

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※ 可程式化與互動式建築之探討



計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號： NSC 90-2211-E-032-017-
執行期間： 90年 8月 1日至 91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 31 日

可程式化與互動式建築之探討

An Investigation of Programmable and Interactive Architecture

計畫編號：NSC 90-2211-E-032-017

執行期限：90年8月1日至91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：莊子忠 鄭育松

一、中英文摘要

過去十年來，電腦與資訊的發展改變著我們的生活，部份建築的機能與空間已經受到這些影響而改變，新的建築空間需求與可能性也隨之出現。隨著電腦輔助設計工具的改變，連帶著設計思考的方式也受到了影響，甚至施工技術也開始與電腦輔助製造相結合。我們正站在一個時代的分水嶺，新建築時代的來臨是不可避免的。

前工業革命時期，建築物只是支撐骨架與包被外皮的結合，工業革命之後逐漸的對於建築物的生理循環系統加以考慮與設計，例如：給排水系統、冷暖氣機、電路、與安全系統等。今日，更進一步的透過資訊處理、電腦、與網際網路，建築物被賦予感覺與數位神經系統。可以想像的是：在未來建築的許多可能當中，最具挑戰的是如何使得建築物隨著機能與環境的改變，產生不同的反應，進而與環境互動。而電腦程式與微電子科技的進步，真實與虛擬空間的結合，將可以開發出未來建築設計的另外一個可能性。

本研究擬就「可程式化空間」與「互動式建築」提出討論，前者可視為一硬體問題，後者為一軟體問題。本研究希望藉由相關文獻、理論與案例回顧，定義「可程式化空間」與「互動式建築」，藉由電腦輔助建築設計軟體的幫助，展望未來建築的可能。也希望藉由本研究，探討建築的時代意義與當代電腦科技間的交互影響。

關鍵詞： 可變動的建築，可程式化空間，互動式建築，電腦輔助建築設計。

Abstract

Computer and information technologies influence our life very much for the past decades. Simultaneously, the architectural functions and spaces have been changed by these technologies, and new architectural necessities and possibilities are now visionable. As well as, current architectural design thinking has been influenced by computer-aided architectural design, and building constructions have been integrated with computer-aided manufacturing techniques. Digital

revolution has brought us to an era of new architecture.

Before Industrial Revolution, architecture simply provided human the skeletons and skins of shelters only. Through Industrial Revolution, buildings become gradually own their electricity, vertical circulation, ventilation systems and security systems. Furthermore, throughout computers and Internet, architecture has been giving sensory and neural systems. We can imagine for the possibilities of future architecture, the most challenging issue is how to make buildings interaction through different necessities and environment. The improvement of computer programming and micro-technologies will enhance the combinations of real space and Cyberspace to develop another direction of future role of architectural design.

This research emphasizes on the discussions of "space" and "interactive architecture"; the former discusses the possibilities of hardware transformation in architecture, and the latter discusses the software technologies of programmable places. The relationships between *Zeitgeist* of contemporary architecture and computer technologies will be comprehended through literature review, case studies and theory formation. We anticipate this research will reveal new directions for the future of architectural design.

Keywords: Transformable Architecture, Programmable Places, Interactive Architecture, Computer-Aided Design.

二、緣由與目的

肯尼斯·法蘭普頓〈Kenneth Frampton〉在他1996年的著作營建文化之研究〈*Studies in Tectonic Culture*〉[Frampton 96]最後一章中提及：建築物的造型已經逐漸被「去物質化」，而建築結構體也漸趨非固定式。他舉出部分的數據：在部分新建築物中結構費用從80%下降到20%，活動隔牆從3%增加到20%，只有12.5%的費用花費在立面上，而有35%的費用花費在裝置設備上面。這也就是說，建築物的軀體逐漸變成爲次要，而建築物的

智慧型系統日趨重要。西方建築從羅馬時期厚重的牆壁演變到今天的輕質帷幕牆，擬人化的來說：在西方建築初期的發展上，建築物在剛開始時只提供了骨骼與表皮；工業革命以來，建築物的軀體逐漸被賦予了血管與循環系統（水電、電梯、空調...等）；而資訊革命後，建築物開始被期望具有皮膚甚至神經系統的功能。在 1996 年紐約大都會博物館（MoMA）所展出的建築主題「輕建築」（Light Architecture）也透露著建築物表面日易輕薄的訊息。「臨界表面」（Hyper Surface）面對建築即將失去的表面的困境（試想最後的建築表面僅剩一單薄的「氣簾」[Campagno 95]），建築設計嘗試以新的手法賦予建築表面新的意義。建築師開始以具時代性的電腦、資訊、通訊與媒體技術思考建築，這將可以是對於資訊時代建築設計的新嘗試。

三、國內外相關研究

建築史上對於未來建築的想像：

第一次世界大戰前的義大利未來主義（Futurism）與蘇聯構成主義（Constructivism），60 年代的英國的 Archigram [Pawley 90]，以及近期 Future Systems [Pawley 90] 的作品等皆是。對於建築史上曾經出現對於未來建築想像的完整探討，可參考 *Visionary Architecture* [Thomsen 1994] 一書。

3. 可變動建築的相關案例：

現代主義建築以來對於可變動建築的案例有：Le Corbusier 的「建築是居住的機器」，Walter Gropius 的「完全劇場」（Total Theater），Richard Buckminster Fuller 的工業化住宅，Archigram 的「可行走的城市」，Metsabolism 的插入式住宅，Moshe Safdie 的「哈比塔」（Habitat），Frei Otto 的平克佛洛伊德演唱會臨時傘頂與麥加朝聖殿的遮陽傘頂 [Otto 95]，Jorg Schlaich 的蒙特婁體育場帳棚式屋頂 [Holgate 97]，Santiago Calatrava 的博士論文「關於框架的折疊能力」與蘇黎世湖邊小亭，Jean Nouvel 的「阿拉伯文化中心」的快門窗，Toyo Ito 的「風中之塔」（Tower of Wind）與未來日本裝置藝術展 [Jodidio 97]。此外，Frank Gehry 位於畢爾包的「古根漢博物館」揭示 CAD / CAM 技術應用在設計與施工上的可能性 [Jencks 95]。

對於未來科技與生活的探討：

新興起的學門社會資訊學（*Social Informatics*）可以作為的代表；此外，坊間不乏中文的翻譯書籍，例如：第三波，*10 倍速時代* [Grove 96]，*未來城* [Trefil 97]，*模仿物與擬像* [Baudrillard 98]，*網絡社會之崛起* [Castells 98]。而建築人 Nicholas Negroponte（Media Lab，MIT 主持人，前 *Architecture Machine Group*，MIT 主持人）所寫的

數位革命 [Negroponte 95]，與 William Mitchell 所寫的 *位元城市* [Mitchell 95]，可程式化空間的部份想法源自於以上二書。

四、研究背景

本研究以電腦程式的觀念類比可程式化建築的探討，並由建立可操作的理論模型。在系列的研究過程中，包括了設計理論的探討、建築元素的歸類、資訊科技的研究，以及設計流程的討論。將就以下的主題進行討論：

建築元素的再定義：本研究中將傳統建築元素的分類重新定義為適合可程式化建築概念討論使用的分類。本研究所使用的分類方式符合**可變動建築**操作所需，可提供後續研究之討論。

資訊科技與建築的關係：目前對於資訊科技與建築關係討論為數眾多，但僅侷限於設備上的討論，或著重於虛擬空間的想像建構。在設備上的討論涉及建築的硬體，但對於空間形式概念含括較為不足。虛擬空間的討論著重於軟體，但討論的出發點為對實體空間的取代而非對實體空間形式發生的影響。本研究所持的角度為資訊科技對建築的影響可以由設計理論上進行探討，研究設計觀念中的**互通與互異性**，進而討論更根本的問題—**可程式化空間**的時代意義。

關於設計操作方面：本研究提出由設計理論出發的建築設計流程修正，由程式語言的發展與程式設計的角度來討論新的設計可能。再由此設計理論出發，提出對傳統設計流程的修正，建構**互動式建築**的設計思考方式。

本研究預期可提供可程式化與互動式建築的設計理論、模型與方法。為便於討論新型態建築的可能，本研究著重於理論的提出與模型的建構，並期望此研究成果能夠繼續在未來進行後續的發展與研究。

五、可變動建築的建築元件

可變動因子的觀念，事實上早已隱含在傳統建築之中：嚴格地來說，所有的建築都是可變的。只要建築內包含了非固定的元素，建築物就會產生狀態上的變化。更嚴格地來說，太陽的東昇西落、外界的陰晴風雨，都造成了建築狀態的變化：陽光直射時我們調整遮陽版的角度，下雨時我們關上窗戶，這些算是可變動的部份。另外的例子，劇院的舞台就是一個標準的可變動空間，隨著不同戲碼的上演，舞台呈現出一個個截然不同的場景，近代劇場的新種類：「黑盒子」（black box），則更是連舞台及觀眾席都不作任何表示，一間四四方方、空空洞洞的房間，僅留下演員觀眾的出入口、必要的燈光及音響設施，其餘一切完全視演出所需自由變動。於是舞台可能就在觀眾席之

間，也可能觀眾席本身就是舞台。再以和式民宅為例。和式的民宅也表現了可變動空間的精神。和式民宅的隔間是可拉動的紙門，隨時可以依需要將空間連結或分割。配上不同的家具則可以彈性地作為招待客人的處所、書房、餐室或寢室。但如果以電腦的發展過程來加以譬喻，過去建築物的可變性有如軟硬體核心化出現之前的計算機，必須依每次不同的需要來重新移動硬體的部份，以達成空間的變動。

六、程式化的建築空間

可程式建築的物件觀念事實上仍由傳統建築元素而來。在討論建築形態的論述中，建築元素一定是形態系統中構成的最小因子，如同函數一定在程式中扮演最小元素一樣。由建築元素討論到建築物件，就如同由函數討論到程式的物件一樣。「可程式化」意味著建築運作的流程是可以變更的。可程式化的概念應用到空間上時，意味著一個空間可以依一個以上的活動流程而改變。也就是在同一個建築物中可以呈現出複合活動的意義，並隨著各個活動之間的關係而能夠產生變化。也就是說，設計之初就要考慮到活動程序改變的方法。必須注意的是，活動的內容及其變換的方法是受侷限的，即所謂「複合性的特定用途」，而非「一般性的用途」。

七、建築計劃與電腦程式

建築計劃 (Architectural Program) 與電腦程式 (Computer Program) 都使用「Program」這個字眼，雖然在中文的翻譯上不盡相同，但是我們如果談到「建築設計」或是「程式設計」時，又不約而同的在中文中使用「設計」這字眼，雖然這兩種設計的活動在本質上有些不同。有趣的是「Function」這個字也同時在建築與電腦這兩個領域所使用，在建築上代表的是「機能」，在電腦程式上所代表的是可以被主程式這個 Program 所呼叫的副程式，發展的很完整的 Function 是可以在以後被其他程式所使用的模組，有點類似建築物模矩化的觀念。因此，如果將 Function 在電腦程式上的意義引申到建築上，我們可以看到「機能」這個字眼在機械時代與資訊時代所代表的不同意義。將電腦的比喻延伸到建築上時，那麼建築物本身可以被視為「硬體」(Hardware)，而 Program 則是「軟體」(Software)。機械時代的建築在 Program 上較為僵化，將程式的觀念導入 Program 之後，將可以軟體程式來控制硬體建築物，「軟建築」(Soft-Architecture) 將會產生許多新的可能。

再將電腦程式中的「輸入」(Input) 與「輸出」(Output) 的觀念應用到可程式化建築之中，「輸入」即外界環境對於建築物做了某種刺激，而「輸出」

意味著建築物對於此刺激作出了適當的回應，而輸入與輸出可以是多組的。在不斷刺激、回應與的輸入、輸出的迴路當中，建築物與環境可以達到「互動」，這就是「互動式建築」的最基本想法。

而源自於工業設計的「多功能」(Multi-Function) 概念，伴隨著人類對於生活品質的追求，而成為一種設計態度。例如：瑞士刀、多功能電子錶、多功能手機、單一平台去具有不同機種或功能的汽車、...等，可程式化空間也可以視為「多功能」這個概念在建築設計上的一個延伸。此外，電腦的晶片的內部設計也借用 Architecture 這個名詞。或者是，Program 這個字眼也可以用在電視節目上，而選台器可以用來遙控選擇不同的「節目」，這個觀念也可以使用在可程式化空間上。

八、空間可變動的因素

空間可變動的因素，至少可以從以下四個方面加以探討：

1. 大小的變動 過大與過小的空間都會產生不舒適感，因此可調整大小的空間可視為空間可變動的第一要素。
2. 機能的變動 對於一固定空間，於不同的時間提供不同的機能，或因應非預設的機能需求。
3. 環境的變動 建築物的周遭環境不停的變動，例如早晚、季節、聲音、光線、溫度...等。建築物中的家具、陳設、與設備其實都可以因應不同季節而有所調節。
4. 資訊的變動 建築物亦可視為資訊的載體，當部分空間內容改變時，改變的資訊內容應該可以傳遞至其他空間，亦可以造成其他空間內容與資訊內容的改變。

比方說，在日本有所謂的「會議室機器人」，將隨著開會人數與開會方式的不同，而產生不同的平面配置，而機器人會隨著中央控制室所設計的程式，排列各種不同的桌椅配置，供參加會議的人員使用。

九、程式化的建築空間

近期建築設計的手法嘗試將多媒體與資訊革命的觀念加諸於建築設計之中，我們可以稱這種收法為 Information Architecture。透過電影蒙太奇、電視 MTV、電腦動畫、斷層掃描影像、衛星照片、...等前所未見的影像，成熟的投射與液晶螢幕技術，加上可以任意縮放比例的電腦影像與三維模型，再加上影像合成與電腦剪接進步技術，有別於以往視覺經驗的建築觀念因此產生。Information 之前以較表象的視覺為手段嘗試豐富建築設計所傳達的資訊。但是在 1987 年尚 努維

爾 (Jean Nouvel) 在巴黎所設計的阿拉伯文化中心的類似照相機原理的「快門窗」中，我們看到新的可能。阿拉伯文化中心雖然仍屬於低等演進的單向感知式建築 (Sensory Architecture)，然而後續發展不可小觀，進化後的 Information 式的建築將往雙向互動式建築 (Interactive Architecture) 方向全面發展，將與周圍環境產生互動與溝通，或許將成為下世紀建築的主流 — 也就是高科技的有機建築 (Organic Architecture)。

十、模糊邏輯、類神經網路與互動式建築

如果期望可程式化空間具有更高的敏感度，那麼這樣的討論將可以從傳統「序列運算」(Sequential Processing)的電腦程式中 0 與 1 的二元邏輯，進一步延伸到「模糊邏輯」的討論，這裡所要處理的不再是「無」與「有」的問題，而是對於事件出現的可能、程度、或是機率。人工智慧領域中對於模糊邏輯與類神經網路的討論，提供了「互動式建築」運算的基礎。「可程式化空間」對於已經被程式化的序列指令功能具有處理的功能，然而對於許多牽涉到人體直接反應的敏感功能，傳統運用 0 與 1 邏輯運算的程式功能似乎力有未逮。今日的類神經網路技術的發展，雖然仍屬於單細胞神經元的範圍，但是類神經網路隱隱約約指向了未來互動式建築的可能。在這裡，可以進一步釐清的是「可程式化空間」的討論屬於「由上而下」(Top-Down)式的問題分解，屬於傳統人工智慧中「符號處理」(Symbolic Processing)的範疇；「互動式建築」屬於「由下而上」(Bottom-Up)式的類神經網路學習範疇，而「由上而下」與「由下而上」是可以相輔相成的。

十一、互動式建築與流動空間

我們可以以 Castells 所說的「流動空間」(Space of Flows) [Castells 98]，或是「超空間」(Hyper Space) 這樣的看法來討論可程式化空間與互動式建築，可以發現到空間當中介入資訊的隱喻時，對於空間的描述將不再只是靜態的，而是具有動態的可能。近期「諾克斯設計小組」(NOX Architects)所設計的「新鮮活水館」(Fresh H₂O Pavilion)方案，成功的將使用者的動作與行動合而為一，模擬了身體至於水底空間被流動的物質所圍繞的感覺。這將使得本來對於建築物應該是靜定的矗立在地表上這個限制被解除，而許多新的動態可能性將被設計師們嘗試與想像。

十二、結論與建議

嚴謹的邏輯曾經被認為是人類最複雜的思考功能之一，然而這工作已部份被電腦所取代。反倒是人類「一般的感覺」(Common Sense)，例如：

對於空間涵構的敏感，至今仍是電腦上急待突破的一個問題。因此，可程式化空間與互動式建築之探討，有些部份的努力亦將朝向「有感覺的建築」方面發展，甚至建築將成為我們身體的一部份。當我們從機械時代過渡到資訊時代，而更進一步的將建築與「生物科技」(Biotechnology)相結合的技術或是隱喻，或許可以回應幾世紀以來建築師的熱切渴望，那就是建築將不再只是形式上的「有機建築」，而是進一步的讓建築設計思考邁向一個「後有機」的典範。

十三、參考文獻

- [Akin 82] Akin, Omer and Weinel, Eleanor F. (Editors), *Representation and Architecture*, Information Dynamics, Inc., Silver Spring, ML, 1982.
- [AR 95] "Designs on the Computer", *Architectural Review*, January, 1995.
- [Boyer 96] Boyer, M. Christine, *Cyber Cities*, Princeton Architectural Press, New York, 1996.
- [Campagno 95] Campagno, Andrea, *Intelligent Glass Facades*, Birkhauser Publishing, Basel, Switzerland, 1995.
- [Dubost 96] Dubost, Jean-Claude and Gonthier, Jean-Francois, *Architecture for the Future*, Terrail, Paris, 1996.
- [Frazer 95] Frazer, John, *An Evolutionary Architecture*, Architectural Association, London, England, 1995.
- [Frampton 96] Frampton, Kenneth, *Studies in Tectonic Culture. The MIT Press*, Cambridge, MA, 1996.
- [Holgate 97] Holgate, Alan, *The Art of Structural Engineering: The Work of Jorg Schlaich and his Team*, Axel Menges, Stuttgart, 1997.
- [Jencks 95] Jencks, Charles, *The Architecture of The Jumping Universe*, Academy Editions, 1995.
- [Thomsen 1994] Thomsen, Christian W., *Visionary Architecture: From Babylon to Virtual Reality*, Prestel-Verlag, Munich and New York, 1994.
- [Jodidio 97] Jodidio, Philip, *New Form: Architecture in the 1990s*, Taschen, Koln, 1997.
- [Mitchell 95] Mitchell, William J. *City of Bits*, The MIT Press, Cambridge, 1995.
- [Noever 91] Noever, Peter (editor), *Architecture in Transition: Between Deconstruction and New Modernism*, Prestel-Verlag, Munich, Germany, 1991.
- [Otto 95] Otto, Frei, and Rasch, Bodo, *Finding Form*, Edition Axel Menges, Stuttgart, 1995.
- [Pawley 90] Pawley, Martin, *Theory and Design in the Second Machine Age*, Basil blackwell, Oxford, 1990.
- [Pawley 93] Pawley, Martin, *Future Systems: the Story of Tomorrow*, Phaidon, London, 1993.
- [Riewoldt 97] Riewoldt, Otto, *Intelligent Spaces: Architecture for the Information age*, Laurence Kong, London, 1997.
- [Baudrillard 98] Jean Baudrillard 原著，洪凌譯，*擬仿物與擬像*，時報，臺北，1998。
- [Castells 98] Manuel Castells 著，夏鑄九等譯，*網絡社會之崛起*，唐山，1998。
- [Grove 96] Andrew S. Grove 著，王平原譯，*10 倍速時代 (Only the Paranoid Survive!)*，大塊文化，1996。
- [Negroponte 95] Nicholas Negroponte 原著，齊若蘭譯，*數位革命*，天下文化，台北，1995。
- [Sherman 95] Barrie Sherman & Phil Judkins 著，金祖詠譯，*模擬真實*，時報文化，台北，1995。
- [Trefil 97] James Trefil 著，賴原芸譯，*未來城 (A Scientist in the City)*，時報，1997。
- [加來道雄 98] 加來道雄著，陳婷、徐中緒譯，*Next 20 Years and After*，大塊文化，1998。