

資訊科技數學教育

江紹祥

香港教育學院

摘要

本文旨在探討資訊科技如何與數學教育結合，發展應用理念藉以提高數學教學素質。文章首先討論資訊科技數學教育的內涵，分析香港數學教師應用資訊科技的現況，剖析資訊科技數學教育的潛能，然後從教師、教材及課程等角度，討論資訊科技與數學教育的關係，總結發展的原則。

一. 引言

普及數學教育的關鍵是引起學生的學習興趣。探討資訊科技在數學教育扮演的角色及功能，是其能否引起學生學習數學的興趣，誘發學習數學的好奇心，驅動學習的原動力。香港特區政府於一九九八年十一月製訂的策略性文件《與時並進善用資訊科技學習》(教育統籌局，1998)，已為未來數年資訊科技教育政策定下基調。文件對推動資訊科技教育已帶來初步的影響，其中引起數學教師關注及討論的題材，是演示系統在數學教學所扮演的角色。

演示系統源於方便商業報告而設計，報告內容盡在演示者所預計之中。數學教學則十分重視演算過程的互動和臨場的應變，若教師未能把握演示應用的神髓，則其在數學科的應用不單不會帶來互動效益，反而可能為教

學增添障礙，突顯演示系統的局限。部份教師誤會資訊科技數學教育，等同利用演示系統教授數學的情況著實令人憂慮。究竟訊科技數學教育的內涵是什麼？哪些資訊科技項目可應用於香港的基礎數學課程呢？

二. 訊科技數學教育的內涵

香港的基礎數學課程涵蓋五個範疇，包括數、代數、度量、圖形與空間、及數據處理(課程發展議會，1998；課程發展議會，1999)。應用於數學的資訊科技項目可歸納為三大類別：計算機、獨立軟件及網上資源。計算機包括獨立的計算機及軟件計算機兩方面。前者包括算術計算機，科學計算機及圖像計算機三類型。後者具備更強大的運算及顯示能力，如數十個位值的整數及小數、圖像處理等。表一例舉各類型計算機的用途及其應用範疇。

表一：各類型計算機的用途及其應用範疇

計算機類型	用途及軟件例子	數學應用範疇
算術計算機	四則運算	數
科學計算機	科學運算	數，數據處理
圖像計算機	科學運算及圖像處理	數，代數，數據處理
軟件計算機	科學運算及圖像處理 例如WinCalc, Winplot	數，代數，數據處理

獨立數學軟件主要包括供學習者自學的數學軟件包，一般辦公室應用的軟件系統，及特別為數學而設計的數學軟件系統。供學習者自學的教學軟件主要是商業產品，銷售對象以學生及家長為主(Kong, Man & Leung, 1998)。一般辦公室應用的軟件系統泛指文書處理、演示及試算表等，這些系統一

般亦可應用於數學教育，如數學文件製作、數學教學演示及探究環境的開發或使用等(江、文、梁，1999)。特別為數學而開發的軟件系統，一般針對數學的特定範疇而設計。適用於香港基礎數學課程的數學軟件系統，包括有電腦代數、幾何微世界及統計軟件等系統。表二例舉各類獨立數學軟件項目的用途、軟件例子或相關網址及其應用範疇。

表二：各類獨立數學軟件項目的用途及其應用範疇

獨立數學軟件項目	用途、軟件例子或相關網址	數學應用範疇
數學自學軟件包	一般以學生及家長為對象的商業產品，數學自學軟件包資料可在一些網址找到 例如 http://www.edmark.com http://www.tring.co.hk http://www.10outof10.com	各數學範疇
演示系統	製作教學演示 例如MS PowerPoint 97™	各數學範疇
文書處理系統	文件製作包括方程式、圖表及圖形等編輯 功能 例如MS Word 97™	各數學範疇
試算表系統	試算、圖表製作及數據處理 例如MS Excel 97™	數，代數，數據處理
電腦代數系統	符號運算及圖像處理 例如Mathematica™; Maple™; Derive™; MatLab™	數，代數
幾何微世界	幾何圖形處理 例如Geometric Supposer; Cabri-geometre; Geometer's Sketchpad; Wingeom; Winlab; MSW Logo	度量、圖形與空間
統計軟件系統	數據處理 例如SPSS; TableTop; Winstat	數據處理

網上數學資源主要可透過搜尋器在網上獲取，網上資源包括網上數學學習環境、數學教材及數學教學論壇等數方面。關於資訊科技數學教育的一些網上教學資源類別詳情，可參閱表三所列舉的相關網址。

表三：可應用於數學教育的一些網上數學教學資源類別

網上教學資源類別	用途及相關網址	數學應用範疇
搜尋器	尋找數學資源 例如 http://search.yam.org.tw	各數學範疇
網上學習環境	可在網上進行數學學習 例如 http://standards-e.nctm.org/1.0/normal/standards/standards_F5.html	各數學範疇
網上學習教材	可從網上瀏覽或下載數學學習教材如工作紙 例如 http://chsh.chc.edu.tw/u205	各數學範疇
網上教學討論	可於網上交流及討論數學教學問題 例如 http://www.fed.cuhk.edu.hk/~flee/mathfor	各數學範疇

已連到互聯網的教師可進一步漫遊所列舉的網址，瀏覽資訊科技數學教育資訊，亦可利用搜尋器尋找及下載如“Win”系列的共享軟件(例如：Wincalc; Winplot; Wingeom; Winlab; Winstat)，進行更深入的瞭解。

三. 香港數學教師應用資訊科技現況

資訊科技教育由香港特區政府公佈的策略性文件所啓動(教育統籌局，1998)，教學應用正處於起步階段。究竟數學科教師目前應用什麼資訊科技

項目於數學教育呢？表四顯示教師應用資訊科技備課或在課堂教授數學的統計結果。統計於一九九九年六月，在中文大學課程與教學系舉辦的數學研討會當日進行。參與研討會的數學教育工作者共三百多人，分為六小組，出席資訊科技與數學教學小組研討的教師共 50 人，中學教師佔約三分之一，小學教師佔約三分之二。表四結果顯示超過半數的中小學數學教師，使用文書處理系統及搜尋器，引證香港教師已踏入應用資訊科技的年代。當今文書處理系統一般具備方程式、圖表及圖形編輯等功能，亦可裝載圖像，是教師強而有力的數學文件製作工具。教師較廣泛使用文書處理系統，可視為其實用價值使然，而非教師為嚮往應用資訊科技，偶一為之的行為。

表四：香港教師應用資訊科技備課或在課堂教授數學的現況

應用項目	人數(出席教師共 50 人)	百分比
文書處理系統	28	56%
搜尋器	26	52%
計算機	18	40%
演示系統	6	12%
試算表系統	4	8%
幾何軟件	4	8%
網上學習環境	4	8%
電腦代數系統	3	6%
圖像計算機	1	2%
統計軟件	1	2%
網上學習教材	0	0%

教師具網上漫遊經歷，可藉搜尋器的幫助，提升其滑網能力。教師使用搜尋器必須具備搜尋主題，有意識地進行搜索。無論教師在搜尋初期是基於嬉戲的心態或其他原因，使用搜尋器的經驗，將無可避免使具數學教學經驗的教師，把兩者連繫起來，最終應用於數學教學工作。因此，過半數的數學教師曾經使用文書處理系統及搜尋器，是推動資訊科技數學教育的一項相當可觀的資產。

數學教師於教室使用計算機的比率佔百份之四十，比率並不高。究其原因與小學尚未開始施教使用計算機的課程有關。隨著小學數學課程的轉變(課程發展議會，1998)，計算機使用比率將於未來數年有所提高。然而圖像計算機偏低的應用比率，仍值得進一步的探討。

演示系統應用比率只有十二個百分點，應用率偏低可能的原因包括：第一、演示需要課室電腦及投射裝置等設備配合，但這些課室設備在現階段並未普及。第二、數學教學是一項真正的互動過程，演算步驟變化多端，預設的演示並不容易產生顯著的數學教學效果。數學教學演示的需求，並不能與一些需要多媒體輔助解說的教學科目相比，後者包括一些學科如生物、地理和常識等科。因此若數學演示率偏低是基於第二個原因，可視為健康的現象。究竟什麼因素導致數學演示應用率偏低呢？真正原因仍待進一步的探討。

試算表系統、電腦代數系統、幾何軟件及統計軟件的應用比率僅有數個百分點，應用及認知程度極為偏低，應用潛能有待開發。這些軟件系統將會是資訊科技數學教育的核心元素(Balacheff & Kaput, 1996)，其認知程度及

應用情況未如理想，是因為本地資訊科技數學教育尚處於起步階段，學生應用環境尚未普及，教師未及認識。應用上述軟件系統的充要條件是：(一)學生可運用充裕的電腦教室設備，親身應用這些系統進行學習。(二)教師可付出寶貴時間學習系統，善用環境開發教學應用。現階段的電腦教學資源仍相當繁絀，教師不甚掌握何時才能發揮這些系統的長處，學習的動力及意願自然不強。只有具說服力的應用條件和資源出現，教師才會願意付出時間學習。因此，應用率持續偏低一段時間將可預期。如何促進應用條件的成立，是值得探討的課題。

實施資訊科技數學教育遇到的問題

教師播放演示往往需要專注處理技術問題，教師可能因此而忽略了學生的學習需要，忘記了學生才是教學的對象。設計生動的數學演示，雖然可以輔助教師活潑地表達教學內容，但亦可能因此而降低了學生在課堂上參與的機會。學生受制於此等教學環境，處境可能更被動，妨礙數學學習。演示播放的技術支援，從設計到實施的每項細緻，必須以教師作為用家的角度考慮，找出支援方案，教師才能專注教學。演示的設計及其播放策略，則必須運用數學教師的專業教學能力作出判斷，才可取演示教學之長，而不受制於其短。這些從現職教師實施訊科技數學教育過程總結的寶貴經驗，值得參考及引以為鑑。

數學教師投訴使用網上資源所面對的種種技術困難，例如瀏覽及存取網上資源速度緩慢、瀏覽設備資源不足等。網上下載外語的教學軟件及教學

材料，除了要面對語言障礙，還需因應香港課程作出選擇或修訂才可應用。展望技術困難會隨著時間而逐漸消退，網絡速度緩慢的困局網絡最終將會被寬頻網絡所打破，電腦資源將會由於價錢的下跌而不會過於饋乏。應用限制的瓶頸仍囿於中文數學教材的缺乏，和配合本地數學課程而創作的軟件嚴重不足。沒有本地數學教師的參與，合適的軟件和教材會冒出來嗎？

教學軟件開發需要教師投入相當大量的時間和人力資源，不應是一般教師的工作。不過曾經開發教學課件的教師同時指出，教師往往能從軟件開發後取得的教學成果，而獲得相對的滿足感。曾經運用試算表系統開發應用學習環境的教師，覺得軟件交流值得推廣，但一套有效的交流方法仍有待探討。本地中小學各校教師正進行試驗，應用資訊科技於數學教育。雖然仍處於探索的初步階段，但是過半數的數學教師擁有使用文書處理及搜尋器的經驗，顯示數學科教師特別具資訊科技應用潛能，進一步的發展仍待教師的積極參與。

四. 資訊科技數學教育的潛能

資訊科技數學教育的應用潛能廣泛，當中包括：拓展教師教學能力，協助解決教學困難，提供探究環境發展構思能力，和緊密地聯繫數學與生活(江、潘，1998; Balacheff & Kaput, 1996; 江、文、梁，1999)。在適當的課題上運用教學演示處理數學題材，可加強教學效果。例如透過動畫演示可協助處理抽象數學概念；運用演示的特別效果可加強處理學生常犯錯誤，鞏固學生未能掌握的重要數學概念等。這些方案均不失為上佳的數學演示應

用。業界認同不運用資訊科技進行數學教學的教師，仍然可以是優質教師。惟專業教師應具備多種能力，在適當時提供有效的指導。發展教師的資訊科技能力，可協助教師提供多元的教學方案，在需要時選取合適的工具，協助學生進行學習。

教師施教數學出現技術層面的困難，亦可考慮尋求運用資訊科技來滿足教學需要。例如以紙張鋪貼教授分數運算，操作過程不單需時，處理不同題目亦需重複繁瑣操作。透過教學軟件的設計及開發，鋪貼分份的操作可以輕易地簡化，學生可專注於分數概念的學習，從而得益。開發教學軟件的困難，是開發涉及多方面知識的結合，包括人機界面設計、認知心理學知識的應用、教師學科教學知識(Pedagogical Content Knowledge) (Shulman, 1986)的統整和表達、及程序編寫等。教學軟件開發並非單單是時間、金錢的投入，而且涉及各方面專業知識的整合。因此，潛能仍待發掘。

教師亦可利用數學軟件系統，設計探究環境促使學生直接操控數值或數學物件進行探究活動(江、文、梁，1999; Balacheff & Kaput, 1996)。例如探索幾何圖形性質問題，學生可利用幾何軟件系統開發的環境，自由地把玩圖形物件，從而加深對幾何圖形性質的理解。把玩並非學習的全部，學生把玩數學物件前，應獲得教師適當的指示，把玩時須獲得輔導及協助，完結後教師應作出總結。把玩數學物件可為學生提供構思的內容及假設的測試，學生把玩後教師才運用嚴謹的數學手法處理數學內容，數學學習才更具意義和趣味。

教師亦可考慮透過真實生活的數據和模擬實驗，緊密地聯繫學生所獲取

的數學知識和生活經驗(Balacheff & Kaput, 1996)。講授不應是傳遞數學知識的主要工作，教師不能單靠演示完成數學教學工作。一個比較理想的方案，是設計演示與數學軟件系統互補的綜合教學環境：演示擔當傳遞數學知識的角色，數學軟件系統如試算表承擔數據運算和模擬實驗等工作。師生運用綜合教學環境可擺脫繁鎖的運算工序，學生因而可緊密地聯繫數學與生活應用。

五. 討論及建議

本文旨在探討資訊科技如何在香港數學教育開展，發展應用理念藉以提高數學教學素質。資訊科技數學教育與學校課程結合，必須從教師、教材及課程等角度著手。教師是結合的靈魂，但必須獲得教材的支援和課程的配合。

教師應按部就班學習資訊科技基礎知識。教師應按資訊科技的實用價值進行學習，而不需為嚮應其應用而勉為其難。使用文書處理系統及搜尋器，是一般數學教師學習資訊科技的起步點，此仍基於其實用價值使然。數學教師應用一般辦公室常用軟件系統，如演示、試算表等，亦應按教學需要尋找相關教材試用，當然亦可按教師的興趣及能力嘗試開發相關課件，試探教學成效。特別為數學而設計的數學軟件系統並非一般學校所擁有，共享軟件亦受支援限制，教師無須急於開發應用，但宜試用，感受其應用潛能。著手認識這些數學軟件系統是現職教師的專業行為，職前及在職教師培訓課程亦應作出重點介紹，為應用作好準備。

教師可參考政府有關部門、商業組織及出版商開發的軟件教材，探討教學的用途。但無論教師如何應用這些軟件教材，必需作出明智的選取及調節，以符合不同學校的教學需要(Kong, Man & Leung, 1998)。若教師能藉著豐富的教學經驗開發教學課件(Kong & Kwok, 1999)，則一方面可提供更佳的教學環境；另一方面可供學生在課堂繼續探究，以作學習之用；若學校的電腦設備不敷應用，教學課件更可供學生課後借閱，回家運用家庭或社區電腦作溫習鞏固之用；一舉數得。教師應用資訊科技教授數學，宜考慮配給傳統教學方法如工作紙互補教學需要。沒有數學教師積極參與開發教材的資訊科技數學教育，其應用潛能將不可能獲得充分發揮。若資訊科技課件能與各校、各地教師交流，教學資源將可被更充份利用。

資訊科技正衝擊課程的發展(Okamoto, 1997)。香港的基礎數學課程正在轉變(課程發展議會，1998；課程發展議會，1999)，轉變的其中一項原因建基於資訊科技的潛能。數學教育的目標不可能停留在追求運算能力，或單純要求嚴謹數學證明的思維能力。隨著教師引進更多更廣泛的數學軟件，學生學習重點將轉移到理解和真實的應用層面。學習的重心將是基礎的數學知識，概念的理解和數學知識的運用。轉變的關鍵在於資訊科技的強大運算能力所提供嶄新的學習模式—學生直接操控數值或數學物件進行探究。學習模式的轉變將導致教學角色的轉變，包括教學策略的轉變和教學法的配合。香港基礎數學課程的修訂謹謹是一個起點，隨著教師更深入認識及應用資訊科技進行數學教育，提供更多數學探究機會，引進新的數學教學法，數學課程將會獲得進一步的發展。

六. 總結

利用演示系統教授數學的討論，僅是資訊科技數學教育的一個起點。資訊科技數學教育涵蓋計算機、獨立軟件及網上資源在各數學範疇的廣泛應用。數學教育應用資訊科技的潛能尚待開發，其中包括拓展教師的專業教學能力，協助解決數學教學的實際困難，提供探究環境發展學生構思解決數學問題的能力，和緊密地聯繫數學知識與生活體驗。

發展資訊科技數學教育應按部就班，推行的原則可總結歸納為四個重點：(一) 從教師貼身的工作開始考慮應用，教師取得成效才願意付出時間進一步學習；(二) 從怎樣改進教師工作及學生學習的條件著手，因一般數學教師均十分重視教學成效；(三) 從多角度探索資訊科技數學教育的影響包括課程及教學法等，全面的考慮才能產生良好的教學效果；(四) 從長遠的角度觀看資訊科技數學教育的影響，因資訊科技數學教育的效果不容易觀察量度(Bigum & Kenway, 1998)。

資訊科技數學教育的核心功能，應是提升一般學生學習數學的興趣，驅動其學習的原動力。教師是否積極參與，教師教學思維能否突破傳統的嚴謹教學手法，將對數學教育應用資訊科技的成效起關鍵作用。

參考資料

- 江紹祥、文耀光、梁志強 (1999)：《電腦輔助學習：數學探究》。香港：三聯書店。
- 江紹祥、潘世榮 (1998)：資訊科技教育與教學範式轉向，《亞太教師教育及發展學報》1(2)，頁67-75。
- 教育統籌局 (1998)：《與時並進善用資訊科技學習：五年策略1998/99至2002/03》。香港：教育統籌局。
- 課程發展議會 (1998)：《小學課程綱要：數學科(大綱初稿)》，香港，教育署。
- 課程發展議會 (1999)：《中學課程綱要：數學科(中一至中五(初稿))》，香港，教育署。
- Balacheff, N. & Kaput, J.J. (1996). Computer-based learning environments in mathematics. In A.J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (Eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 469-501). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bigum, C., & Kenway, J. (1998). New information technologies and the ambiguous future of schooling - Some possible scenarios. In A. Hargreaves, A. Lieberman, M. Fullan, & D. Hopkins (Eds.), *International handbook of educational change (Part One)* (pp. 375-395). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kong, S.C., & Kwok, L.F. (1999). An interactive teaching and learning environment for graph sketching. *Computers and Education*, 32(1), 1-17.
- Kong, S.C., Man Y. K., & Leung, C.K. (1998). A survey of computer assisted learning software for Hong Kong Primary mathematics. *EduMath*, 7, 5-10.
- Okamoto, T. (1997). The framework and its meanings of new curriculum for Information Technology-Education from primary to senior high school in Japan. *Educational Technology Research*, 20(1-2), 25-32.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.