

## 數位科技與台灣未來二十年教學的趨勢

陳德懷

國立中央大學網路學習科技研究所

### 摘要

自 1980 年代中期開始，中小學校連續經歷三波數位學習的浪潮：第一波是個人電腦教室時代，第二波是線上學習時代，而第三波則是一對一互動教室時代。在本文中，我將試著解釋：為何我們目前正處於一對一互動教室時代的開端？為何一對一互動教室將造成教育的重大改變？為何這些改變在一對一互動教室時代之前無法發生？同時提出九個推測，試圖闡明台灣教室可能的改變方式。基本上，教室將從第一階段——追求個別化和效能，轉變為第二階段——追求個人化和全球公民素養。第一階段和第二階段之間的連結，同時也是網路世界和教室之間的連結，而目前網路世界和教室仍是各自分開的。數位學習應用取決於該技術的可取得性（availability），雖然此領域的研究者無法對這點有所影響，但卻可以建立令人信服的、能夠持續推廣的實驗據點，啟動教室的改革。我也相信在這些演變過程中，我們可以揭示許多教育的基本問題，讓教育產生根本的改變，開啓教育新紀元，並為它的來臨喝采。

關鍵詞：Bloom 的兩個標準差效能問題、電子書包、教中學、一對一互動教室、個人化

### 壹、緒論

除非有朝一日所有家長都在家工作，或是網路通訊頻寬發展到透過介面與介面的互動可以取代人們直接面對面的互動，否則學校將一直存在。即使上述兩個假設條件都成真了，未來學校也不會消失，這是因為孩子未來將「居住」或沉浸在眾多的虛擬世界，而學校或許就成為真實世界培養面對面互動最珍貴的場所。學校不會消失，但會改變。

然而，學校改變的時間和方式並不明確。在這篇表達對未來教育發展看法的文章裡，我針對台灣小學逐漸採納數位科技輔助學習而可能轉變的方式，冒昧地提出九個推

測，並闡釋可能發展的策略。我認為，其中一項可能的演變途徑是從追求個別化和效能，轉變為追求個人化和全球公民素養。在某種程度上，這些推測可延伸應用於全東亞的小學教室，這是因為東亞國家具有一項重要的共通點，那就是儒學傳統發揮的影響力遍及大中華地區，甚至延伸至日、韓等國家。

### 貳、第三波技術採納將帶來教室重大的轉變

1980 年代後期，我提出了學習同伴和學習環境的概念（Chan & Baskin, 1988, 1990; Chan, 1991）。當時要建立這套系統需要一

---

\* 通訊作者：陳德懷

電子郵件：chan@cl.ncu.edu.tw

\*\* 這篇文章改寫自 “How East Asian classrooms may change over the next 20 years”，原文於 2010 年刊登在 *Journal of Computer Assisted Learning*。

台價值五萬美元的電腦，因此我推測這套系統在二十年內是無法普及使用的，因為實在太過於昂貴了。

二十年後的現在，由於科技持續進步，科技應用遍及社會各層面。舉例來說，現今在使用個人電腦操作數位遊戲時，已不再需要二十年前笨重且昂貴的電腦。如今，數位學習在學校的應用亦將成為研發人員的挑戰，並可能帶來重大的改變。

今天社會的正規教育，從兩百多年前工業革命開始之後，大量普及於城市，採用的是大量生產的方式，也就是在教室裡一位老師對著一班學生傳授知識。事實上，現在的課堂教學方式，仍然是老師講學生聽，跟兩百年前沒有差別，但現在很多社會部門，包括商業、企業、醫療、各種政府單位都已經大量使用資訊科技，唯獨正規教育部門沒有太大的改變，且教育部門極有可能是最後接受資訊科技的社會部門。其中一個原因，正規教育是一個相對保守且較為穩定的社會部門，它們固定的文化不容易改變。雖然有一些學者（Collins, 2006）對未來學校改變並不樂觀，我仍然覺得，雖然時間比較長，步調比較慢，學校還是會一步一步的改變。

對於台灣來說，電子科技產業雖然發達，但資訊科技應用在學校教室的程度，明顯落後於其他先進國家，也包括鄰近地區如新加坡與香港。不管各地區現在的進度如何，因為正規教育的保守文化與特性，也因為我個人觀察的資訊科技對於正規教育影響的步調，我認為至少需要二十年的時間，才能產生真正的轉變。在這二十年過程當中，會出現什麼狀況？對此，我提出一些推測。

## 一、推測一：「一對一互動教室」時代的來臨

所謂技術採納（technology adoption）是指新技術大規模推廣的過程。技術採納的一個重要決定因素在於技術可取得性。由於技術可取得性之發展，過去二十五年來，學校經歷了三波技術採納。第一波始於1980年

代中期的個人電腦教室，當時每所學校有一至兩間電腦教室，每間教室最多容納數十台電腦。雖然電腦教室被當成科學實驗室在管理，但學校裡開始有個人電腦可以使用了。

學校經歷的第二波技術採納為線上學習，始於1990年代中期。每個人都可以對網路做出貢獻，這也造成大量線上學習資源和線上學習社群活動的積累。在2000年，台灣開始進行一項大型學習科技研究計畫，此研究的一個子計畫是建立一個大型的線上學習社群：「亞卓市」（Chan et al., 2001; Chang et al., 2004, 2007）。另一項子計畫是繼續研究未來教室，包含行動學習（Chang et al., 2003），以及研究實體教室的演變（Wang et al., 2004）。這項計畫剛好執行於網路蓬勃發展的巔峰時期，那段時期最值得注意的現象是：我們致力建立的兩個學習環境（線上學習和未來教室）是兩個分離的世界（圖1）。

無論線上資源多豐富，或亞卓市創造出的線上社群多有活力，學生只能在家或是放學後在學校的電腦教室使用。學生手邊沒有電腦，無法充分利用網路的好處；而老師只能有限或零星地使用網路資源。直至今日，這種情形仍然沒有太大的改變。

不過，從第二波技術採納開始，情況有了轉變。十年前，我們執行未來教室子計畫時，平板電腦每台要價約六萬多元台幣。目前，我們使用低價筆記型電腦要價約一萬多元台幣。這些筆記型電腦不僅價格下降，而且更為輕薄短小。此外，現在人們考慮使用電子閱讀器（e-reader），取代印刷書籍；未來，有些電子閱讀器將由電子紙張（e-paper）製成。電子紙張薄且具有彈性，像一般紙張一樣清晰易讀，甚至可以捲起。我們可以想像，未來學校教育的最佳個人設備，將會是低價筆記型電腦和電子紙張製成的閱讀器共同演變而成的設備。在接下來的部分，我把低價筆記型電腦、電子閱讀器，或是學生在教室裡使用的其他數位載具一併稱為「電子書包」。使用「電子書包」這名詞也提醒我們，它終將取代現在的紙本教科書。

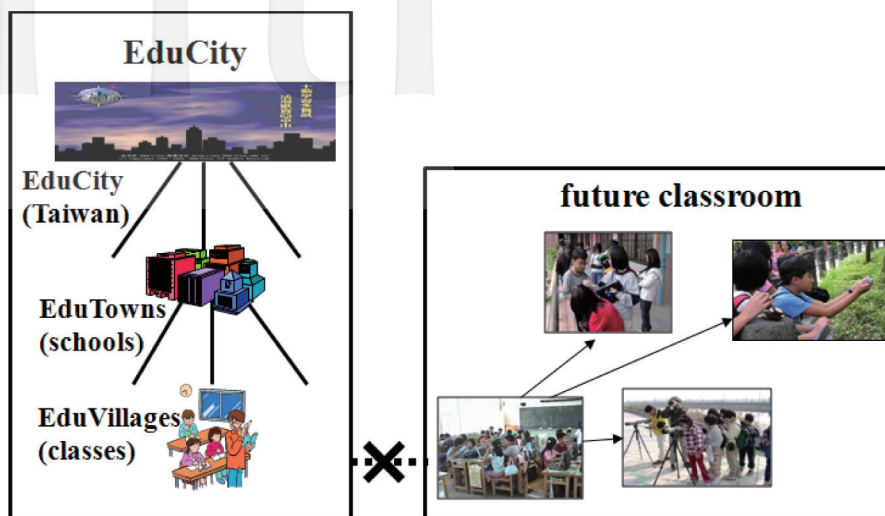


圖 1 線上學習和未來教室是兩個不同的世界

教室裡有電子書包和互動式電子白板（e-board）可供使用，代表第三波技術採納的出現，亦即一對一互動教室（簡稱一對一教室）。可以說，直到這波技術採納的出現，數位科技才有可能大幅度影響學校的教學方式。在一對一教室裡，電子書包取代了教科書和筆，電子白板取代了黑板和粉筆。比起前兩波的技術採納，一對一教室對學校的影響更深、更廣。應該注意的是，我認為電子書包比電子白板重要（我在後面將加以解釋）。我使用「一對一教室」一詞來表示電子書包、電子白板，或是連接到桌上型電腦的投影機所構成之教室。

## 二、推測二：教室將經歷重大的轉變

雖然技術的可取得性是所有技術採納的首要考量，不過創新的「連續性」影響了技術採納的速度。創新的連續性（Rogers, 2003）代表了創新能接近平時使用者的習慣程度，連續性越高，技術採納的速度越快。舉例來說，電子白板類似傳統的黑板和粉筆，但是將功能加以延伸；電子書包模仿傳統的教科書和鉛筆，但將功能加以擴大。

不久之前，台灣許多小學取得教育部經費贊助，購置了電子白板；有些學校也購置了「按按按」系統。教室裡在使用電子白板的同時，「按按按」系統可以加強師生間的

互動。然而，這種系統只是過渡產品，有朝一日，電子書包將加以取代。學生將不會完全依賴眼睛和耳朵去注意老師的講授，還要靠自己的手來使用電子書包學習。

推測二是我的主要論點，以下提出的七項推測可以視為支持這個推測的輔助論點，亦可視為描述教室即將發生改變的可能演進途徑。

## 參、未來一對一教室將以電子書包為中心並強調個別化

在與實驗學校老師互動的過程中，我注意到有位老師在討論中常常提到「個別化」一詞，而不是「學生為中心的學習」（O'Neill & McMahon, 2005）。對此我感到有一點迷惑，後來我想，她之所以偏好個別化而不是學生為中心的學習，或許是因為她認為應該在教學裡追求個別化，而「個別化」除了本身已經包含「學生為中心的學習」的概念，它所表達的意思更為直接明瞭。

## 一、推測三：一對一學習將成為學習主流

「一對一數位互動學習」（或簡稱「一對一學習」）（Chan et al., 2006）就是每位學生擁有一台輕便的電子書包，可以隨身攜



帶，在家裡、學校，或者戶外使用。為什麼電子書包重要？因為電子書包能促進學生在學習過程中有更多的「互動」，互動是學習的關鍵——不管學生與電子書包互動，或透過電子書包與同儕、教師互動。

胡適在〈讀書四到〉這篇文章裡指出，四到就是眼到、口到、心到和手到。心到，就是腦到。我們想像在一個教室的情境，一位老師在課堂上講課，每個學生也都看著這位老師，但我們可以確定學生們有聽進去老師說的話嗎？也許老師需要問學生問題才能夠確定，但老師有時間去問每一個學生嗎？

而手到，一定腦到；手到，就是互動。想像我們與電腦互動的經驗，我們並不會對著電腦做些毫無意義的輸入。手到，也一定要眼到，才能腦到。所以，一個學生與電子書包互動，一定要手到，手到就會眼到、腦到，才確保每個學生都有投入學習。手到強迫學生腦中要做一連串的小決定：接下來我該寫什麼？該填什麼？該選什麼？更特別的是，電腦對每一個小決定都可以做立即的回饋，那些回饋有可能是挑戰學生的小決定，使得學生不得不做更多的思索。學習就跟著提升了。胡適是杜威的學生，杜威鼓吹「做中學」，「做中學」其實就是要「手到」的意思。當學生的手忙於操作自己的電腦，與電腦互動，透過電腦與同儕討論互動，學習就會更為投入。

一對一教室將讓個別化變得可行嗎？回答這個問題之前，我們必須先闡明另一項議題：電子書包為中心的學習和電子白板為中心的教學之間將會出現戰爭。這個戰爭也是未來教室演變途徑的第一個十字路口，如果電子白板為中心的教學贏了，那麼，學生將持續面對同樣的情境，就像在傳統教室上課一樣，以老師為教學中心；但如果電子書包為中心的學習贏了，學生將花費大量時間使用電子書包，上課方式會變成班上學生每人使用一台電子書包，他們可直接從與電子書包的互動中學習，或是透過電子書包進行小組合作學習。同時，透過老師電腦，老師可以立刻看出學生答案的對錯，並根據學生不同的需求而進行個別輔導。

換句話說，在電子書包為中心的學習過程中，老師仍然會利用電子白板進行一些簡短講授（mini-lecture），不過使用電子白板的頻率不像在傳統教室使用黑板一樣頻繁。假如一對一教室強調電子白板為中心的教學，學生就不需要電子書包。但我們知道，一旦家長開始為孩子購買電子書包，教室中的電子書包使用將會擴大，更因為對個別化的需求，電子書包為中心的學習將會普及。

## 二、推測四：以自我步調學習來實現學習的個別化

每個學生的資質、學習速度、興趣都不同。長久以來老師都支持個別化。讓每位學生都跟得上、都能追求個人興趣，是每位教育工作者的目標；不過，缺少個別化，這些目標只是空談，教室不會有真正的改變。

在教室環境裡，個別化指的是課堂學習活動要考量個別差異。個別化有許多因素要考量，包括三個層面。第一個層面是重視個人學習，因為個人學習比較容易因應不同學生的狀況與需求，而有所調整。第二個層面是學習任務的範圍。例如，從大範圍來看，一個課程是否適合個別學生；或是從小範圍來看，某個學習步驟是否適合個別學生。第三個層面是學習速度。比如說，在一節課的時間內，我們希望所有學生以同樣的速度完成等量的習題？還是讓每個學生依照個別速度去完成習題？如果是第二個選擇，也就是讓學生依自我步調學習（self-paced learning）。

在一對一教室裡實行個別化的所有層面絕非易事。就學習速度這個層面來說，以我們在小學三年級的一個班級中做的實驗為例：我們採用了學生個別自我步調學習，每位學生透過與電腦互動學習數學概念。我們注意到有些時候，學習快速的十位學生完成二十道題目時，學習最緩慢的五名學生才完成了五題，所以班上最快的三分之一比最慢的六分之一的學生，在學習速度上至少快了

四倍。如果老師不特別針對學習速度上的個別差異，指派不同的課堂作業和回家功課，差距會越來越大，那麼學習速度最慢的學生最終會放棄學習數學。

## 肆、「教中學」模式的普及與老師角色的轉變

教中學是一種讓學生擔任教學者的學習策略。在過程中，教學者必須將知識加以消化並組織成可以讓同儕理解的方式。此策略讓教學者本身對於所學進行主動且深層的處理，進而加深理解以及維持記憶，並提升學習的成就感（Bargh & Schul, 1980; Biswas et al., 2001; Gartner et al., 1971）。

透過開課作為學習的方式豐富了學習的面向：在開課的過程中，老師準備教材，是一種學習；與學生們互動，是一種學習；當他與個別學生討論時，也是一種學習。例如，在亞卓市所舉辦過的線上開課比賽中，有一位十四歲、開了好幾次課的阿珠就表示，開課可以讓她把自己學的東西學得更好。另外，有一位十三歲的阿忠，他說他參加競賽的原因是因為他在一次科學競賽中，被一位評審懷疑作品是他的父母做的，因此他報名了這個開課比賽，要證明自己的能力（Young et al., 2002）。學生能做到的，常常比老師想像的還多，在一對一教室的時代，學習方式更為開放與自由，老師一定要更相信學生們的能力。

### 一、推測五：同儕互教會越來越流行

相較於強調個別化的自我步調學習，小組學習與個別化學習是兩種不同的學習模式，但兩種方式可以輪流使用。下面描述在一對一教室進行的「教中學」模式，基本上是一種小組學習模式，我們稱為「小小大老師」（little big teacher）。在小小大老師的模式中，學生個別完成自己的講義後，組成小組。組員彼此討論，然後整合彼此的講義資料。接著每一組派出一位成員，使用電子白板輪流以各組準備的講義進行教學，講完

之後，班上其他同學則利用電子書包投票系統，投給表現較佳的一組。所以，小小大老師的模式，藉由電子書包和電子白板把一對一教室變成一個舞台，讓學生表演他們事先準備好的內容。

我一方面大力提倡這種學習模式，另一方面預見在一對一教室裡，這種模式將十分普遍，因為教中學模式的每一個部分，平時就在教室中進行。只是平時在教室裡執行的人是老師，而在數位教室裡，執行的人是學生。

### 二、推測六：因材施教——老師將更了解每位學生

當推測四與推測五所描述的個別化學習與小組學習逐漸普遍時，老師講課的負擔就自然減輕。將來這種講授方式會轉型，變成一種「微型講授」（mini-lecture），意思就是內容少、時間短（例如五分鐘）的小型講授，在電子書包為中心的學習（個別學習與小組學習）過程中偶爾穿插進去。而老師就開始從事更為重要的工作——成為每位學生的個人導師。

在使用電子書包學習時，每位學生的動作都可以收集成為電腦裡面的資料，隨著時間累積，這些資料形成該學生的龐大學習檔案。有了每一位學生的完整學習歷程檔案，透過檔案分析工具，老師就可以監督、評估、判斷如何幫助學生，並確定如何與學生交流（以及放學後如何跟學生家長溝通）。

### 伍、解決效能問題，並轉向更高層次的學習目標

2008年，美國一群專家所提出的線上學習報告（Cyberlearning report）（Borgman et al., 2008）指出：

……過去25年來，只有少數的創新在教育上造成大規模的系統改變。儘管科技為醫學、工程、通訊以及其他領域帶來革命，但我們今日的教室、課本、授課方式卻與我們父母的時代大同小異。



現今的學生雖然頻繁地使用電腦、行動電話以及其他可攜式的科技裝置來溝通，卻沒有將這些裝置用在學習上……

這篇報告說明了社會對研究者有種期待，也就是希望我們證明科技能夠改善學生的學業表現。然而，結果卻是令人失望的。但在第三波技術採納浪潮的推動下，由於科技帶來的學習媒體與教學方式改變，我對一對一教室的未來感到相當樂觀，並認為在未來的十年，有希望解決效能問題，達到社會的期待。

### 一、推測七：老師的「教」與學生的「學」效能將大幅提升

Bloom 曾比較過兩個班級的學習方式 (Bloom, 1984)，每個班級都有三十位學生。一個班級是傳統一位老師對著全班的教學方式；另一個班級（實驗班級）則是每一位學生都有一位個人導師教導 (Bloom, 1980)。得到的結果相當驚人：實驗班級的表現以兩個標準差勝過傳統班級的表現。也就是實驗班約 90% 學生所能達成的學習成果，在傳統班級，只有表現優異的前 20% 學生能與之並論。

一對一教室的出現，標記了在未來幾年內，我們將有個平台證明 Bloom 的問題是可以被克服的。此外，也必須區別 Bloom 問題的兩個面向：弱問題與強問題。弱問題就是在一對一教室中能否改善學生的學業成績到兩個標準差？為了讓這個問題有更實際的幫助，我們必須面對 Bloom 的強問題，也稱為 Bloom 的效能問題：加了兩個條件後的一對一教室，是否也能夠改善學生的成績達到兩個標準差？

第一個條件是老師的努力。大家都希望在既定的努力之下能產出更多。因此，我們或許可以定義如下：

效能  $\Rightarrow$  學生的產出 / 老師的投入

換句話說，效能問題是為了讓產出增加到最大的效益，而讓投入降低到最小的成本。在此定義下，老師的投入指的是工作量或是努力。因此加入這個條件代表 Bloom 的效能問題和他原來的問題相同，但有一項事實除外：一對一教室裡，老師的工作量或花費的時間，並不會超過在傳統教室裡花的時間。

第二個條件是實驗的持續時間。Bloom 的團隊進行實驗的時間是三個星期。為了解決 Bloom 的效能問題，我認為每個學科的實驗至少都該進行一年。如果實驗僅止於一段很短的時間，研究者可能會企圖更改環境中的變因，以確保結果的有效性，這將難以評估實驗是否能夠完全融入一般課堂習慣。

### 二、推測八：學生有能力完成大量學習任務而不失興趣

在這個推測中，我會解釋為何透過一對一教室實驗可以解決 Bloom 的效能問題。第一個理由是進行活動的時間 (time-on task) 增加。舉例來說，在傳統教室裡，老師可能要花好幾分鐘來發講義，而在一對一教室裡，只要按個鍵就能立即完成。

第二個理由是參與學習任務有助於確保我們解決 Bloom 的效能問題。舉例來說，研究者可以設計學習遊戲，以釣魚遊戲為例，如果學生能正確解題就能釣到魚，那麼學生就有了明確的目標——藉由釣魚來贏得遊戲。有趣的是，學生參與任務的目的可能不同於設計者的學習目標——讓學生練習數學，但此學習目標已隱藏在遊戲裡，因此得以讓學生在不失去興趣的情形下繼續練習數學。

「學生將有能力完成大量學習任務而不失興趣」，這個大膽的推測，得自於我對「遊戲式學習」實驗的觀察：在相同時間內，學生經由遊戲完成的學習任務最多可達目前在校練習的十倍，而且學生不會失去對該學科的興趣。如果我們相信勤能補拙，那麼能確保學生學習成果的其中一個方式，就是讓學

生做大量的練習：我們都可利用這種方式達成目標，而不讓學生對該科目失去興趣。無論研究者有沒有興趣證明或反證這項推測，我都不建議讓學生做這麼多練習作業。因此，這個推測證實後的另一項意義，就是學生或許不需要花這麼多時間做家庭作業，最多將練習任務加倍可能就已經足夠了。最後，和其他推測不同的是，本推測主要是支持 Bloom 的效能問題得以解決的第二個理由。

教中學模式的普及，是解決 Bloom 效能問題的第三個理由。當我們提到深度的課堂教學模式時，通常都會聯想到探究式學習、合作學習、反思學習、小組競賽遊戲等等。而教中學捕捉了這些模式中的大多要素。舉例來說，小小大老師模式涵蓋了以下內容：了解教材以確認完全瞭解；在網路上搜尋補充資料；透過設計與構思來製作教材；與同儕協商，整合彼此的講授課程；透過口頭的說明進行面對面的課堂教學。教中學在學習和知識取得兩方面，產生了一種擁有感，讓學習態度更積極。因此，如果學生有能力承接大量學習任務的推測，能確保學生在能力所及的範圍，經過大量練習後可以達到學習目標，且增強學生的自信心，那麼教中學則能確保學習的品質良好。兩者對解決 Bloom 的效能問題都有相當大的貢獻。

Bloom 的效能問題將有可能獲得解決的最後一個理由是：老師將轉為每位學生的個人導師。這四個理由讓我相信，未來十年內，研究者將逐漸解決 Bloom 的效能問題，而邁向兩個標準差。

### 三、推測九：一對一教室的未來——追求個人化和全球公民素養

我在前面一系列的推測中，已說明教室受數位科技的影響後會如何演進。當前述的問題解決後，一對一教室將面臨三種選擇：其一，讓正規考試的學業成績，遠高於其他傳統課堂學習；其二，將課程大幅提升到更進階的程度；其三，在完成基本要求後，讓上課時有探究其他領域的學習機會。

如果選擇了第三個選項，將得到兩種解放：老師不再囿於老師為中心的教學法，學生也不必再努力達成課程所要求的程度，因為他們不再需要花這麼多時間與努力就能達成目標。這也會讓一對一教室的演進達到第二個階段——追求個人化以及全球公民素養。換句話說，如果我們不無止盡地追求學業成績，而老師也能大幅降低工作量時，那麼師生雙方都能自由地追求其他更有意義且更重要的教育目標。

現今學生的學習內容大多取決於課程設計者。相反地，個人化學習則鼓勵讓學生的學習內容，部分來自他們自己的選擇。學生深入學習自己有興趣的科目，如果產生了瓶頸或問題，學生則會轉而學習其他科目的知識以解決他們的問題。例如，一位酷愛機器人的學生，會願意花很多時間去做一個機器人。當他遇到困難，必須利用電腦程式或是數學觀念解決時，他也許就會去學習程式設計或是相關的數學概念，繼續完成機器人的組裝。在學習程式設計或相關數學概念的過程中，該學生有一個目的——解決手邊的問題。

除了追求個人化之外，全球暖化等各種危機也刺激了「全球公民素養」成為教育關切之事。這意味著我們必須將自身關注的問題，如對家庭的關愛，轉移到全球性的問題上，促使我們了解並追求世界和平、全球環保等等。「個人化線上課程」提供了最佳的平台讓他們討論各種相關議題。

為什麼一對一教室會成為一個培養全球公民素養的媒介？有一次我走在一個學校的走廊，旁邊都是同一個年級的教室，每個教室的老師正在教相同的科目，然而，他們完全不知道他們有各自不同的教學方式。意思就是說，如果你是一位老師，你正在教一門課，你完全不知道另一個教室的老師是如何教學。但一對一教室完全改變這個狀況，透過電腦與網路，不只老師了解自己班上每一位學生的學習狀況，也同時了解全年級學生的學習狀況。對於學生來說，不只透過與他的電腦互動來學習，也可以透過它與班上



其他同學或不同班的同學合作學習，也可以與不同年級的同學一起合作學習（例如高年級的學生當小老師，透過網路教低年級的學生），或是與不同學校的學生一起合作學習，甚至是與不同國家的學生一起合作學習，從技術面來說，這些全部都可以做得到。因此，培養全球公民素養必然成為數位時代追求的教育目標之一。

如果電子書包和電子白板正為個別化和效能做好準備，那網際網路的蓬勃發展，應該已經讓我們為個人化和全球公民素養做好準備。網路世界和教室世界的連結（圖2），顯示出兩種不同目標的追求有所轉變（或合而為一）。個人化與全球公民素養或許最終可能成為正式課程的一部分。

事實上，從第一階段（追求個別化與效能）到第二階段（追求個人化與全球公民素養）的轉變，宣告了正規教育的舊時代已過去，而數位世界中正規教育的新時代已經來臨。在這個嶄新的世界中，學習、遊戲、工作的界線可能變得模糊，學生可能時常往返於兩個不同層次的活動：遊戲的世界與課程內容的遊戲。遊戲的世界由多個線上遊戲組成，學生會在這個世界尋找對他們來說相當寶貴的東西——自信、自我認同、社會地位等等，這些都是他們在現實世界中不易找到的。目前紙本教科書的所有內容將會重新

設計成與其相關的遊戲，以不同的方式「包裝」，並與不同的遊戲世界相連結，引領學生參與不同層次的活動。

## 陸、對於政策一些建議

2007年，關於《華盛頓郵報》有一則新聞：

*根據美國教育當局的一項研究顯示：高達二十億美金產值的教育軟體產業雖已成為全國學校系統的寵兒，但對學生的成績表現卻沒有顯著的影響……*

就我過去十多年的觀察，不管是美國、新加坡、香港等地的教育政策制定者，都相信資訊科技轉變學校，需要利用企業的高效率，協助讓科技融入學校，並以此提升學校的效率。這種政策取向，雖然沒有明說，但就我來看顯而易見。然而，這種取向出現兩個嚴重的盲點：第一、學校的文化跟企業的文化互相牴觸，兩者沒有相同的語言，正規學校不歡迎有商業氣息的單位介入；第二、學校的改變，是老師教學過程的改變，這是一個長時間的過程，企業為了營利不能等。在企業的眼中，他們提供的是工具，老師能用這些好工具，教學就會改善；但在老師眼

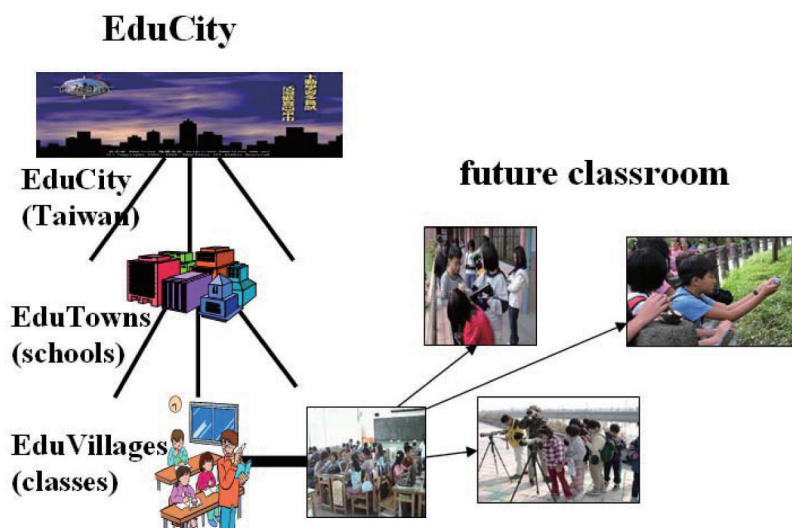


圖2 網際網路和教室世界的連結



中，不同的內容，有不同的教學方法，需要不同的軟體工具，而且永遠都有更好的教學方法，永遠都需要更好的軟體工具。學校能等，企業不能等。這也解釋上面那則新聞，企業所關心的是能不能把他們認為很棒的軟體賣給學校，至於老師要不要用，用起來好不好，並不是他們關心的事情。

對全世界來說，也包括台灣，改變學校，大學的研究團隊一定是扮演火車頭的角色。大學的教授，本身也是教育工作者，也是老師，不管是與中小學的老師，或者與他們大學的同仁，都有相同的文化、語言。還有，大學研究團隊，不像企業每一季都必須對營收負責，他們可以做多年的研究。

對台灣來說，企圖改變學校的努力，似乎不太願意花足夠的時間建立可以作為示範和推廣的實驗點。我們該學習鄧小平，以點與面並進的方式，推動中國大陸改革開放的一些策略。面的部分（大政策）不說，就點來說，他很早（1980年）就選定一個靠近香港的農村——深圳——作為特區，給它足夠的自由、足夠的支持、足夠長的時間去學習香港的資本主義（他到深圳南巡發表講話，說深圳已經是成功的例子是1992年）。深圳之後，上海及大陸其它沿海城市都相繼改革開放，開放的趨勢再也不能逆轉。

數位轉變學校，一定要從點做起，就算犯了錯，只影響點，不影響面，更重要的是在點出現的錯誤，都可以很快地修正過來，並不斷改善。規模小，錯誤是小錯誤；規模大，一定是大錯誤。改無數的小錯誤，可以；改無數的大錯誤，不可能。

## 柒、總結

我需要一項工具為我提出的推測做個總結：從 John Self（1974）提出的架構再加以延伸的教室架構（請見圖3和圖4），一開始這個架構是為了電腦而提出。

圖3表示因為舊的教室媒體促成老師為中心的模式，而傳統教室的課程內容，透過印製的材料，則與老師為中心的模式互相配合而發展。圖4表示因為低價電腦與電子紙的共同發展，最終取代紙本教科書，加上電子白板與網路，成為新的教室媒體。師生互動模式從老師為中心的模式，轉化為自我引導和合作學習為主，老師講解為輔的學生為中心的模式。課程內容也轉為能夠緊密配合在教室中的師生互動模式，且與教室中的硬體（如書桌與椅子）環境相互數位連結的數位內容。

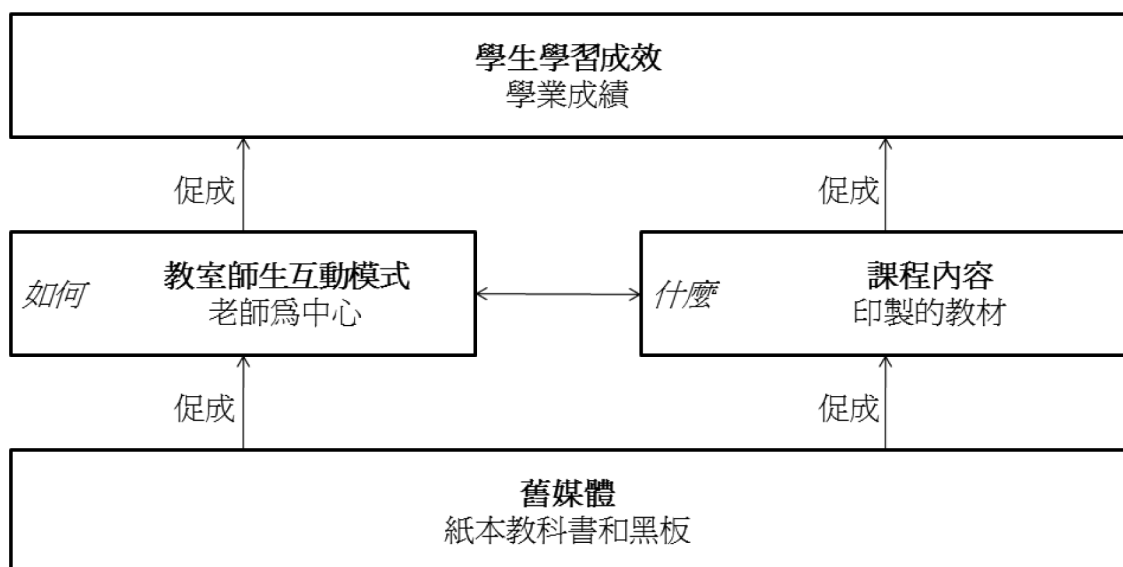


圖3 傳統教室架構

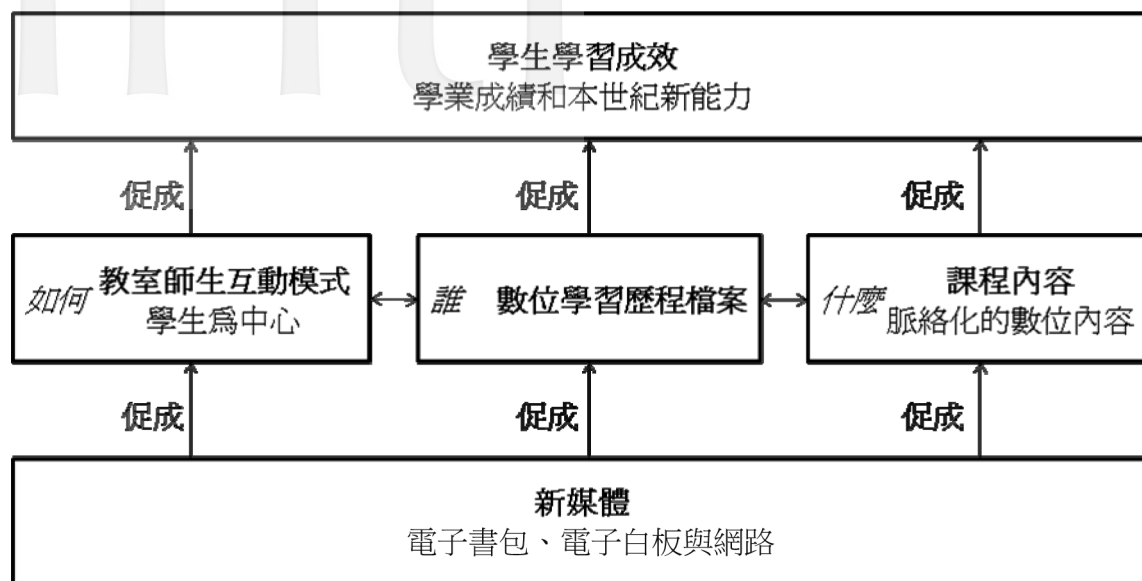


圖 4 一對一教室架構

在新教室媒體時代，每位學生與電子書包的各種互動（例如打字、手寫、點選、甚至對電子書包說話或凝視），都能在處理之後形成個別學生的「數位學習歷程檔案」，使系統更能促進學生的個別化與個人化學習。至於學生學習成效，在圖3的舊教室媒體時代，顯示了台灣社會仍主要關心各學科的學業成績。然而在圖4的新教室媒體時代，以學生為中心的互動模式，不只促進學業成績，同時在過程中培養自信心、學習興趣、批判性思考、團隊合作、解決複雜問題等新世紀所需要的能力。

根據這個架構來看，在推測一說明了教室裡每位學生對電子書包技術的可取得性，同時可能再加上電子白板（參見圖4的底層），將成為改變的源頭：「促成」的媒介從教科書與黑板變成電子書包、電子白板與網路。這項改變開啟了一對一教室的風潮。

推測二是整體性的推測：教室將出現重大的轉變。由於中間層要素的改變，因此造成重大的轉變：一套核心的教室教學模式、情境化內容的課程、完整且受保護的學生檔案；以及頂層要素的改變：學業成績的進步與培養本世紀所需要的新能力，例如解決問題、創造力、團隊合作、終身學習等。

推測三、推測四、推測六提及中間層的改變：「方法」、「對象」、「內容」。推測三指出，電子書包使用的普及，源自教室中使用電子書包的需求逐漸增加。推測四認為個別化不僅用在自我步調的個別學習，也用在小組學習。這也意味著，整體課程需全盤重新設計，成為符合情境的數位教材。所以推測四、推測六指出，老師的角色有了重大改變——成為每位學生的個人導師。老師可以將心力多放在全班學習速度較慢的六分之一學生身上，使每位學生都能達到標準課程要求的程度。

推測七是個大膽的假設：利用學生學業成績上的大幅進步，展示 Bloom 的兩個標準差效能問題將獲得改善。推測八，假設「學生將有能力承接大量學習任務」，推測五假設「教中學」課堂學習模式的普及，這兩個推測都是支持 Bloom 問題的推測。

推測九是結論的推測。相較於在追求個別化時學生相對被動的角色，在追求個人化的過程中，學生扮演了較主動的角色：學生在有興趣的領域中探索個人潛能時，老師和課程會配合學生的主動選擇。此外，當我們談到本世紀必備的新能力時，我們應該從學生的角度來「包裝」這些能力，並且讓老師來協助學生達成個人化的目標。至於培養全



球公民素養，則應特別注意與「內容」要素的關聯，將教育的關注散佈在每一個學科。

在一對一教室的架構裡，就教室的改變而言，最重要的因素是一套核心教學模式（方法）。這是因為教學模式改變之後，學生學習的結果（頂層）會隨著改變，且課程相關的情境內容（內容）也會改變。再來透過電子書包（底層）廣泛收集學生資料時，學生檔案（對象）也會改變。因此，教學模式的改變會引發一連串的改變。一套核心教學模式包含了如何學與如何教兩個部分，這是促使教室改變的關鍵因素。不過，學習方式取決於教學方式，而教學方式是很難改變的。因此，如果研究者能夠一起組成團隊，而提供研究資金的單位也願意支持長期研究計畫，以建立一對一教室的實驗據點，那麼我們就能透過以學校為基礎的推廣來開啟教室改革。

## 致謝

感謝國立中央大學學習科技研究中心提供研究資源，以及何淑華、古洋明、藍鈺婷、官佳瑩，協助本文編修，還有審查委員的意見。

## 參考文獻

- Bargh JA and Schul Y, 1980, "On the Cognitive Benefits of Teaching," *Journal of Educational Psychology*, 72, 593-604.
- Biswas G, Schwartz D, Bransford J and TAG-V, 2001, Technology Support for Complex Problem Solving: From SAD Environments to AI, in Forbus KD and Feltovich PJ (Eds.), *Smart Machines in Education*: 71-98, Menlo Park, CA, US: AAAI Press.
- Bloom BS, 1980, *All Our Children Learning*, New York, US: McGraw-Hill.
- Bloom BS, 1984, "The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-on-One Tutoring," *Educational Researcher*, 13, 4-16.
- Borgman CL, Abelson H, Dirks L, Johnson R, Koedinger KR, Linn MC, et al., 2008, "Fostering Learning in the Networked World: The Cyberlearning Opportunity and Challenge," *Report of the NSF Task Force on Cyberlearning*, Arlington, VI, US: National Science Foundation.
- Chan TW, 1991, "Integration-Kid: A Learning Companion System," in *Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence*, Morgan, Australia: Kaufmann Publishers, 1094-1099.
- Chan TW and Baskin AB, 1988, "Studying with the Prince: The Computer as a Learning Companion," in *Proceedings of ITS'88*, Montreal, Canada: University of Montreal, 194-200.
- Chan TW and Baskin AB, 1990, Learning Companion Systems, in Claude F and Gilles G (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: At the Crossroads of Artificial Intelligence and Education*: 6-33, Norwood, NJ, US: Ablex Publishing.
- Chan TW, Hue CW, Chou CY and Tzeng OJL, 2001, "Four Spaces of Network Learning Models," *Computers & Education*, 37, 141-161.
- Chan TW, Roschelle, J, Hsi, S, Kinshuk, Sharples, M, Brown, T, et al., 2006, "One-to-one Technology-enhanced Learning: An Opportunity for Global Research Collaboration," *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 1, 3-29.
- Chang B, Cheng NH, Deng YC and Chan TW, 2007, "Environmental Design for a Structured Network Learning Society," *Computers & Education*, 48, 234-249.
- Chang CY, Sheu JP and Chan TW, 2003, "Concept and Design of Ad Hoc and Mobile Classrooms," *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 336-346.

- Chang LJ, Chou CY, Chen CH and Chan TW, 2004, "An Approach to Assisting Teachers in Building Physical and Network Hybrid Community-Based Learning Environment: The Taiwanese Experience," *International Journal of Educational Development*, 24, 383-396.
- Collins A, 2006, "Information Technologies and the Future of Schooling in the United States," *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 1, 145-155.
- Gartner A, Kohler MC and Riessmann F, 1971, *Children Teach Children: Learning by Teaching*, New York, US: Harper and Row.
- O'Neill G and McMahon T, 2005, Student-Centred Learning: What Does It Mean for Students and Lecturers? in O'Neill G, Moore S and McMullin B (Eds.), *Emerging Issues in the Practice of University and Teaching*, Dublin, Ireland: AISHE.
- Rogers EM, 2003, *Diffusion of Innovations*, 5th ed., New York, US: Free Press.
- Self J, 1974, "Student Models in Computer-Aided Instruction," *International Journal of Man-Machine Studies*, 6, 261-276.
- Wang HY, Liu TC, Chou CY, Liang JK, Chan TW and Yang S, 2004, "A Framework of Three Learning Activity Levels for Enhancing the Usability and Feasibility of Wireless Learning Environments," *Journal of Educational Computing Research*, 30, 331-351.
- Young SSC, Chan TW and Lin CB, 2002, "A Preliminary Evaluation of a Web-Mediated School for All," *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 211-220.



## How Digital Technology Changes Taiwan's Education in the Next 20 Years

Tak-Wai Chan

Graduate Institute of Network Learning Technology, National Central University

### Abstract

Technology adoption is determined by the availability of that technology, and we researchers in the field, on the other hand, have little influence over technology availability. Yet, we can build compelling, sustainable and “disseminable” experimental “one-to-one” interactive classroom sites to set out classroom reform. In fact, three overlapping waves of technology adoption -- the personal computer lab wave, the online learning wave, and the one-to-one interactive classroom wave -- our schools have been experiencing since the mid-1980s. By proposing a series of conjectures, I described with some confidence how classrooms in Taiwan may change in the next 20 years.

**Keywords:** Bloom's 2-sigma productivity problem, e-bag, learning-by-teaching, one-to-one interactive classroom, personalization

---

\* Corresponding Author: Tak-Wai Chan

E-mail: [chan@cl.ncu.edu.tw](mailto:chan@cl.ncu.edu.tw)