以及解決這些困難所嘗試的努力。其次，我們以相同的架構來分析資訊科技融入教學在臺灣的現況。最後，本文提出臺灣在資訊科技融入教學尚待努力的方向及建議。

關鍵詞：電腦、資訊科技融入教學

宋曜廷，國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系副教授

張國恩，國立臺灣師範大學資訊教育學系教授

侯惠澤，國立臺灣師範大學資訊教育學系博士候選人

電子郵件為：sungtc@cc.ntnu.edu.tw; kchang@ice.ntnu.edu.tw; ho@ice.ntnu.edu.tw

投稿日期：2004年9月6日；修正日期：2004年11月12日；採用日期：2005年1月7日

Technology-Instruction Integration: Learning from America's Experience and Reflecting on Taiwan's Development

Yao-Ting Sung Kuo-En Chang Huei-Tze Hou

Abstract

In this paper the authors, using a goal-barrier-solution framework, introduce both the problems encountered in integrating technology with instruction and the effort to overcome these problems during the last two decades in the United States. Drawing lessons from the American experience, they present the current status and prospective future development of technology-instruction integration in Taiwan.

Keywords: Goal-Barrier-Solution framework, technology-instruction integration

Yao-Ting Sung, Associate Professor, Department of Educational Psychology and Counseling,
National Taiwan Normal University

Kuo-En Chang, Professor, Department of Information and Computer Education, National Taiwan Normal University

Huei-Tze Hou, Doctoral Candidate, Department of Information and Computer Education, National Taiwan Normal University

E-mail: sungtc@cc.ntnu.edu.tw; kchang@ice.ntnu.edu.tw; ho@ice.ntnu.edu.tw

Manuscript received: Sep. 6, 2004; Modified: Nov. 12, 2004; Accepted: Jan. 7, 2005

壹、前言

近十幾年來，資訊科技進展快速，影響層面深入各個專業領域。教學這個古老行業自然不可能免於這股潮流的影響，世界主要先進國家莫不以透過資訊基礎建設來提昇教學的革新作為要務。例如美國在 1999-2003 年推動 Preparing Tomorrow's Teachers to Use Technology (PT3) 計畫，以四億美元作為師資培育機構研發教師學習資訊科技融入教學方案的經費 (Brush, 2003; US Department of Education, 2004)。英國則在 1998-2002 年 (後延伸到 2004 年) 推動 National Grid for Learning (NGfL) 計畫，估計在 2001-2004 年期間，投入學校改善資訊設備軟體的經費將超過十億英鎊 (National Grid for Learning, 2004)。臺灣則在 1999 年斥資新臺幣 64 億餘元來充實中小學的資訊軟體，並計畫在 2003 年前投資新臺幣 144 億來建置教室內的電腦和網路設施 (韓善民, 2000)。這些大規模的經費投入，對於教師的教學或學生的學習，到底有多少助益？各國的發展經驗有何可供參考借鏡之處？本文的目的即在於評介全世界資訊科技非常發達的美國，近十餘年來在資訊科技融入教學的現況，所遭遇的困難及所採用的對策。此外，本文也透過分析美國的發展經驗，來思考臺灣資訊科技融入教學的發展。全文分為四部分，第一部分介紹美國的資訊融入教學發展現況，第二部分提出一個「目標－障礙－對策架構」(Goal-Barrier-Solution Framework, GBS) 來說明目前美國資訊科技融入教學所碰到的困難，解決這些困難的現有對策，以及所衍生的相關問題。第三部分則以 GBS 架構來探討臺灣在資訊科技融入教學的發展現況。第四部分則對臺灣在資訊科技融入教學的發展提出建議，並作結論。

貳、美國資訊科技融入教學的現況

美國教育界對資訊科技融入教學的提倡一直十分熱衷。各個領域的專業人士如政策制訂者 (例如 Clinton, 2000)、教育政策研究者 (Light, 2001; Selwyn, Gorard, & Williams, 2001)，或者教學科技者 (Kozma, 2000; Papert, 1993) 都對透過資訊科技在教學情境的應用十分關注，或者對資訊科技改變教學與學習的可

能，有莫大的憧憬與期待。究竟美國資訊科技融入教學的現況如何？教師是在教室情境中應用資訊科技的主力之一，因此從教師對應用電腦於教學情境中的態度，實際在教室中應用電腦的頻率，以及目前應用電腦來改變教學實務的成效，我們就可以窺知目前資訊科技運用在教學情境的概況。綜合現有文獻（Becker, 1991; Cuban, 2001; Cuban, Kirkpatrick, & Peck, 2001; Guha, 2001; Russell, Bebell, O'Dwyer, & O'Connor, 2003; Windschitl & Sahl, 2002），美國目前電腦在教學情境中的應用狀況，呈現三個特徵：

一、高倡導，低準備：政策制訂者、執行者或教學科技的研究者對於資訊科技在教學情境的應用一直倡導有加。例如，美國國家教學科技標準——教師版（National Educational Technology Standards for Teachers）（International Society for Technology in Education (ISTE), 2000）對教師應用資訊於教學情境的幾項標準，可說是全方位的要求：教師要有電腦的知識和操作能力、要能計畫和設計學習環境並創造學習經驗、要能整合科技和教學內容與教學方法、要能使用科技在各種不同的評量方法、要能使用科技來提昇自己的生產力和專業能力、以及要能瞭解並應用與科技應用有關的社會、倫理、法律、人文等議題。在這麼高的倡導和期待下，National Center for Educational Statistics (NCES)（2000）的調查卻發現，僅有 33% 的教師認為自己已經對採用電腦協助教學有充份的準備，66% 認為自己僅有一些準備，或完全沒有準備。此種低度使用科技的心理準備，可能也連帶地使得多數教師對應用電腦所能產生的效果，不抱太大的期望。例如 Becker（2001）最近調查發現教師透過軟體教學，最希望達到的前三個目的為：獲取資訊、寫作（express self in writing）和熟悉技能（mastering skills），僅有少數的教師期待能透過電腦讓學生學習分析資料、溝通概念和合作學習等較高層次的能力。由此可見，基層教師對於應用電腦的接納程度，以及電腦實質能產生的效果預期，到目前為止，無法和政策執行者或教學研究者熱切的期望和倡導相匹配。

二、高普及率，低應用率：依據 NCES（2002）的統計，在 2001 年時美國中小學可上網電腦的普及率為每 5.1 名學生有一部電腦。然而，電腦的普及率與實際在學校的應用狀況，卻有相當大的落差。例如，Becker 等人（Becker, 2001; Becker & Ravitz, 2001）調查全美 1616 所中小學教師使用電腦的頻率。結果發現，小學

約有 35% 的教師每 1.5 週在課堂上使用一次電腦，而中學的科任教師只有 9%（藝術科）到 24%（英文科）不等（平均 14.6%）的教師有同樣的使用頻率。Norris、Sullivan、Poitot 及 Soloway（2003）發現 67% 的 K-12 教師在教室使用電腦的時間每週不到 15 分鐘。Russell 等人（2003）在麻州也發現大多數教師在一年間使用電腦的次數不超過十次。Cuban（2001）與 Cuban et al.（2001）調查加州矽谷兩所中學師生在電腦設備豐富的教學環境中使用電腦的情形發現，約有 2/3 到 3/4 的老師完全不使用電腦中心的設備，且超過半數的教師根本不在教室中使用電腦（Cuban, 2001: 133）。

三、複雜科技，簡單應用：資訊科技受到教育政策制訂者或教學研究者青睞的原因，在於其軟硬體能協助處理教學事務。近十年來資訊科技在軟硬體上都有長足的更新，教師的教學實務是否也受到這些科技進展的影響而改變？軟體的應用最能反映出電腦與教學內涵的關聯。NCES（2000）的調查指出，中小學老師在學校使用的軟體，以文書處理和試算表占最高的比例（61%），其次為網路軟體（51%），再次為分析資料與解題軟體（50%）以及練習用軟體（50%）。此項發現和 Becker（2001）的調查相呼應：中小學教師在課堂上最常使用的前四種軟體為：文書處理、CD ROM 參考資料、精熟技能軟體和瀏覽器。在透過軟體進行的活動中，主要是教師使用文字處理器完成作業或用試算表登錄成績，或者要求學生使用文字處理器完成作業，用電子遊戲作練習，極少數是要求學生透過電腦完成探究式、計畫式，或合作式的學習。Niederhauser 和 Stoddart（2001）的調查也發現，大多數的 K-6 老師（85%）在課堂上僅使用技能導向、練習為主的軟體，間或搭配一些「開放性軟體」（在其研究定義為模擬、遊戲、文書處理或試算表等）。Cuban 等人（2001）的研究也發現在科技工具充足的學校，教師使用軟體的類型和進行活動的方式與上述研究發現沒有太大差別，而且，在應用電腦來教學的過程中，教師中心的教學模式少有改變，大多數的教師採用科技來遷就他們熟悉的教師中心教法，而非透過電腦讓教學更為多元和創新。由此可知，就電腦在教學實際的應用情形而言，教師多偏向採用簡單、易得的軟體，進行較為例行的教學準備或記錄工作。當應用這些軟體在課堂上時，學生能做的活動也偏向練習式的、低思考層次的。這些教學或學習活動的型態，與當初許多教學科技研究者期望透過電

腦讓更多元、更學生中心，或更多高層次思考的活動進入教室的期待(Papert, 1993; Sandholtz, Ringstaff, & Dwyer, 1997)，有很大的落差。

由上述說明可知，電腦科技雖然在近二十年來有大幅度進展，並在教育界受到熱烈的提倡，但其真正進入教學情境，並產生實質影響的程度，還是十分有限。Willis、Thompson 及 Sadara (1999: 31) 認為從資訊科技在教學應用的調查研究中，揭示了電腦融入教學「幾乎是一個慢得痛苦的歷程」(an almost painfully slow process)。Cuban (2001) 則有鑑於大量的經費投入設備購置卻少有實質效果，認為目前電腦和美國的教室教學關係是超買低用(oversold and under used)，投資效果值得懷疑。究竟是何種原因造成電腦融入教室情境的教學和學習進展如此緩慢，並使學者對於應用資訊科技於教學情境難以持樂觀態度？以下將就資訊科技融入教學的障礙及目前解決障礙的相關努力加以分析。

參、資訊科技融入教學的困難：一個目標、障礙、與對策的分析

針對資訊科技融入教學的困難，美國有不少研究者嘗試提出可能的障礙來源及解決之道。例如 NCES (2000) 調查研究指出，中小學教師認為將資訊科技融入教學，最大的六項障礙依序為：缺乏足夠的時間學習或練習如何透過電腦準備教學，缺乏時間讓學生在課堂上使用電腦，缺乏足夠的電腦，缺乏好的教學軟體，缺乏將網路科技和課程相整合的支援，以及沒有足夠的訓練機會等。而 Ertmer (1999) 和 Rogers (2000) 將障礙的來源分為外在障礙和內在障礙。前者指來自教師本身之外的障礙，如資訊設備的可得性(availability)與可接觸性(accessibility)，教師可獲得訓練機會的多寡，以及在教學情境中可以獲得的技術支援等。後者則指來自教師本身的障礙，包括教師對教學和學習本質的信念、在此種信念下他們對身為教師角色的認知與覺察，以及他們認為資訊科技對執行教學或推動學習時可能產生的「願景」(vision)。為了對目前資訊融入教學的障礙以及相關的解決之道有更結構性的瞭解，我們提出一個 GBS 的架構(如圖 1)，說明以往研究者對資訊融入教學的困難，以及克服這些困難所曾嘗試的對策，並分析這些對策可能的侷限。

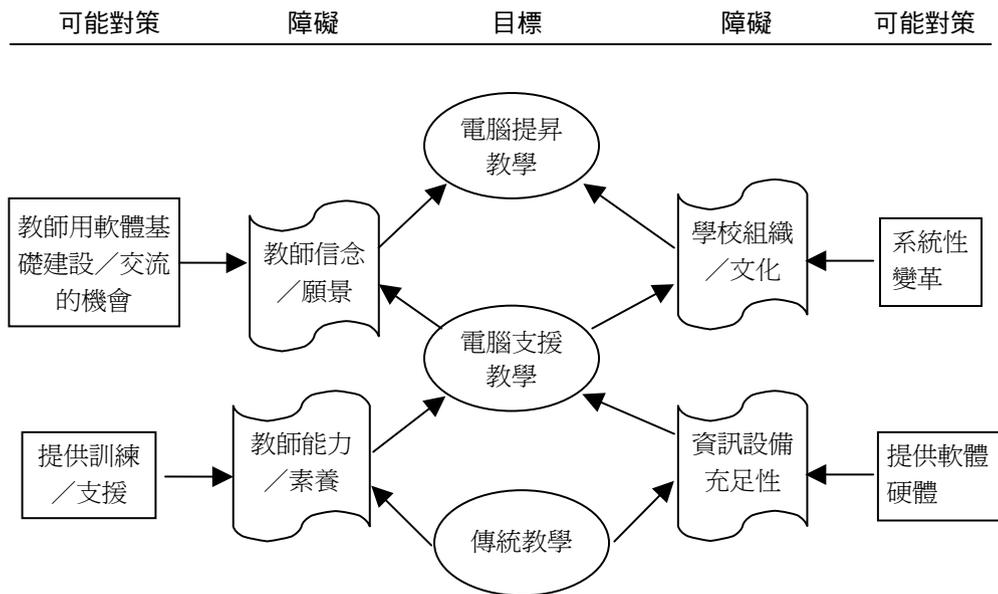


圖 1 資訊科技融入教學的「目標－障礙－對策」(GBS)架構

GBS 架構把資訊科技融入教學的目標分成兩個層次，第一個層次的目標為「電腦支援教學」(computer-supported instruction)，乃指透過資訊科技協助教師更有效率地處理教學的一般例行工作，例如準備和呈現教材、進行教學活動、發佈或收集作業、登錄成績，與家長或其他教師互動溝通等。第二個層次的目標為「電腦提昇教學」(computer-enhanced instruction)，乃指透過資訊科技提昇教師教學實務的品質，例如讓教師更願意嘗試不同的教學模式，能以更豐富的教材和教法來引起學生的動機或更投入學習，最終讓教學的方式更為多元、創新，甚至讓整體教學或學習的效果更為提昇。這兩個層次主要的差異，在於「電腦支援教學」強調的是透過電腦能讓教師更順利、更有效率地進行既有的教學工作或習慣的教學實務，但未必涉及改變教師既有的工作方式或教學的觀念；就此層次而言，「效率」是主要的考量。而「電腦提昇教學」則強調透過資訊科技，讓教師更勇於嘗試不同的教學材料或教學方法，且對於新的教學實務、觀念或教師角色有新的領悟或改變，進而提昇教學或學習的品質。此方面涉及教師本身做法、信念以及教學成

果的改變，因此，更強調電腦科技對教師或學生改變的「效果」。就此二層次目標的關係而言，電腦支援教學為電腦提昇教學的基礎，因為如果使用電腦反而增加了教學時間和精力上的負荷，那麼，教師使用電腦的意願將更形低落，要讓電腦發揮提昇教學的功能，更是緣木求魚。

無論是要達到第一或第二層次的目標，都有特定的障礙要克服。在第一層的目標中，其障礙為資訊設備的可得性，與教師本身的資訊素養和外界提供的支援。而在第二層目標中，其障礙為教師本身應用科技的信念和願景，與組織和文化的限制。在克服障礙的對策上，不同的障礙有不同的解決方法。例如，解決設備障礙的主要策略就是提供更多的軟硬體，解決資訊素養和支援不足的障礙則需提供更多的訓練機會和支援人力，解決教師信念和願景的障礙則必須有可以協助改變信念的軟體工具，讓教師可以更容易地獲得應用資訊科技的心得和成果，並相互交流這些心得和成果。最後，要克服組織和文化的限制，透過系統化的變革可能較容易畢竟全功。值得注意的是，不同的障礙之間，是彼此牽連的。例如，資訊素養不足的教師較資訊素養高的教師可能更難以建立對資訊科技的信心和願景；而缺乏資訊設備的教師，自然難以對應用資訊科技產生樂觀的願景。相似的，不同的解決策略之間亦相輔相成。此外，GBS 模式所提的障礙和解決方法並不窮盡 (conclusive)，而是代表目前多數研究文獻中所共同關心者。以下將分別說明在達到不同目標時的障礙類型、可能的解決方式，以及這些解決方法的限制。

一、電腦支援教學的障礙與現行的解決途徑

在 GBS 架構中，要達到資訊支援教學的目標，主要的障礙有二，一為資訊設備（硬體和軟體）的可得性，二為教師本身使用資訊設備的能力。就解決第一個障礙而言，投注適當的經費購置足夠的電腦硬體和軟體，可能是目前政策執行部門和學校所能採取的最直接措施。而此方面的效果也最為顯著，例如美國公立中小學可上網電腦的普及率從 1998 年的每 12.1 名學生一部，到 2001 年提昇為每 5.4 名學生一部 (NCES, 2002)，而全美中小學生電腦軟硬體的投資從 1995 年的每人 75 美元到 1998-1999 年每人 119 美元 (Cuban, 2001: 17)。然而，電腦設備的增加雖可增加教師使用電腦的便利，但教師也可能並未享受到實質的利益。例如

Fishman 和 Pinkard (2001) 指出，不當的電腦管理方式極可能造成使用機會不均，甚至電腦閒置的問題。此外，前已述及，電腦增加未必使教師或學生在教室中使用電腦的頻率增加，更未必導致教師教學型態的改變 (Becker, 2001; Cuban et al., 2001)，此項結果在對全國一般教師的調查是如此 (Becker, 2001)，在電腦密集的學區也是如此 (Cuban et al., 2001)，甚至在每個學生都配備筆記型電腦，以及無線寬頻上網的學校也是如此 (Newhouse & Rennie, 2001; Windschitl & Sahl, 2002)。因此，除了添購電腦設備，亦需思考如何讓老師更有效率、更有意願使用電腦。而提昇教師的資訊素養，可能是最直覺的答案。

就第二個障礙，教師應用資訊科技的能力和支援不足而言，克服此障礙最直接的做法就是提供教師相關的電腦素養訓練和技術支援。根據 NCES (2000) 的調查發現，當被詢及近三年參加資訊科技專業訓練的時數時，有 10% 的教師完全沒有參加訓練，43% 的教師僅有 1-8 小時的訓練。根據 1999 年 Technology Count 的統計，全美中小學教師每年平均接受資訊科技訓練約為 12 小時。由於接受專業訓練的機會有限，因此 67% 的中小學教師認為缺乏足夠的專業訓練是他們將資訊融入教學的主要障礙之一 (NCES, 2000)。上述資料除了顯示教師在科技運用的訓練機會有待加強外，訓練的內涵也是值得考慮的因素。在專業訓練過程中最常呈現的課程是基本電腦概念和操作、軟體應用和網際網路等 (NCES, 2000)。由於這些訓練的內容大多侷限在「技術」層次的訓練，因此可能會導致兩方面的新障礙。

首先，初步技術性的訓練或許有助於教師使用一般的通用軟體來處理例行性工作，如文書處理、設計教材教案、登錄成績、搜尋資料、呈現多媒體材料等，因此有助達成「電腦支援教學」的部分目標。但由於缺乏更進一步的資訊科技與教學內容相結合的「概念性」訓練，許多教師在技術性的訓練後，仍然無法將所學到的資訊科技和自己擬進行的教學單元或內涵相結合 (Cuban, 2001; Ertmer, 1999; Williams et al., 2000)。由於此種限制，即使有學校內的資訊技術人員協助，仍有 66% 的教師覺得整合課程內容和電腦應用是一個重要的障礙 (NCES, 2000)。其次，除了技術性和概念性的訓練有必要進一步地整合外，教師所應接受的資訊技術訓練層次，也是一個爭議的問題。亦即，教師的「資訊科技素養」(information technology literacy) 到底應該包含哪些才能有效達到資訊科技融入教學的目的？

隨著資訊科技的發展，教師所需的資訊素養本身也不斷地變遷。例如，在 1980 年代，利用 BASIC 來作程式設計，並協助一些教學上的例行事務，如登錄和計算成績，是許多教師基本的資訊科技素養 (Becker, 2001; Cuban, 2001)。但隨著套裝軟體的進展，教師們逐漸減少自行設計程式來處理例行的工作，因為試算表或資料庫等可以協助不少相關的工作。近十年來，多媒體和超媒體成為應用的主流，因此許多教師必須學習製作或操弄多（超）媒體材料的技術。從 NCES (2000) 關於教師訓練的內容調查結果看來，目前對於教師的訓練也是著重於基礎電腦概念和套裝軟體的操作。然而，如果教師接受的訓練是基礎的通用套裝軟體，那麼，他們在課堂上最可能用的，也將侷限在這些軟體的直接應用，而這些軟體所能發揮的功能也往往侷限於配合教師目前習慣採用的教學模式，無怪乎教師的教學型態或實務難以因資訊科技的介入而有所創新或突破。

如果依據研究者 (Becker, 2001; Cuban, 2001) 的分法，以教師為中心的、講述取向、傳輸知識的教學方法稱為「傳統教學」，而以學生為中心的、強調探究取向、建構知識的教學方法稱為「革新教學」，那麼，要透過目前提供的基本資訊素養來達成革新的教學型態，可能十分困難。Guzdial、Rick 及 Kehoe (2001) 指出，網路在教學上最強大的功能，如發表、溝通、互動等，也正是一般教師最難以使用的，因為大多數上述功能，需要在網頁設計、資料庫、互動技術等方面有相當的程式撰寫能力。由於網頁設計、互動機制和資料庫的設計等，都不是目前教師的資訊素養訓練所能提供的，因此，為了加強應用這些機制的功能，是否應該納入教師的資訊素養訓練？更重要的是，提供這些素養的訓練，所需成本和所可能產生的效益是否能夠平衡？訓練的時效是否趕上應用的需求？這些問題都是在設計教師的資訊素養時，所將面臨的新議題。

二、電腦提昇教學的障礙與解決途徑

電腦提昇教學的意涵有二：一就教師而言，教師可透過電腦而有能力、有意願展現更多元、更新穎的教學方法。二就學生而言，透過電腦來實施教學，可讓學生的學習動機更為高昂，更投入教學活動，甚至有更好的學習效果。要達到上述目的，教師除了要有適當的資訊設備和知識技能外，更重要的是要對採用電腦

以改變教學方式或提昇教學效果，有正向的信念——例如，透過電腦可使自己的教學方式更爲多元新穎、透過電腦所衍生的教學方式可和自己舊有的做法一樣好，甚至更好。基於此種信念，教師才可能更願意、更勇於構想出應用電腦教學的願景，例如：當電腦全方位地應用在教學設計、教學方法，和教學評量等工作之後，自己的教學型態和學生的學習情形可能是何種面貌？除了信念和願景這個主觀的因素外，另一個可能影響資訊科技提昇教學的因素就是學校本身的組織和文化結構，如課程的安排是否有利電腦提昇教學的進行；又如學校中教師所形成的團體文化或氣氛，是否支持採用電腦來形成更多元的學習方式和成果？還是以成績的追求爲首要目標？以下將對目前美國在克服在此兩方面障礙所作的努力加以說明。

(一)教師的信念／願景的障礙

以往有許多研究指出，在教室情境中，教師個人的信念會影響其教學方法和教學效果 (Pajares, 1992)。教師本身對教學或學習本質爲何的看法，會影響他對教學或學習目標的選擇或評價，進而決定他的教學決策和教學行爲。由於信念、目標、知識和行爲是相互緊密結合，交互影響的，因此要改變一個教師的教學信念殊爲不易。近年來，不少教學科技的研究者也發現教師的教學信念會影響他們對於電腦科技的使用。例如，Niederhauser 和 Stoddart (2001) 發現，K-6 教師的教學信念會影響他們在課堂上使用軟體的類型：開放型的老師（喜歡學生中心的教學理念，以及建構知識的教學取向）喜歡選用能讓學生表達想法、探索知識的軟體。而技能型的老師（喜歡教師中心的教學理念，以及精熟知識和技能的教學取向）則喜歡使用能讓學生熟悉技能增加練習機會的軟體。Becker (2001) 的研究則發現，強調知識建構和學生中心教學取向的中小學教師，在教學時使用電腦的頻率，遠高於強調知識傳輸和教師中心教學取向的老師。在使用電腦的目的上，建構取向的教師偏向於建構式的目標，如希望學生能運用電腦來溝通和討論觀念，或收集和分析資料；而傳輸取向的教師則偏向讓學生透過電腦達到精熟技能或補救教學的目的。上述兩個研究顯示，教師的教學信念會影響他們在課堂上使用的軟體類型，而且，教師的教學信念會促使他們選擇可以支援其現行信念所採行教學模式的軟體。

教師若採用支援其教學理念的軟體來進行教學，則能朝向電腦支援教學的目標前進。值得注意的是，同一個主題未必僅有一種教學方法，而且，同一個科目中不同的主題可能適用不同的教法。如果能透過電腦的協助，讓教師體會到採用不同教法的可行性和成就感，開拓教師在教材教法的視野，激發他們嘗試不同方法的動機，那麼，就更能達到電腦提昇教學的目標。亦即，電腦要達到提昇教學的目的，必須從「順應教師信念」的層次，提昇到「轉換教師信念」的層次。目前在克服此方面障礙的探討極為有限，學者們較常採用的方法是傳播觀念和作法，以及交流經驗和心得。在傳播觀念和做法上，ISTE（2000）邀集各學校層級的教師和專家，編寫許多透過通用或商業軟體來設計教學活動的例子。這些例子在廣為傳播後，一方面發揮示範的作用，讓教師知道透過基礎的軟體也可以和教學內容深刻結合，讓教學活動更多元和創新。另一方面對教師的觀念有觸發（priming）的作用，讓他們以這些例子為基礎加以修改變化，創造出更適合自己教學情境的做法。在交流經驗和心得上，目前雖有學者（Ertmer, 1999; Guha, 2001）提倡由教師組成學習社群來交流應用教學科技的成果與經驗，透過觀摩和討論來提昇技能、擴展視野等。但實際上此種做法效果十分有限（Fishman & Pinkard, 2001），在少數強調透過科技來協助教師交流的案例中，所討論的學科內涵也與教學科技的應用主題無太大關聯（例如 Barab, MaKinster, Moore, Cunningham, & The ILF Design Team, 2001; Chancy-Cullen & Duffy, 1999）。

傳播觀念和做法以及交流經驗和心得的方法有待更多的努力，且其可能產生的限制也值得注意。首先，目前大多數教師並沒有建立起交流教學成果和經驗的文化（Barab et al., 2001），因此要更進一步交流應用資訊科技的成果更屬困難。其次，交流的效果可能呈現兩極化，即原本就主動，持開放信念的教師受惠最大，原先就被動，持固著信念的教師受惠有限（Riel & Becker, 2000）。因此，如何把交流效果有效地擴散到閉門造車的老師身上，是一個很具挑戰性的問題。

（二）組織與文化的障礙

研究者指出，教育制度變革的成功與否，與學校本身的組織和文化有密切的關聯（Elmore, 1995; Elmore, Peterson, & McCarthey, 1996）。學校的組織可視為一種有形的架構，諸如課程內容（統整式或分科上課）、課程時間的安排（以單一

節為單位，或以數節為一區塊）、學生的編班方式（能力編班、能力分組、或混合編班）、老師和班級的教學安排（教師要跨年級教授單一科目；還是要在同一個年級中跨科教學）等，都會影響教學活動的進行以及學生的學習方式。而學校的文化因素，則可視為由學校所在的社會脈絡、教師（和行政人員）、學生、和家長等共同塑造出來的學校氛圍。這種氛圍是無形的，卻代表著集體的信念、價值、和行為模式，同時也決定學校本身的發展目標以及達到目標的手段，例如學校的經營、教學方法、和學習的方式等。

許多教學革新在初期或許能產生局部的、片面的效果，但後來不是被舊的教學實務「同化」，就是被摒棄而無法持續。重要的原因之一就是無法深入融入學校的組織和文化層面，使全面、持久的改革無以為繼（Tyack & Cuban, 1995）。教學科技如果想為教學革新挹注力量，達到電腦提昇教學的目的，一樣需要面對學校組織和文化因素可能形成的障礙。亦即，我們除了從教師的能力和信念等個人層次來思考資訊科技提昇教學的可能性之外，更需要思考學校（或學區）的結構和社會脈絡層次對教學科技所產生影響的阻力和助力。以往許多教學科技的研究在檢驗其應用效果時多以教師、學生，或班級作為探討的對象，很少研究以整個學校甚至學區的整體組織為對象來考量教學科技的應用成效（Fishman, Marx, Blumenfeld, Krajcik, 2004）。事實上，由於組織／文化等因素的影響，教學科技只有在教學情境中真正深入地應用、甚至大規模地被推廣時才容易被察覺到。然而，許多隱而未顯的問題也將會隨著其他障礙減少而逐漸浮現。因此，探討組織／文化因素在教學科技協助教學革新的過程中所扮演的角色，以及相關因應之道，顯得更加迫切。

近年來相關研究雖然有限，但仍有助我們瞭解目前學校的組織和文化因素如何影響資訊提昇教學的進展。例如，在學校組織方面，學校課程時間安排如果採用一日多堂不同科目，又無變動的彈性的話，很可能造成授課時間過短，以致沒有時間在課堂上運用教學科技，或沒有辦法和其他課程整合做協同教學的問題（Blumenfeld, Fishman, Krajcik, Marx, & Soloway, 2000; Cuban, 2001）。而這樣的發現並非單一個案，因為在 NCES（2000）的調查中，全美中小學教師有 80% 認為學校課程安排無法讓學生在課堂有充份時間使用電腦。除了課程時間安排的僵化

外，電腦放置地點也是影響因素之一。許多研究發現一個兩難的問題：電腦如果放置在教室內，可以充份讓師生使用，但因為有遺失或其他保全的顧慮而增添電腦管理人員的負擔。另一種集中放在電腦中心的做法雖然方便管理，但卻往往造成使用率下降、甚至機器閒置。或者因為時間衝堂，大多遷就職業科目的需要，其他學科無法充份地取得使用機會，因而降低電腦融入教學的可能 (Blumenfeld et al., 2000; Fishman & Pickard, 2001)。另外一個常見的組織障礙是學校的科技計畫常只是設備的採購清單，並未真正落在為教學或學習的需要而設計，而造成採購的軟硬體常不符師生的需求 (Cuban, 2001; Fishman & Pickard, 2001)。

除了組織結構可能形成障礙外，文化因素也會造成資訊融入教學的障礙。其中最常見的便是「分數文化」——學生、家長、和學校以獲得好的成績和升學率作為教學的主要目標，使得無法協助獲得好成績的措施，都難以進入教學活動之中。同樣地，教學科技如果無法在運用成果上讓學生、學校、或家長相信它能提昇學生成績（而非隱而未見的「高層思考能力」），則其被運用在課堂上的可能性往往很低。Blumenfeld 等（2000）和 Fishman 等（2004）在對底特律的中學進行科學方面的教學革新方案中發現，由於政策或輿論會將學生在標準化測驗中的成績視為辦學的績效，導致大部分的課堂時間用來進行與測驗有關的活動，而非革新方案中所提倡的活動，因此教學科技被運用的時間和機會相對大幅縮減。

在學校的組織和文化對資訊科技融入教學所可能帶來的障礙因應上，目前有若干研究者針對學校組織／文化和社會脈絡對教學和課程革新所提出的解決方案十分有參考價值。例如 Blumenfeld 等（2000）和 Fishman 等（2004）提出「系統化科技革新」(systemic technology innovation) 作為協助科技融入學校組織文化的參考架構。Fishman 等人依據其在底特律 13 個學校進行專題式科學 (project-based science) 的課程與教學科技革新的經驗，提倡在進行系統性的科技革新教學過程中，應該同時注意三個向度：學校文化、教職員能力、和政策／管理。在學校文化方面，研究者在應用科技時應透過深度參與而更瞭解學校的組織和文化，進而將革新的課程內容和學校原本的目標或文化兩方面都做某種程度的調整，以求在教師或組織能接受的範圍內，保持革新的精神和做法。在能力方面則應透過綿密的、持續的教師專業成長課程來提供教師關於新課程的觀念，以及

搭配新課程的教學軟體的知識和技能。在政策／管理方面則應先與高層行政人員取得共識，透過行政人員（如學區督學或校長）的倡導，形成政策上的宣示與支持，再進一步與學校的管理或支援人員共同協商解決因課程變革而產生的必要調整。如此，同時透過由上而下的政策倡導，以及由下而上的教學訓練與行政支援，更能達到「系統化」教學革新的目的，革新也能更具規模（scalability）和持久性（sustainability）。

另一個教學科技直接帶動課程和教學方式革新的例子為認知家教（Cognitive Tutor）（Anderson, Boyle, & Yost, 1985; Anderson, Corbet, Koedinger, & Pelletier, 1995）的推廣應用經驗。認知家教的代數系統目前已在美國超過 700 所學校廣泛應用（Aleven & Koedinger, 2002）。在論及認知家教成功在學校中推廣的經驗時，Corbet、Koedinger 及 Hadley（2001: 254-255）提到當學校採用這個方案時，並不只是採用一個可以加到既有實務的附加軟體。採用了一套新的課程，其中特別強調解題導向的教法，和傳統幾何教本的內容和形式相當不一樣。與大多數教師相較而言，他們運用的是比現有做法更為學生中心的教學風格。

正如 Corbet 等人（2001）所言，Algebra Tutor 成功的推廣，不只是因為它是一套可以協助教師教幾何或代數的軟體而已，更重要的是，隨著這套軟體而來的新教學觀念與做法，以及相對應的教師專業發展訓練和技術支援。Algebra Tutor 能夠對學校的教學產生大規模、持久性的革新作用，就是它們的推廣模式克服了文化、能力和政策／管理等方面的障礙（Fishman et al., 2004）。例如在能力上，Algebra Tutor 在診斷數學學習問題的功能，不僅補強了教師在此方面的能力，也提供教師許多對新教法的領悟（Koedinger, 2001）。且其在軟體設計上可以彈性地配合課程單元，並且適合在不同的場地應用（電腦教室或一般教室），此種彈性降低了使用者在電腦能力的要求。在文化上，Algebra Tutor 的課程內容設計針對中學數學的學習標準，因此使用的效果可以符合老師、學生、行政人員在教學績效上的期望，且不致在應用時，產生時間分配的衝突。這些優點，也間接帶動了行政人員對整個教學方案的支持，因而降低了行政／管理上的障礙。

綜上所述，目前美國在資訊科技融入教學的進程上，尚在「電腦支援教學」的層次上努力。雖然目前在克服電腦支援教學的兩個障礙：克服設備不足以及增

進教師資訊素養上漸有成效，但從教室情境中使用電腦的教師比例低落，以及教師透過電腦來準備教學材料或教學活動耗時費力的情形看，目前離「電腦支援教學」的目標仍有一段距離。在朝向第一個目標的同時，美國目前也逐漸發掘與重視組織／文化因素對於「電腦提昇教學」此一目標的可能影響，並嘗試透過適當的方法，讓資訊科技帶來更大規模、更持久的教學革新。這些經驗頗值國內研究者借鏡。以下將針對臺灣的資訊科技融入教學現況加以分析。

肆、資訊科技融入教學：臺灣經驗的分析

臺灣近年來積極推動資訊融入教學和數位學習產業，在此方面投入的經費和人力也相當可觀。目前這些投入對於資訊融入教學的影響，以及所面臨的障礙都是值得關心的重要議題。然而，在瞭解目前臺灣中小學資訊科技融入教學現況的過程中，最大的困難在於資料的不足。美國無論是政府機關或學界，對於瞭解其國內各級學校的資訊科技融入教學實況熱衷投入，因此相關的資料和實徵研究也較為豐富。相對地，臺灣不僅在政府機構對於資訊科技實施的現況少有主導相關研究，學界中以實徵的方式對於相關問題探討的研究也十分有限，因此相關的數據資料難以取得。以下將就現有的資料來分析臺灣目前在 GBS 架構中，資訊科技融入教學的第一個目標層次「電腦支援教學」中的障礙與對策，以及第二個層次的目標「電腦提昇教學」中的組織與文化的障礙進行說明，至於第二層次目標的教師信念和願景，則因為沒有相關資料而暫時無法討論。

一、電腦支援教學的現況與障礙

(一)在資訊設備的可得性和應用方面

在資訊硬體的可得性上，近年來由於政府的資金挹注，中小學的電腦設備擴充速度頗快。例如，在 1998 年時中小學的人機比為 36：1，到 2000 年時，進步到 19：1（韓善民，2001）。在大都會地區的資訊設備較為充裕，例如臺北市在 2004 年 3 月時中小學的人機比為 8.7：1（臺北市政府，2004），而高雄市公布的數據（含幼稚園）為 15.8：1（高雄市教育局，2003）。上述的數據顯示，我國目前在資訊

硬體設備的可得性相較於美國仍有待加強。

雖然目前電腦硬體有逐漸普及的傾向，但藉由實徵研究資料才能進一步瞭解教師實際在教學中應用電腦的情形。曾憲雄（2004）對臺灣 387 所中小學教師的調查發現，經常和偶而上網收集課程相關資料的老師分別占 57.3% 和 41.7%；經常和偶而使用電腦、網路，或是教學軟體來設計教案的老師分別占 35.1% 和 57.9%；經常和偶而使用電腦、網路，或是教學軟體進行教學活動的老師分別占 28.5% 和 60.7%；經常和偶而要求學生使用電腦完成作業的老師分別占 22.4% 和 70.6%。由於該研究在上述調查的答題選項僅有「經常」、「偶而」、「從不」三個選項，且並未標明三個選項所代表的時間長度或頻率，因此答題反應是否有膨脹應用強度的傾向不得而知。此外，曾憲雄的研究亦發現，約 79% 教師應用資訊科技融入教學的活動比例低於 20%。而教育部在中小學資訊教育總藍圖（何榮桂、陳麗如，2001）中揭示教師運用資訊科技於教學活動中的時間應達到 20%，雖然曾憲雄的資料為活動比例而非時間比例，但從其研究中可略窺目前臺灣中小學教師在教學活動中應用資訊科技仍有相當大的努力空間。

張國恩（2001）對臺灣北中南區 10 所高中、國中，和國小資訊科技融入教學的訪視研究發現，中小學資訊融入教學的模式可以概括區分為以下三種模式：1. 使用一般文書軟體、網路資源自製網頁、或簡報軟體進行融入教學。採用此模式的學校，教師採用一般文書軟體編輯多媒體簡報，於課堂中呈現課程內容，或自行設計教師網頁，或在課堂中使用網路資源進行教學，並無使用已開發之網路學習平臺；其特色為教師大多必須自製教學材料，因此所花費心力較多、負擔較沉重，但教師之自主性較高，教學計畫或教材也有較多個人教學經驗和創意。2. 使用學界或廠商開發之網路學習平臺進行融入教學。採用此模式的學校，教師採用學界或廠商開發之網路學習平臺進行融入教學，如中央大學的亞卓市（educities），淡江大學 I will 等平臺，而較少以自行開發之教學材料或網頁進行課堂教學，其特色為教師可運用網路平臺所提供之輔助，因此不必自行熟悉工具軟體進行教學材料開發，可減輕教師負擔。且利用網路學習平臺工具，可以利用其同步及非同步之互動功能進行教學或評量，教師的經驗與教學方式亦較有機會共享，不過教師的教學策略與創意可能會受平臺功能之侷限。3. 兼採一般軟體及網路平臺進行

融入教學。根據上述三種融入教學模式來分析教師在應用電腦於教學的質與量時，可以發現大多數教師所應用的軟體侷限於少數現有的教學平臺（如亞卓市）或應用工具（如 Word），而教材設計和教學活動的多樣性自然也會受到現有軟體功能的侷限。此外，由於大多數教師資訊素養有限，真正能使用開放式工具來設計教材或教法的老師，限於少數有高度動機和興趣者，或學校本身強力要求或支持者，否則學校整體教師以資訊科技融入教學的時間和活動內容之比例，仍屬有限。

綜合上述資料，目前臺灣的中小學雖然在電腦硬體的改善上有顯著地進步，但在工具的應用上仍有待加強。由於教師運用資訊科技融入教學的程度仍低，王文裕（2003）認為，如果依據 Moersch（1995）提出的資訊科技融入教學七層級：未使用、覺察、探索、注入、融入、擴充、精緻化，則小學老師只介於「探索」與「注入」的層次之間。換言之，距廣泛深入的融入教學目標尚有一段距離。

（二）教師應用資訊科技的能力和支援方面

資訊素養訓練的重要性廣為週知，但至目前為止培育工作的質與量仍有待加強。例如，研究者宣稱所有的中小學教師在 1999 年即 100% 有機會參加有關資訊科技融入教學的在職培訓（韓善民，2000），且 90.7% 的中小學有提供教師資訊教學應用的研習機會（曾憲雄，2004），但後續的培訓機會和培訓內容和有效性卻更值得關切。國內目前有關教師資訊素養的培育多以現有套裝軟體和硬體的運用為主，較少觸及關於資訊科技和教學內容或方法相整合的內容（葉燈超，2003）。何榮桂與藍玉如（2000）的調查發現，大多數的教師認為參加的研習課程無法有效提昇資訊素養，更無法提供關於資訊科技與教學相整合的觀念和做法。有鑑於資訊科技素養的研習訓練不彰，近年來有學者特別提倡教師的資訊素養訓練應從操作演示和整合教學兩方面著手（何榮桂、藍玉如，2000），而新的訓練課程內涵也漸漸趨向培養教師融入教學各面向的整合能力，而不再以資訊技能為主。

除研習的內容之外，一般資訊科技素養培訓方案尚有培訓的時間短而無延續性的限制。大多數政府委辦的研習會多則三、五天，少則一、兩天，學校自辦的研習會一天或半天更是常見的類型。在研習結束後，也少有相關的延續或進階活動使所學的知識技能能有更深入的機會。研習時數短的缺失在於無法深入地介紹

觀念，進行實做的機會也相對較少，更難以將實做的成果進行觀摩切磋。這種短期式的研習，對於建立教師基本的資訊素養以達成電腦支援教學的目的或有幫助，但由於缺乏深入瞭解、觀察和實做機會，對於改變教師應用電腦的信念和願景幫助有限，也難藉以達成電腦提昇教學的目標。

二、電腦提昇教學的障礙與解決途徑

(一)組織與文化的障礙

臺灣目前因為缺乏較大規模與長時間的資訊科技融入教學的實徵研究，因此組織和文化因素在資訊科技融入教學上所可能發生的微妙又複雜的影響，尚缺乏具體的報告。我們僅能從中小學現有的組織與文化特性，來觀察其對資訊科技融入教學的影響。

在學校文化方面，臺灣中小學最明顯的學習現象就是升學主義。凡是與升學有關的教學活動或材料較易優先獲得支持。由於不同學習層級的師生感受到的升學壓力不等，其在應用資訊科技於教學上的頻率和投入程度也不盡相同。小學的升學壓力較小，因此小學教師在時間和材料上擁有較多的彈性，使用資訊科技的機會也較國中和高中教師多（張國恩，2001）。國中階段雖升學壓力較大，近年來在九年一貫課程的影響下，運用電腦作為輔助設計教材和教法的教師也日益增多。一般而言，高中教師自主的空間較國中教師為高，但透過電腦來「嘗新」的風潮似乎對其影響有限。原因之一可能是高中老師認為升學壓力大，授完課程內容更重於嘗試新的教法。另一可能為高中的教材更為艱深，現有的軟體較少涉及，因此相關的可應用材料少，間接地降低老師們使用的意願。

在組織方面，臺灣也面臨與美國相同問題，如課程時間和電腦硬體無法彈性配置。就課程時間的配置而言，目前中小學大多數的課程都是每次上課一節，在這一節的時間教師大多僅能選擇以電腦作為呈現教材或輔助講述的工具（如 Powerpoint 或 CD titles），學生能親自操作的機會十分有限。在強調統一教學進度的臺灣教室，對電腦的應用有極大的限制（葉燈超，2003），有心讓學生透過電腦來進行探索式或建構式活動的老師，因為常需要較長的時間才能完成，實施教學常感困難。九年一貫課程強調教師間的合科或協同教學，如果能把教學內容作適

當的整合，或許有助減低時間和課程安排不夠彈性的限制。除了時間外，設備的安排也是學校組織影響資訊科技融入教學的因素之一。目前臺灣中小學的資訊設備大多採集中管理的方式，置放於電腦教室當中。電腦教室的優點為管理統一，學生應用時可一人一機，有充份的操作機會等。其缺點為必須依照排定的時間表來使用，可以應用的機會有限，教師也較難彈性穿插電腦作為上課的工具。近年來有研究者提倡「教室電腦」的概念（何榮桂，2000），主張將少數的電腦設備放置於教室中讓師生隨時可以應用。教育部亦斥資 144 億元在 2001-2003 年間讓中小學的教室中都有資訊設備可以上網。然而，由於在所有學生都有電腦的電腦教室上課，和在教室中僅有一兩部電腦可供使用的狀況完全不同，如何設計適當的教學方案將對教師形成一個新的挑戰。

由上述對資訊科技支援教學的現況說明可知，臺灣所面臨的問題與美國大致相同。就軟硬體的可得性和教師資訊素養的提昇而言，臺灣所面對的問題與美國相近，雖然在硬體和軟體的可得性和普及率上，臺灣不如美國，但也正迎頭趕上。而投入資金以促進資訊軟硬體普及的過程中，臺灣也面臨和美國相似的問題：如何把電腦的應用層次由較低層次的以既有設備呈現教學材料，提昇到更高層次的透過資訊設施提昇教學的新穎性和互動性，是一個新興的議題。此外，在應用電腦的時間和內容廣泛程度上，臺灣也和美國一樣，面臨如何讓教師提高使用的時間和擴充使用內容等議題。在教師的資訊素養培育上，臺灣也透過對於研習內容的修正，以及教學案例的設計和交流，來鼓勵教師將資訊科技與教學內容做更深入的整合。至於在較高層次的電腦提昇教學方面，臺灣在組織上面對的障礙也與美國相似，即在班級授課時數或課程安排上的彈性都有待加強，在電腦的配置和運用上也需教學方法和型態的配合調整。在文化的障礙上，我們要面對的分數主義可能要較美國來得大，因此，未來如何說服師生和家長，認同電腦也是提昇學習效果的工具，將是一個應用上的挑戰。其他關於文化或組織方面的障礙則有待更大規模的實地研究才能顯現出來。

伍、關於臺灣推行資訊科技融入教學的建議

關於如何推動資訊科技融入教學，許多學者已經提出很多精闢的建議（何榮桂，2000；邱瓊慧，2002），以下將就學者們較少論及的部分提出一些補充的看法。

一、加強關於資訊科技融入教學的實徵研究

瞭解問題是解決問題的開端。以美國為例，政府機構或學術界皆對資訊科技融入教學的探討不遺餘力，因此相關資訊的呈現與交流都豐富而迅速，對於實施的現況和存在的問題往往能提出深入的分析和廣泛的瞭解。相較於美國，目前臺灣在關於資訊科技融入教學的研究過於稀少，因此對於問題的瞭解都有困難，要提出具體的對策更不容易。以中小學電腦設備的人機比為例，除了臺北市和高雄市之外，其他地區學校的人機比相關資料缺乏新進且具公信力的資料可資參考。又以教師在應用電腦科技所遭遇的困難為例，目前臺灣也沒有任何實徵的調查資料可以協助研究者瞭解在教師應用電腦的經驗中，其使用的教學型態、軟體型態，及所遭遇的困難和教師期待的解決方式。這些問題的瞭解都是解決資訊科技融入教學障礙的基本依據。有鑑於上述限制，政府機構應該整合學術界的資源，負起瞭解資訊科技在各級學校的實施狀況的責任，以供擬定政策的參考。相關的實徵研究則可朝兩個方向進行。

（一）調查研究

其目的在於瞭解目前臺灣中小學資訊科技融入教學的概況，包括：硬體的分布情形（如各級學校的人機比）和運用情形（如電腦教室和教室調腦的使用時間和頻率）；軟體的使用情形（如軟體的內容、使用的時間和頻率、應用的活動類型等）；學校內的教師、行政人員、學生等對於資訊融入教學的看法（如遭遇的困難和期望解決的方式）；不同學校特性（如城鄉別或班級數）或教師特性（如任教科目、年資、教學信念、資訊素養等）對於資訊科技融入教學的看法等。

（二）實地研究（field study）

有些問題的瞭解單靠調查法不足以有深入的瞭解，此時就應實地到學校或班級中進行訪查、觀察，或晤談等方面的研究。許多問題在透過實地的觀察和訪查

後，往往可以有更深刻的瞭解，也更能發現問題所在。以目前在臺北市中小學進行實驗教學的「電子書包」（指利用行動載具，如平板電腦（*tablet PC*）或個人數位助理（*PDA*）配合無線上網機制，作為學生攜帶和接收學習材料或教師作為呈現教學材料及活動的工具）為例，雖然媒體對其應用的效果讚譽有加，不少研究也支持這些高科技工具的應用效果（*Liu et al., 2003*），但這些報告所觀察或檢視的學習內容大多侷限於某些特定的學習情境，對於長時間的、廣泛的情境，其使用的效果卻缺乏深入的瞭解。例如施娟娟（2003）長期觀察平板電腦在小學和高中教室的應用情形，發現應用平板電腦對於大多數的師生而言造成頗大的時間和精力負擔，使用意願也低落。黃承丞（2004）在高中進行實徵研究發現，不僅師生平常使用既有設備的意願和時間低落，即使使用，在硬體（如無線網路之接觸點 *Access Point, AP*）的傳輸上，也有許多授課老師甚至技術人員難以克服的限制，使得使用無線載具進行教學活動的效率大打折扣，連帶地影響應用的效果。因此，實地的、長期的觀察能讓我們對於科技在教室的應用有更深入的瞭解。

除了觀察和訪談，近年來在資訊科技應用於教學的研究中，提出不少新的評估方法（如 *Haertel & Means, 2003*），也可以協助我們在複雜的教室或學校情境中，瞭解資訊科技如何和其他脈絡因素，如教師、學生和組織等互動，進而更清楚電腦實質的應用效果。以目前在臺灣普遍應用的資訊科技融入教學方案為例（何榮桂，2000；邱瓊慧，2002；*ISTE, 2000*），這類的做法本身即是一種設計，因為大多數教學方案是以既有的工具軟體（如 *Powerpoint*、*Word*、*Excel*）加上可得的軟體素材（如 *CD* 影片、電腦遊戲等）或網際網路，配合科目的特性加以設計或組合，以達到資訊科技融入教學的目的。雖然許多教學方案很有創意或巧思，但實際應用效果卻缺乏檢驗。由於應用不同的軟硬體會和班級的設備、使用的科目、授課時間、和學生人數等產生交互影響，因此觀察不同的設計組合方式如何發揮最大效果，然後提出較為完整的建議，對於後續的使用者將產生更大的參考價值，而這也是目前設計式研究（*design experiment or design research*）的做法與精神（*Brown, 1992; The Design-based Research Collective, 2003*）。除此之外，教育部以經費補助中小學教師設置教育軟體與教材資源中心，其中也有不少根據課程研發的軟體，這些軟體的應用效果如何，可以鼓勵研發的教師進行後續的行動研究，

來瞭解其可用性和可推廣性。

二、加強教學導向軟體的研發

前文所介紹的兩個嘗試克服組織／文化障礙的科技革新教學方案中，不管革新的方案是以課程為主科技為輔（Blumenfeld et al., 2000），還是以科技為主課程為輔（Corbet et al., 2001），其都有一套為教學工作而設計，融合教學脈絡使用的教學軟體，以及相關的概念、做法、教材，和專業訓練方案，或者稱之為「軟體基礎建設」。我們甚至可以說，如果沒有這些完整的軟體基礎建設，研究者所倡導的教學革新未必能如此成功。由此可見，軟體基礎建設也是在解決組織／文化因素上，不可或缺的一環。教學導向軟體（instruction-oriented software）就是教師用的軟體基礎建設的重要環節。所謂教學導向軟體意指特別為教學的目的，如教學設計、教學活動安排、教學評量，以及教師專業發展等而設計的軟體，也包括附隨在軟體設計下的教學理念、教學程序、材料，與專業訓練方案。教學導向軟體的重要性可以從幾方面得知。首先，近來多數美國教師反應教學用軟體不足是影響其在教室中使用電腦的重要障礙（NCES, 2000; Norris et al., 2003），因此，發展有別於通用軟體（如 Word、PowerPoint 等）的教學脈絡專用軟體來協助教師進行教學任務十分重要（Cuban, 2001; Sandholtz & Reilly, 2004）。

其次，發展教學導向軟體有助於轉化「順應科技的教學」（technology-adapted instruction）為「順應教學的科技」（instruction-adapted technology）。近二十年來，電腦科技的確為教學的改變，增加了許多的可能性，使得許多以往不易實施的教學程序不再那麼遙不可及。可以想見的，逐漸進展中的資訊科技，例如光學網路（optical networking）、無線通訊（wireless telecommunication）、手持載具（handhelds）等都可能未來的教室中扮演重要的角色。但值得注意的是，在資訊科技融入教學的過程中，教師如果一直扮演著被動的角色，也就是依循資訊科技的進展，等待應用科技的產品，那麼，我們的教學恐怕永遠都很難擺脫順應科技的教學，亦即僅能順應既有的軟硬體設備的限制，遷就或者配合科技的能力（affordances）來設計我們的教學模式。然而，證諸近十年來研究所提出的案例，即使在充滿科技產品的教學環境中（Dwyer, Ringstaff, & Sandholtz, 1991;

Newhouse & Rennie, 2001; Windschitl & Sahl, 2002)，尙且未必能達成資訊支援教學的目的，更遑論達到資訊科技提昇教學的目標。資訊科技要能產生被使用的誘因，就必須與教學脈絡相互調適，成爲順應教學的科技，亦即，科技本身的發展也要有所革新，且此種革新並非僅在技術的層次，更在應用脈絡的層次，讓資訊科技在教學情境中達到支援教學效率，還有提昇教學效果的功能。在轉化順應科技的教學爲順應教學的科技的過程中，教學導向軟體就是一個主要的途徑。由於教學導向軟體在應用脈絡的適切性、在應用的便利性，以及在對教學實務改變的有效性等特性，我們認爲教學導向軟體對於協助克服前述障礙，如軟硬體之不足、資訊素養訓練之欠缺、教師信念和願景的建立，以及文化和組織的抗拒等都可能產生直接或間接的助益。

雖然教學導向軟體的發展在近年來漸受重視，但相關產品的研發仍相當有限。臺灣近年來大力發展數位學習產業，教學導向軟體的研發和推廣也可以成爲數位學習產業重要的一環。研究者可以就教學設計中重要成分來選取發展的方向。例如，就教材和課程設計的階段而言，由於教材準備是一件耗時的工作，因此如何讓教師在準備教材時能以最減省的時間，完成最精緻，最多元化的教學材料，以及對這些教材作最有效的管理，是許多教材設計軟體的目標（McKenney, Nieveeu, & van den Akker, 2002）。又如支援教學活動設計和進行的工具，此方面的設計如 Schwartz 等人（1999）及 Schwartz、Biswas、Bransford、Buhuva、Balac 與 Brophy（2000）發展 STAR. Leagy（Software Technology for Action and Reflection）來協助學生進行案例式、問題式或計畫式的學習（case-, problem-, and project-base learning）。Guzdial 等人（2001）設計 CoWeb 來協助教師進行網路上的合作學習。另外，教學評量方面，Bennet（2000）、Bennet 與 Davis（2001）的評量與教學管理系統（the Assessment and Instruction Management System, AIMS）協助特殊教育教師來評量和記錄學習障礙兒童的學業技能、社會與個人適應、職業經驗等方面共約 1200 項的狀態，以及相關檔案的管理。又如 Sung、Chang、Chiou 與 Ho（in press）及 Sung、Lin、Lee 與 Chang（2003）設計網路上的自我／同儕評量系統（Web-based Self- and Peer- Assessment System, Web-SPA），來協助解決教師使用紙筆式自我／同儕評量的困難。這些都是設計教學導向軟體時可以參考

的例子。

三、設計具延續性的、社群式的資訊素養培訓方案

近年來關於教師專業成長的相關研究指出，有效的專業成長方案通常有幾個特徵：以相同學校組織為訓練對象優於集合不同學校個別教師為訓練對象、班級實地式的督導優於工作坊式的訓練、長期而分散研習時間的方式優於短期而集中研習時間的方式、教師網絡或社群的建立優於個別教師獨自進修、觀摩演練的效果優於概念傳授等（Birman, Desimone, Porter, & Garet, 2000; Garet, Porter, Desimone, Birman, & Yoon, 2001）。這些原則對於教師資訊素養的訓練頗值得參考。前文述及，目前大多數的資訊科技素養培訓方案偏向科技技術的層次，欠缺將教學內容和科技應用的整合，而訓練時間短且少有延續性也是亟待改善的問題。除此之外，目前培訓方式多為學校指派參加的對象，或是教師依個人意願自行參加，而少以學校組織為單位，對教師進行整體的訓練。如果要朝電腦提昇教學的目標邁進，就必須改變教師對於應用電腦科技的信念和願景，所以同時提昇組織對於應用電腦科技的氛圍，和建立透過電腦科技更新教學型態的文化，是十分必要的。而現行的研習方式難以達到改變教師信念和組織文化的目的。

要克服上述困難，方法之一就是提供教師有延續性的、社群式的資訊素養培訓方式。有延續性的研習可以提供教師在觀念和做法上的更新，讓教師更容易體會到資訊科技改變教學的可能性，進而達到改變信念和願景的目標。社群式的研習則指讓相同任教學校（未必相同科目）或相同任教科目（未必同校）的教師可以組成學習社群，針對資訊科技的應用方式和成果，進行交流和觀摩，由於組織成員間見賢思齊（emulation）的效果，教師間可能相互支援和支持，組織應用科技的氛圍較易建立。目前常被採用的方式為提供教師某種學科領域的專業成長方案，又多透過兩種方式進行：一為透過影像及視訊科技（錄影帶、光碟片、網路等）來呈現某些特定的教學觀念、方法和技能，教師透過觀摩這些視訊產品的材料來學習（Chaney-Cullen & Duffey, 1999; North, Strain, & Abbott, 2000）。另一種做法是除了提供教師與教學相關的視訊教材外，更強調透過網路科技來形成教師的學習社群，以教師間的分享和互動來加強觀念和技能的形成和改變（Barab et al.,

2001)。Chaney-Cullen 和 Duffy (1999) 與 Barab 等人 (2001) 都發現，整合工作坊和網路社群的教師成長方案對於科學教師而言，是不錯的專業成長方案。就資訊科技的知識與技能而言，由於大多數的材料均需數位化，因此在網路上做社群間的交流 and 互動，可行性更高，也更值得嘗試。

陸、結 論

本文提出 GBS 架構，來分析目前資訊科技融入教學在中小學所遭遇的困難。以往雖然也有研究者針對資訊科技融入教學的進展做發展階段的分析，例如 Dwyer 等人 (1991) 將電腦融入教學的階段分為入門、採用、適應、轉化、和創新等五階段，而 Moersch (1995) 提出的資訊科技融入教學可分為：未使用、覺察、探索、注入、融入、擴充、精緻化等七個層級，但研究者並未就各階段所面臨的障礙、相對應的對策，以及相關對策所引發的問題做更深層的闡述。本研究的 GBS 架構係對上述相連動的各個面向提出一個統合的觀點。

透過對美國近年來實施資訊科技融入教學在軟硬體提供、教師的訓練與支援、改變教師的信念和願景、以及改變組織和文化的隔閡所遭遇的問題，所使用的對策，以及這些對策所產生的限制以及衍生的相關問題，我們可以對資訊科技融入教學將面臨的挑戰有更進一步的瞭解。同樣的，透過相同的架構來分析臺灣中小學的資訊融入教學現況，我們瞭解到臺灣目前也遭遇和美國相類似的問題。藉以往相關研究者的建議為基礎，本研究也提出一些可能的建議來降低目前臺灣在推動資訊科技融入教學的障礙。

臺灣地小但人力資源豐富，如果有適當的規劃和努力，在資訊科技融入教學的進展或數位學習產業的發展有十分雄厚的潛力。然而，我們也相信，在高度期待透過資訊科技提昇教學的同時，也需要有適當的後勤支援來協助教師達成這個期待。在訓練與支援有限，軟體基礎架構欠缺，組織文化有既定需求等障礙下，老師對應用電腦心存懷疑恐懼，甚至排斥拒絕的狀況是可以理解的。我們相信，在適當的硬體和軟體基礎建設的挹注下，以及適當的訓練課程架構下，將能讓教師更有意願、更有動機、也更有能力地投入透過資訊科技來革新教學的行列。我

們也期待，透過這些努力的整合，可以提供比「時間」因素（Becker, 2001）更為積極的作為，來加速資訊科技融入教學的進程，讓這個「慢得痛苦」的過程（Willis et al., 1999）有更順利的進展，也讓教師和學生能盡快地享受到資訊科技所帶來的實質教學效益。

致謝：本研究承蒙國科會研究計畫（NSC93-2520-S-00-004）及 Fulbright Foundation 在收集資料過程中的經費支持，特此致謝。

參考文獻

- 王文裕（2003）。新竹縣國民小學教師進行資訊科技融入教學的現況、意願及相關因素研究。國立新竹師範學院輔導教學所碩士論文，未出版，新竹市。
- 何榮桂（2000）。序言：電腦教室與教室電腦。《資訊與教育》，77，1-2。
- 何榮桂、藍玉如（2000）。落實教室電腦教師應具備之資訊素養。《資訊與教育》，77，22-27。
- 何榮桂、陳麗如（2001）。中小學資訊教育總藍圖的內涵與精神。《資訊與教育》，85，22-28。
- 邱瓊慧（2002）。中小學資訊科技融入教學之實踐。《資訊與教育》，88，3-9。
- 高雄市教育局（2003）。高雄市政府教育局資訊教育中心各級學校資訊基礎建設分析統計。2004年4月10日，取自 <http://epass.kh.edu.tw/school/statistics.jsp>
- 施娟娟（2003）。電子書包教學的理想與現實—對兩個實驗教學計畫的具體觀察。國立臺灣大學新聞研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 張國恩（2001）。教育部中小學網路推動委員會訪視計畫訪視報告。臺北市：教育部。
- 葉燈超（2003）。從教師資訊能力談資訊科技融入教學之困境及因應之道—以內湖高工為例。《資訊與教育》，95，69-74。
- 曾憲雄（2004）。建立中小學數位學習指標暨城鄉數位落差之現況調查、評估與形成因素分析。教育部電算中心數位學習國家計畫期中報告（NSC93-2520-S-003-04），未出版，臺北市。
- 黃承丞（2004）。教室用無線形成性評量軟體的設計與應用。國立臺灣師範大學資訊教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 韓善民（2000）。資訊教育推動現況與展望。《資訊與教育》，77，3-7。
- 韓善民（2001）。我國資訊教育發展現況與展望。《資訊與教育》，81，7-12。

- 臺北市政府 (2004)。「臺北市政府推動網路新都續階綱要計畫」評量指標。2004 年 4 月 10 日·取自 http://www.tcg.gov.tw/cgi-bin/classify/index.cgi?class_id=%41%30%33%2C%42%31%39%2C%43%30%35
- Aleven, M., & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26, 147-179.
- Anderson, J. R., Boyle, C. F., & Yost, G. (1985). The geometry tutor. In *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 1-7). Los Angeles: IJCAI.
- Anderson, J. R., Corbet, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. C. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *Journal of the Learning Sciences*, 4, 167-207.
- Barab, S. A., MaKinster, J. G., Moore, J. A., Cunningham, D. J., & The ILF Design Team (2001). Designing and building an on-line community: The struggle to support sociability in the inquiry learning forum. *Educational Technology Research and Development*, 49, 71-96.
- Becker, H. J. (1991). How computers are used in United States schools: Basic data from the 1989 I. E. A. computers in educational survey. *Journal of Educational Computing Research*, 7, 385-405.
- Becker, H. J. (2001, April). *How are teachers using computers in instruction?* Paper presented at the 2001 Annual Meeting of American Educational Research Association, Seattle, WA.
- Becker, J. H., & Ravitz (2001, April). *Computer use by teachers: Are Cuban's predictions still correct?* Paper presented at the 2001 Annual Meeting of American Educational Research Association, Seattle, WA.
- Bennet, D. E. (2000). The assessment and instructional management system: An innovative approach to evaluating the progress of students with disabilities. *Educational Technology*, 40, 33-36.
- Bennet, D. E., & Davis, M. A. (2001). The development of a computer-based alternate assessment system. *Assessment for Effective Intervention*, 26, 15-34.
- Birman, B. F., Desimone, L., Porter, A. C., & Garet, M. S. (2000). Designing professional development that works. *Educational Leadership*, 57(8), 28-33.
- Blumenfeld, P., Fishman, B., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35, 149-164.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom setting. *The Journal of the Learning Sciences*, 2,

141-178.

- Brush, T. (2003). Introduction to the special issue on preparing tomorrow's teachers to use technology (PT3). *Educational Technology Research and Development*, 51, 39-40.
- Chaney-Cullen, T., & Duffy, T. M. (1999). Strategic teaching framework: Multimedia to support teacher change. *The Journal of the Learning Sciences*, 8, 1-40.
- Clinton, W. (2000, January 27). *State of the union address*. Washington, DC.
- Corbet, A. T., Koedinger, K. R., Hadley, W. (2001). Cognitive tutors: From the research classroom to all classrooms. In P. S. Goodman (Ed.), *Technology enhanced learning: Opportunities for change* (pp. 235-263). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and underused computers in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cuban, L., Kirkpatrick, H., & Peck, C. (2001). High access and low use of technologies in high school classrooms: Explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, 38, 813-834.
- The Design-based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5-8.
- Dwyer, D. C., Ringstaff, C., & Sandholtz, J. H. (1991). Changes in teachers' beliefs and practices in technology-rich classroom. *Educational Leadership*, 48, 45-52.
- Elmore, R. F. (1995). Teaching, learning, and school organization: Principles of practice and regularities of schooling. *Educational Administrator Quarterly*, 31, 355-374.
- Elmore, R. F., Peterson, P. L., & McCarthey, S. J. (1996). *Restructuring the classroom: Teaching, learning, and organization*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Ertmer, P. A. (1999). Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47, 47-61.
- Fishman, B., Marx, R. W., Blumenfeld, P., & Krajcik, J. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 43-76.
- Fishman, B., & Pinkard, N. (2001). Bringing urban schools into the information age: Planning for technology vs. technology planning. *Journal of Educational Computing Research*, 25, 63-80.
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample teachers. *American*

Educational Research Journal, 38, 915-945.

- Guha, S. (2001). Integrating computers in elementary grade classroom instruction—Analyses of teachers' perceptions in present and preferred situations. *Journal of Educational Computing Research*, 24, 275-303.
- Guzdial, M., Rick, J., & Kehoe, C. (2001). Beyond adoption to invention: Teacher created collaborative activities in higher education. *The Journal of the Learning Sciences*, 10, 265-279.
- Haertel, G., & Means, B. (Eds.). (2003). *Evaluating educational technology: Effective research designs for improving learning*. New York: Teachers College Press.
- International Society for Technology in Education (2000). *National Educational Technology Standards for Teachers: Preparing teachers to use technology*. Eugene, OR: Author.
- Koedinger, K. R. (2001). Cognitive tutors as modeling tool and instructional model. In K. D. Forbus & P. J. Feltovich (Eds.), *Smart machines in education: The coming revolution in educational technology* (pp. 145-168). Menlo Park, CA: AAAI/MIT.
- Kozma, R. (2000). Reflections on the state of educational technology research and development. *Educational Technology Research Development*, 48, 5-15.
- Light, J. S. (2001). Rethinking the digital divide. *Harvard Educational Review*, 71, 709-733.
- Liu, C. T., Wang, H. Y., Liang, J. K., Chan, T. W., Ko, H. W., & Yang, J. C. (2003). Wireless and mobile technologies to enhance teaching and learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 371-382.
- McKenney, S., Nieveen, N., & van den Akker, J. (2002). Computer support curriculum developers: CASCADE. *Educational Technology Research and Development*, 50, 25-35.
- Moersch, C. (1995). Levels of technology implementation (LoTi): A framework for measuring classroom technology use. *Learning and Leading with Technology*, 23, 40-42.
- National Center for Educational Statistics (2000). *Teachers' tools for the 21st century*. U. S. Department of Education.
- National Center for Educational Statistics (2002). *Internet access in U. S. public schools and classrooms: 1994-2001*. U. S. Department of Education.
- National Grid for Learning. (2004). Retrieved April 26, 2004, from <http://www.ngfl.gov.uk>
- Newhouse, P., & Rennie, L. (2001). A longitudinal study of the use of student-owned portable computers in a secondary school. *Computers & Education*, 36, 223-243.
- Niederhauser, D. S., & Stoddart, T. (2001). Teachers' instructional perspectives and use of edu-

- cational software. *Teaching and Teacher Education*, 17, 15-31.
- North, R. F. J., Strain, D. M., & Abbott, L. (2000). Training teachers in computer-based management information systems. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 27-40.
- Norris, C., Sullivan, T., Poirot, J., & Soloway, E. (2003). No access, no use, no impact: Snapshot surveys of educational technology in K-12. *Journal of Research on Technology in Education*, 36, 601-612.
- Pajares, M. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-332.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Rogers, P. L. (2000). Barriers to adopting technologies in education. *Journal of Educational Computing Research*, 22, 455-472.
- Riel, M., & Becher, H. J. (2000, April). *The beliefs, practices, and computer use of teacher leaders*. Paper presented at the 2000 Annual Meeting of American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- Russell, M., Bebell, D., O'Dwyer, L., & O'Connor, K. (2003). Examining teacher technology use: Implications for preservice and inservice teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 54(4), 297-310.
- Sandholtz, J. H., Ringstaff, C., & Dwyser, D. C. (1997). *Teaching with technology: Creating student-centered classrooms*. New York: Teachers College Press.
- Sandholtz, J. H., & Reilly, B. (2004). Teachers, not technicians: Rethinking technical expectations for teachers. *Teachers College Record*, 106, 487-512.
- Schwartz, D. L., Biswas, G., Bransford, J. D., Buhuva, B., Balac, T., & Brophy, S. (2000). Computer tools that link assessment and instruction: Investigating what makes electricity hard to learn. In S. P. Lajoie (Ed.), *Computers as cognitive tools, volume 2: No more walls* (pp. 273-307). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Selwyn, N., Gorard, S., & Williams, S. (2001). Digital divide or digital opportunity? The role of technology in overcoming social exclusion in U.S. Education. *Educational Policy*, 15, 258-277.
- Sung, Y. T., Lin, C. S., Lee, C. L., & Chang, K. E. (2003). Evaluating proposals for experiments: An application of Web-based self- and peer-assessment. *Teaching of Psychology*, 30, 331-334.

- Sung, Y. T., Chang, K. E., Chiou, S. K., & Ho, H. T. (in press). The design and application of a Web-based self- and peer-assessment system. *Computers and Education*.
- Tyack, D., & Cuban, L. (1995). *Tinkering toward utopia: A century of public school reform*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- US Department of Education. (2004). *Preparing Tomorrow's Teachers to Use Technology Program (PT3)*. Retrieved April 26, 2004, from <http://www.ed.gov/programs/teachtech/index.html>
- Willis, J., Thompson, A., & Sadera, W. (1999). Research on technology and teacher education: Current status and future directions. *Educational Technology Research and Development*, 47, 29-45.
- Windschitl, M., & Sahl, K. (2002). Tracing teachers' use of technology in a laptop computer school: The interplay of teacher beliefs, social dynamics, and institutional culture. *American Educational Research Journal*, 39, 165-205.