



展示亭：向陽施工中，宜蘭綠色博覽會，柯宜良設計製造，2014。

數位化設計教育中的理論與實踐

變遷中的數位建築設計教學

文／陳珍誠

教學軟硬體의 改變

回顧1990年代中期，電腦軟體公司所開發的繪圖軟體逐成熟，成為建築繪圖的重要工具，建築師事務所開始以套裝的電腦繪圖軟體進行建築圖的繪製。在這時期，建築系電腦課程的規劃與建築師事務所使用的電腦繪圖軟體同步，因此學生畢業後很容易與業界所使用的軟體接軌。以學校而言，電腦軟體與周邊硬體的選用與學生人數、使用版權、價格相關，在經費不足以採購正版軟體的情況下，這學期電腦軟體的取得是教學上的一大難題。



陳珍誠
淡江大學建築系副教授

2008年國際金融危機後，這樣的情形有所改變，原本價額昂貴的套裝軟體，普遍的以較便宜的價格銷售到新興國家市場，透過學校簽約的方式，每年都可以取得平價的教育版軟體。另一方面，開放程式



圖1 新藝術運動的概念機器1-4，許辰瑩設計製造，2013

碼（Open Source）的普及，例如：MIT媒體實驗室發展的電腦繪圖程式平台Processing，以及參數化模型平台Grasshopper，除了免費提供軟體的優點，為數頗豐的插件程式，可以針對不同的設計問題，組裝不同的插件協助解決不同層面的建築設計問題。

至於硬體方面，早期學校中的教學硬體設備的需求，以教學電腦與大型出圖機為主。然而根據「摩爾定律」：「電腦處理資訊的能力每18個月增加一倍。」，硬體降價的結果，同學都擁有了自己的電腦與出圖機，至於大型建築圖的輸出都交給學校附近的出圖行來處理。然而，日新月異的周邊硬體設備，例如：數位車床、雷射切割機、3D Printer與機器手臂的出現，使得數位設計的教學不再僅侷限於電腦繪圖軟體而已，進而延伸到數位製造上。

數位教學方向的改變

上述的新軟硬體影響了我們數位設計教學的思考，除了繼續教授 Photoshop、AutoCAD與Sketchup等業界經常使用的軟體，我們開始了以下的教學實驗。

數位製造：2005年，瑞士聯邦理工學院（Swiss Federal Institute of Technology）CAAD組的Odilo Schoch先生來到淡江建築系演講，提及他

們正在發展的「數位製造」（Digital Fabrication）領域。我們覺得此發展符合建築設計教學所強調的實作精神，因此在2005下半年嘗試添購了雷射切割機（Laser Cutter）與數位車床（Digital Milling Machine）。這些設備不太複雜，搭配個人電腦與電腦繪圖軟體中簡易的指令，即可進行數位製造。數位設計軟體的友善環境，讓同學可以集中心力於作品的設計、修改、與檢驗上；透過數位設計，在電腦螢幕上所設計元件可以被詳細檢驗，在脫離了電腦螢幕上的無重力狀態後，透過數位製造，虛擬的設計可以在真實的空間中被建造出來，這些「客製化」元件的組合精細且真實，是數位化設計與製造（Digital Design and Fabrication）結合的重要精神。

參數化模型：2008年由網際網路上的資訊得知，Rhinoceros（犀牛，以下簡稱Rhino）繪製曲線與曲面的功能逐漸成熟，搭配「犀牛腳本」（RhinoScript，可以BASIC、C#、或PYTHON電腦語言撰寫電腦繪圖程式）受到重視，因此開始嘗試接觸Rhino繪圖軟體。這同時發現Rhino的插件程式Grasshopper（蚱蜢）正被廣泛地提及，Grasshopper友善的介面方便設計者以圖形化的「元件」（Component）編撰類似電腦程式「腳本」（Script）功能的「定義」（Definition）。Grasshopper非常適合開發「參數化模型」



圖2 機器手臂製造醋酸鈉鹽雕塑，ARM機器手臂工作營，2013。

(Parametric Modeling)，設計者定義完成設計物件的參數與關係後，很方便的就可以調整設計參數，產生不同設計的可能性，因此也被稱為「參數化設計」(Parametric Design)。我們在2010年引進Rhino與Grasshopper於大學部四年級的設計課程中，並與數位製造結合；每學期的前半個學期，先以Rhino軟體設計數個「概念模型」，並以數位製造的技術製造出來，後半個學期則是注重以Grasshopper將這些概念模型轉化為參數化的建築空間設計(圖1)。

機器手臂：2013年暑假我們邀請了奧地利的建築雙人組「UTO」(Ursula Frick and Thomas Grabner)，蒞校主持「ARM-Additive Robotic Materialization」(加成材料性的機器手臂操作)國際工作營，同學首先定義不同的形體，並以參數化模型進一步規劃機器手臂的移動路徑，最後以

機械手臂將醋酸鈉鹽在定義的路徑上滴下逐步完成形體，藉此思考建築自動化營建的可能性，並希望推動數位製造往組裝與材料實驗的方向發展(圖2)。

真實建造：參數化模型加上數位製造的技術，讓我們有機會嘗試實體建築模型、工業設計與牆面設計的建構，這兩年我們研究所同學開始參與不同的展覽，嘗試中小型作品的設計與製造。參與的展覽中以2011年「數位迪化設計展」與2014年的「宜蘭綠色博覽會」較具規模。尤其是今年綠博的參與，研究所與博士班同學獨立設計與製造出七座展示亭、一座候車亭、與六座植生亭(當然組裝的過程得動員較多的同學幫忙)。在這裡我們看到透過數位設計與製造的幫助，這些仍在學校學習的同學可以在有限的時間內完成小尺度空間作品的真實建造，有助於探討



圖3 植生亭，宜蘭綠色博覽會，林滄榕設計製造，2014。

數位構築與材料性，回歸到建築學的討論，這是課堂學習所未能達到的深度（圖3、4、5）。

數位設計教學思考的改變

三維建模：傳統設計方法中透過平面拉昇成為量體，手工繪圖工具的限制使得建築設計的向度被侷限在有限度的空間中發展，而大部份的設計討論線性地由基地分析出發，發展設計概念、平、立、剖面，以至於三維量體。其實大部份同學對於三維的電腦繪圖空間並不熟悉，因此以明確的幾何限制條件，鼓勵同學在三維空間中模擬，並且在不同的方位與角度上置入所想像的設計元件，在今日的數位設計工具下是可以充分發展訓練的項目。

由虛擬到真實：近年來同學們喜歡以摺面或曲面發展設計的量體，然而往往在這些不規則



圖4 柱子的演化，形態計算與發生展覽，張世麒演算製造，2013。

的形態中迷失尺度，因此還是得透過平面與剖面不斷推敲比例與空間尺度，並思考後續如何將這些形體製造實踐，因此細部設計顯得更為重要。數位製造工具的進步，協助同學將螢幕上的虛擬設計物件脫離無重力狀態，真實的被製作。同學在執行數位製造時都興味盎然，縮短了虛擬設計與真實製造的距離，是啟發新設計學習的重要方式。

參數化設計：傳統電腦程式腳本的撰寫門檻頗高，需要一行行的將程式鍵入；然而今日圖形化介面的參數化模型工具，使得設計者可以快速的客製化特定的設計原件，方便初步設計方案的討論，以及後續設計的發展。當設計條件與限制不同時，產生許多不同的可行性方案，透過參數的調整，評估比較參數化設計所產生的替選方案，提供下一階段設計的選擇。



圖5 展示亭：捨食，宜蘭綠色博覽會，蘇潤設計製造，2014。

網際網路上的學習：傳統的套裝軟體由專人撰寫完整的使用者手冊，然而開放程式碼發展迅速，只能依賴簡單的案例或影片放置在網際網路上提供學習，因此同學透過網際網路的自主學習便顯得十分重要。開放程式碼在校園中發展具有其優勢，透過群體學習的特性，同學可以分頭學習不同的開放程式碼插件，並分享學習的成果。

國際數位工作營：因為數位設計與製造的技術日新月異，書本知識的學習已經不足以應付資訊技術快速的更新，因此我們經常邀請數位設計專長的國際學者蒞校做為期兩天至十天的工作營，以吸收新的數位建築資訊技術。這五年來平均每年約有兩次國際工作營。2012年開始，研究所同學於畢業前舉辦「參數化設計傳承工作營」，同學辛苦編寫教材、投影片、安排場地與宣傳，將他們學習參數化設計的心得以工作營的

方式，將學習心得傳承給學弟妹們，這是之前建築系其他的學習較少看到的學長學弟傳承方式。

啟發式的數位建築教學：今日的數位設計工具提供一個嶄新的平台，為不同的設計問題與環境提供「設計實驗」的場域，這些新發展的數位設計軟體不能僅以工具看待。這裡所謂的「實驗」可以是基礎科學、工程學、藝術、甚至是都市的實驗，透過電腦軟體的輔助，幫助學生「探索」設計問題的新可能。我們可以較輕鬆的角度來看待：發展較具實驗性且有趣的數位設計教學軟體—可以讓同學不再以抽象（Abstract）的方式理解建築設計，而是以較類比（Analogue，較接近真實）的方式學習空間的知識，同學將以更友善的工具與環境理解並體會建築。就建築教育的發展而言，這開啟了前所未有的可能與遠景，也是一個嶄新設計年代的來臨。