電腦網路對微積分教材所產生之可能影響

單維彰
中央大學數學系
shann@math.ncu.edu.tw
http://www.math.ncu.edu.tw/~shann/

一九九八年五月二十二日

第二屆微積分教學研討會論文
中正理工學院
一九九八年六月三日

電腦網路剛開始對我們的生活產生全面的影響. 除非是一位投入全付精神研究此現象的社會科學家或心理學家, 像筆者這樣的芸芸大眾, 只感到身在此山中的那種迷惑, 實在難以鳥瞰全貌.

既知無法鳥瞰全貌, 卻又因爲工作所需不得不看, 至少可以來一番瞎子摸象. 我打算列出幾句箴言, 藉由這幾句話所指引的方向, 來看看電腦網路對微積分教材所產生的影響. 或許我們的討論也適用於其他學科的教材, 但那些副作用不是本文的目的.

- 第一句箴言

  The Network is the Computer. (*SunSoft*, 1995 (?))

這一句話是昇陽公司推銷 Java 系統的廣告詞, 但是現在儼然成爲時代名句. 有關這句話的闡述, 也許不太必要. 舉凡 e-mail, ftp, WWW 和模擬遠端電腦之終端機的 telnet, 都使得我們早已進入網路通訊的時代. 但是這句話有更遠的意義. 至少就商業野心來說, 決不僅止於透過 WWW 搜尋和閱讀多媒體的資訊而已.

現在 (1998), 當我們使用電腦網路的時候, 我們多少還知道提供服務的遠端電腦是誰 (domain name or IP address). 我們知道所執行的軟體是誰製造的, 儲存在我們硬碟的什麼位置 (path), 而當它執行的時候, 耗掉我們電腦裡面多少的記憶體和處理器時間. 換句話說, 我們知道什麼東西在"這裡"什麼東西在"那裡". 而未來, 如果上面那句話果眞實現的話, 這一層認知將變成無所謂的.

就像我們把電插頭插進電源插座, 電就來了. 我們不必知道這電是石門水庫發出來的, 還是金山核電廠發出來的. 就像我們打電話到美國, 撥了號碼接通就講話, 我們不必知道這訊號是從楊梅上了人造衛星, 還是從頭城下了海底電纜 (還是兩者皆是); 我們也不必知道那提供越洋傳遞服務的是 AT&T 還是 Sprint (甚至是 NTT). 這樣的例子其實不是特例, 而是商業活動的常態. 誰知道有線電視公司送過來的電視訊號其實由誰提供? 誰知道從家樂福買回來的空心菜其實由誰種植? 即便我們知道, 每個月付費給台灣電力和中華電信, 並不代表我們和提供服務的各個方面打了交道. 而電力公司更新了繼電器, 或者電信公司更新了交換機, 完全沒有必要麻煩我們. 就我們使用者而言, 他們的服務越好, 等於我們越不感覺他們的存在.

電腦的服務, 可能也要變成這個樣子. 以前一台電腦幫我們做的事, 以後可能是整個網路在做. 而且那複雜的服務來源毋須使用者費心. 我們的電腦用某種方式插在網路上, 不論我們需要的是符號運算, 還是幾何作圖, 還是試算表, 總是呼之即來揮之即去. 我們不知道這些軟體是誰提供的, 也不必知道它的版本序號, 我們甚至不必知道這些計算是在哪裡執行的. 這個巨大的網路消失在我們小小的螢幕 (或者大大的螢幕) 後面, 我們冤有頭債有主的對象, 變成某個提供整合性服務介面的公司. 而這整個網路的利益要如何地雨露均霑或錙銖必計, 不關使用者的事. (如果您不僅只是個消費使用者, 那可就不能馬虎了.)

例如美國 Argonne 實驗室在今年初發佈的 NetSolve 系統, 就是一個初步的範例. 客户端用 C/C++ 或 FORTRAN 或 Matlab 的語法, 宣告一個 10000x10000 的矩陣再要求計算它的特徵值, 然後就靜候佳音了. 使用者不知道執行計算的是全世界三四個高速電腦中心的哪個電腦 (或哪些電腦), 也不知道對方選用的演算法, 甚至不必知道他所宣告的大矩陣其實放在哪裡 (他可能也不確定答案對不對).

現在我們知道, 網路所提供的, 不僅只是文字或圖片資料, 還包括了計算. 簡單地說就是網路提供所有我們所知的電腦可以提供的服務. 我們的微積分教材, 將要融入這樣一個電腦網路系統之中. 這樣的教材非但包含傳統的文字和圖片, 還要包括計算. 所謂的計算, 不是單純地好像在桌面上擺一本書, 在書旁邊擺一支計算器那樣的計算. 而是計算與教材成爲一個整體. 教材中的算式文字符號, 可以在教材中被驗算或實驗; 教材中的圖片及動畫 (甚至聲音), 可以在教材中被改變參數而即時重造. 我猜想, 在新一代學生的眼中, 一個不能自己設參數去玩耍的示範模型, 將根本不成爲一個模型. 而且這一切不必由同一個人完成, 也不必被儲存於同一個位置. 同儕競爭的公平環境, 使得任何人得以貢獻資訊或是參與牟利. 基本上讀者將不必知道他眼前的教材來自於哪裡, 或是何時需要更新.

如果您擔心網路頻寬 (或者說傳輸速度) 的問題, 那麼至少目前的 WebCD Publication 技術可以彌補網路速度之不足. 由衛星傳播的 DirectPC 即將上市, Gigabyte Network 也已經走出了實驗室. 所以我個人倒不太擔心未來的網路頻寬問題.

成爲基本溝通工具的電腦網路, 使得不同時間與不同地點的讀者可以針對同樣的問題交換意見, 這些使用者的回饋也有機會迅速地改良目前的產品 (教材). 公開於網路上的題庫, 如果受到公平而大量的使用, 那麼可以較正確地建立其難度常模, 也不失爲另一種考核的參數.

但是太大量的資料等於沒有資料, 因爲人們無法閱讀也無法吸收. 散布在網路各處的教材無從一一閱讀以考察其品質與適用範圍. 全自動的人工智慧代理人軟體 (Internet Agent), 或許有一天能夠解決問題. 但是最近比較可行的辦法, 似乎是組成教材合作小組, 由一些眼光類似志趣相投的同儕, 分別搜尋、篩選、或製造教材, 在某種環境下集中並分享這些成果.

針對這些需求, 我個人的願景是期望某種輔助工具的出現. 我將在後面闡述第三句箴言的時候, 描繪那個工具的外貌. 其內部設計的細節, 就不必在此叨敘了.

- 第二句箴言

  The human mind is seldom satisfied, and is certainly not exercising its highest functions, when it is doing the work of a calculating machine. (*J. C. Maxwell,*

1870)

在關注電腦的文字處理與多媒體呈現之功能時, 不要忽略了她的最原始功能: 計算. 在這一方面她也有長足的進步. 對於微積分的學生或使用者 (比如說工程師和精算師), 衝擊最大的應該是符號計算軟體. 我們幾乎可以說, 這些軟體不能算的計算題, 一個學生也不能算. 當大部分的微積分計算題已經屬於那種 calculating machine 的工作範圍時, 微積分老師不能假裝這種軟體不曾發生, 而繼續要求學生做我們年輕的時候所練習的那些計算題. 至少, 在這個民主的時代, 我們得要準備一套合理的說辭, 等著應付這樣的質難 (因爲以後你要參加的研究所入學考試還是這樣考!)

關於符號計算軟體, 我相信在今天已經受到數學同仁們的注意, 針對於此的論述已經很多, 或許不需我著墨過多 (其實是著碳過多). 我想要模擬消費者 (比如說工學院的學生或同仁) 質問一個另類問題. 數學常常自翎以簡馭繁. 微積分更是此中的翹楚. 在古早沒有計算機的時代, 當工程師需要算一大堆數的和, 他們可以將問題化成一個連續統 (continuum) 模型, 因此那一大堆的算術問題就轉變成一個積分式. 熟知微積分運算技巧的工程師就可以藉由求反導函數而輕易地獲得答案. 在那個時代, 運用智巧的積分功力確實比精確計算的蠻力要有意義. 但是, 當這股蠻力可以到達每秒一千萬次的速度, 而且是在很便宜的條件下由機器代勞的時候, 難道我們不該重新衡量它們的意義嗎?

由於微積分工具的成功, 許多原來明明不適合連續統模型的問題, 爲了計算上的以簡馭繁, 也硬是套用了連續模型, 以期搭上微積分的便車. 比如說許多課本裡面教學生以連續複利模型代替離散複利模型, 因此 $(1+r/k)^{kT}$ 的計算就被 e^{rT} 取代. 固然我們可以告訴學生, 當年利率是 6% 而每月計息一次的時候, 即使長達三十年的本利和, 兩者的誤差也不過是 0.45%. 但是在今天, 究竟 e^{rT} 的計算比 $(1+r/k)^{kT}$ 簡單了多少? 而且, 0.45% 的誤差或許對土木與機械工程師來說幾乎完美, 但是一千萬的 0.45% 就是四萬五千, 哪一個會計師要爲這四萬五千負責?

更何況求反導函數其實是那麼的困難. 就連 $\sqrt{x^3+1}$ 這樣一個看來單純無害的函數, 我們都寫不出基本的反導函數. 所以有許多這樣的積分問題, 必須以數值積分的程式求其近似值. 那麼問題是, 早知今日免不了離散化的數值積分, 何必當初推導其連續模型?

面對這樣的質疑, 微積分老師該如何答辯? 而微積分的教材, 又當如何反應這個時代的需求? 如果擱置運算的技術不談, 微積分的主要內容有些什麼東西? 在這些問題上, 筆者實在是才疏學淺不能作答. 當這學期我斗膽在文學院嘗試開設通識微積分 (只有十二名學生選修), 便面臨這樣的問題: 在盡量縮小技術層面之後, 微積分有哪些核心理論? 以下是筆者僭擬之草稿:

- 一個最基本觀念: 什麼是函數?
- 三位一體的核心觀念: 什麼是實數? 什麼是極限? 什麼是連續?
- 兩個關鍵性定義: 什麼是瞬間速度? 什麼是面積?
- 三個主要定理: 微分與積分均值定理, 微積分基本定理.
- 一個超級工具: 級數函數.

在筆者的能見度範圍, 可以提出在此計算環境下微積分課程的三大意義, 因此我個人朝著滿足這些意義的方向去設計與選擇教材.

(一) 人類文化的傳承與成人智慧的啓蒙. 在這個意義上, 其實接近通識的精神.

(二) 爲科學與工程問題提供一種建立數學模型的思考方法. 因此教材與練習題中, 須特別注重數學模型的建立過程, 尤其是連續性模型的方便性與可靠性.

(三) 預測或驗證計算的工具. 只舉一個例子. 在計算的意義之下來談極限, 那麼極限可以被如此理解: 一個迭代或遞迴的計算過程, 每作一次輪迴其計算結果是否更接近某個未知的答案? 在計算的意義之下, 除了要談極限的存在性, 更需要談收斂的過程與速度.

• 第三句箴言

Knowledge consists of ideas, or eternal forms, and their great web of connections. (*W. M. Priestley*, 1978)

看到了嗎? 這裡也出現了網 (web) 這個字, 和萬維網 (World Wide Web) 裡面的網字一樣 (當時 WWW 還沒出現). 一個一個片段的事實和理論, 就像萬維網上一小篇一小篇的文件一樣. 而由這些片段之間錯綜複雜的關聯所組成的整個知識, 就好像這些散佈各處的超文文件所組成的萬維網.

萬維網和人類本身的知識領域, 有著極爲漂亮的對應關係. 一片段一片段的事實, 固然是重要的; 但是它們不造成整體的知識. 所謂知識是由事實或理論本身, 以及它們彼此之間的聯結, 所共同組成的. 教育學專家正在多方面地試圖找到更好的教育方法, 使得學生能夠更有效地發現這些聯結性, 並拓展其可聯結的領域. 人類的知識領域, 常常是在已知的領域中發現了新的聯結關係之後, 獲得突破的發展. 例如微分和積分這兩種觀念, 在牛頓和萊布尼茲之前, 老早就分別知道了, 也已經有了不少計算的公式. 卻是到了牛頓和萊布尼茲的心裡, 才發現這兩種觀念是有關聯的, 從此開創了我們今天說的微積分這一門影響人類文明致巨的知識領域.

既然萬維網和人類本身的知識網路, 有著如此漂亮的對應關係, 那麼以萬維網爲基礎架構的教材設計, 會不會比較容易引起學習者的共鳴, 而比較容易產生對片段知識的相互聯結呢? 我個人 (和許多同仁們) 樂觀地認爲這很有可能是對的. 有了這個系統, 我們首次有機會將知識以其多維度的聯結關係來呈現, 而不是以書頁的固定線性關係來呈現.

雖然超文系統可以用多維度的聯結關係來呈現知識, 但是時間總是單一維度的 (人一次只能讀一篇文件). 何況, 在複雜的網路中漫遊, 未必是有效的學習方式 (子曰遊必有方). 兩千年來, 我們依照線性編排的教科書並且循序漸進的學習方式, 想必有其優越性而不宜劇改. 因此, 除了文件與關聯的設計之外, 如何設計電腦輔助工具, 使得發散式的教材聯結網與傳統的循序線性教材, 如何能並存且相成, 是一個重要而尚未有明確答案的課題.

我個人猜想, 我們將需要一種新的編輯工具. 一方面它是一個書簽編輯程式, 但是每個書簽應該要附上小段說明, 並且應該有圖形介面, 使得書簽的分類可以形成一個概念圖, 或是根據概念圖來歸檔書簽. 這概念圖應該是 graph 模型而不僅止於 tree 模型. 程式設計者可以盡其智巧, 將這 graph 的呈現方式超越二維空間的限制. 當然, 這概念圖本身亦可以在網路上共享 (如今我們談的任何軟體, 都意味著在網路上執行與共享, 因爲—網路就是電腦嘛). 我們利用這個概念圖來搜集與分類網路上的教

材, 以及題庫. 教材與題庫應該各自形成一套概念圖, 然後兩者之間來回相連 (doubly linked). 從題目可以找到相關的教材, 從教材可以找到相關題目.

在另一方面, 這種編輯工具可以從概念圖中挑選各篇教材, 編輯組織成一份課程的主軸 (a thread within a pool of courseware). 從教材中, 順便可以挑選題目, 並分類爲習題、(階段性的或綜合性的) 考題或自修材料. 所有沒有被選中的教材, 其與主軸課程中的教材仍然有所連結, 所以自動成爲發散性思考或學習模式的課外輔助材料. 主軸課程以傳統的線性方式呈現, 使得課堂的講義循序有秩, 深淺與涉獵均在授課教師的控制範圍之內. 大部分的初級學習者應該還是適合這種方式的線性教材. 但是, 繁複糾結的網狀課外輔助材料, 應當用以滿足好奇心、 鼓勵創意與聯想、刺激自我建構之概念, 並且提供適性發展的機會. 一旦教材的量大到涵蓋各級內容、各式深淺與各種風格, 教師有機會爲每個不同的學生編輯個別的主軸課程. 首先我們可以嘗試的是, 設計、編撰和搜集足夠的教材, 使得大學理工醫商各學院甚至通識的微積分教材, 都可以混同其中並各依不同的需求而定義其主軸課程.

線性的教材隨時可以因爲一個關聯性的節點 (anchor) 而連到非主軸的教材. 所謂非主軸者, 可能仍是整套教材的一部分, 只是不被列爲某特定授課計畫之中. 比如說經濟與管理方面的應用問題, 可能不出現在機械工程的微積分主軸課程中, 但仍然是整套教材的一部分. 反之亦然. 那非主軸教材也可能是網路遠方的任何一篇網頁. 比如說在談到傅立葉級數的時候, 連到數位訊號處理的網頁去看看應用問題. 但是初學者最怕的就是網際漫漫回頭無岸. 固然一般的流覽程式都備有 BACK 鍵以供回頭. 但是我覺得爲了學習的效率, 我們必須讓讀者非常方便地回到原來主軸上的網頁. 因爲其容易回頭, 所以敢於出走, 也就達到了我們鼓勵學生聯想與廣涉, 卻又循序學習的雙重理想.

- 第四句箴言

  Think of the Computer as a Medium. (*B. Laurel*, 1991)

人人知道, 電腦是處理資訊的工具. 這早就是老生常談. 想想爲什麼要處理資訊? 無非爲了使它更容易被人理解和使用. 資訊與科技, 最終爲了人類而存在. 資訊傳播的速度與廣泛程度, 被視爲人類文明的測量指標之一. 廣泛來說, 無論是賺人熱淚如鐵達尼號電影, 或者荒誕不經如費加洛婚禮, 或者驚世駭俗如在十六世紀提倡地球繞日, 或者速詔岳武穆收兵的十二道金牌, 或者智巧詭異如描述曲線下面積的瞬間變化率, 都是資訊; 也都與人類整體的文化、生活與成長息息相關. 在所有那些爲人類謀福祉的科學當中, 有一部分可以被歸納爲改善資訊傳播的媒介科技.

古代的資訊媒體就是人. 有如周遊列國的學究, 流浪江湖的說書人和四方走唱的游吟詩人. 傳播資訊的媒體, 從人與人的口耳相傳, 發展到白紙黑字的符號記錄. 而媒體的科技, 從紙與筆的發明, 到刻字印刷, 到鉛字排版印刷, 我們一路踽踽慢行. 當十九世紀中葉電報發播之後, 好像世界突然快轉了起來. 留聲機、照相機、電話、收音機、電視機 (從廣播到衛星到有線)、電影 (從黑白無聲的時代到今天的水準, 一共只花了一代人的時間), 這些東西接二連三地進入我們的生活.

電腦, 或是自動計算機, 其實在同一個時間開始發展 (英國的 Babbage). 當時, 再有遠見的先知也沒有把它跟電報那一系列的東西想在一起. 電腦的設計原本是爲了數字的計算. 但是, 數字不也是一種資訊嗎? 數學家提供了工商界以數目字管理的工

具. 而現代企業的管理觀念, 更一度將數目字奉爲神聖不容置疑的資訊. (如今數學教授寫的論文, 也被轉換成數目字來管理, 可眞是作繭自縛啊!) 例如近世電腦的第一次大用, 不正是處理了 1890 年美國人口普查的資訊?

美國國家標準交換碼 (ASCII) 揭開了電腦之間資訊交流的序幕. 陸零年代美國軍方資助建立的一條 ARPAnet, 哪裡知道引來了這麼一場洪水猛獸? 如黃河之決堤, 電腦通訊網路已經無法回頭. 從 E-mail 到 ftp 到 telnet, 這廂正以爲 gopher 可以一統江山, 不料那廂推出了 HTML (既生瑜何生亮). 然後冒出兩個少年英雄公開了 Mosaic, 將這所有的資訊集中到同一個視窗內 (話說天下分久必合合久必分). 然後昇陽公司趕快把冰箱裡的 Java 拿出來解凍. 這一股無可抵擋的急流, 將整個美國的電腦、電信、廣播與有線電視市場沖毀了再重組.

站在歷史縱深之後的我們, 可以大言不慚地說, 電腦原本就是資訊傳播科技的一環. 電腦與網路即可視爲同體, 資訊的處理與傳播, 自然也就合而爲一. 至此我們相信, 電腦實應被視爲傳播資訊的媒體, 只是這個新世代的媒體同時也具備製造和處理資訊的功能.

既然是媒體, 那麼它所承載的資訊才是主角. 在電報與電話啓蒙的當時, 有一批爲科技而科技的時代英雄. 他們探討著電波的原理, 波動之方程, 與交換的技術. 但是在電話電影與電視普及的今天, 這些科學家早已功成身退, 頂多留下了一批在幕後默默工作的工程師. 就拿電視來說吧, 正式登場的是資訊本身, 和螢光幕前的明星—他們在新媒體上繼承了說書人、 遊唱詩人與戲子伶人的生命. 人們注意到 CNN 的實況轉播, 張菲胡瓜的嘻笑綜藝, 還有一再灌輸給你的女人標準體型. 在收視情況良好時, 沒有人會注意到電視本身的存在.

要說電腦科學家即將功成身退, 似乎言之過早. 但是以時代演進的速度看來, 也不無可能在近年發生. 到時候, 電腦科學家將要從今日的風雲人物, 轉變成昨日的幕後英雄; 留下來的是一批讓系統保持運作和持續改良的工程師. 或許電腦科學家會變得和數學家一樣地稀有, 受到禮貌性的尊敬卻不受重視. 繼之而起的, 是新一代的媒體, 新的資訊傳播與吸收方式, 和新的寵兒. 傳播業者似乎比我們更早警覺到這個變局, 君不見報社、廣播電台與電視台爭相建立網站?

我個人以爲, 網路新媒體的最迷人之處有二. 一是完全自由, 每個人都能參與也都有機會成爲現在少數的明星. 就技術與成本層面而言, 即使您要在自己的網站中開播自己的電視台, 亦無不可能. 二是雙向溝通, 收播者不再處於被動挨打的局面. 消費者似乎擁有更大的聲音和更多的選擇權. (我認爲現在箝制我自由最多的就是 Microsoft.)

微積分教材是電腦媒體所承載的資訊之一. 我們應當調整心態, 不再將電腦視爲製作教材的工具, 而將它視爲呈現教材的媒體. 我們擁有這個媒體的一部分, 因此我們可以親自經營這個媒體. 就好像我們要經營一場電影, 或者經營一齣個人秀.

將電腦視爲媒體之後, 我們可以避免爲科技而科技的絢麗場面. 在改變了心態之後, 我們更能夠以遠方的視聽大眾爲訴求對象, 而不以技術爲本位. 閱讀多媒體設計理論, 也可能有益. 當那些藝術家將電腦螢幕視爲舞台或畫布或異類, 尋找新的創造空間, 他們的心得可能成爲借鏡. 從版面配置到色彩運用, 甚至讀者的心理影響, 教材設計者都需要專業的輔導.

偶爾看看社會學家對網路現象所作的研究, 也可能有所幫助. 比如說, 社會或心理學家曾研究電話對我們的思惟方式產生的影響. 發現之一是, 人們漸漸習慣了思路被電話打斷, 而開始不自覺地將許多事件混在一起做間斷性的思考 (有點像 time sharing). 年輕一代的網路族, 或許喜歡漫遊式的學習路線, 喜歡發表自己的高見, 對文字逐漸欠缺想像力而越來越倚賴於眼見爲信的圖像與動畫, 喜歡有自己當家作主的感覺, 想要找到一個可以做老大的環境. 他們或許羞於在課堂上發言, 但是樂於在網路上高談闊論, 勤於在 cyberspace 中經營自己, 並且對於虛擬實境有親切的安全感, 因此勇於在網路中嘗試錯誤.

當然這些都是猜想, 有待專家來研究證實. 但是在專家們到來之前, 我們什麼都不做嗎? 我們可不可以根據自己的觀察與假設, 做實驗性的開發? 如果學生喜歡在網路上高談闊論, 我們給他園地. 比如說在每一頁教材上安插一個討論版. 凡是對這一頁有意見的讀者, 都可以針對這一個主題參與討論. 現在的 Web 討論版已經可以在讀者投書的文章中含有 hyperlink, 使得討論的內容即刻可以成爲新的教材, 或是作爲連結其他相關網頁的踏板. 如果學生勇於在網路上嘗試錯誤, 我們給他機會. 可隨時改參數並即時計算與呈現的教材, 使得學生可以從實驗中建立直覺與信念. 當然我們不會忘記數學並非實驗科學. 但是數學實驗有其教學上的價值. (Polya 的 plausible reasoning.) 如果學生喜歡在網路上成群結黨或當家作主, 我們給他正途. 由數學習題組成的合作或競爭式的網路遊戲, 各種區域尺度的公開競賽, 模擬實際問題的數學模型探討, 都是他們出風頭的管道. (中央大學陳德懷教授的學習科技實驗室.)

在做法上我們要注意, 盡量不要使自己的創作受限於工具或廠商. 在電腦軟體的領域內, 我相信您夢想的未來幾乎都能成眞. (如果 Microsoft 不再壟斷, 我會更相信.) 所以如果您認定了某種創作教材的方式, 不要因爲目前工具的不足而放棄或是妥協. 可以妥協的是, 使用現有的工具朝著最終的目標前進到極點, 然後等著軟體工業跟進再走下一步. 反正我們的教材並不急於一時. 因爲合適的工具隨處可能發生, 所以教材的格式要越開放越好, 使您不易受限於工具. 當技術跟不上的時候, 我們可以先寫內容.

另一個建議是, 爲了配合網路環境, 每一份網頁都不要太長. (像這篇文章就不適合整個兒放在一張網頁內.) 當我們在寫作的時候就要注意觀念和深淺程度的分割. 這樣比較容易供他人使用, 也容易與他人的文件結合. 就好像編寫電腦程式的副程式一樣, 分得越細通常越容易重複使用.

- 第五句箴言

  The Medium is the Message. (*M. McLuhan,* 1964)

媒體就是訊息? 媒體就是資訊? 這句話玄了一點. 訊息是抽象的, 而媒體是具體的, 不是嗎? 請容我解釋個人的理解.

這句話的第一層意義是, 資訊依附媒體而存在. 如果資訊在電腦磁碟上面, 磁碟毀了資訊就沒了. 如果資訊印在書上, 書焚了而讀過書的人也坑了, 資訊就沒了. 如果資訊刻在石頭上, 風吹雨打五百年也是沒了. 就連文字本身也是媒體. 埃及與雅美人的文字還刻在牆上, 但是認識字的人死絕了, 那資訊也沒了. (所以我要孩子學繁體字中文.)

這句話的第二層意義是, 資訊應運媒體而生. 一種新媒體的誕生, 勢必帶來新的呈現方式. 新的呈現方式, 勢必帶來新的內容與新的訊息. 就好像同樣的故事, 說書人和印刷紙本的呈現方式不同; 而同樣一個戲碼, 架在秋後田畝中的野台戲, 其呈現方式就必定和京城裡的豪華戲院不同. 考慮語言本身是爲一種媒體, 所有精通不同語言的人也都會發現, 有些具有特別含義或生動印象的描述, 似乎無法翻譯. 有些話, 就非得用它的母語來說, 才能完整地表達. 而這種差異, 換另外一個角度看, 不也反應了使用那種語言 (媒體) 的人民之特色? 例如人們普遍相信的, 法語之浪漫與德語之嚴謹, 其實也反應了我們對那兩種民族的普遍認識.

電腦網路媒體有哪些不同? 而哪些才是有所改善的不同? 這些是我們要細心體會的. 教材的編輯、寫作與呈現, 處處受到這種新媒體本身的特性之影響. 運用這種媒體的方式與文化, 正在逐漸浮現. 每個參與的人都影響它, 也都受它影響, 但是大部分人並不自覺. 如果針對這個新的媒體來設計教材, 我們要細心察覺它獨特的呈現與運作方式, 並思考它提供了哪些前所未有的機會?

這個問題當然還沒有明確的答案, 以下兩段是我個人的心得.

超文結構使我們可能建立有效的多重解析度教材 (multi-resolutional course material). 有些作者認爲, 過多的計算或證明細節導致讀者見樹不見林. 而且, 過分強調每一個環節的技術細節, 可能阻礙了許多學生對整體理論大意的吸收. 因此這些作者開發一種著書的方式. 他們將整本書想要傳播的知識, 簡易地在第一章全部呈現, 然後再逐步地深入細節. 讀者可以自己選擇深入的程度. 例如我的博士指導教授, 許進超教授在 1989 年就開始用這種方法寫書 (他稱其爲 multigrid 方法). 也有一些作者, 將所有的技術細節都丟到附錄, 所以正文就顯得直接而簡潔. 那是因爲資訊被局限在線性編排的書本內, 作者們的權宜做法. 現在我們有更好的工具. 那就是超文結構. 我們可能一層一層地呈現微積分的內容. 深入的程度視學生的情況而定.

萬維網 (WWW) 可能重新將人類的知識合爲一體. 我以爲, 人類的知識本爲一體. 如今越來越細的分工, 造成越來越多溝通的鴻溝, 例如所謂的兩個文化 (C. P. Snow, 1959). 政府與民間團體近來一再呼籲科技與人文的對話, 或是倡導科技與人文本爲一體. 這樣的理念與胸襟, 應當從學生的時代開始培養. 但是學校因實際操作之需要, 已經將整個課程分成若干個科目 (數學, 物理, 歷史, 地理等等). 只舉一個例子. 當我們談到牛頓, 在橫的方面, 有機會連結到介紹英國的地理教材; 或連結到介紹十七世紀的歷史教材, 甚至可以搜尋所有 1642 年的歷史大事; 或連結到牛頓時代的音樂、美術、建築、雕刻名作, 以及討論當時世界觀與宗教觀的網頁. 我們可以比較, 在牛頓時期, 物理化學天文學有哪些發展, 而中國那時候又是什麼狀況. 在縱的方面, 我們會發現牛頓除了微積分基本定理之外, 還在力學與光學上有所貢獻. 而那些工作對其他學科所產生的影響, 則可以從其他學科的網路教材中找到. 甚至於, 從地理歷史或文藝的網頁, 它們可以連到英國遊學團或所謂知性之旅、深度旅遊之類的網頁, 提供商機也培養學生的世界觀.

最後要聲明或是預先致歉. 筆者並非數學教育這一門學科中的研究人員. 此處的囈語, 純粹只是根據近兩年來因爲編撰某些數學網路教材而產生的願望或經驗, 在工作之時並沒有參考國內外在此方面豐碩的研究論文. 因此, 本文並無參考書目. 若有既存的文獻內容與本文所言相同, 則筆者先此致歉, 並懇請賜教以備將來銘謝之用.