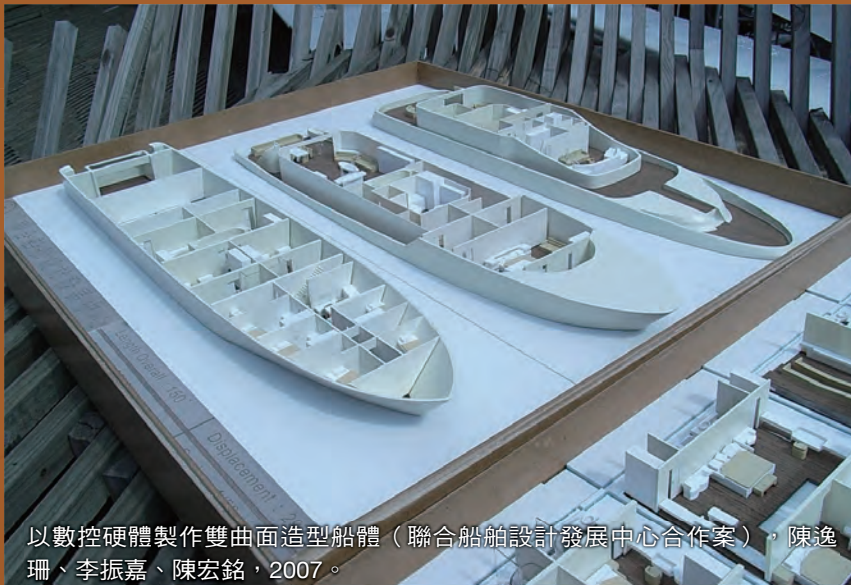


邁向群體學習的 數位建築 教學實驗

文／陳宏銘



以數控硬體製作雙曲面造型船體（聯合船舶設計發展中心合作案），陳逸珊、李振嘉、陳宏銘，2007。

本期主編邀請我以所處世代的角度談數位化對建築初始教育的觀點時，深感要以一人代替一個世代發言是很困難的挑戰！在初步與3位年齡相仿、同樣具有設計課與電腦應用相關課程教學經驗的講師訪談後，有感談及內容還是較偏向淡江大學建築系授課間觀察到的現象，因此暫時還是分享較個人的觀點。以下先藉過去十餘年來摸索電腦輔助設計與數位製造（Digital Fabrication）軟硬體等技術操作經驗，以及在淡江大學建築系攻讀碩博士期間擔任指導教授陳珍誠老師（以下簡稱陳教授）的助理與建築系講師所觀察到的學習環境轉變為基礎，延伸出對於數位化教學方式的個人淺見。

個人數位能力的養成歷程

回想小二（1989年）以家中的286電腦玩著類似模擬城市的遊戲，當時個人電腦還需要依序將5.25吋的磁片放進軟碟機才能繼續運行程式。第一次看到「網路」二字是在就讀資料處理科大姊的課程筆記中，簡單三行字提到關於電話線撥接上網的技術，當時對這虛幻的字眼還充滿疑問。到了國中時（1995年）開始能向中華電信租用數據機來撥接上網，上網的速度也只有現在寬頻上網不到千萬分之一，當年在學校剛開設的電腦課才第一次接觸到DOS版的AutoCAD 12與安裝在Windows 3.11作業系統中的AutoCAD R13。



陳宏銘
淡江大學建築學系博士候選人暨兼任講師



數控車床切割陶瓷板，張恭領，2007。



空間裝置，陳力鵬，2008。

此後的10餘年間電腦軟硬體技術快速進步，硬體汰舊換新的頻率是以月計，因應硬體局部更新的需求造就許多課餘時間自行組裝電腦的同好。我大學時期只要會繪製3D圖檔就被視為是「數位人」，而一個班上通常僅個位數的人精通3D繪圖。2005年後淡江開始發展數位製造，我們便隨著陳教授一同測試各種材料加工與參數設定，初期從電腦繪圖跨到數位機械中仍存在許多知識與技術的差距，遇到瓶頸時經常跑到北部地區的機械商與相關支援產業去詢問解決的方法，這個階段我們許多時間都在反覆的機械拆裝與修復中度過。

鑑於初期機械維護成為發展的限制，我陸續參加職訓局開設的電子電路與電腦輔助製造（Computer Aided Manufacturing, CAM）等課程。同時期陳教授利用暑期召集許多學生，著手學習撰寫電腦語言AutoLisp（以Lisp程式語言為基礎，由AutoCAD擴充開發具圖形化程式編輯的程式語言）、RhinoScript（Rhinoceros繪圖軟體或簡稱Rhino開發的程式語言）與Grasshopper（Rhino外掛程式，圖形化的參數介面）等電腦語言系統，此後也開始嘗試將參數化設計（Parametric Design）與數位製造結合，發展出許多實驗性的概念模型與空間轉化設計。

數位製造對於設計思考的啟發

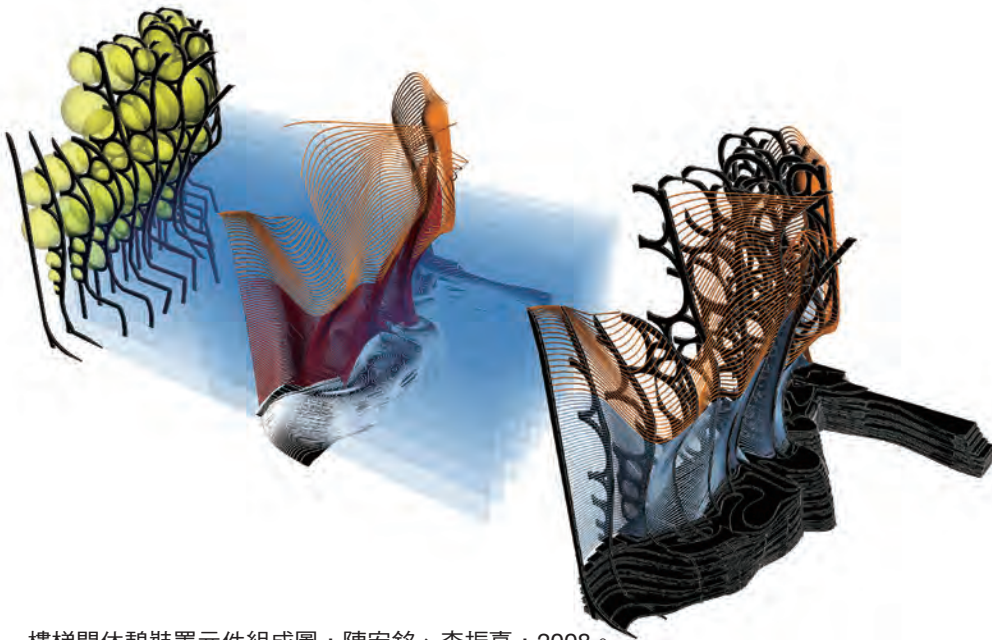
回顧20世紀末期電腦數值控制（Computer



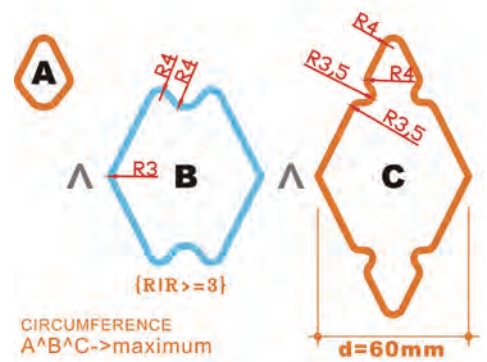
以AutoLisp編程拆解的片狀組件加工圖，蕭吉甫，2008。

Numerical Control, CNC, 以下簡稱數控) 技術發展漸趨成熟，台灣也在過去以德、日為主的多軸向控制器、滾珠螺桿與馬達等數控機械核心技術中，耕耘出世界前三大技術出口國的成績，也發展出完整的數控機械產業鏈。近年來由於個人電腦運算能力大幅提升、套裝繪圖軟體平價化與數位製造硬體個人化等轉變，數位相關軟硬體技術大幅導入設計教學與實務工作中，而台灣相關產業條件對於發展數位製造尤其有莫大的幫助。

在如此的時空背景下，淡江於2005年採購了雷射雕刻切割機（Laser Cutter）與電腦數值控制（Computer Numerical Control, CNC）車床，初期摸索的階段測試各種不同的材料與形體加工。比較具體的成果是2008年由陳教授指導的碩士生



樓梯間休憩裝置元件組成圖，陳宏銘、李振嘉，2008。



樓梯間休憩裝置，陳宏銘、李振嘉，2008。

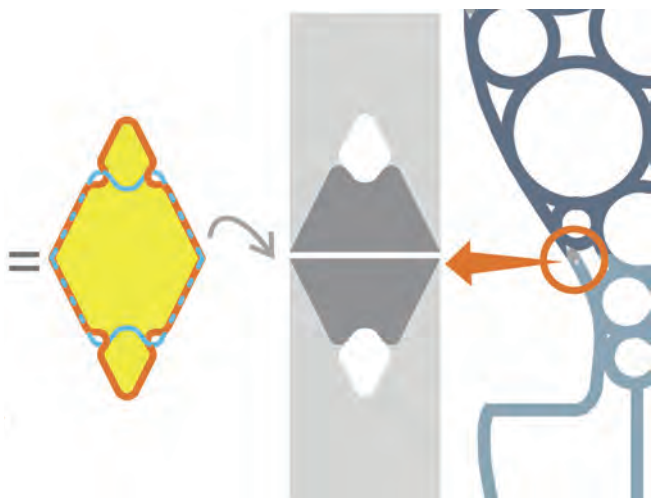
型差異很大，形成由細部、材料與製造的方式組構出的數位形式。

後續幾年陳教授將數位製造結合繪圖與參數化設計作為大學部四年級設計課程的操作方式，並指導研究所學生嘗試許多數位模型、工業設計與裝置的設計，參與展覽如2011年「數位迪化設計展」及2014年「宜蘭綠色博覽會」（作品詳見2014年4月，第74期會刊）。我也曾指導過其中幾位學生的大二設計與電腦應用課程（課程內容為AutoCAD、Rhino及Grasshopper軟體操作），明顯看出學生到大四或研究所時從虛擬繪圖過渡到數位製造的轉變，進到真實製造後提升了軟體操作學習經驗的回饋，與設計、技術學習成果則是相互加成的。而這個時期材料與概念模型的實驗的比重提高，部分學生可以直接設計單元構件與細部元件，逐漸發展出整體的造型。軟硬體技術的熟習引導學生邁向思考材料與數位加工後的物質性轉變，由單元組織出群結構、造型與紋理構成的織理性。

數位化與建築設計教學的衝突

在淡江大二擔任繪圖軟體教學的講師陳逸珊提到她的觀察：「電腦相關的課程教學與設計課連結不大，且在一般低年級設計課強調手繪與手

陳力鵬以「數位媒材工具之構築」為題做了3*2*1（M）的空間裝置，以及2008年完成6*5*3.5（M）的休憩裝置（作品獲得年度Form·Z Joint Study Program數位製造類 首獎）。由於機器加工的條件限制，多以3軸數控車床切割木板組合出形體，並依組合的模矩關係設計細部元件。在這個時期由於加工與組構的限制，3維設計常再以剖切方式拆解成2維切割圖面，完成的造型與原本3維曲面造



由數控車床加工限制R角發展出的細部元件，陳宏銘、李振嘉，2008。

做的前提下不一定允許學生以電腦繪製設計圖面，電腦課後鮮少複習或實際操作下，學生很難將其融入或衍生設計思考，因此數位工具的應用與影響多半在高年級才重新開始發酵。」過去教學部分基於減少電腦繪圖對於建築初始教育的不良影響，所以限制了初始教育中電腦繪圖的使用，然而在數位化有更進一步的發展時我們似乎可以再一次提出挑戰，並思索應該怎麼教？

基於前述淡江發展數位製造的成果來看，細部設計與材料的合理性在虛擬的繪圖空間轉到製造的過程變得相當重要，組合的同時立即檢驗了設計，有助於實作與構造能力的啟發。此外，各年級建築設計的課程教學目標設定延續性即教學垂直聯繫出現了斷層時，學生不一定能察覺建築養成上不足的部分，或許會間接導致學生在學習深度與廣度的不足。如果設計老師能打破年級的限制，在兩個以上的年級帶設計課，或許能有助觀察前後不同年級設計課的題目設計與學習成果的落差，並且作為年級教學團隊溝通的橋樑。

個人認為在大一上學期基本的構成訓練後，下學期是開始嘗試繪圖軟體與數位製造適合的時間點，同時接受手做與數位製造的

訓練，具備了基礎實作與構造的能力。大二時開始進到小尺度的建築空間，這樣的能力應有助於設計課程銜接，大二下到大三上加入電腦分析軟體的教學，輔助學生理解物理環境的資訊判讀與設計應用。大三下到大四上學習進階的電腦繪圖與數位製造，大四下到大五上則是參數化的設計教學。由於電腦快速運算的特性，對於建築設計中整合各種資訊的邏輯訓練具有相輔相成的效果。

面對典範轉移時的實驗性教學

建築史上出現過許多帶有實驗性質的教學方式，雖然可能曇花一現卻都有著不可磨滅的歷史地位與價值，對於學生的啟發更是無遠弗屆。如大戰期間德國Bauhaus（包浩斯學院）推動的實驗性教學方式，隨著Walter Gropius與Ludwig Mies van der Rohe等人到美國後，將現代建築與工藝設計運動帶到美國與全球。1960年至70年間由Texas Rangers（德州遊俠）延續到ETH（瑞士聯邦理工學院）與Colin Rowe一起推動的現代建築教學方法，或1970年代中後期Adolfo Rossi與Paul Hofer在ETH以類型學操作的實驗教學，當時嘗試以科學觀點描述或檢驗較抽象的建築設計討論，後期隨著Adolfo Rossi回到美國Cooper Union（庫柏聯盟學院）任教，也影響著現代建築的發展。

我於2009年及2011年參加北美地區的ACADIA（Association for Computer Aided Design in Architecture）數位建築研討會，看到討論理論的發表逐漸轉向，演算物質性或環境資訊的衍生式設計大舉佔據篇幅，今年的主題也以Design Agency（設計媒介）為題，以Scripting（程序設計或譯腳本）、Simulation of Complex Systems（複雜系統的模擬運算）、Digital Fabrication（數位製造）等三大方向為子標題徵稿，轉向探索設計、製造與真實相互檢驗的設計方法。

數位在建築設計中發展的基礎是透過電腦軟硬

體的輔助，讓設計操作開始像實驗過程般處理大量的資訊，藉由更直覺化的操作與演算結果，讓設計者跳脫抽象的討論與設計思考，往真實或稱為類比的設計操作或實驗方式前進。而數位化後大量的基礎知識的學習需求很難在單一課程中獲得，於是乎如何集眾人之力提升學生自主學習的方法與效率或許是接下來設計教學必須面對的。

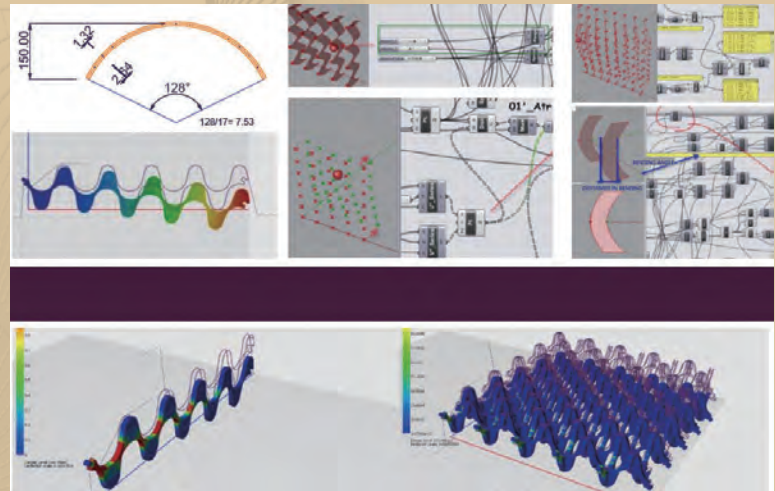
融入網路群體學習的數位建築設計教學實驗

學習上軟體技術的精進與應用的突破往往是透過各軟體同好組成網路論壇上的資訊分享、發問與討論，學校老師課程上的知識傳遞逐漸不足以解決日新月異的新問題。近幾年在建築系會看到學生三五好友相約組裝3D列印機，許多技術的自我學習也多仰賴同儕間經驗分享、網路學習等網絡式的知識傳遞方式。鑑於陳教授近年來觀察到群體學習的成果，以此延伸出設計教學輔助群體學習的教學實驗想法。

1. 數位化建築設計教學團隊

由系所主導組織一些熟悉數位技術使用經驗的講師群，開設基礎科學、程序設計、繪圖軟體、模擬運算、數位製造、參數化設計、建築資訊模型（Building Information Modeling，簡稱BIM）等實驗課程，依難易進程排定教學計畫與課程時程，直接連結各年級的設計課程教學。初期團隊講師帶著學生操作相同的設計題目，學生組成以進入大學前曾寫過程式或參與相關數位主題營隊或課程的學生為主，藉由評圖與平時上課的線上紀錄讓老師與學生都能看到實驗課程的發展歷程及成果。各實驗課程則跳脫年級設計課程的限制，單一講師不設定在單一個年級授課，而是以講師群為單位在各年級與各實驗課程中交叉授課，適度重疊實驗課程以提高課程的延續性。

2. 網路開放社群學習方式

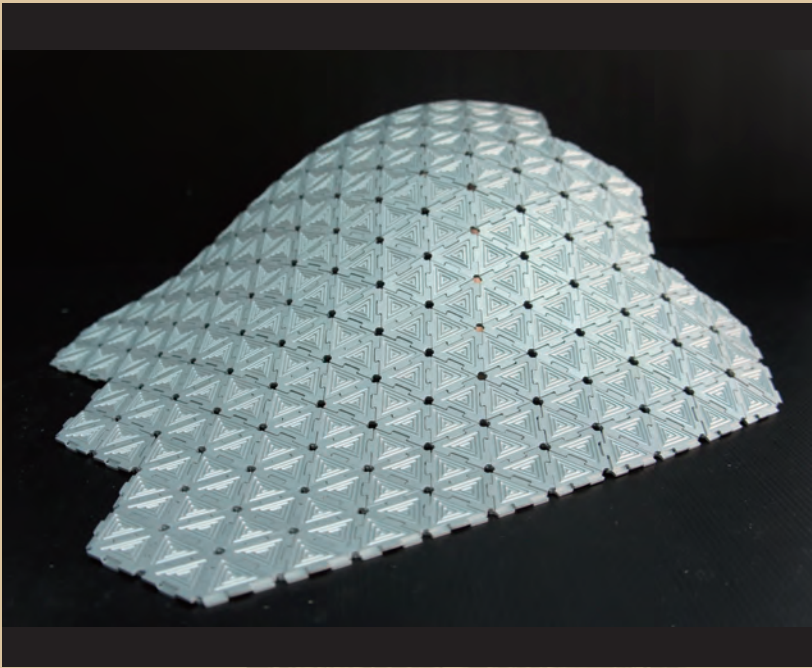


單一元件與組成曲面後的壓力分析結果（織理性實驗2），陳宏銘，2011。

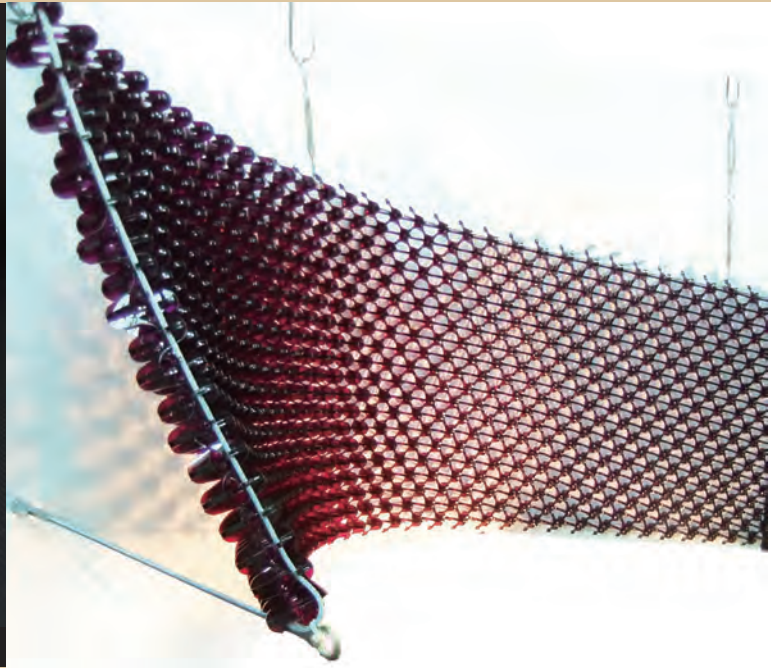
各實驗課程成立主題網路學習社群，提供學生學習討論與心得分享的平台。在現今網路學習社群、開放課程等大量資訊爆炸的時候，學生往往在社群上分享的資訊很快就被洗版，也因為大量資訊在不明究理的情形下，往往會說出堆砌流行、華麗的詞彙或專有名詞的言論，導致不全然正確的資訊被傳遞開來。講師群藉大量閱讀資訊，扮演知識分類與錨定的角色，按位階與脈絡整理，適度將文章置頂或再分類，並與學生共同經營網路學習平台。平台同時開放給各年級學生共同管理，除了即時經驗分享外，也有助學生與其他老師更新資訊並學習資訊分類的能力。平台不僅是輔助課程進行的虛擬教室，也是其他沒有參與實驗課程的同學透過網路自我學習與找尋答案的管道。

3. 開放式的教學內容修正機制

講師群透過定期討論教學的內容、成果與方法，講師間可以視教學需要交叉支援不同的實驗課程。除了讓學生有機會看到其他實驗課程與目前課程的關係與連結，也提供學生後續階段選擇其他課程的參考。由於數位的發展中基礎科學、科普理論、幾何、機構學等科學知識都大量被拿



以數控床雙面加工出金屬元件後組合出可以自由彎曲的造型曲面（織理性實驗2），陳宏銘，2010



以雷射切割壓克力板材為片狀元件後，交互組織成可以自由彎曲的造型曲面（織理性實驗2），陳宏銘，2011。

來應用在設計的發展與轉化，講師群分享各自擅長的專業能力，經過講師間的討論將其深入淺出的安排在課程設計中。動態的課程應由學生與講師共同決定方向與目標並即時修正，並調整技術、實作、設計實驗、成果發表或競圖等教學策略中。

4. 延續國際工作營後續的深化教學

由於數位軟硬體與設計日新月異，各建築學院經常邀請國際學者舉辦工作營，是提供學生無國界學習新資訊很有效的方式，但常常工作營結束後就不了了之。在實驗性的課程間搭配各種工作營目的，不僅是在工作營密集的課程安排中瀏覽與嘗試新的技術，更重要是在後續講師群的課程中繼續深化學習。此外，藉邀請國際學者在社群學習平台上提供線上的課程，讓學生將學習的成果或疑問透過平台與國際上學者交流。工作營輔以競圖的方式，讓學生的學習成果有實踐與練習的機會，並藉由作品在網路平台上的發表與交流、公開討論，提升學生理解國際上對於設計不同的視角與觀點。

5. 持續整合到建築設計教學中

實驗課程進行2至3個週期時，就學習的成果

與網路平台的完善結果，將其與設計課與各種核心的課程進行整合，部分課程融入既有的課程或獨立為技術性的課程，或藉跨系教學資源合作開設跨系所的計畫。講師依課程的整合部分進到年級設計教學的團隊中，或是將成果較為完整的再獨立出研究室，與各教授的學術研究專長合作逐漸建立系所新的特色與教學方向，並以開放性的學習社群做為畢業學生在實務工作上的後盾與實務工作的回饋機制。

現在學生在網路社群上關於建築相關的發言遠遠超過課堂上的發問、討論與互動，其中不乏許多批判性的觀點，在此教師如何善用這些工具或平台輔助教學是不得不面對的教學課題。面對數位學習經驗轉變，學生依設計題目自行做各種資料蒐集、分析並在每次課堂上以圖面或模型輔助說明，發展歷程與成果如果能即時放上平台而不是等待年度的作品集，也藉此培養設計學生在群體學習與經驗分享的良性循環。畢竟大師與英雄主義的時代過去了，集結群體的力量才有未來。■