

邁向「形隨預測」的 電腦輔助設計教育

The Architectural Education toward "Form follows Prediction"

文／陳上元

春節期間，已經有不少人應用1968 app.查詢即時路網，並根據所呈現的即時路況(紅色：時速40km以下、橘色：時速60km以下、黃色：時速80km以下、綠色：時速80km以上)(圖1)，決定上路的時機，或者改變預訂的行程。不知不覺，我們因為情境資訊的呈現而改變了行動。換句話說，諸如此類，根據情境資訊，得以評估(Assessment, Evaluation) 或預測(Prediction, Forecast)而決定作為的觀念已經深入且影響了我們的生活。在電腦輔助設計的發展歷程上，自從西元2002年起，由於建築資訊模型BIM(Building Information Modeling)觀念的推動與技術的推廣，使得“建築設計”是一項必需根據“環境”與“使用者”及其它相關的情境資訊，以規劃出與之對應的最適化方案的行動，能夠越來越趨近它的本質。

從2D的AutoCAD到3D的BIM

如表1的分析，隨著運算科技的進展，電腦輔助設計面臨不同時期的挑戰。在電腦應用尚未普及的西元1960-1980，建立設計可運算性〈computability〉的形狀文法(Shape Grammars)和形式語言(Formal languages)是首要的工作。直到西元1980-1990，個人電腦普及化，以AutoCAD為代表的2D繪圖軟體進入事務所，施工圖數位化與標準化的時代來臨。然而，隨著網路的、雲端運算時代的到來，“合作”的議題出現，建築工作的參與者(包括：建築從業者Architect、工程師Engineer、營造廠商Constructor、業者Client)要求建立減少溝通認知與傳遞過程(從設計、評估、施工圖繪製、營建、營運)資訊落差的工作平台。過去以2D為基礎的、分散進行的、充滿傳遞誤差的平立剖面圖，已經不符合實際的要求。因此以3D為基礎的建築資訊模型BIM因應而生。以Autodesk公司的產品為例，以Revit繪製的3D施工圖作為平台，將不再有平立剖面圖無法對應的情形，因為所有圖面都將源於一個3D的模型。而這個模型，將來可以銜接給Revit Structure軟體發展結



陳上元
逢甲大學建築學系所副教授

| 時代 | 大型主機時代 | 工作站時代 | 個人電腦時代 | 網路時代 | 雲端運算時代 |
|------|--|--|---|---|---|
| 年份 | 1960-1970 | 1970-1980 | 1980-1990 | 1990-2000 | 2000-2010 |
| 照片 |  |  |  |  |  |
| 說明 | 1960 年開始運用電腦在建築設計上的研究，初期的電腦是大型工作站的型態，使用者必須自行撰寫程式語言驅動電腦作業，當時的研究趨勢是設計自動化，思考電腦是否能自行做設計。 | 1970 年開始有實務應用，以電腦取代過去的紙筆繪圖，改善繪製施工圖的速度，使用複製與貼上的動作指令減少重複性作業。設計的發想仍是用手在紙上繪製草圖，在設計方案確定後才使用電腦進行製圖工作，最後輸出成圖紙的施工圖，提高了工作效率，但是僅限於 2D 製造，對於設計思考並無明顯幫助。 | 1980 年個人電腦出現後帶動圖形化介面的普及，省去撰寫程式與編譯的繁複操作，Autocad 軟體的作業方式逐漸成熟，促使設計者由 2D 平面圖走向 3D 模型思考。 | 1990 年後因為工具的改進與電腦運算能力提升，促使建築形體與空間開始解放，以往傳統尺規無法構成的形體與複雜計算都交由電腦處理。在這個時期，電腦輔助設計對建築設計顯著的影響是建築形體的可能性與多樣性，及縮短營造程序所需的時間。 | 1990 年網路逐漸興起，研究者開始思考運用電腦輔助建築合作式設計與虛擬設計的研究，串連不同領域的合作者，利用資料庫進行設計資訊整合。2010 年進入雲端運算的時代，利用建築資訊模型建構建築物生命周期中所有的物件資訊，以增進建築設計的方案規劃與維護管理。 |
| 目的 | 撰寫應用程式解決重複且繁雜的動作。設計自動化，取代傳統紙筆繪圖與實體模型思考設計 | 開發電腦輔助設計(繪圖與製造)系統，以電腦為繪圖工具，進行建築設計 | 利用圖形介面提供簡單且直接的操作，去除複雜的程式語法操作 | 利用許多資訊媒材提供輔助，解決遠距離團隊合作的問題，促進設計決策 | 建築設計協同作業，針對合作成員的問題，提供協助與資訊，輔佐設計團隊進行設計方案 |
| 作業系統 | 每一台機器搭配自家的作業程式 | 每一台機器搭配自家的作業系統 | MS-DOS, Windows 3.0 | Windows XP、MAC | Windows 7、網路即電腦 |
| 代表軟體 | 使用者自行撰寫程式，以驅動電腦進行計算 | 使用者自行撰寫程式，以驅動電腦進行繪圖作業 | AutoCAD | 3DMAX、FormZ、Sketchup | Revit、ArchiCAD、MicroStation、BIM360° |
| 介面 | 文字介面 | 文字介面 | 圖形化操作介面 | 圖形化操作介面 | 物件導向的操作介面 |
| 用途 | 將電腦作為紀錄與計算的工具 | 將電腦視為繪圖工具與輔助製造產品的機器 | 藉由電腦的運算功能，建築外型開始解放 | 建築設計協同作業，用於建築團隊整合、資訊管理、物業管理 | 強調永續設計的分析、衝突偵測、施工規劃、建築物生命週期管理 |
| 傳遞方式 | 圖紙 | 圖紙 | 圖紙,DWG, DXF, | DWG, DXF, XML, | XML, IFC |
| 趨勢發展 | 理論的發展、設計自動化 | 電腦輔助設計系統的開發 | 專家系統、資料庫、人工智慧、圖形化操作介面 | 案例式資料庫、合作式設計、虛擬實境、資料庫探礦 | Code checking systems、IFC、IPD |

表1 電腦輔助設計的趨勢發展，張益豐整理



圖1 1968的即時路網交通狀況

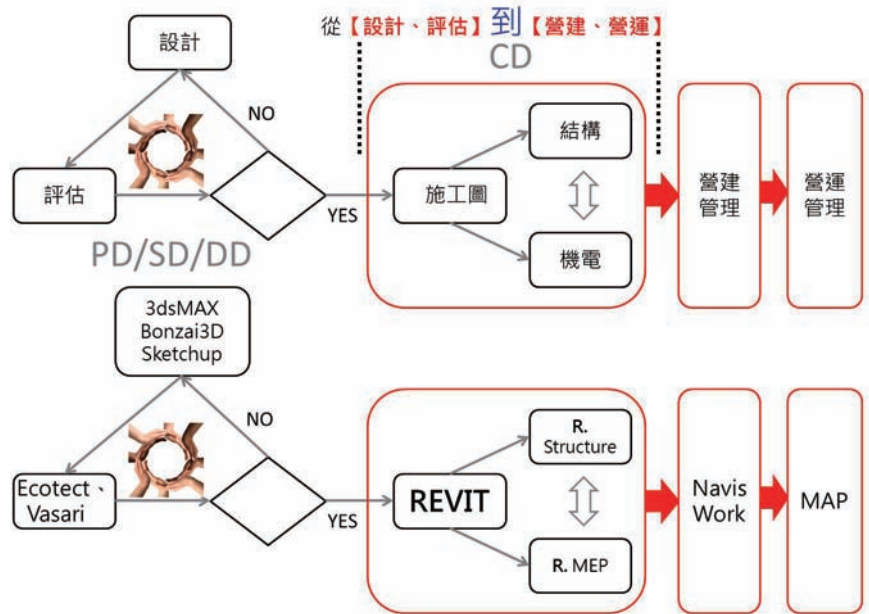


圖2 以Autodesk公司為主的產品為例，建築生命週期與其對應的應用軟體

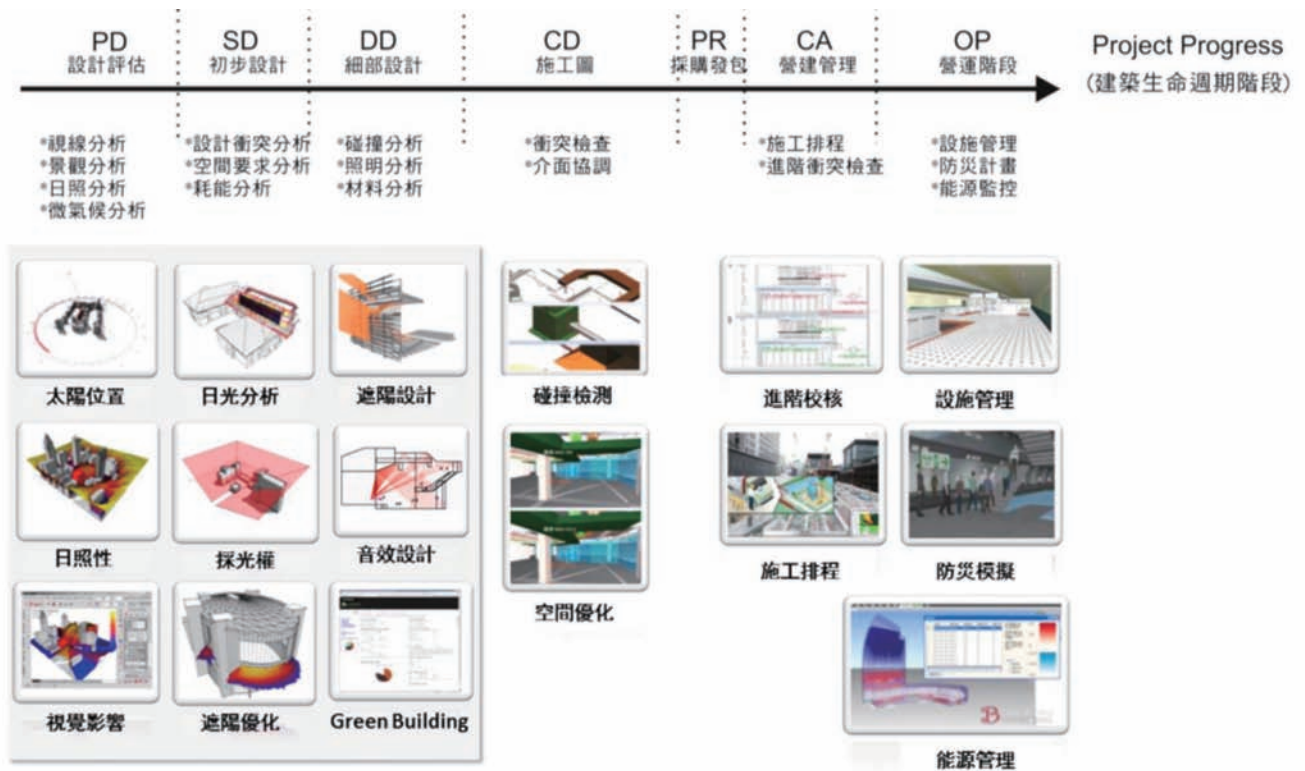


圖3 在建築生命週期各階段的評估與分析項目，邱秀婷整理

構模型、給Revit MEP發展機電模型；其分工合作的成果，也將繼續提供給營建管理與營運管理來應用。如圖2所示，以Autodesk公司為主的產品為例，建築生命週期與其對應的應用軟體。

設計、評估(Assessment, Evaluation) 與決策循環

“建築設計”是一項必需根據“環境”與使用者”以及其它與房屋設計相關的情境資訊，作出決策的行動。“建築設計的過程”則是設計、評估的決策循環。而決策“最適化”方案，乃是在特定的約束條件下，找出最趨近或者最符合系統所預期的效能指標的方案。Asimow將“設計決策”視為一個從分析開始經過綜合、評估到溝通的循環(Asimow 1962)。根據Merriam Webster (<http://www.merriam-webster.com/dictionary>)定義，“評估(Assessment, Evaluation)”是對於某事物作出判斷的行動(act)，是提出對某事物的理念(idea)或者看法(opinion)。從概念設計(PD)、初部設計(SD)到細部設計(DD)階段的涉及的評估項目包括：太陽位置、日光分析、遮陽設計、採光權、熱幅射、空調耗能、音效設計、風環境等等。圖3整理出在建築生命週期各階段的評估與分析項目。

不約而同的，BIM體系的軟體公司都將建築效能評估工具納入其開發與整合範圍，以期在3D作業環境下，更能夠協助設計者與從業人員精準的掌握建築的效能以邁向永續的未來。例如Autodesk公司的 Ecotect Analysis 與更簡易使用的Vasari、Bentley公司的Hevacomp系列和Tas、以及Graphisoft公司的綠色能源分析套件。

圖4以風環境的考量為例，呈現“建築設計的過程”是設計、評估的決策循環。在建築設計的不同階段(包括：基地分析、建築量體、外牆與開口、室內通風、直到設計完成)，需要風環境模擬、建築風載、室內通風的可視化分析，用以評

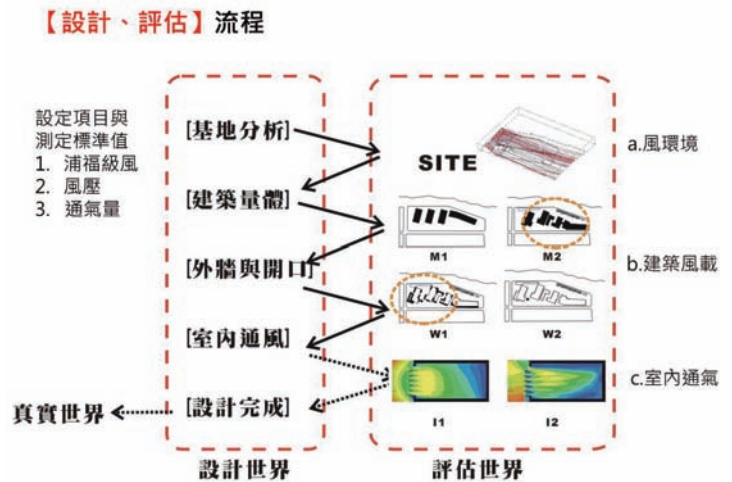


圖4 設計、評估的決策循環，以風環境為例，陳子豪作品

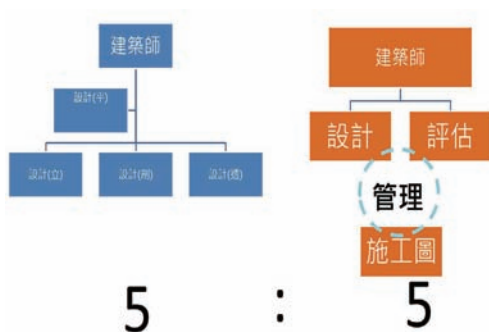
估不同方案的運作效能、作出最適化的決策。

邁向“形隨預測 (Form follow Prediction)”

建築存在與營運的年限，少則數十年，多則數世紀。因此在本質上，“建築設計的過程”既是評估、更是預測，必需對未來建築的存在與營運負責。若“評估”是根據過去、即時或者常態的情境資訊，作出決策，則“預測”是針對未來或者趨勢推估的情境資訊，作出決策。根據Merriam Webster (<http://www.merriam-webster.com/dictionary>)定義“預測(prediction)”是陳述(statement)未來將發生的事。例如：有鑑於氣候變遷對全球與台灣的天氣氣候與生存環境的巨大影響，國科會自100年度起，徵求“氣候模擬與推估能力建構”計畫(<http://rnd.ntut.edu.tw/files/14-1005-20212,r7-1.php>)，提供重要資訊作為氣候變遷衝擊評估、調適策略規劃的依據。而有了未來的“氣候”資訊作為依據，就有可能應用Ecotect Analysis等軟體，“預測”設計方案將會面臨的物理環境以及回應的建築效能。建築設計將會是“形隨預測 (Form follows Prediction)”的決策行動。

BIM時代的電腦輔助設計教育

逢甲建築學系積極培養具備“學用合一”關鍵能力的人才。如圖5所示，傳統事務所人員大約五人為基本單位的任務安排，未來將因BIM的施行有所改變。從多工合作的角度，建築更專業、分工更複雜。以3D建模為基礎的設計、評估、施工圖建制與整合管理等分項任務將各自需要專才，而從業人員要能夠“自我覺醒的”升級與轉型，以因應建築產業的未來需求。根據如圖6的電腦輔助設計軟體比較分析，逢甲建築的電腦輔助設計教育，淘汰了不合時宜的、以2D繪圖為基礎的AutoCAD教學。從簡易且快速建模的3D軟體教起，並強調“設計與評估”決策循環在實踐永續建築與環境的重要性。自2013年四月，逢甲建築學系更成立了Autodesk-BIM國際認證中心(圖7)、辦理BIM-Revit的國際認證工作，鼓勵與實質的獎勵建築學系學生在畢業前都能夠擁有這一份3D施工圖操作技術的能力證明。



從多工合作的角度，建築更專業、分工更複雜，從業人員要能夠升級與轉型，設計、評估、施工與管理各自需要專才。

圖5 執行BIM之後，事務所人員任務的改變

| 軟體 | AutoCAD | 3DMAX | Sketchup | Rhino | ecotect | Revit |
|----|---------|------------|----------|-----------------|------------------|--------------|
| 圖片 | | | | | | |
| 功能 | 繪圖 | 造型 (建模) | 造型 (建模) | 造型 (建模) | 評估 | 建築資訊模型 |
| 向度 | 2D | 3D,4D | 3D | 3D | 3D | 3D,4D |
| 目的 | 繪製施工圖 | 建立3D模型，做動畫 | 快速且簡易建模 | 設計過程中的可變因子參數化控制 | 環境模擬評估，了解室內外環境品質 | 建築資訊整合、工程管理、 |

圖6 電腦輔助設計軟體比較分析



圖7 成立Autodesk-BIM國際認證中心