

二、先前研究

本研究是按照空間類型出現的時間順序進行文獻回顧。首先是實體建築與城市空間最近的研究，回顧傳統的空間研究與城市空間的實質與認知研究。其次，數位空間：電腦虛擬空間與網路空間，包括數位媒材與溝通、電腦連線構成之數位空間觀念、以及數位環境的設計。接著，共同存在的實體空間與數位空間，回顧數位空間觀念對傳統空間理論的影響、實體空間與數位空間的互動、與實體與數位空間共同形成之數位建築的發展。然後是人類的空間認知。最後，設計媒材最近的發展。

2.1. 實體空間近期的研究

2.1.1 傳統的建築空間研究

雖然數位媒材與數位電子通訊的快速發展使我們能夠在網路空間中創造虛擬的空間與城市，但是實體空間還是我們所關注的焦點，傳統的空間定義與研究仍然是我們進行新設計的基礎。例如，Giedion [78]指出建築空間觀念的演進可以畫分成三個階段：第一，埃及與希臘時期的建築空間注重量體的交互作用，室內空間相對的被忽略；第二，從羅馬時期開始，建築空間與室內空間的地位相同重要。第三，二十世紀初期單點透視被放棄帶來視覺的革命，這個現象對建築與都市空間的感知(perception)有相當深遠的影響，獨立建築物散發出的空間特質能夠被理解。然而都市空間被認為是由實體的(solid)建築物與虛體的(void)街道、廣場、與公園等空間共同建構。Zevi [79]則認為相對於建築物的室內空間，都市空間是由建築物界定之外部空間。Rossi [80]將都市視為建築，其類型(typology)與型態(morphology)是最重要的。除了上述列舉的定義之外，不同學科對於空間特質的關注呈現相當大的差異性。為了達成一致的空間概念，Madanipour [81]將相關的空間論述歸納成八個類型：絕對的與相對的空間，空間與量體，實體與社會空間，心智的(mental)與真實的空間，抽象的與差異的(differential)空間，空間與時間，空間與場所，以及空間與特定化(specialization)。另外，都市空間的認知研究則以 Kevin Lynch [82]的經典著作 *The Image of the City* 為代表。這個研究分析城市的意象構成元素：路徑、邊緣、區域、節點、與地標。以下的文獻回顧將以城市空間的實質層面與認知層面為主。

2.1.2 城市空間的實質與認知研究

城市空間的實質層面，城市型式的類型(typology)，基本上被劃分成兩個相對的範疇：沒有規劃的有機型式(organic-unplanned)與規則的規劃型式(regular-planned)。有機型式以中古世紀自然成長的城鎮為代表，到了文藝復興時期開始出現理性的與規則的型式。這兩種型式共同塑造歐洲國家當代的都市空間型式。歐洲當代都市規劃思想受到中古世紀都

市空間型式的影響相當深遠，例如 Camillo Sitte，Le Corbusier 以及 Thomas Sharp 使用他們對於中古世紀城市的觀點創造都市空間，他們的思想與規劃充分反應在城市的景觀之中，並且影響歐洲城市規劃師與建築師的設計思維 [83]。Sitte 不僅對中古世紀城鎮的不規則性產生興趣，並且將城市設計視為是依據視覺的或藝術的原則。Corbusier 則是持反對的態度，提倡理性、幾何學、與復興古代文民的設計原則。Sharp 認為中古世紀城鎮是自然的，沒有任何規劃的意圖與秩序。二十世紀的都市規劃與設計是有機與規則這兩個主要觀念所共同形成。

道路與街道是都市設計中最重要的構成元素[84]，影響都市未來的成長與發展。街道的機能已經被改變，從與建築物同等重要的都市空間結構主要元素轉變為各種交通運輸的動脈，因此街道的設計是基於交通流量與道路安全，而不是依據建築的或者獨立的都市建築元素之原則進行設計 [85]。都市公共空間(public spaces)也同樣面臨從整合的城市轉變為機能的片斷(functional fragmentation)，形成的原因是去中心化的(decentralization)城市、去空間化的(despatialization)公共領域、公共空間與週遭建物關係的消失、以及交通動線的穿越設計[86]。都市內的公共空間是提供給公眾使用的空間，都市路徑(access)有四各面向：通往空間的實際路徑，通往活動(activities)、資訊(information)、及資源(resources)的路徑。空間私有化及社會片斷化的雙重影響挑戰都市的未來，都市設計對這個問題的貢獻是提升都市公共空間為社會整合的節點，符合從工業經濟基礎轉變為服務的經濟基礎所需要新的製造與消費的空間。創造這些獨特的節點會降低都市空間不同詮釋(interpretations)及期望(expectations)之間的衝突，同時促進容忍的都市主義(urbanism of tolerance)以及社會的凝結(social cohesion) [87]。

為了突顯當代城市發展理論的多樣性觀點，Schwarzer [88]將建築師、都市規劃學者、史論學者、與評論家提出的論點整理成四個類型：1.傳統都市主義(traditional urbanism)：以古典文明的城市建築為典範，更新現代主義的都市設計。2.市場導向(marketplace urbanist)：鼓吹都會區外圍的邊緣城市發展 [89]。3.社會分析(social analyses)：瞭解與批判資本主義社會長期發展上的不公平性。4.概念設計(conceptual design)：提出未來都市空間的新型式。傳統都市主義與市場導向的發展傾向於指示的與規範的方向，社會分析與概念設計比較具有理論性與開放性。他們的共通點是不以烏托邦(utopia)的方式解決都市問題，也不主張都市設計與理論是自主的科學領域。

Sternberg [90]也提出類似的整合觀點，指出都市設計長久以來就缺乏共同的理論基礎，必須超越房地產市場的商品化(commodification)觀念。這個研究以知名都市理論家的觀念提出整合性的原則，包括好的型式(good form)、易讀性(legibility)、生命力(vitality)、與意義(meaning)。好的型式是依據 Sitte [91]與 Bacon [92]關注的都市空間之相對比率、

開放性與封閉性、與穿越性等特質。易讀性是以 Lynch [93]的都市空間之認知意像元素為主：路徑、邊緣、區域、節點、與地標。生命力則是參照 Jacobs [94]提出的土地混和使用型態、細緻、密度與穿越性。意義是以 Norbert-Schulz [95]的場所理論探討人類與環境之間的相互關係。這個整合性原則同時指出那些理論家有一個共同的觀點：好的都市設計是重新整合都市型式中人類經驗，超越財產邊界的非商品性(noncommodifiability)。

城市空間的認知層面研究是以 Kevin Lynch [96]的研究方法為基礎繼續發展與應用。當都市空間之認知意像元素以成對來考量時，例如路徑與節點，路徑與區域，元素彼此之間的強度會增強或減弱，甚至消失 [97]，所以他的研究方法並沒有強調元素彼此之間的關係對於整體的觀察是具有關鍵性的。為了彌補這個缺憾，Banai [98]主張以統計與問卷的研究方法進一步分析元素之間的關聯性。研究成果指出，這個新的研究方法維持原有方法的質化(qualitative)特性，同時允許量化統計觀察者對於都市意像結構的差異與一致性。五個主要意像元素是在人類能夠記憶的範圍之內，因此 Lynch 的方法論便於整體的認知都市環境。接著，為了以客觀的方式重新評估新傳統都市主義者(neo-traditional urbanism)的規劃觀念，Ford [99]建議以 Lynch 的三本都市理論著作：*The Image of the City* (1960)，*What time is this Place* (1972)，以及 *A Theory of Good City Form* (1981)，檢視與比較標準的與新都市的社區之發展。包括都市的意像、時間向度(temporality)、意義向度(meaning)、環境生命力(vitality)、場所感(sense of place)、環境適宜性(fitness)、良好路徑(access)、以及都市的發展控制(control)。

都市設計者通常以型態的現象(morphological phenomenon)感知城市：空間型態(morphology)、類型(typology)、與型式(form)，主要考量身體感覺，特別是都市空間的視覺品質[100]-[102]。為了能夠清楚瞭解都市空間的連續性與複雜性，這個觀點使實體都市空間需要被抽象的表現(abstraction)，亦即客觀的閱讀(objective reading)都市空間，例如地圖。Kallus [103]指出，這個抽象的表現通常沒有考慮都市的實際居住性，忽視使用者的主觀認知現象。Kallus 於是透過研究地圖與環境認知經驗的落差，主張我們必須主觀的(subjective)閱讀都市空間。主觀的閱讀是實際的(concrete)，瞭解城市中不同人群的真实生活與對環境的真实感受。另一方面，Isaacs [104]的研究也發現，都市的空間經驗會因為設計元素的不同配置與組合，進而影響使用者主觀的時間滯留(subjective duration of time)現象，換句話說，都市環境的空間型式會影響個人對於時間的感知(perception)，個人於都市中移動時會分辨出時間的快或慢。建築師與都市設計師可以依據這個研究的發現，設計充滿不同空間與時間感受的都市環境。

2.2 數位空間的新發展

2.2.1 數位化溝通

網際網路(Internet)是人類歷史上在科技的、經濟的、與社會的領域中最戲劇性的改變，最近幾年網際網路已經成為由全世界人民進用的(accessed)大眾溝通系統(mass communication system)，但是我們目前對網際網路的瞭解被一般出版刊物的編輯或科幻小說影響，這兩者通常是烏托邦理想主義及誇大妄想的，並且大部分學者的網際網路研究專注於科技的與經濟的類型 [105]。網際網路於科技上的突破可與印刷技術相比 [106]，兩個革新的科技使得社會的與心理的活動改變。網際網路的起源是避免在戰爭時通訊網路被摧毀，發展去中心化的(de-centralized)與交織的緊密之通訊網路(communication network)，欲傳達之訊息可以從網路中的任何路徑收發。網際網路在美國的發展，亦即新的網路城市之興起，可以分為三個階段[107]：軍事網路用途的ARPANET(1969-1987)、教育網路NSFNET(1987-1995)、及商業主線(commercial backbone)與城市發展(1995-1999)。空間型態是去中心化的分散各地，每個階段都興起新的活動地點，塑造商業網際網路的地理學。

網際網路除了衍生出相關的數位通訊技術，例如電子郵件與電子佈告欄，同時各種日常生活經常接觸的媒材都逐步被新的電子通訊技術整合至網際網路之中，例如電話、電影、廣播、及電視等，網際網路於是以多媒體的型態呈現各種類型的資訊。這些通訊技術的新發展形成了新的存在組織(the new economy of presence)，四個通訊(communication)方式可供我們選擇：面對面同步的(synchronous)存在、非同步的(asynchronous)實際存在、同步的電子存在(telepresence)、以及非同步的電子存在 [108]。如表 2 所示，除了面對面交談以外，我們可以選擇於桌子上留便條的非同步存在方式與同事聯絡，或者透過電子存在之同步的電話或非同步的電子郵件與朋友通訊。另外，以銀行為例，傳統的銀行分行逐漸被非同步的自動提款機取代，原有之電話語音服務系統，亦即同步的電子存在系統，與非同步的網路銀行構成新的服務方式。最直接的衝擊當然是銀行分行的數量不斷的減少。總之，傳統的與電子的互動方法共同建構新的存在組織。但是，電子中介的通訊技術無法全面的取代人與人之間的面對面互動 [109]-[111]。

表 2：替代的通訊方式 [108]。

	同步的(synchronous)	非同步的(asynchronous)
實際存在(presence)	面對面交談	桌子上留便條
電子存在(telepresence)	以電話交談	傳送電子郵件

隨著電腦媒材被大量使用於都市與環境設計之設計過程中，部分學者認為電腦正在影響

都市與環境的實質建設，規劃過程當中參與者之間的溝通，以及設計決策的程序 [112]-[115]。首先，Rahman [116]從都市環境的角度探討電腦介入設計過程後，如何參與視覺影響評估 (visual impact analysis and assessment, VIAA) 的議題，他指出視覺評估的目的在了解建築與基地環境脈絡(context)的切合程度，第一步則是必須將相關的視覺因子作一套全面而系統化的分類。於是，Rahman 將過去相關於設計因子的研究加以整理，將設計因子分為敷地組織、量體組成、二維立面組成及基地外的觀看情形等四大類 (圖 2)。而他在研究中企圖找出視覺影響評估的一般性程序，並且進而提出一個設計與視覺準則的對照表，他不僅比較傳統媒材的適用性，並且也強調電腦媒材如電腦模型與動畫的重要性。

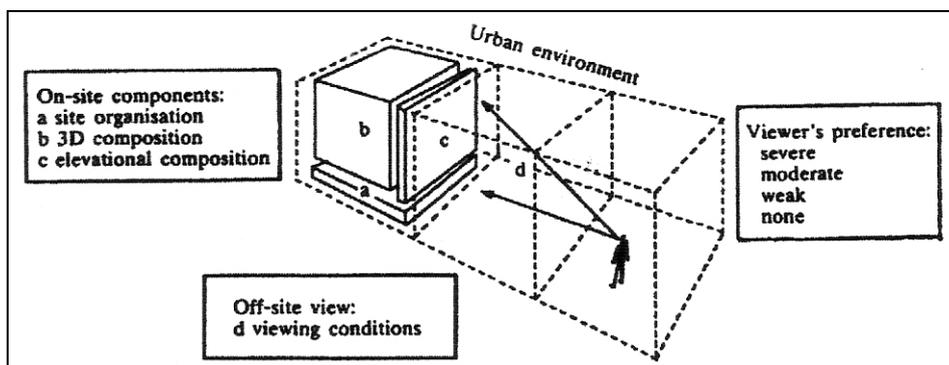


圖 2：視覺影響評估的設計因子[116]。

基於 Rahman 的理論架構，Liu and Bai [117]提出以都市設計為案例的電腦化視覺影響評估設計程序。這個研究的成果指出，電腦媒材對於都市設計過程的瞭解與溝通有相當的幫助。例如電腦模型與彩現模擬圖(computer rendering)對於瞭解設計初期與後期階段的设计議題、概念與發展有相當的助益；電腦影像處理與合成圖(image processing and synthesis)對於期中階段替選方案的比較是很重要的；環場虛擬實境(QuickTime virtual reality)也相當適用於設計的初期與後期(圖 3)。

在一個環境設計案的生命週期當中，許多類型的視覺模擬工具(visual simulation tools)被使用於溝通、合作、及決策。從 1973 年至今模擬的研究沒有真正的影響設計者與規劃者的設計，同時製作與評估視覺模擬缺乏共同的標準，及缺少測試現有理論與執行的方法[118]。電腦媒材的模擬技術大量介入環境設計過程之後，更需要一個評估與測試電腦視覺模擬的理論架構。因此，Mahdjoubi and Wiltshire [119]依據早期的模擬評估理論架構整理出模擬品質的評估影響元素：興趣及參與(interest and engagement)、理解(comprehension)、象徵(representativeness)、環境模擬的真實性與正確性 (realism and accuracy)、及視覺的真實性與細部的層次(visual realism and level of detail)。接著，他們以設計決策者(decision-maker)、視覺呈現(visual representation)、及設計工作(design tasks)為核心因子，提出電腦模擬評估的理論架構(圖 4)：工作導向的設計(task oriented

design)：情感的(affective)機能評估模擬的美學層面；認知的(cognitive)機能檢測空間的尺度；推動的(motivational)機能評估模擬對設計過程的影響。決策者的特性(decision maker's characteristics)：人的因素(demographic variables)與專門知識的層次最重要。電腦視覺模擬的特性(characteristics of computer visual simulation)：模擬的細部的層次與正確性、表現的樣式例如草圖及照片、與表現的方法。設計決定的品質(quality of design decisions)：必須評估視覺模擬的可信度(credibility)。

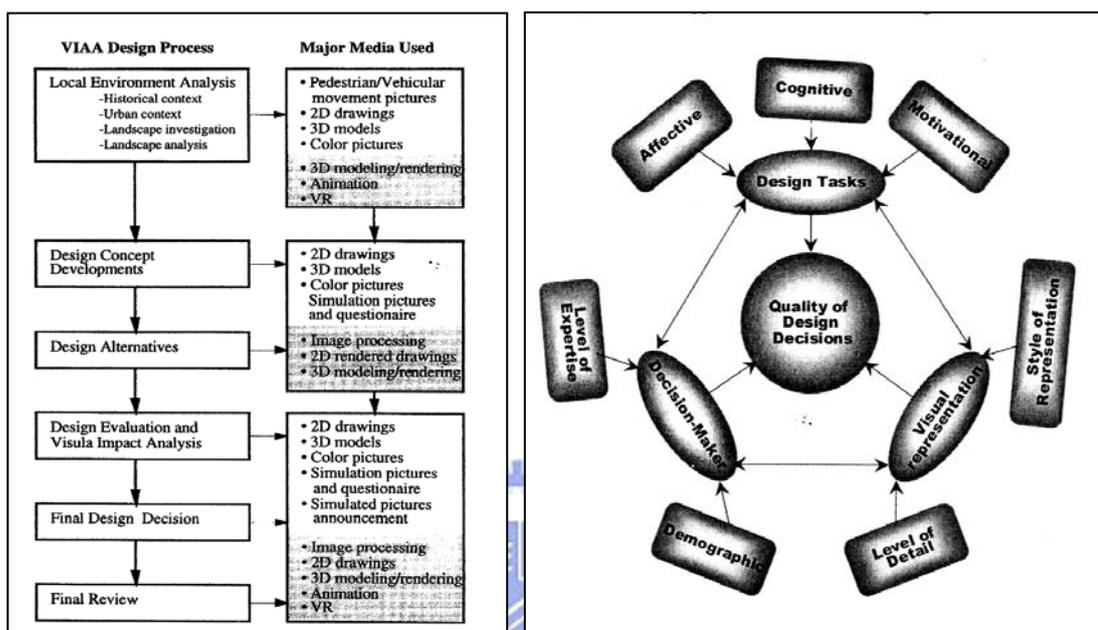


圖 3：電腦化視覺影響評估設計程序[117]。圖 4：電腦視覺模擬的理論架構[119]。

雖然迫切需要電腦模擬評估的理論架構，部分學者卻憂慮電腦媒材的強大模擬呈現能力會使設計案參與者對於實際環境之想像與空間感覺變成不重要，模擬技術取代實質案例的設計想法之呈現，因此設計的內容無法被完全瞭解[120][121]。Neto [122]於呈現媒材與都市設計案例之關係的研究也發現，因為呈現媒材提供比設計案例的資訊還要多多的意象(image)，因此，正面的評估是來自於呈現的媒材，而不是設計案的內容。這個研究成果說明了當數位媒材以不平衡的方式使用時，設計的議題與大眾對於設計的評估會受到影響，所以需要有效的使用與整合不同媒材於設計溝通的階段。然而，電腦模擬如何被最佳的使用目前仍然不清楚，共同的觀點是其優點在於溝通的能力，但是其呈現設計案例資訊的抽象性(abstraction)、正確性(accuracy)、與真實性(realism)還是充滿爭論的，這些面向需要更深入的研究[123]。

2.2.2 電腦連線構成之數位空間觀念：網路空間、虛擬社區、與虛擬城市

1. 網路空間

網際網路(Internet)的快速發展使得因電腦連線(computer networks)而產生的活動不斷增加，例如以電子郵件(email)、電子佈告欄(BBS)以及新聞群組(newsgroup)進行溝通，這些活動已經成為許多人日常生活中不可缺少的一部分。對於瞭解由電腦連線所構成的空間現象與特質通常使用實體場所隱喻(place metaphor) [124]-[126]。使用實體場所隱喻瞭解電腦連線空間的優點，就如同 Donald Norman [127]認為呈現資訊(representing information)的兩個重要原則：「自然原則(naturalness principle)是指象徵的特質與被象徵事物的特質一致時，就有助於經驗認知；知覺原則(perceptual principle)是指知覺與空間象徵更為自然，因此比非知覺、非空間象徵受歡迎」。所以，類比熟悉的實體世界之常見空間元素詮釋全新的環境，例如電腦連線空間，被大量應用。依據 Lakoff and Johnson [128]的研究，隱喻可以被劃分為三個主要類型：位置的(positional)隱喻，將非空間的狀況轉變為空間的方向；存在的(ontological) 隱喻，指出現象之間存在的連結；結構的(structural)隱喻，熟悉的生活經驗之間的結合。

最常被使用的隱喻是電子邊境(electronic frontier)、網路空間(cyberspace)與資訊高速公路(information superhighway)。這些隱喻呈現出虛擬的居住型態，以及人類與機器構件形成之電子人(cyberbog)的想像世界，於是三個主要類型的虛擬場所隱喻(virtual-place metaphor)與電腦連線的世界結合：虛擬建築(virtual architecture)、電子邊境與網路空間 [129]。虛擬建築隱喻以 William Mitchell [130]的著作 *City of bits* 最具代表性，他倡導使用建築隱喻的用意是透過使用於建築、都市設計與規劃的方法將電腦連線的空間設計成人類能夠居住的環境，他並且將電腦連線視為城市。電子邊境隱喻則是類比人類面對未被大規模開發的邊境地帶，充滿無可避免的各種社會衝突，以及地域邊界的快速變更，這些衝突、全新的媒材：網際網路，與網際網路持續的浮動特性詮釋了電子邊境的概念。網路空間隱喻是經由電腦連線節點之間的互動(interaction)界定，這個隱喻是關於非具體性(disembodiment)的空間系統，實質的空間性(spatiality)與距離接成為不相關的因子。網路空間是一個想像的世界：虛擬實境(virtual reality)，這個由電腦軟體創造的空間其型式可能比人類的想像還要具有多樣性[131]。

網路空間(cyberspace)這個名詞由科幻小說作家 William Gibson 1984 年的著作 *Neuromancer* 中誕生，從 1980 年代晚期就開始被駭客(hacker)、電腦科學、與電子通訊專業人士大量使用，網路空間在 1990 年代成為一個虛擬家族(virtual household)的文字 [132]。William Gibson 對於網路空間的定義是「一個一致的幻覺，從人類系統中成堆的每一部電腦抽取之資料的圖形化呈現」[133]。網路空間的意義是可航行的空間(navigable

space), 依字源而言, 字首 cyber 是希臘字的動詞其意義為引導, 操縱, 與支配(to pilot, steer, or govern) [134]-[136]。以資訊的觀點而言, 網路空間是資訊空間(information space) [137]; 網路空間是資訊與通訊科技中概念的空間(conceptual space), 並非科技的本身 [138]。以電腦連線的觀點而言, 網路空間被定義為電腦連線產生的多向度的、人造的、或虛擬的事實, 其中的型式、特質與動作都是由資料, 純粹的資訊構成[139]; 「遠端連線電腦之間的互動與溝通界定網路空間, 另一個定義是能夠透過介面被使用的網路連結提供電腦空間之間的連結」 [140]。以空間的類型而言, 「網路空間是我們無法直接感覺的新空間, 可能成為比實體空間更重要的空間, 並且附加於傳統地理空間的紋理之上」 [141]; 網路空間的出現與持續發展使得我們所熟悉的空間向度擴增為四個層面(圖 5): 提供其他類型空間參考之實體空間(physical space), 由資訊空間的實質面向更成網際網路(Internet)的基礎建設, 由多媒體的內容與全球網路的超連結構成之網路的空間(web space), 以及由三度空間呈現的網路城市(cyber-city)與網路場所(cyber-places) [142]。

有鑑於網路空間意義之分歧與多義性, 傳播學學者 Strate [143]對於各種類型的定義加以界定(delimitation)與分類(taxonomy), 將網際空間劃分為三個層面(表 3): 第一, 零次元網際空間--存在論(Zero order cyberspace: ontology): 探討網際空間的真實性(reality), 包括是平行於一般空間而存在的科幻小說空間, 超越空間或非空間(paraspace or nonspace), 及經由人類與機器的同時存在產生的網際時空(cyberspacetime)。第二, 首位網際空間--構成元素(First order cyberspace: building blocks): 網際空間的基本元素, 包括電腦的相關硬體及他們的使用者構成之實體的(physical)網際空間(physical)、當我們與電腦科技互動時思維(mind)所產生之概念的(conceptual)網際空間、及由電腦的使用介面產生, 經由身體的器官感覺感知的(perceptual)網際空間。第三, 次位網際空間--綜合(Second order cyberspace: synthesis): 綜合的網際媒體空間(cybermedia space), 經由使用者的溝通(communication)及電腦相關技術產生, 包括: 美學空間(aesthetic space)、資訊或資料空間(dataspace)、互動的(interactive)或關聯的空間(relational space), 與其他空間。

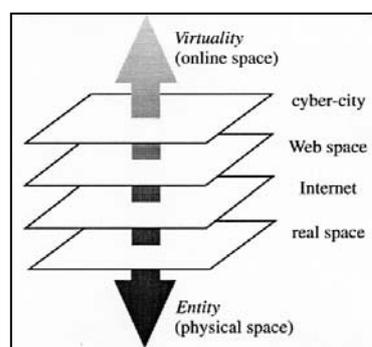


圖 5: 不同類型空間的層級[142]。

表 3：網路空間的層級[143]。

Second Order Cyberspace: Synthesis	Cybermedia Space		
	Aesthetic Space	Information or Dataspace	Interactive or Relational Space
First Order Cyberspace: Building Blocks	Physical Space	Conceptual Space	Perceptual Space
Zero Order Cyberspace: Ontology	Paraspace or Non-space		Spacetime

網路空間的空間型式(form)可以是非常大的與同時非常小的，視使用者連線的情況而定，其尺度(scale)是持續變化的[144]，那些連線的空間共同建構穩定的(stable)型態，不是靜態的(static)。網際網路是複雜的系統，每個線上的空間依照特定涵構的限制發展，呈現自我規範與自我穩定的趨勢[145]。所以，在呈現網路空間的特質時(mapping cyberspace)，每次的結果都不同。於是呈現網路空間的連結地圖成為傳統地理學者的挑戰與新的研究領域。依據地理學者 Dodge and Kitchin [146]的網路空間地圖研究，許多網路空間的連結型態可以被呈現。

Novak [147]的網路空間研究是將建築的抽象觀念與網路空間的資訊空間觀念結合，他的論述當中引用了一些建築史上的先例來說明網際空間是想像的住所(a habitat of imagination)。經由人類與電腦的資訊空間互動，將詩意的思考(poetic thinking)類比為人類與電腦互動時的線性思考及存取資訊的方式，詩意重新植入象徵科學的電腦之中。資訊空間中有人的存在是建築的問題，網路空間有自己的建築體，同時也能夠包含建築於其中，因此「網路空間是建築，網路空間有建築，及網路空間包含建築」[148]。再透過網路媒材是資訊空間的導引工具，並由高品質的圖形將不同類型的資訊建構成可以被詮釋的連貫圖像，網路空間之中的建築可被稱為流動的建築(liquid architecture)。

網路空間是文化的現象[149]，由來自不同背景與社會群體的空间創造者共同建構，網路空間的創造與瞭解空間為思考媒材結合在一起，沒有空間我們不能夠導引(navigate)、調整(manipulate)、與溝通(communicate)。空間是建築的基本媒材(primary medium of architecture)，是關於連接(connection)，被創造來組織與管理資訊。所以網路空間是溝通的模型(anthropic model)，這個電子環境被設計為提昇我們原來使用空間思考、溝通、與導引我們的世界[150]。

2. 虛擬社區

通訊(communication)不僅被視為一種資訊傳達的方式，以全球化的角度而言，亦是一種社會結合的儀式[151]。網際網路的使用者不僅尋找資訊，也同時尋求交誼、社會支持、與歸屬感(belonging)。這個觀點的最著名提倡者是 Howard Rheingold [152]，他認為電腦中介的線上討論社群經由長時間的互動，空間上分離的團體成員會逐漸建立分享的情感以及相互的支援，這種型態的組織終究會形成虛擬社區或社群(virtual community)，並且社區的成員會產生歸屬的感覺，因此電腦網路(computer networks)被視為橫跨時空距離的社會網路(social networks)。所以，通訊科技提供重新結合社會群體生活的機會，恢復都市公共空間與鄰里空間中已經消失之非正式的與交往的空間[153]。

虛擬社區或社群的建立是以電腦連線參與者的興趣為基礎(interest-based)，並非以空間的或親屬的關係為參與的考量重點[154][155]。雖然網際網路上的使用者身份可以隨時改變、面對不同群體而改變行為、以及網路上各個團體的成員具有強烈的選擇性(elective)，虛擬社區與真實社區最大的不同是：虛擬社區的參與者所感知到的人際關係比發生於真實社區還要親密[156]。這是部分因為網路上的許多互動已經與人們生活的一些類型緊密的結合在一起，同時網路中沒有社會階層與性別差異的存在，更不需要以真實的身份面對面的溝通。除此之外，線上的互動行為增加離線(off-line)空間，亦即實體的公共聚集空間之使用頻率。虛擬社區的形成說明了電腦連線空間不僅是簡單的互動空間而已，並且包括對實體的空間、社會組織、與個人產生影響[157]。

這些常見的虛擬社區事實上也呈現出特定的空間型態。Adams [158]將這些空間型態與實體空間類比，稱之為網路空間拓樸學(cyberspace topology)，並且劃分為六個種類。(1)網路傳播(cybercasting)：放射的與單向的拓樸學，就如同實體空間的教堂與劇院。(2)檔案搜尋與檢索：放射的與雙向的，圖書館與檔案。(3)電子郵件：一對一或一對多與單向的，信箱與個人的房間或辦公室。(4)電子佈告欄：放射的與雙向的，廁所隔板的塗鴉。(5)電子公共論壇(computer forum)：多對多與雙向的，大講堂與廣場空間。(6)多使用者的環境(multi-user environment)：虛擬城市或俱樂部。

3. 虛擬城市

建構於網際網路中的虛擬城市(virtual city)，或稱之為數位城市(digital city)，已經成為實體城市生活空間的一部份，不論其扮演之角色為何，更是實際日常生活的延伸[159]。電子通訊技術(telecommunication technology)的焦點通常集中於三個層面：交通、溝通、及儲藏(storage) [160]。以網際網路為例，需要考量一種交通（運輸）的機器（上網軟體）、溝通的工具（例如 e-mail）、以及儲藏資訊的設備（例如伺服器）。虛擬城市將時間與場

所的事實轉變成電腦網路的想像次元，電子通訊將距離遙遠的場所連結在一起，以多線性與非連續性的方式溝通，並且將大量資料的組合以電子碼的型式儲藏[161]。

這些持續發展當中的城市型態大致上可以分為兩種主要型式 [162]。第一，使用熟悉的實體城市空間隱喻(metaphor)建構虛擬城市的整體空間，吸引當地以及全世界各地的參與者。例如知名的阿姆斯特丹之數位城市 De Digitale Stad，建構一個多樣化的社區網路平台，特別注重市民之間的社會互動 [163]。如果以成立的目標與組織來看，這個類型的虛擬城市比較接近虛擬社區[164]。第二，與實體城市的資訊以及城市空間發展有強烈的關聯性。例如美國線上(American Online)在美國的許多實體城市中建立數位城市，提供當地居民生活上所需的資訊，類似社區網路(community networks)的型態。虛擬赫爾辛基(Virtual Helsinki)將實際的城市虛擬化，不僅提供線上使用者之間的即時通訊方式，並且建構三度空間的虛擬城市，結合都會區的網路與通訊基礎建設。總而言之，虛擬城市或數位城市對居住於實體城市中的市民提供整合的城市中可及的與即時的資訊，並且創造出新的公共空間。

2.2.3 數位環境的設計

文字(text)，或者電腦指令與程式語言，是設計虛擬世界的基礎，虛擬物體的設計是調整動詞及特性，賦予活動、反應、及指示物的象徵 [165]。例如 Maher et al [166]使用 MOO (Mud Object-Oriented)的語言及設計環境，於雪梨大學建築系建立多人使用虛擬環境(multi user virtual environment)的虛擬校園(virtual campus)。這個教學環境由許多虛擬教室構成，學生不論是否在學校都能使用這個學習環境，就像身在真實的建築物一樣，使用者能在其間移動，設計重點是老師與學生之間的互動。然而，虛擬環境之設計過程與實體建築設計有以下不同[167] [168]：描述的設計就是設計本身、修改設計的循環是相當多與快速的、設計思考的重點在於提供空間的機能性而非空間的幾何型體、傳統上使用於配置與組構空間的幾何型式不是唯一思考空間結構的方式、以及在實體世界中經由使用句子而直接改變實體構成環境的機會很小，透過文字的應用，虛擬世界能夠被修改與設計。

虛擬環境的特性是其存在的狀態沒有實體世界的限制，例如地心引力；也沒有固定比例(scale)的問題，設計者可以任意調整；空間是不連續的、多向度的、與自我回溯的(self-reflexive)；時間更不需要是連續的，其速度可以調整[169]-[171]。但是，對於建構於網際網路中的數位環境之設計，實體世界的空間隱喻扮演重要的角色，特別是建築設計隱喻[172]-[177]。數位環境之設計與執行(implementation)大致有三個類型[178]：執行的層面，關於數位環境的技術的執行；呈現的(representation)層面，虛擬空間的呈現是參考實體世界的空間隱喻；介面的(interface)層面，使用者的介面，例如圖形意象。呈現

的層面指出許多線上的虛擬環境已經使用實體空間設計的隱喻，並且可以劃分為兩個範疇：非物件導向系統，例如線上聊天室；以及物件導向系統，例如一般的網站。Li and Maher [179]以人們分類空間的能力、身處虛擬環境的經驗、以及實現設計者賦予隱喻設計的意義，建立線上虛擬空間設計之呈現模型，提供新設計與新隱喻的理論基礎。

數位環境的設計之所以能夠以建築設計知識為隱喻有下列幾點因素：第一，如同實體世界的環境，那些建構的空間與發生的活動(events)是為了容納人類的移動、互動與溝通等行為，並賦予不同的身體經驗與感覺。因此數位環境的設計可以被視為建築設計的問題[180]。第二，數位環境構成元素的分類可以引用現有建築理論所劃分的類型，例如 Bridges and Charitos [181]依據 Norberg-Schulz 與 Lynch[182] [183]的理論，將數位環境分類為：場所、路徑、領域、入口及物件。另外，Ingram [184]也指出城市規劃與建築理論對於多人使用的虛擬環境之設計、發展與管理是非常重要的。其中包括考量整體空間配置的大尺度設計，Frank Lloyd Wright 的分散式與去中心化的規劃觀念比較適合；處理局部區域之外觀與內容的小尺度設計，都市公共空間與街道的使用[185]為設計重點；以及城市的治理與管理，可以參照古希臘的都會(polis)觀念。第三，數位環境設計也會面臨物件的型式創造問題，與組合空間型式的方法以期容納機能與傳達意義[186]。第四，建築設計的隱喻應用至虛擬世界的設計是有幫助的，因為能夠比較實體與虛擬場所之差異；包含建造、創造、修改、移除等程序；物體的種類可以被界定，完全利用物件導向環境的層級特徵；提供空間與物體組織時所需的文字與設計型式[187]。第五，Murray et al [188]的虛擬城市認知研究發現，受測者皆使用實體環境的空間經驗檢視其於虛擬城市內進行的活動，所以此研究建議虛擬城市的設計必須以實體世界的空間經驗為基礎。Huang [189]對於建立於網際網路中的網站之研究亦指出，受測者的空間經驗會聯想到實體空間。

2.3 共同存在的實體空間與數位空間

2.3.1 數位空間觀念對傳統空間理論之影響

Castells [190]提出網路社會興起的觀念。網際網路的出現形成了雙重經濟(dual economy)的社會現象，真實的虛擬文化(culture of real virtuality)之形成改變了人類彼此之間的溝通與互動的型態，虛擬空間的型式因此而多樣化；流動空間(space of flow)的觀念去除了國家與城市的邊界，促使全球化經濟的形成，跨國企業的急速成長。網際網路正在以非常快速的腳步改變實體世界的空間界線與觀念。

Riva and Galimberti [191]定義三個網際空間的心理與社會的根源(psychosocial roots)：連線的事實(networked reality)、虛擬對話(virtual conversation)、及身分建構(identity

construction)。網路空間的關鍵型態是互動，新的自我與社區的感覺被建立。新的自我的感覺是新的存在的感覺，注入擁有流動型式的社區空間之中。人們在一個科技的環境構成的社區互動，從文化界定的大眾媒體，轉變至媒體激增為中介經驗的替代根源。

網際網路改變思考的模式(modes of thought) [192]。主要考量網際網路的結構性成長，及參與者的認知的與社會的發展之間交互的關係。現代主義的思考模式為經由直線的、層級的、與邏輯的方法追求廣泛的法則(universal principles)。後現代主義則是以事實的主觀性、去中心化的、及非層級的涵構建構意義，形成多樣化的觀點。個人的(individual)思考模式包括：信仰、價值、與認知的風格(style)。網際網路的出現使現代主義的思考模式改變為後現代主義的思考模式，文化的識字(literacy)從以書寫型式的世界轉變為電腦化資訊的虛擬型式[193]。

透過全球網路(World Wide Web)的連線，世界上的實體城市被串接在一起，構成資訊的流動空間(the space of flows)與場所空間(space of place)之間的頻繁互動，全球化的城市(global city)因而興起[194]。全球的資訊城市形成單一的都會區(omnipolis)，新的時間與空間型式被生產，原有的都市型態逐漸消失，並且被電子傳播技術逐步取代[195][196]。

Mitchell [197]以二元對比的方式，例如真實與虛擬，說明實體的建築與都市如何被網路空間影響與改變。隨著電子通訊系統逐漸取代建築物的動線系統，數位資訊逐漸分解傳統的建築物類型，同時許多都市中經濟的、社會的、文化的活動逐步轉移到網路空間時，傳統的建築與都市的規劃設計觀念勢必面臨重大的轉變，因此他提出了重新組合的建築(recombinant architecture)與軟體都市(soft city)的概念。在探討材料性(materiality)與虛擬性(virtuality)時，Mitchell [198]指出網路空間具有去材料性(dematerialization)，建築理論以往所依賴的特性變成不相關。例如網路空間中沒有地心吸引力，重量與載重就消失了，上下與水平垂直的關係就不需要，人體的模距(modulor)也可以省略，因為人由無比例的化身(avatar)取代。

Mitchell [199]- [201]後續的都市研究中，除了詮釋通訊技術將人與人之間的溝通型式劃分為同步的(synchronous)與非同步的(asynchronous)，與描述網路空間相關技術的進步如何影響都市生活與空間型式之外，同時以電子通訊連結及交通連結的觀點提出新的都市類型(new urban typology)之架構：傳統的都市(traditional city)、虛擬的社區(virtual community)、及混合的空間(hybrid space)(圖 6)。這個新都市觀點強調了一個很重要的觀念：透過網路的連結關係結合真實的世界與虛擬的世界，提供更多的選擇及互補的加乘效果[202]。這個觀念已經引起世界上各大城市的注意，積極的建立其虛擬化的實體都市，使民眾享有資訊化的現代生活，例如，赫爾辛基 2000 年計劃。

都市規劃學界最近提出了因為網際網路的出現與普及化，全球都市(global city)的觀念必須做修正。若以網域名稱登記(domain name registrations)與主線網路(backbone networks)的分布來看，必須重新思考全球都市的定義與等級，例如紐約是知名的全球都市，但是它的網際網路基礎設施已經落後於華盛頓特區[203]。網域名稱依然與真實的地理環境有關，甚至地理學是網際空間的管理(management)與運作(operation)的一個重要元素[204]。當然，真實世界的不平等情況也會發生於網路空間之中，特別是使用網路資源的不平等[205]。所以，真實世界與虛擬世界在某種程度上似乎可以結合，共同發展與演進。

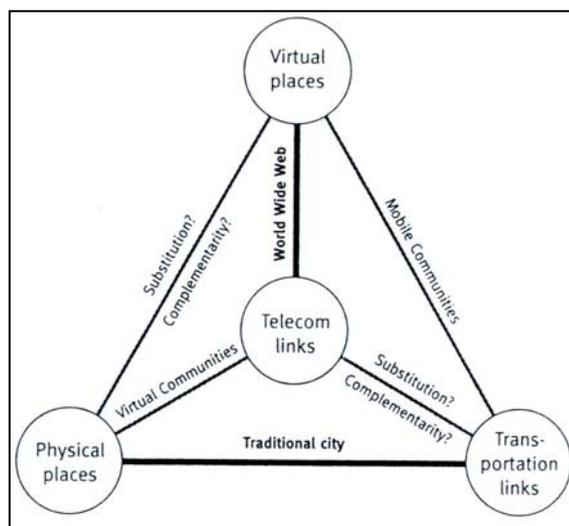


圖 6：實體世界與虛擬世界組合的結構，以及相互之間的關係[202]。

現在的城市已經是即時的(real-time)型態[206]-[209]。Townsend [210]以行動電話(mobile phone)為例，詮釋即時的通訊技術如何影響現有都市規劃的觀念。行動通訊系統改寫人類溝通方式的空間與時間限制，不論是工作、家庭、或者休閒活動。如圖 7 所示，有別於先前的通訊技術，行動電話呈現出一個即時回饋的系統，增強城市代謝(urban metabolism)系統的循環，這個現象表示即時的都市管理系統之建立是分散式與集中式並存。分散式的觀念挑戰了向來以集中式思考為主的都市規劃方法，因為個人(individual)很少是都市規劃分析的單位。除此之外，行動電話也強調了通訊的後現代型式、後現代都市的片斷化、以及透過時間征服空間的觀念。

總而言之，在數位設計媒材出現之前，一般而言，實質的空間向度(spatial dimension)只有實體空間(physical space)。隨著電腦的發展，空間的向度擴增成實體空間與虛擬空間(virtual space)。數位通訊技術的日益成熟之後，例如全球網際網路(World Wide Web)，實體空間與虛擬空間能夠相互組合，如實體加虛擬。最後成為數位化的實體連結的空間(physical networked space)、虛擬連結的空間(virtual networked space)、以及共同存在的空間(co-existed space)(圖 8) [211]。

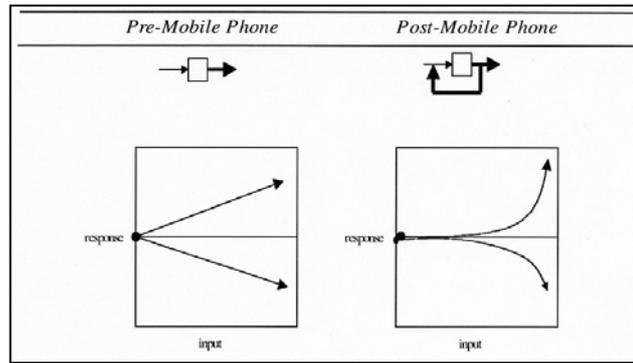


圖 7：即時城市的代謝概念模型[210]。

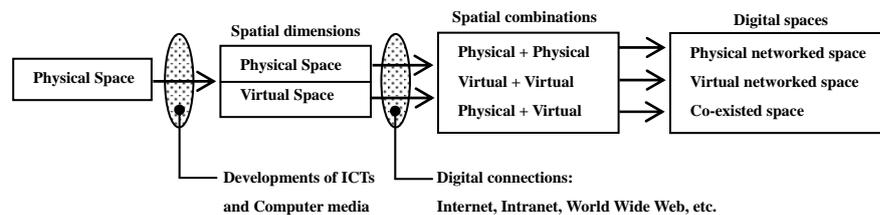


圖 8：數位空間概念的演進與分類[211]。

2.3.2 實體與數位空間的互動

以網路空間(cyberspace)的基本特質而言，其關鍵的型態是互動(interaction)，透過互動，新的自我(self)與新的社區(community)感覺被建立[212]-[215]。延續 William Mitchell [216] 重新組合建築(recombinant architecture)之概念，Horan [217]提出重新組合的設計(recombinant design)之理論架構，不僅主張將數位科技的類型納入新的建築設計，並且於設計時反應虛擬空間的美學到實體空間之中，以及考量實體與虛擬環境之間的介面空間(interspace)。新的動態連結創造活動的網絡，同時也創造了社區。

地理學學者 Batty [218]在初步研究虛擬地理學(virtual geography)時，論述由實體空間與網路空間共同建構的空間組織。這個空間組織是由電腦節點(node)與電腦網路中的空間及場所是由真實場所(place)、電腦空間(computer space)、網路空間、及網路場所形成循環發展的關係(圖 9)。場所與空間，地理學的原始範疇，使用傳統的方法將場所抽象化成空間；電腦空間，將抽象化的空間植入電腦空間，存在於電腦內及其網路中；網路空間，透過使用電腦進行溝通，新的空間從電腦空間中產生；網路場所，網路空間基礎建設(infrastructure)影響傳統場所的基礎建設。這個循環性的意義是指出空間與場所被數位世界影響的次序，首先是單獨的電腦空間，接著是電腦之間的連線使網路空間成為重要的。然而電腦與通訊對場所的影響亦是依循這個程序。

由上述的的循環性可以得之，透過使用電腦媒材與數位連結，實體與數位空間不僅只有

相互影響的關係，而且產生了一個共同存在的空間觀念：空間互動(spatial interaction) [219]。如圖 10 所示，我們居住的世界是由實體交通連結與數位連線之空間所構成。另一方面，網際的虛擬空間被視為實體空間的延伸，並擁有與實體世界不同之網絡結構。經由應用數位連線的技術，兩個空間面向以及彼此之間的互動成為可能。例如，真實的圖書館建築可以在網際空間中建立對等的(symbiotic)網路空間，兩種空間共同存在。網際的虛擬空間能夠連接至其他性質相近的空間，交換由共同存在的實體空間所提供之資訊。透過應用共同存在與共同建構的設計方法，新的數位化建築空間型式能夠被建構。

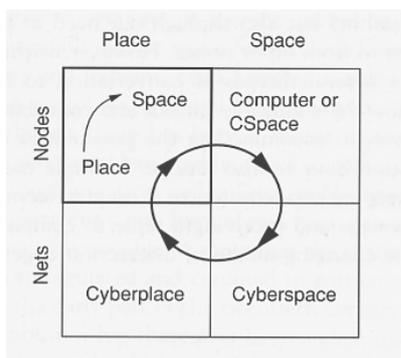


圖 9：虛擬地理學[218]。

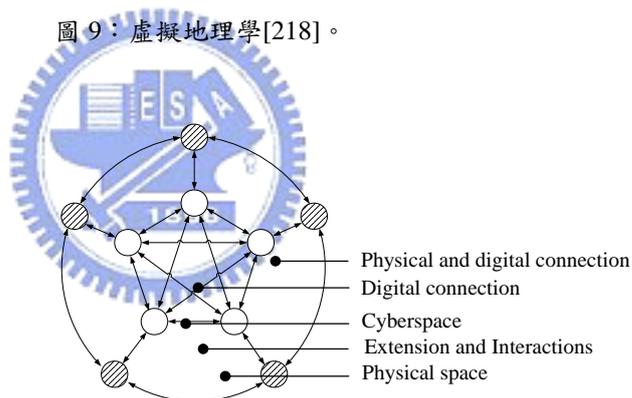


圖 10：空間互動的概念模型[219]。

由於實體與數位空間的結合，數位連線空間中的空間互動大致有以下的幾個現象[220]。第一，在實際的生活世界當中人們彼此之間的互動可以是面對面，或者透過同步的電話與非同步的電子郵件等通訊技術[221]。在網路空間中人們可使用與實體空間對等的工具進行溝通，例如化身與留言板。第二，當我們在線上時(on-line)，我們正在與網路虛擬空間進行互動[222][223]。第三，由不同實際地點連線而成的數位網絡城市(networked city, wired city)，呈現出空間與空間互動的概念。在網路空間中也可以發現相同的空間連結現象。第四，當實體與網路空間共同存在與共同建構時，這是兩個不同空間層面之間的互動。這樣的組合包含上述所有的空間互動現象。所以，數位連線空間中之空間互動有三個基本現象：人與人、人與空間、以及空間與空間。

在電腦媒材與數位電子通訊的巨大影響之下，都市研究學者已經開始將網路空間視為一個新興的研究領域，並且極力倡導將網路空間整合至都市規劃當中[224]-[227]。例如，都市規劃的策略可以結合網路文化、虛擬社群、電子通勤(teleworking)、與都市的電子聚落(urban televillages)等[228]。Shiode [229]進一步指出資訊科技與都市規劃之間的互動：資訊科技協助實際空間的硬體，都市基礎建設與資料處理；資訊科技協助實際空間的軟體：都市規劃進行；都市規劃協助網路空間的硬體，網際網路的實際連結；都市規劃協助網路空間的軟體：網路空間的使用規劃(圖 11)。

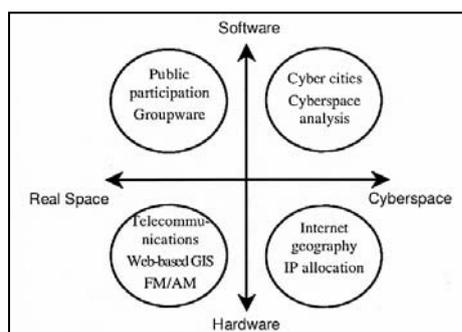


圖 11：資訊科技與都市規劃之間的互動[229]。

雖然目前的發展非常迅速，但是虛擬城市呈現的內容依舊是城市模擬器[230]。虛擬城市的內容都是以城市的各種資訊為主，同時提供市民之間的互動，但是這些互動的結果並不表示會邁向一個更民主的、更具有參與性的以及總括的(inclusive)社會[231]-[233]。所以虛擬城市的建立並沒有達到預期之目標，例如虛擬城市中的互動正面的回饋至以面對面為互動基礎的實體城市、真正民主的公共空間之建立、與踴躍之公共參與等。Aurigi [234]指出，主要的問題是來自於虛擬城市的設計並沒有被視為真實城市內涵中的一個過程，以及從虛擬城市一開始運作就沒有與城市中的社區產生良好的互動。Aurigi 除了建議虛擬城市必須與社區共同設計而不是為社區設計之外，還提出三點設計注意事項：第一，虛擬城市是科技進步的產物，其建構與發展沒有充分反應一般大眾與都市社區的真正需求。當地社區於網路空間中的涵蓋程度與如何被使用必須從概念與設計階段開始考量。第二，虛擬城市的設計似乎都以電腦資訊系統與官僚體系之興趣與意見為重，傳統上參與真實城市管理的專業團體之角色被邊緣化或者根本被排除在外。特別是參與真實城市的組織與設計發展之專業人士，例如建築師、規劃師與都市設計師等，他們所扮演的角色對於提昇虛擬城市為成功的公共空間是非常重要的。第三，虛擬城市的發展很少包括共同使用數位與傳統的策略以及方法。Mitchell [235]曾經指出數位城市的本質是實體與虛擬的都市空間共同存在與共同運作，不是兩個分離的個體。為了獲得正面的效益，我們需要從實體世界的觀點為出發點並有效的促使市民參與。所以建構更有效率的虛擬城市資訊系統必須包括設計時的多樣角色，並且將數位發展結合更多傳統上促進大

眾參與的活動與動機。

通訊技術似乎主導網路城市的空間型式，但是這只是起步而已，屬於城市基礎建設(infrastructure)的一部份，如何提昇好得介面空間(interface space)給市民使用才是真正的關鍵所在。以實體的城市空間而言，好的空間是被大量使用的空間[236]。相同的，市民如何使用資訊的環境與這些空間如何被設計是同等重要的[237]。換句話說，虛擬城市及實體城市是互動的與強烈關連的。一個城市或許可以存在於網際空間之中，但是惟有在這個城市是其居民的行動之機能(function)才有可能[238]。雖然實體城市的空間被悲觀的批評為焦慮的、片斷的、衰退的、與正在消失的，虛擬的公共空間也被質疑將加速人際關係的分離，但是日亦完整的網際網路提供了再造實體城市的機會，將空間上分離的社區、社群、及片斷化的空間鍵結在一起。電子都會區並不是真實都會區之外的一個替代領域，而是提供不同型式空間的連結(conjunctures)：不同之電子的、實體的、社會的與政治的空間[239]。許多市民正在使用網路空間提昇真實城市的空間品質[240]。

2.3.3 實體與數位空間共同形成之數位建築的發展

數位革命(digital revolution)，如同農業革命與工業革命，全面的影響人類生活方式：居住、辦公、購物、通訊等等。建築設計也同樣受到相當程度的衝擊，可能是史無前例的，特別是電腦的快速發展與進步。隨著電腦繪圖的能力從早期的輔助繪圖(CAD)演變至輔助建築設計(CAAD)，電腦已經完全介入建築設計過程。電腦在數位影像處理與合成技術的日趨成熟，促使電腦模擬與動畫的健全發展，電腦於是成為思考與呈現設計意念與施作方式的媒體(media)，因此出現了電腦媒材化設計(computer-mediated design)與電腦設計(design with computer)。另外，網際網路的快速興起，將全世界的建築知識完全整合成大型資料庫，設計者能夠輕易自網際網路中取得所需之相關設計資訊，形成網路輔助設計(Internet-aided design)或網際設計(web-based design)。然而，建構於全球網際網路中的網路空間(cyberspace)，完全顛覆了建築向來以點、現、面等幾何關係所構成的空間觀念，呈現出其特有之電腦媒材中介的空間知識體系。再加上以原有的電腦輔助製造(CAM)為基礎，電腦在自由形體的塑造與施作上日趨成熟，從前許多想像不到的設計可以被建造完成。

這些由建築師與電腦數位化程序共同主導設計過程的現象逐漸被稱之為數位建築，因此，數位建築比較廣義的定義是「凡是將各類電腦數位媒材，關鍵性的引用在建築設計的過程中——自設計概念、早期設計、設計發展、細部設計、施工計劃、營造過程等任何一個階段或幾個階段甚至全部的過程——並因此在機能、型式、量體、空間、或建築理念上有關鍵性的成果的建築，均可廣義的視為數位建築」[241]。強大的電腦輔助繪圖功能使數位建築成為一種新工具；新的數位設計方法、設計思考現象、與空間概念促使數位

建築成為承續現代主義與後現代主義之新建築理論，數位主義(digitalism)；以時代性而言，數位建築時代已經成形；數位建築因此可能是一場新革命。所以，數位建築可以被認為是實體空間與數位空間：電腦虛擬空間及網路空間，之間相互影響與互動之下的產物。

目前數位建築發展上的重點大致有：形體與空間的解放、參數化智慧的設計、數位類型的建構、空間概念的演化、與數位媒材的呈現等五個方向[242] [243]。形體與空間的解放指出建築是隨著營造技術與設計媒材的突破而產生時代性的變化，數位設計媒材與數位營造技術的革命使建築的型式與空間又進行了一次時代性的解放。參數化智慧的設計提出數位建築短期內的發展以先建立設計思考中的一些主要參數為主，由這些參數自行決定建築的某些決策。數位類型的建構是強調數位建築之空間定義不明而且虛擬，挑戰一般建築的類型概念，而自行建構一套建築的數位類型。空間概念的演化呈現新的數位空間概念：網際網路之網際空間與電腦之虛擬空間，影響設計的發展與顛覆既有的空間理論。數位媒材的呈現指出電腦媒材目前提供了建築師以及一般人，能夠十分清楚掌握空間的呈現工具，後續發展值得關注。

另外，Kolarevic [244]依照建築空間型式在電腦環境中的產生方式，將數位建築劃分成六個類型：拓樸的建築(topological architecture)、同型的建築(isomorphic architecture)、動態建築(animated architecture)、變化的建築(metamorphic architecture)、參數化建築(parametric architecture)、以及演化的建築(evolutionary architecture)。當新的電腦運算方式產生之後，也可以加入這個分類。拓樸建築的發展是從摺疊的(folding)觀念開始[245]，摺疊是新的連結流動性，運用連續曲線與表面的拓樸幾何學，數學上稱之為非線性關聯 B 曲線架構(Non-Uniform Rational B-Splines, NURBS)。NURBS 曲線與表面的特殊之處是很容易藉由控制點而修改其形狀，並且使拓樸建築的電腦運算成為可能，允許以電腦自動切割(computer numerically controlled, CNC)機器建造空間型式。同型的建築是以同型的多表面(polysurfaces)為基礎，其構成是透過相互影響的有內部量體及吸引力量之參數物件的組合，也運用場域(field)或區域(region)的增加或減少影響。如圖 12 所示，德國建築師 Bernard Franken 於慕尼黑的作品 BMW Pavilion 是同型建築的代表。動態建築的設計定義是，經由移動(motion)與力量(force)於型式觀念的瞬間中之共同存在[246]。變化的建築是依據衍生的技術，例如主型態動畫(keyshape animation)，與模型週遭空間的變形。參數化建築是特定設計的參數，不是形狀的參數。透過賦予參數不同的數值，不同的物件或空間構成被創造。演化的建築將自然界的演化規則視為建築型式衍生的過程。建築的概念被表現為衍生的規則，所以那些概念的演化與發展能夠以使用電腦模型加速演化與測試[247]。



圖 12：BMW Pavilion，Bernard Franken[241]。

數位建築的主要特徵：自由形體造型，挑戰了傳統的規則建築形體之營建方式。數位建築的結構體與建築材料的接合方式完全以三維的數位模型呈現，結構元件的製造必須數位化才能控制工程的精準度，就是以電腦輔助製造的方法，將設計圖直接傳送給製造工廠進行各種不同方式的電腦自動切割。為了精準的確定建築構件的位置，施工現場也大量的使用數位電子測量儀器與雷射定位設備。以被視為數位建築先驅作品為例：Frank Gehry 於 1990 年用電腦進行巴塞隆納魚的設計，說明數位化的設計過程[248]。這個案例的初期設計構想是以實體模型呈現，電腦開始介入是將複雜的曲面轉變為數位模型，藉以檢討外型與架構。接著，以快速原型輸出(rapid-prototyping)建立實體模型，檢視數位模型與原始概念之差異。最後，電腦模型被直接使用於建築構件之控制製造與現場組裝。圖 13 顯示實體建築物與各種設計呈現媒材之關係，並且可以透過網際網路與設計團隊相關成員交換資訊。

另外，以亞洲第一件數位建築作品，公信電子公司接待大廳為例(圖 14)，劉育東[249]說明數位建築工法於設計過程、單元生產過程、及施工過程的重點與難題。設計過程首先面臨基地現場原有建築物的施工精確度嚴重不足，接著必須選擇有助於尺寸標註與輸出單元做檢驗的設計軟體，最後，因為電腦無法檢驗實際施作的困難，必須以實體模型發現問題。單元生產過程中無法控制壓克力單元製作與真空成形單元的誤差。施工過程會面臨骨架單元組件之組合測試與空間定位的困難。LeCuyer [250]指出，Frank Gehry 的畢爾包古根漢美術館在建造時根本沒有使用一般工程常用的捲尺。結構元件於製造時都以條碼編號，並且將元件之間連接的節點作記號。現場施工時，條碼顯示電腦模型中每個元件的座標。雷射測量設備亦連接到電腦模型，將每個元件的位置定位。這個施工過程是航太工業的一般方式，但是對營造業而言是全新的工法。

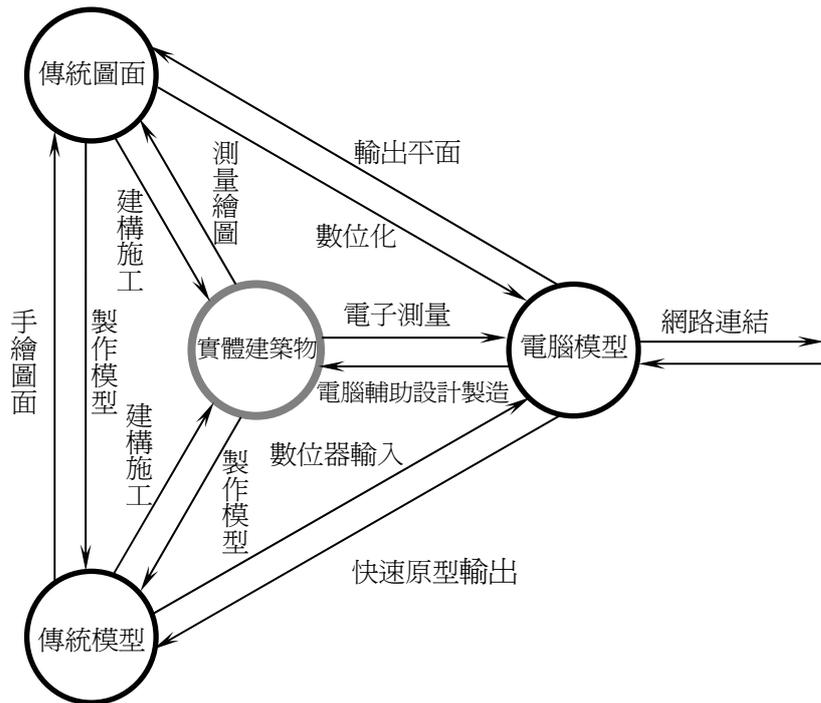


圖 13：實體建築物與各種設計呈現媒材之間的關係[248]。



圖 14：公信電子公司接待大廳[249]。

除此之外，電腦的空間隱喻、電腦指令、以及網際空間的觀念已經開始對建築設計的初始概念產生一些影響。例如，除了引用 Mies 的作品巴塞隆納館與水的流動性之外，Toyo Ito [251]運用虛擬身體(virtual body)的概念：電腦之中的身體經驗，發展其建築物的設計觀念，Mediatheque in Sendai Japan (圖 15)。另外，在 Ashton Raggatt McDougall 的 National Museum of Australia 設計過程當中，建築師的空間構成發展原則(guiding principle)是電腦的布林運算與結合功能(圖 16) [252]。數位空間中的網際網路部分，例如 Diller and Scofidio [253] 使用網際空間的登入(login)概念，進行 The Brasserie 餐廳設計(圖 17)。他們也應用電腦連線隱喻，設計 2002 年瑞士世界博覽會媒材建築物：Blur Building，參觀者之間的互動(圖 18)。Rem Koolhaas [254]於正在興建當中的設計 The new Seattle Public Library，提出實體與虛擬空間共構的設計觀念(圖 19)。使用者與圖書館的首次互動發生

於虛擬空間之中，圖書館成為互動的社會空間。於是，新的圖書館空間型式由網路空間的影響而產生。

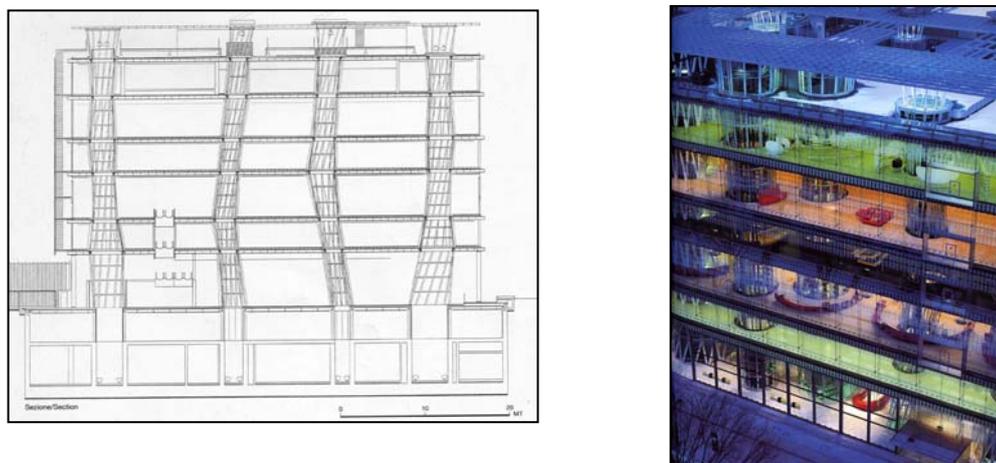


圖 15：Mediatheque in Sendai Japan，Toyo Ito[251]。



圖 16：National Museum of Australia，Ashton Raggatt McDougall[252]。



圖 17：The Brasserie Restaurant[253]。

圖 18：Blur Building[253]。

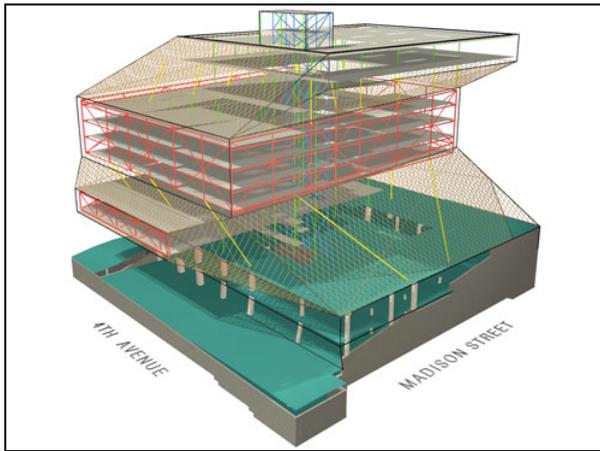


圖 19：The new Seattle Public Library[254]。

2.4 人類的空間認知

本節將回顧人類對於空間認知的一些現象，包括建築室內空間、建築外觀、都市空間的構成元素，以及數位環境的認知等。

2.4.1 空間知覺與空間認知的現象

對於空間的定義有兩個不同的觀點：絕對的(absolute)與關聯的(relational) [255]。絕對的空間觀念指出空間是容器，然而關聯的空間觀念認為空間是由空間中的物件之關係所創造。空間知覺的產生是透過空間之中的物件彼此之間的相互關係，亦即關聯的空間觀念，物件之間因此會產生四個基本的知覺現象：連接、距離、方向、以及向量(velocity) [256]。另外，空間本身不能被感知，必須透過量體的知覺(perception of mass)才有所謂的空間知覺(space perception)，這個現象是複雜的心智運作過程[257]。為了獲得空間知覺，大量的線索(cues)必須被人類使用。任何空間之中的尺度(size)、深度(depth)、或距離(distance)都可以被視為那個空間能夠被感知的線索。人們在感知空間時也同時參照不同的座標系統，包括以自我位置為中心的(egocentric)座標、以其他物件的位置描述的相對(relative)座標、以不可變的局部絕對架構(local absolute)為座標、以及以基本方位，東南西北來描述地點的整體絕對(global absolute)座標[258]。所以，空間知覺是尺度、深度、與距離的綜合體[259]。

環境知覺是指我們與四週物理環境的初步接觸。人類主要依賴視覺，但環境知覺則動用到所有的感官來收集訊息。認知情境(cognitive mapping)是人們獲得、形成及維持空間資訊(spatial information)與空間知識(spatial knowledge)的過程，這個過程的產物，亦及環境資訊的總和，被儲存在記憶之中就稱之為認知地圖(cognitive map) [260][261]。

空間資訊分為三大類：地點的資訊、屬性資訊與時間[262][263]。地點的資訊包括距離與方向的資訊，辨識現象在哪裡以及引導至一個主觀的幾何空間。屬性資訊告訴人們什麼種類的現象在那裡，以及為什麼大家都要去那裡。屬性資訊又可分為描述的(descriptive)與評估的(evaluative) [264]。描述的屬性是辨識場所的被感知類型，例如一棟有色玻璃的建築物。評估的屬性呈現出附於場所上的評估要件，決定參訪是否達到個人需求。空間資訊的第三類：時間，指出現象什麼時候與如何發生。

空間知識是空間資訊整合之後的產物[265][266]，包括地標知識(landmark knowledge)，呈現環境中特定地點在視覺上的細節資訊；程序知識(procedure knowledge)，特定路徑上所需之行動序列資訊；測量知識(survey knowledge)，地點與路徑之間的構成關係、空間的地形特質、以及與地點的參照座標有關。因此，空間認知(spatial cognition)是有關我們獲得、組織、儲存、回憶訊息的方式，訊息包括地點、距離、以及物理環境的空間安排。空間認知包含空間問題的解決、尋路(wayfinding)、航行(navigation)、試圖從雜亂無章的街道系統理出頭緒、日常生活中與三度空間的環境互動。

2.4.2 實體空間的認知

von Meiss [267]指出有三個研究範疇之視覺法則(visual laws)對建築設計過程有幫助：第一，生理學(physiology)；第二，知覺心理學(psychology of perception)，亦即格式塔心理學；第三，描述知覺的心智活動(mental activities)，例如人類學。其中格式塔心理學的視覺法則影響最深遠，例如親近、圍閉、融合、削減、連結與連續等。前述的法則曾經被用來分析建築空間與建築的構成元素[268]-[270]。

Appleyard [271]認為居民能夠記憶(recall)建築物或場所是基於四個理由：建築物與場所之實質型式的特性，亦是 Lynch[272]所指的意像性(imageability)；當居民在程式中移動時，實質型式所賦予的可見性(visibility)；建築物與場所在人群活動、使用與其他行為扮演之角色；以及建築物與場所對於大部分居民在文化上的重要性。因此建築物能夠被認知(known)的指標有型式強度指標，包括移動、輪廓、大小、形狀、表面、品質與記號；可見性指標，包括視點強度、視點重要性、與可及性(immediacy)；以及重要性指標，包括使用強度、使用獨特性、以及象徵性[273]。

Etlin [274]引用現象學家 Merleau-Ponty 對於空間的定義說明自我的空間感覺(the spatial sense of self)：我們曾經說過空間是生存的，我們也可以說生存是空間的。自我的空間感覺呈現出三個類型的空間：個人(personal)、生活的(lived)、與生存的(existential)。生活的與生存的空間與實體空間的認知有很強的關聯性。生活的空間是對於自然景緻與藝術作品在型式上的反應。例如升高的建築型式有高舉的感覺、穩定的水平型式有高貴與驕

傲感覺、比較低的型式呈現出悲傷的感受[275]。生存的空間是存在於世界上的空間經驗，以及此經驗與超越感覺的關聯性。例如 Louis Kahn 曾經指出當我們進入巴森農神廟時，就立即產生個人的內在軸線(inner axis)；Le Corbusier 的建築步道(architectural promenade)想法也指出，觀察者的經驗是由移動的序列中產生強烈的感覺[276]。

最後，Lawson [277]以建築(或環境)心理學的觀點指出，建築與環境會影響人類在使用其空間時的行為，不同類型的空間規範我們的行為舉止，他將此現象定義為空間的語言(the language of space)。

2.4.3 數位環境的認知

數位環境的認知現象大致可以分為兩個類型：全球資訊網路(World Wide Web)與網站(website)。全球網際網路是數位溝通的國際化系統，由世界上無數的入口網站之連線的互動產生，但是網際網路以混亂的方式發展，缺乏全球的組織及快速發展之下的統一或策略的規劃，造成重要的知識在虛擬倉庫的迷宮中消失。Thatcher and Greyling [278]以問卷調查與繪製草圖(sketch)為主要研究方法，探討網際網路使用者如何概念化此巨大的連線環境，亦即使用者的心智模型(mental model)。受訪者的草圖(心智模型)可以劃分為六類(圖 20)：介面與使用機能、中心的資料庫、使用者連結至世界上、簡單的連結、簡單的基本單位、及基本單位與連線。此研究指出，現有以視窗為基礎的介面沒有簡化網際網路結構的廣泛發展，沒有提供指示去那裡尋找相關資訊，甚至資訊如何被放置在一起。因此對全球資訊網路的使用者而言，方向迷失(disorientation)與認知的過量負荷(cognitive overhead)是兩個網路空間認知最困難的問題[279][280]。因為網路空間是非線性的(nonlinear)環境，使用者是跳躍的尋找資訊，缺乏空間知識構成之位置、距離及方向的感覺。網路空間是地圖的本身，界定其自身的空間與領域，並且無法明確的讓使用者解讀[281]。

連接至網路空間或網路空間中路徑的研究方式[282]：(1)以區域為基礎(area-based)研究連接網際網路的路徑：分析都市或區域中網際網路的使用及路徑的地理型態。(2)以網路為基礎的資訊流動模型(network-based information flow modeling)：以網路拓撲學(network topology)之觀點概念化網際網路(Internet)，包括網路內的資訊流動(亦即電腦網路)及資訊結構本身(例如網頁或網站之間超連結網路)。(3)以網路為基礎的網路空間資訊結構分析：以全球資訊網路資訊結構的觀點分析路徑(網站或網頁之間超連結的網路)。(4)網路空間中個人路徑的概念模型(conceptual model)：個人為可延伸的代理人(extensible agent)：延伸代表個人經由空間調整的(space-adjusting)技術克服距離的摩擦之能力。路徑介面(access interface)：是使用網際網路資源必備的硬體、軟體、技巧、及知識的集合。網路空間中的機會環境：網路空間的使用者只能與部分的資訊互動，不是所

有的網路資源可以被特定使用者應用，所以每個資源包括許多的組合。

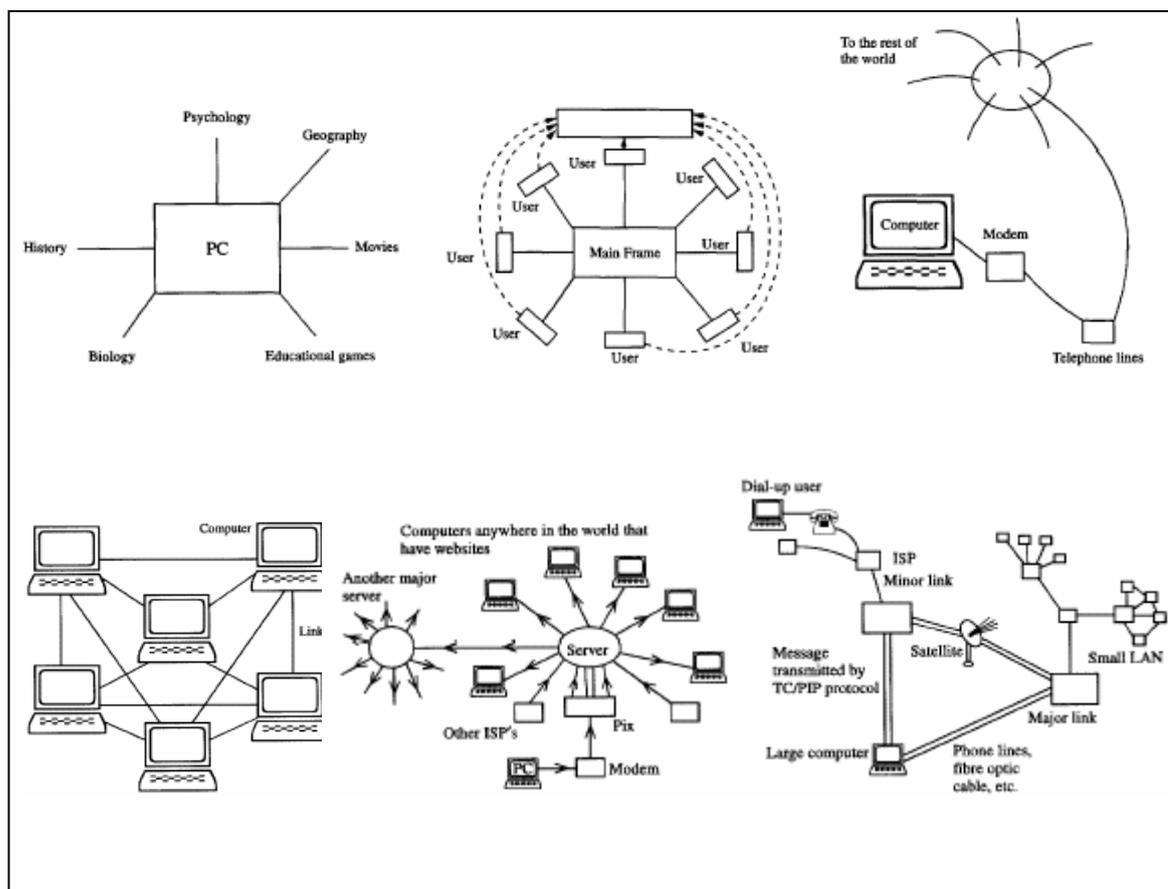


圖 20：網路使用者的心智模型[278]。

雖然目前已經有結合真實世界與虛擬世界的觀念，建構於網際網路中的網站(website)的空間特性是重要的。Anders [283]指出空間是建築的基本媒材，空間也是我們與自己、環境、及他人溝通的媒介，空間的知覺(perception)與認知(cognition)是最重要的。因此，網路空間之空間現象(cyberspatial phenomena)與網路空間之認知(cyberspatial cognition)必須被深入的探討，這是改寫現有建築理論之根源所在。目前這些類型的研究仍然處於起步階段，研究議題相當少[284][285]。例如，以網路空間構成元素為主要分析對象，輔以問卷調查不同領域背景學生對網路空間想法，整理出視覺的(visual)、圖形的(graphic)、及口語的(verbal)構成元素，其中的核心因子是移動、互動、與音響效果[286][287]。這些因子是網路環境中空間感覺的來源，並非建築師習以為常的形式上與量體上的元素；傳統建築及都市理論需要調整其理論假設，才能夠詳盡分析網路空間的特質[288]；透過網路空間的認知(cyberspatial cognition)研究，能夠得之建築設計者如何運用其領域知識詮釋網路空間特性[289]。這些研究需要再更廣泛發展探討的方向，網路空間的空間特性才能夠被更加深入的瞭解。

網站的空間組織類似人類大腦的結構，於是以網路為基礎的(web-based)數位工具提昇人類使用者的認知[290]。網際媒材(web medium)支援人類的認知，最重要的是網際媒材是一個整合的平台，以聯想的(associative)方式匯集不同格式的片斷資訊。這個聯想的平台相當接近人類的資訊處理過程(information process)。換句話說，網路認知的現象也能夠被視為片斷資訊聯想的過程。聯想的空間資訊也許直接連結至實體空間的位置、建築物、與都市公共空間。所以，浮現之聯想的網路空間認知型態會成為另一個空間知識的類型或系統[291][292]。

2.5 設計媒材之發展

設計媒材(design media)從現代時期(modern age)就已經展現出其改變西方建築史的力量，並且一直持續到現在的數位時代(digital age) [293]。第一波的轉變是發生於現代時期開始之際，印刷術(print)的發明取代了以手抄本(script)為傳播知識方式的時代，以及從手繪圖演進到能夠以機械不斷複製的圖像。下一波的轉變肇因於數位媒材與網際網路的迅速發展，從文字的書寫方式發展至超文字(hypertext)的應用，以及從傳統印刷的圖像轉變為以數位的呈現方式(digital representation)為主。「因為印刷圖像的發明曾經改變西方國家的建築歷史，所以印刷圖像的沒落，與虛擬實境(virtual reality)相對的興起對建築也一定會產生許多影響」 [294]。

除此之外，Rijken [295]也同時以資訊與空間相互影響以及共存的觀念，論述建築空間、都市空間與數位媒材之間的密切關聯性。以媒材中之建築(architecture in media)而言，建築師能夠設計完全不同的網站內之資訊呈現內容，因為現有大部分網站都是以真實世界的空間隱喻為設計基礎。以建築中的媒材而言(media in architecture)，建築空間中呈現資訊的媒材稱為情境媒材(situated media)，例如電視，當它被放置在不同房間時，空間的特性與空間內的活動型態會改變。Rijken 並且進一步指出，當媒材設計師與建築師、都市設計師等空間設計專業者一起參與設計時，新的空間主體性(spatial identity)之概念會因此而產生。

2.5.1 設計媒材之機能

媒材的機能(function of media)能夠產生自人類認知的過程(cognition process)與溝通的目的(communication purpose) [296]。認知的過程表示媒材如何支援感覺(perception)及認知；溝通的目的決定何種類型的媒材比較適合。多媒體呈現的應用涵構包括視覺的思考(visual thinking)與視覺的溝通(visual communication)，針對這兩個因素而設計的媒材必須考量其機能是基於人類認知的過程與溝通的目的。媒材機能基於認知的過程指出經由重複語意的與圖片的資訊，人類的短期記憶(short-term memory)可以將這些資訊傳達至長

期記憶(long-term memory)。接著，長期記憶會呈現出提昇記住(remember)資訊能力之資訊的雙重密碼(double encoding)。經由接觸點(contact points)心智模型連接到現存的知識(knowledge)，更多的知識與接觸點存在，心智模型更能夠被整合到長期記憶之中。所以，媒材應用必須包含不同的機能：增加重要資訊、避免單調、支援資訊的雙重密碼、及支援心智模型的創造。媒材機能基於溝通之目的包括四個類型：提供使用者獲得正確與完整的研究資訊之示範的(demonstration)機能、幫助使用者將欲呈現的資訊放置於涵構的(putting in context)機能、幫助使用者創造複雜心智模型之建構的(construction)機能、及對使用者的興趣與注意力有所激發的(motivation)機能。

媒材在科學的視覺化(scientific visualization)過程中的應用，視覺的思考屬於研究者的個人領域(private realm)，是為了探討與確認研究資料的正確性與適用性，媒材於此階段最重要的機能是建構心智模型與將資訊設定到廣泛的涵構之中，需要抽象的媒材協助整合資訊(圖 21)。視覺的溝通則是公眾的領域(public realm)，經由綜合的與呈現的過程將研究的成果傳達給非本專業的人士，圖片、動畫及錄影帶可達到需求，視覺溝通的機能之應用範圍比視覺的思考更為廣泛。

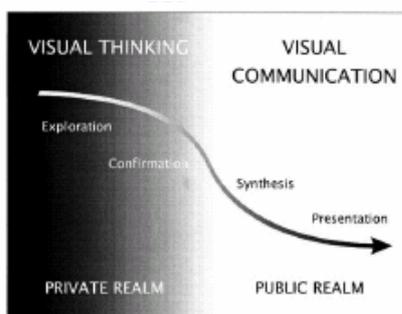


圖 21：科學的視覺化過程[296]。

事實上，建築與都市設計的過程可以類比科學的視覺化過程。設計過程的階段(design process)是設計師的個人領域，設計師透過使用不同的設計媒材輔助設計的視覺思考，不斷的與自己的設計構想對話，探求與確認各種解決設計問題的可能性。在獲得最佳的設計方案之後，設計師必須與公眾領域進行視覺的溝通，使用多媒體將設計內容完整的呈現給業主或一般大眾等非專業人士，尋求設計能夠被採用或被實踐之機會。然而，設計媒材：傳統媒材和電腦媒材，與設計過程以及設計溝通的相互關聯性之研究已經累積相當多的文獻，以下就針對設計研究(design research)這個範疇進行文獻回顧。

2.5.2 一般媒材

設計研究是有系統的探討設計與設計過程所創造出的不同類型知識，設計研究可以被劃分成四個類型[297]：工具的研究—傳統草圖、認知過程的研究—探討設計行為、媒材研究—電腦輔助設計、及方法的研究—設計過程的結構與設計方法的原理。設計過程大致

上可分為三個階段，分析階段：歸納推理，創造階段：透過演譯推理的設計假設，以及執行階段：視覺推理與溝通。由上述的分類可以得之，設計媒材，不論是傳統媒材或者電腦媒材，皆扮演關鍵性的角色。

以傳統媒材(conventional media)為主，特別是草圖(sketch)，設計研究的探討面向雖然廣泛，然而仍可被歸納為兩種主要的類型，第一是將設計視為一種理性的問題解決(problem-solving)行為；第二是由設計者的行為(activity)之觀點將設計視為設計是動作中的反應過程[298]。早期的研究多屬於前者，主要把設計視為一種理性的過程，以過程為導向的研究觀點(process-oriented approach)為主，例如 Pena and Parshall [299]認為設計是由問題找尋(problem-seeking)到問題解決(problem-solving)的過程，並提出一個基本的分析架構來協助設計者解決設計的問題。另外，Simon [300]以認知科學的觀念為出發點，他不僅認為設計是問題解決的行為，也是搜尋的(search)過程，從開始狀態(initial state)，經由中介狀態(intermediate states)，最後達到目標的狀態(goal state)。

Schön [301]以行為的觀點來探討設計，他認為每一個設計問題都是相當特殊的，因此應該將焦點著重於設計者著手處理問題的方式，他由感知及思考的角度指出設計是由動作中反應(reflection-in-action)，與設計狀態對話的過程(reflective conversation with the situation)；接著，他以建築設計的設計過程為對象提出理論模型，他認為設計是看-動作-看(seeing-moving-seeing)的過程[302]。如此以內容為導向(content-oriented approach)的研究觀點著重於了解設計者在設計過程中所看到的、意圖去做的、所想的以及從記憶中所被刺激的想法。

Liu [303]進一步結合上述的兩個觀點，將設計視為雙向的搜尋過程：形狀重構搜尋與知識傳達搜尋，這個搜尋過程同時呈現了設計者的思考與觀看的行為。設計者經由觀看浮現的子形而重構形狀尋找替代的方式來詮釋現有設計狀態，這是接近我們僅能些許感覺到的認知連結過程(connectionist processing)。為了將現階段的狀態轉變成符合型式與機能需求的下一階段，設計者搜尋替代規則的應用，這是接近我們能夠清楚感覺到的象徵過程(symbolic processing)。

2.5.3 電腦媒材

近年來數位設計媒材在建築設計的過程中所扮演的角色大致可以劃分為設計表現工具、設計思考媒材、與協助設計概念發展等三個層次[304][305]。Greg Lynn 亦指出建築師可以將電腦媒材視為工作上的新技術、重新思考專業的方式、發現新的空間型式、表現的新型式、與新的溝通方式[306]。但是電腦媒材的議題也開始被應用於設計過程的相關研究，例如設計構想階段、與傳統媒材之比較、以及與創造力之關聯性。

Elsas and Vergeest [307]指出在設計構想階段使用電腦，不僅可以允許設計替選方案的快速產生，並且可以增加構想設計的品質，及提供較好的品質以供評估及設計的溝通。在探討電腦輔助設計軟體(CAD)作為唯一的設計工具時，Hanna and Barber [308]獲得下列兩個結論：使用電腦媒材對設計過程有所影響而有別於傳統媒材，其設計行為由傳統的繪製草圖到概念構想的過程，轉變為由思考到概念構想的過程；電腦媒材的使用對設計認知、創造力及直覺皆有助益，並對光線的模擬、日照的分析、早期階段概念的構成有所幫助。另外，雖然在量體的掌握與尺度感略遜於實體模型(physical model)，電腦模型(computer model)被認為是最具有影響力的呈現方式，能夠啟動觀者的身體觸覺系統，其圖層、布林等功能使設計者產生不同的設計思考模式，並且能夠提昇設計與施作在溝通上的精確性[309] [310]。

在設計認知行為的研究方面，以工業設計之構想發展階段為例，Wong [311]指出電腦媒材的特性使設計構想的發展成為在概念、形象與操作三者間互換的循環推論過程，電腦媒材的操作向度會引發設計者發現新的形象，這會導致設計者推翻原有的概念形成新的想法。Won [312]的研究成果顯示由於電腦螢幕在視覺呈現上的特性，令使用電腦媒材的設計者較使用傳統媒材的設計者容易進行想像(imaging)、看成像(seeing as) 及轉移到細部的設計的行為。構想的行為中最大的差異在於使用電腦媒材時，構想主動，設計者被動，這個現象與使用傳統媒材時完全相反。另一方面，Chen [313]認為電腦媒材不但有助於設計構想的發展，也開啟了創造力(creativity)的可能性，引發設計者的創造力循環模式：操作、視覺、與評估。Huang and Liu [314]亦指出在電腦媒材與創造力的關係中，電腦媒材的不預期性是引發創造力的關鍵，然而電腦的模型化特點會產生非預期及無法用傳統媒材呈現的型式，帶給設計者不僅行為上的改變，在設計概念上也有重大的刺激，設計者處於時時提出想法或評估的情況下操作設計。因此，電腦媒材實質的促進了創造力的衍生與概念評價的進行。