

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

以認知科學的觀點探討 建築設計思考模型的譜系

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2211 - E - 032 - 028 -
執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳珍誠

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：淡江大學建築學系

中 華 民 國 90 年 10 月 15 日

以認知科學的觀點探討建築設計思考模型的譜系

An Investigation in Models of Architectural Design Thinking
from a Cognitive Science Approach

計畫編號：NSC 89-2211-E-032-028

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：陳珍誠 淡江大學建築學系

E-mail: 097016@mail.tku.edu.tw

計畫參與人員：邱信賢 胡日強

一、中英文摘要

建築設計思考的研究，乃針對於一般建築設計進行過程中的原則與策略作通盤的了解，並且關心著建築設計將如何被完成。建築設計思考的研究包括了解設計者如何思考，對於設計過程建立提綱挈領的架構，結合新的技術發展新的設計方法與看法，並且嘗試豐富設計的知識以提高對於建築設計問題解決的效率。

目前建築設計思考的研究大都專注於設計過程的研究，以及嘗試將設計過程解釋為系統化的過程；這樣的看法僅在某些特定的設計問題上是正確或者是重要的。然而，仍然有相當一大部份的設計並不能夠在這樣的設計思考模型下被加以說明。建築設計思考的敘述式模型散佈於各種不同的設計領域，這些敘述式模型以較全面的方式描述設計的不同向度。對於這些敘述式模型的比較將有助於了解眾說紛紜的設計思考方式，並且有助於設計思考譜系的建立。

因為設計是人類重要的思考模式之一，本研究將對於各個敘述式建築設計思考模型透過認知行為模型與人工智慧模型的分析，比較並整理，以闡明設計與認知行為模型的相互關係。我們期待透過本研究可以對於建築設計思考有更進一步的了解，並且有助於更理想的電腦輔助建築設計工具的建立。

關鍵詞：設計思考，敘述式模型，電腦輔助建築設計。

Abstract

Researches in architectural design thinking, is the study of the principles, practice and procedures of design in rather broad and general sense. Its central concern is with how designing might be conducted. This concern therefore includes the study of how designers work and think; the establishment of appropriate structures for the design process; the development and application of new design methods, techniques, and procedures; and reflection on the nature and extend of design knowledge and its application to design problems.

Current developments of design thinking emphasizes on the studies of systematic process of design, which only cover partial characteristics of design thinking. Several descriptive models of design thinking have been existed, which discuss different aspects of design models. Design is one of important human thinking activities. Thus, this research will examine different descriptive models of design thinking through the comparisons of different mechanisms and cognitive models in artificial intelligence and cognitive psychology.

This research anticipates through the

investigation of descriptive models in design thinking, the relationships of different models of design will be examined, and the spectrum of design thinking will be understood. Finally, the discussion of this research might reveal new concepts for more efficient computer-aided architectural design tools.

Keywords: Design Thinking, Descriptive Models, Artificial Intelligence, Computer-Aided Architectural Design.

二、緣由與目的

目前國內對於建築設計思考的教學大部份是以 John Christopher Jones 所著 *設計方法* 一書為藍本，以分析(Analysis)，綜合(Synthesis)，評估(Evaluation)三階段不斷遞歸的程序討論建築設計思考過程。目前建築設計思考的研究主要注重在案例分析(Case Studies of Design Process)；以及透過認知心理學中原案分析(Protocol Analysis)的方式，讓受測者以邊作邊說或事後回訴述的方式說明如何思考設計。以上的研究主要在探討建築設計思考中「程序式知識」(Procedural Knowledge)，也就是強調「如何」(how-to)作設計，基本假設建構在設計是一連貫的推理過程。然而在人工智慧的知識分類中，與「程序式知識」相輔相成的另一種知識為「宣告式知識」(Declarative Knowledge)。「宣告式知識」強調物體(Object)的本質(Attribute)與相互之間的關係(Relation)，以本研究的範籌來說，就是了解設計「是甚麼」(what-is)。當然說出「是甚麼」的同時，往往還牽涉到訴說者主觀的「偏見」(Bias)。

本研究的目的是，擬彌補傳統「程序式」設計思考模型的不足，將探討各種不同散佈於各個不同設計領域的「宣告式」設計思考模型。此類的「宣告式」設計思考模型，往往依賴研究者直覺的歸納，無法證明其真，但可證明其為錯(歸納法與「模型」先天上的本質)。「宣告式」設計思考模型有時易流於研究者的一種設計哲學沉思，但是對於各種「宣告式」設計思考模型的瞭解與比較，將較有助於瞭解建築設計思考的全貌。

三、國內外相關研究

Christopher Alexander 早期以較數學的模型討論設計，可參考 *Note on the Synthesis of the Form*。Herbert Simon 早期以系統科學的模型討論設計的研究，可參考 *The Science of Design*。最早

以原案分析的方法討論建築設計程序的研究，可參考 Charles Eastman 的 *On the Analysis of Intuitive Design Process* 最早以認知心理學的模式討論建築設計程序的研究，可參考 Omer Akin 的 *The Psychology of Architecture*。John Christopher Jones 的 *Design Methods – Seeds of Human Futures* 是較為國內普遍接受關於設計方法的書籍。Negil Cross 的 *Developments in Design Methodology* 是收羅各家設計方法論最為齊全的一本書，但是這本著作的年代稍微久遠了些。其他的研究散見於 *Design Education, Design Studies* 與 *Environment and Planning* 等期刊中。

四、研究背景

近代建築設計思考研究啟源，可以追溯到 20 世紀初期的「德國藝工聯盟」，「包浩斯學院」，與二次世界大戰後在德國與瑞士邊境的「烏姆(Ulm)設計學院」，主要是以設計教學為主。二次世界大戰後到 1965 年間，由於大量的重建工作以及民生的富裕，產生了第一代設計方法論，主要原因如下：

1. 設計問題已變得複雜，很難以直覺去處理；
2. 設計問題所需得資訊量大增；
3. 設計問題的量大量增加；
4. 設計問題的特性比以前改變得更快；
5. 電腦的發明以及計算速度的加快；
6. 登陸月球的事實證明了科學分析方法的效率。

第一代設計方法論主要強調以：「資料 - 分析 - 設計 - 決策 - 評估 - 模型」的思考方法看待設計問題；以電梯排程，及狄斯奈樂園排隊與設施分析 (Facility Management) 的案例較具成效。這時期設計方法論以計量法輔以「作業控制」(Operations Research) 的方法，認為設計是一理性的判斷與分析過程。

1965 年後的第二代設計方法論主要背景理論是以 Christopher Alexander 的 *Note on the Synthesis of Form* 一書，及 Herbert Simon 的 *The Science of Artificial* 一書所提及的「幾乎可完全分解的階層系統」(Near Decomposable Hierarchical System) 來看待設計問題。主要假設是將設計問題分解為一個個子問題或更小的子問題，待所有子問題解決後，主要問題自然獲得解決。

1980 年後的第三代設計方法論與「電腦輔助建築設計」及「專家系統」結合，強調設計問題如果能夠被「程式化」，以「人工智慧」學域的說法--此設計問題已通過「圖靈測試」(Turing Test)，代表此設計問題已大致被掌握。另一方面，此階段的設計方法論依附在「認知心理學」學域中「原案分析」(Protocol Analysis)，藉以瞭解設計者的想法，作為「程式化」的基礎。程序上來說，第三代設計方法論將適合第二代設計方法論所提及的建築設計問題加以「程式化」。

1990 年後，研究者體認到前面所提到的前三代設計方法論，主要架構在「演繹法」分析 (Deduction) 的典範 (Paradigm)，這部份僅涵蓋一部份的建築設計思考。因此，「案例式設計」(Case-Based Design) 及「設計創造思考」(Design Creativity) 開始被納入研究的主題。回顧設計方法

論在 20 世紀的發展，主要方向著重在將傳統視為「黑箱」(Black Box) 的設計程序，部份「明箱」(White Box) 化。較深入的探討在「階層系統」，「演繹法」，以及「程式化」三個部份；對於建築設計思考全貌的瞭解，留下很大待討論的空間。

五、設計思考模型

因為設計是人類重要的心智活動之一，而在認知心理學與人工智慧已經發展出不少可信的人類思考模型。這些人類認知的模型至少包括：Reasoning / Representation, Logic / Creativity, Thinking / Imaging, Abstract / Expression, Syntax/Semantics, Vertical Thinking / Lateral Thinking, Sequential Processing / Parallel Processing, Left Brain / Right Brain [Springer 85]。本研究期待透過對於設計思考在人類心智活動中所扮演的角色的探討，對於設計活動有更進一步的瞭解。

本研究擬探討的設計思考模型包括散佈於認知心理學、人工智慧 (AI) 設計方法、電腦輔助設計 (CAD) 工程設計、與建築設計等各個領域的不同設計思考模型，各個模型先後次序乃是根據提出者的姓氏的英文字母排列次序為準：

Omer Akin: [Akin 86] (認知心理學領域)

Problem Solving / Structuring

針對於大部份的建築設計研究引用人工智慧中「問題解決」與「搜尋」的模型於設計的後半階段，也就是設計計劃已經大致完整，而注重在後期空間的安排。Akin 認為前期「問題建構」階段相對的扮演著較重要的角色，並且透過認知心理學的原案分析顯示，專家在問題建構較多著墨，專家的經驗與「設計情境」(Design Scenario) 的建構是一般生手所沒有的，而生手較注重在「問題解決」的階段。

Christopher Alexander:[Alexander 79](設計方法) Unselfconscious / Self-conscious Design

亞氏在形式綜合之筆記一書中提到，「非自覺」與「自覺」的設計程序之不同，在非自覺的設計當中，設計者的角色與意圖並不明顯，經常透過不斷對於某種空間原型的使用結果加以修正，而產生較地域性的住居原型。在自覺的設計程序當中設計者扮演主動的角色，將業主的需求透過自己主觀的詮釋，而建構出他所想像的設計。

John Archer: (建築設計)

Problem Solving / Puzzle Making

建築師 Archer 在他的一篇文章 *What Architects Do When No One is Looking?* 中提到，根據他自己的經驗，他並不認為設計者真正熱中於解決什麼樣的問題，作設計反而比較像是在解七巧版之類的益智遊戲問題，尤其當沒有人在身邊監督時。Archer 很誠實的道出了設計者對於方法論本身，以及設計是否理性的質疑。

Geoffery Broadbent: [Broadbent 77] (設計方法) Algorithm / Ration / Deduction / Analogy / Induction / Metaphor / Chance

Broadben 將設計的複雜程度分成七個等級的光譜，從演算 / 理性 / 演繹 / 類比 / 歸納 / 隱喻 / 機會等，越後面的方法可能較不理性，而創作性也較高些，而各個方法之間是可以彼此獨立

而且不相關的，取決於設計者的原始設計訴求。

Peter Eisenman: [Noever 91] (建築設計)

Weak / Strong Form

建築師 Eisenman 認為建築師在設計時，一個重要的區分點在於他準備從事的是一個「弱形」或者是「強形」的設計，這兩者將導致後續的設計思考程序有所不同，在價值觀上也陷入長久以來「型隨機能」或是「機能隨型」的爭辯，重點是目前的設計對於空間的型式邏輯與認知方式並沒有完整與深入的成果，因此對於所謂「強形」設計的生產方式，較缺乏討論，而且結論莫衷一是。

Boi Faltings: [Faltings 89] (工程設計)

Positive / Negative Specification

Faltings 提出在設計過程中會出現兩種不同的描述，也就是正向與反向的描述，正向的描述將有助於開發出更多的階段性設計可能，而負向的描述將會抑制或減少階段性的設計可能；前者在創造性的設計過程中較常出現，後者在工程設計，也就是在強調安全與經濟的設計過程中較常出現。或者更進一步以「生產與測試法」(Generate-and-Test)的角度來討論時，正向的描述通常放在「生產器」(Generator)當中幫助生產更多可能的設計，而負向描述通常放在「過濾器」(Filter)當中過濾生產器所衍生出來的設計選擇。

John Gero: [Gero 91] (CAD)

Routine / Innovative / Creative Design

Prototype Refinement / Adaptation / Combination / Creation

Gero 將設計的複雜度分成規範式 / 改良式 / 與創造式設計，這三種設計方式，更進一步來說與設計原型的精鍊 / 改寫 / 創造相關。在規範式設計當中，設計的排列與組合式有限的，透過固定設計參數與組合步驟的改變，透過窮舉法可以列舉出這種設計原型中所有的設計可能選擇。改良式設計透過之前已有設計的修改，以適應新的設計問題與涵構，或者是將數個既存設計的不同部份加以組合，以產生新的設計。這與接下來即將提到 Kornell 的類比模型有很大的關係。而 Gero 暗示，創造式的設計旨在開發不同於既存設計原型的新設計原型，當然，這新設計原型經過不斷的精鍊之後，又可能變成一種規範式設計。

Jim Kornell: [Carbonell 85] (AI)

Transformational / Derivational Analogy

在討論「機器學習」時，Kornell 注意到類比與歸納的思考方式，是學習機制中重要的關鍵。他嘗試想將類比式思考應用在機器學習上，他更進一步的指出，類比式思考分為「轉換式」與「獲致式」兩種，轉換式類比直接將舊問題的答案修改後，直接套入新的問題中，而獲致式類比得經歷較複雜的過程，將舊問題解決問題的步驟重新整理之後，套入新問題當中；當然在這兩種類比型態中，新、舊問題得具有某種程度的相關性。

Convergence / Divergence of Thought

另外，Kornell 也提出兩種不同的思考系統，一個是聚合式的思考，著重在思考結果的收斂，另外一種是發散式的思考，並不強調思考結果的收斂，與水平式思考(Lateral Thinking)有些類似。

Bryan Lawson: [Lawson 80] (設計方法)

Pragmatic / Iconic / Analogic / Canonic Design

Lawson 以描述「通史」的方式，將設計分成實用式 / 圖騰式 / 類比式 / 準則式，他的著眼點大概是根據人類最早對於建築設計的需求來自於遮風避雨的基本民生實用需求，漸漸的轉向一種群體的肖像與圖騰式建築，慢慢的又因為各種不同觀點的模仿與模擬，產生類比式的設計，而最後當這些設計慢慢成形，與儀式、風土、與氣候等結合後，就成為非常制式化的準則式設計。

Lional March: (設計方法)

Deduction, Abduction, Induction

March 在 *The Logic of Design and the Question of Value* 一文當中，提出演繹法、外展法、與歸納法，可能在設計思考中所扮演的角色與時機。他似乎想定義出一完美的三位一體模型，並討論這三種方法之間的相互關係，某些部份甚至以邏輯式的方式加以表達。然而，這模型在某種程度上並無法自圓其說，但是這模型的提出讓研究者重新審視演繹法在設計思考中所佔的比重與位置，也使得設計方法與人工智慧中所討論的思考模型開始有所連接。

William Mitchell: [Mitchell 77] (CAD)

Discrete / Overlapping Hierarchy

Mitchell 認為設計經常被想像成是一個階層式的系統，尤其是所謂「定義清楚」(Well-Defined)的設計問題。也就是設計問題可以被切割成不同的子問題，而每個子問題又可以被切割成更小的子問題。觀念上，似乎只要這些子問題被解決，整個大問題就可以迎刃而解。然而，Mitchell 指出這麼完美的情形只可能出現在「離散式」的階層系統，在這種系統中每一個子問題僅直屬於一個母系統。然而在現實生活中大部份的階層式系統是盤根錯節的「重疊式」系統，也就是一個子問題可能與數個母系統相關。這樣的觀察，也道出了類似「模式語言」這樣的設計方法在先天的極限。

Herbert Simon: [Simon 75], [Simon 82] (AI)

Well-Defined / Ill-Defined Problems

Simon 認為要釐清一個問題是否可以被解決(或是可以被運算)的先決條件在於這個問題是被「定義清楚」或是「惡質化定義」的問題。定義清楚的問題都可以找到清楚的「再現」方式，而這些再現可以被安排在一棵「搜尋樹」(Search Tree)上，而在這搜尋樹上一層層的移動，也可以被清楚的「操作元」(Operator)所定義。因此，這搜尋樹不管如何龐大，但是它的排列組合或部份集合式有限的，所以是可以被解決的問題。然而，大部份的設計問題比較是惡質化定義的問題，因為除了沒有確定且單純的再現手段，解決問題的目標也不斷的在修正與改變當中。

Design Process / Product / Tool / Style

此外，Simon 指出討論設計可以由設計程序 / 產品 / 工具 / 風格等四個重要的方向下去討論。本研究認為他提出這四個方向大致與人工智慧中對於知識的分類有：程序式、宣告式、濃縮式、與後設式等四種知識分類相關；在本文的結論中會有更進一步的討論。

George Stiny: [Stiny78] (設計方法)

Interpretation Algorithm / Design Descriptions

Stiny 在他的博士論文演算法美學中提到，藝術評論者有一套詮釋藝術品的「演算法」，而創作者本身有一套創作機制的「演算法」，而這兩者有部分的重疊，而且是互通的，他隱約的暗示，假使有「自動化」的評論與設計系統，這兩部份是可以共用的，但是本研究認為這兩個子模型，在先天上是不完全可逆的。

Bernard Tschumi: [Tschumi 94] (建築設計)

Pyramid / Labyrinth :

建築師 Tschumi 用「金字塔」與「迷宮」的隱喻，來說明不同時代的建築師在創造空間時兩種不同的態度。金字塔空間的創造者在尋求永恆的空間，而迷宮空間創造者在尋求他所創造空間的獨特意義。前者對於某種空間以執卓的態度，不斷的加以嘗試精練，而後者對於不同的空間表達，不斷的嘗試，希望生產有別於前代的空間。

Cross- / Trans- / Dis-Programming :

另外，Tschumi 在他對於「解構」建築的手法的看法上，提出交錯 / 移轉 / 與否定的方式重新檢視「建築計劃」(Architectural Programming)。

「交錯計劃」將本來僅適用於A方案的計劃，運用到B方案上。「移轉計劃」是將A與B方案的計劃合併，用到C方案上。「否定計劃」則是並不直接去執行A方案的計劃，而是透過「非A」方案的執行，而了解到A計劃的重要特質。在交錯與移轉計劃中，可以看到Kornell 所提到的類比式思考，與 Gero 所提到的設計原型組合類似的觀點。如果以建築理論的角度來看這模型，原因可能是傳統的建築類型學分類已經不符合當代的機能需求，而新的建築計劃可以透過以上三種行為而部份被完成。

以上這些模型都是由研究者直接提出的「形上學」模型，大部份將設計或設計思考的全部或一部份在係分成數個子模型加以討論，這一類的模型通常無法仔細的檢證。然而透過這些模型之間的相互比較，不難發現它們之間的相關聯性，一個完整的設計思考藍圖隱隱約約的有個大致上的輪廓。

六、結論與建議

在人工智慧當中將知識類型區分為四個分類：程序式知識 (Procedural Knowledge)、宣告式知識 (Declarative Knowledge)、濃縮式知識 (Compiled Knowledge)、與後設式知識 (Meta-Knowledge) 等。程序式知識是關於如何去做 (How-to) 的步驟，比如說如何去畫一個圓。宣告式知識是關於是什麼 (What-is) 的知識，比如說什麼樣的形狀是一個圓。濃縮式知識是速成式的知識，中間隱藏著程序式與宣告式知識，可以直接使用但不知其所以然的知識，比如說一些經過不斷演算後所產生的表報。後設式知識是關於知識的知識，也就是較高一層的知識。

在傳統的設計方法中，較注重在設計程序的討論，也就是 Jones 之類的觀點。而本文中所列舉的模型比較是從設計的結果與產品的觀察中，將設計劃分成不同的種類加以推敲，這是比較接

近人工智慧中宣告是知識的表達方式。在本研究中所提到的另外一類模型，是針對於設計思考的後設知識所提出來的，著重在不同向度的設計思考如何在不同的設計情況下被使用，以及所擅長解決的問題型態等。

此外，在本文第五節第一段所提到的幾個二分法的模型，也可以幫助我們去了解哪些部份的設計活動有較多的討論，哪些尚待研究。從以上的討論也可以了解到設計思考的範圍涵蓋廣泛。

本研究所列舉的模型未臻完備，但是提供另外一種思考設計方法的角度。建築設計思考一直是建築設計工作室教學最基本的教學精神，期望透過本研究我們可以提供各種設計教學模型的定位標準。歸納出單一建築設計思考模型並非本研究的最終目的；重點是：如何了解不同向度的建築設計思考以發展設計的潛力與可能性。

七、參考文獻

[Akin 86] Akin, Omer. *Psychology of Architectural Design*. Pion, London, UK, 1986.

[Alexander 79] Alexander, Christopher. *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1979.

[Anderson 83] Anderson, J. R. *The Architecture of Cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1983.

[Broadbent77] Broadbent, Geoffrey. *Design in Architecture*. John Wiley & Sons, New York, NY, 1973.

[Carbonell 85] Carbonell, Jaime G. *Derivational Analogy: A Theory of Reconstructive Problem Solving and Expertise Acquisition*. Tech. Rept. CMU-CS-85-115, Department of Computer Science, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA, 1985.

[Chan 90] Chan, Chiu-Shui. *Psychology of Style in Design*. Ph.D. thesis, Department of Architecture, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA, 1990.

[Chen 90] Chen, Chen-Cheng and Schmitt, Gerhard. "Design as Learning". In *Proceedings of EUROP-IA 90, the Second European Conference on Application of Artificial Intelligence and Robotics to Building Architecture and Civil Engineering*, University of Liege, Belgium, Mar., 1990.

[Faltings 89] Faltings, Boi. "An Architecture for Design in Large Domains". In *Proceedings of the Third IFIP WG 5.2 Workshop on Intelligent CAD*, Osaka, Japan, Sep., 1989.

[Gero 88] Gero, J., Maher, M.L. and Zhang, W.G. *Chunking Structural Design Knowledge as Prototypes*. The Architectural Computing Unit. Department of Architectural Science, University of Sydney, Sydney, Australia, Jan., 1988.

[Gero 89] Gero, John S. "Missing Elements of Intelligent CAD". In *Proceedings of the Third IFIP WG 5.2 Workshop on Intelligent CAD*, Osaka, Japan, Sep., 1989.

[Lawson 80] Lawson, Bryan. *How Designers Think*. The Architectural Press, London, UK, 1980.

[Mitchell 77] Mitchell, William J. *Computer-Aided Architectural Design*. Petrocelli/Charter, New York, NY, 1977.

[Noever 91] Noever, Peter (editor), *Architecture in Transition: Between Deconstruction and New Modernism*, Prestel-Verlag, Munich, Germany, 1991.

[Simon 75] Simon, Herbert A. "Style in Design". In Eastman Charles M. (ed), *Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design*. Applied Science Publishers, London, UK, 1975.

[Simon 82] Simon, Herbert A. *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press, Cambridge, MA, 1969.

[Stiny78] Stiny, George. "Algorithmic Aesthetics". Ph. D. Thesis, UCLA, 1978.

[Tschumi 94] Tschumi, Bernard. "Architecture and Disjunction". MIT Press, Cambridge, MA, 1994.