

第 4 章 構築過程分析：紙上案例

4.1 動態構築過程

在數位設計環境中最明顯的特徵，莫過於動態操作過程與材料的非物質性、零重力與多維向度，再者，當數位媒材如 3D 建模套裝軟體、應用程式、演算法等與電腦科技如 CAD、CAM、CNC 等介入設計生產過程中，它們發展了一套與目前實際建築生產過程有極大差別的設計操作方式 (Mitchell, 1998.a ; Kloft, 2001 ; Ruby, 2001 ; Liu, 2001 ; De Luca and Nardini, 2002 ; Ham, 2003)，全新的動態操作過程已不是傳統構築因子所能完全含括的狀態，而一個新的構築態度正於數位世界中興起 (Leach, 2002)；數位建築的衍生，往往透過參數與指令直接在物件上操作，連續動態的形變演化過程成為設計操作非常重要的機制 (Kolarevic, 2000)，尤其當演算法等運算機制介入設計過程中，使數位設計每一個步驟都能被精確掌控，設計的動態行為建立在參數變動下型態自我相似的邏輯 (self-similarity) 與非階層式的網路 (non-hierarchical network) 中，而能促進型態的自我衍生 (Chu, 2002)，因此，整體的設計過程中隱含一套動態的數位設計操作技術與機制，它有別於傳統靜態的構築設計過程，也是接下來案例研究的所要探討的重點。

根據接點、材料、構件、結構、構造這些構築因子檢視紙上建築案例的觀察過程中，數位設計操作與傳統構築術上有許多設計狀態上的差異性，在數位媒材應用下，構築過程大量依賴參數設定與指令操作為主的數位環境，靜態的構築因子不再是設計過程中主導設計過程的主要的依據，甚至這些靜態構築因素的考量可以是後設的，若單純只以傳統對構築的定義來審視數位設計操作下的建築作品，似乎無法完全了解設計邏輯的全貌。在本次的案例研究中，許多傳統構築依賴的建築評斷標準 (接點、材料、構件、結構、構造等)，並不一定適用於數位設計生產方法，但案例研究中也發現，其實傳統構築性的觀點並非完全消失，反而是用另外一種方式自靜態的特徵中延伸出動態的操作邏輯，因此數位設計操作技術與機制可視為為一套動態的構築過程。研究中嘗試將原本靜態的構築因子類比到動態設計程序上，定義以下五個議題，作為動態構築過程探討的主旨：

運動 (motion)

接點在以動畫或混合變形 (morphing) 為主要的概念操作中，固定的接點被鬆動，取而代之的是動態的關鍵影格 (key-frame) 變化，數位設計常藉由動態過程推演概念發展，連續性的時間與動態的發展過程，以運動的狀態作為設計動作改變的依循。

操作 (manipulation)

物質化的材料性轉換為非物質化的資訊輸入，透過動作明確的電腦指令編修以及參數設定等，型體上的變形與演化讓設計操作展現歷時性與直接性，探討數位設計在使用電腦技術操作下與型態發展之間的關係。

構成 (formation)

數位設計過程打破傳統構件元素的定義，設計不再以既定認知的建築語彙界定建築該有的秩序與章法，同時也不是一種符號化的表現，由於數位程序操作下模型物件的狀態改變皆有不同於傳統構築術的構成方式，參數化的資訊輸入輕易改變結構與質感的狀態，動態構成常以型態作為構成的依據。

表現 (expression)

結構的承重與力的傳導在無重力的數位空間中成為可被忽略的條件，在掙脫結構的限制之後數位設計容許歷時性的型體操作設計，型態是一更直接的顯現，在型態上直接顯露設計情緒的表達，結構的表現成為一種相互適的狀態，並且強調與整體的融合性。

互動 (interaction)

建築空間的本質原本是包含於構造過程的顯現，在數位環境中更擴大構造的本質，擺脫靜態構造空間形隨機能的定義，讓活動事件間相互滲透並積極對空間型態產生影響，強調敏感的感知能力去達到空間的互動性。

由此，接下來的案例分析將以動態的構築過程為依據，再分別對相同的十件紙上數位建築作品進行分析，希望能找出動態設計操作過程的特徵與現象及對型態的影響，了解數位設計過程中運動 (motion)、操作 (manipulation)、構成 (formation)、表現 (expression)、與互動 (interaction) 這一整個序列的數位生產過程，也就是將傳統靜態設計過程提升到一新的動態操作層面中來探討，每一件作品都將紀錄它們明顯的設計程序，藉此了解運用數位媒材與創作數位自由形體間的構築關係。

4.2 案例分析與討論

4.2.1 紙上案例 [1]

周邊擴大器-不確定的邏輯 (Ambient Amplifiers-The Logics of Uncertainty)，在本案的設計過程中，運用電腦程式輸入環境影響因子，之後分析其對形態產生的變化，以動畫影格作為交互定義型態與空間的參考依據。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

首先環境中的可能的活動模式與空間的場域關係，被當作設計的概念運作，如圖 (4-1-1) 的空間序列影格中，設計者表達環境中服務的動線邊緣路徑與硬鋪面系統間的狀態，試圖去描述步行的路徑和遊戲與休閒的表面之間模糊演變的可能狀態，而在這裡所呈現的是不同的活動領域交織在一個環境中不同時間下的演變結果，動畫模擬基地周邊的脈絡事件如何轉化為力場領域的關係，產生一連串時空過渡間的影像。

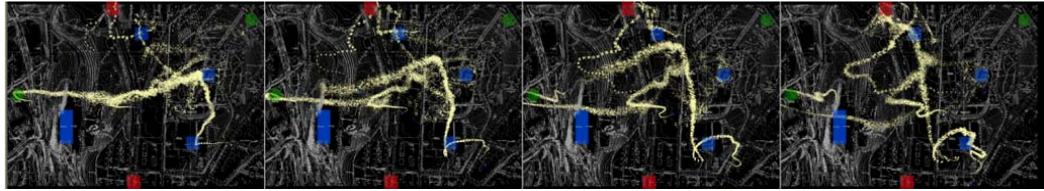


圖 (4-1-1)

當各種不同的環境因子被輸入到程式中，將環境中不同的脈絡事件強度轉換到空間的場域上，它就有機會能產生一些空間的型態，如圖(4-1-2)，當周圍環境的空間機能不斷變化，空間表面的型態也隨之而轉變，設計者的目的就是在強調這樣的變化，進一步對以往一對一的機能與造型模式提出質疑，由圖中可看出一個大致的空間輪廓正在慢慢形成。

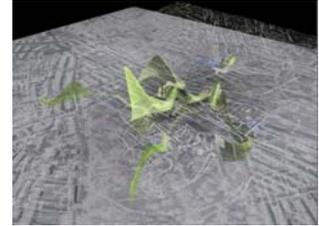


圖 (4-1-2)

■ 操作

將初步的型態放到基地的脈絡中，由圖(4-1-3)可看出型態的形變過程來自於一些與基地表面有關的變形，同樣設計者關切的是整體的動態表現過程，而不僅止於一個固定的狀態。

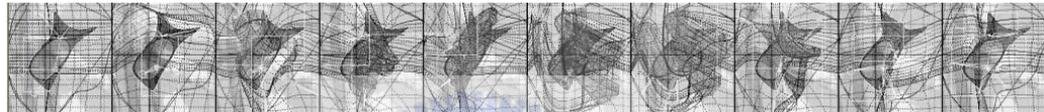


圖 (4-1-3)

圖(4-1-4)中可以更清楚看到基地與型態的關係，一個漸漸由地表隆起的「島」在既有的涵構中演化出來，一系列形變的過程有助於研究建築框架與表面的關係，透過電腦媒材的幫助直接在這個新的表面上被模擬出來。幾乎當型態決定的同時，網面的結構也決定了未來可能的骨架系統，但在數位設計環境中則容許設計者暫時不需考慮重力的問題，更專注在型態的探索中。

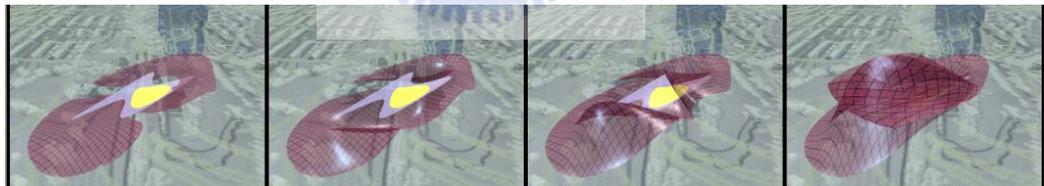


圖 (4-1-4)

■ 構成

在更細節的構造探討上，本案延續一貫的設計操作模式，如圖(4-1-5)先將動畫模擬空間中活動的強度轉化為的力場分佈，了解其密度與變化程度在空間剖面上呈現的狀態。

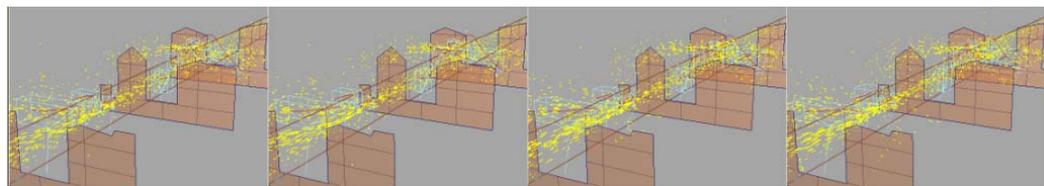


圖 (4-1-5)

之後一個流動的表面被置入密度最集中的區域中，如圖(4-1-6)，它將事件的力場分部反應在既有建築的剖面上，接著轉換到結構上可能發展出的框架型態。從剖面中可看出新的表面空間與舊有的空間是融合在一起的狀態，它們之間並沒有另外的第三構件作為轉接，在一連串的影響中，呈現新的表面空間像是能自己調整與舊空間的關係。

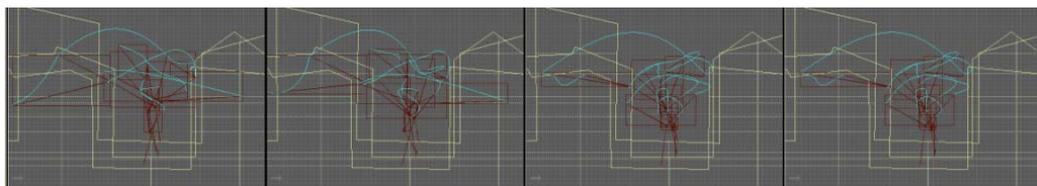


圖 (4-1-6)

最後設計所決定的新的表面如圖 (4-1-7) 所示，如第三章對本案構造的研究所述，不同層次的表面幾乎是漂浮於空間中只是彼此輕巧的互相疊置在一起。在虛擬的設計環境中，設計者能極力跳脫重力的限制去探討型態的秩序，傳統的構造觀點被打破了，在這裡的構造態度是去思考如何將設計型態透過一套動態的敘事法則去建立起來，這樣就達成了設計的意圖。

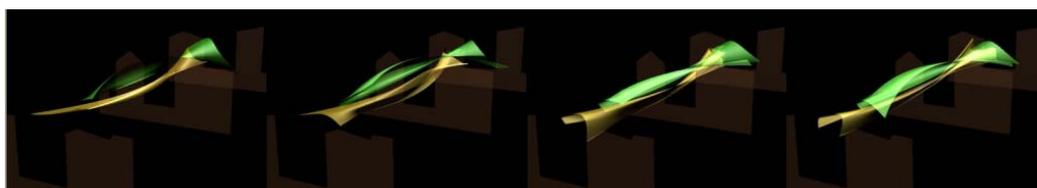


圖 (4-1-7)

■ 表現

如果缺乏前述對整體設計邏輯的分析，本案的最終型態將很難被了解，它抽象的形體與目前一般建築的印象有極端的不同，幾乎無法用既定的建築認知去辨認這樣的空間，但是它的確是一新的空間型態，如圖 (4-1-8) 不同視角的透視圖中表現強烈的自由形體特徵，它是藉由設計過程中與整體基地涵構上的變形與衍生序列所產生的形態，一個由表面所包蔽起來的空間，描述由既有基地上所新形成的「島」。



圖 (4-1-8)

■ 互動

儘管在型態的表現上是抽象的，但在空間的表現上本案卻運用大量的電腦貼圖，去模擬不同情境與場景下空間互動的氛圍。如圖 (4-1-9) 所示，影像表現是被強調的，照片影像 (image) 與設計圖 (diagram) 交織在一起，藉由透明的重疊去表現空間的穿透性，彩度高的視覺表現性企圖去經營一個活潑豐富的空间，數位環境的操作下必然使視覺性佔了較重的比例，使材料性被影像所取代以彌補質感的不足。像這樣線架構的純粹透明的空間在真實世界中是很難被實現塑造的，也因此使數位化的空間情境表現法更像是一個圖畫中的印象，使空間表現很容易被風格化。



圖 (4-1-9)

4.2.2 紙上案例 [2]

動態形體-纜車站 (DynaForm-Cablecar Station)，將基地複雜的活動事件、動態的軌跡與場域分部，一一分析成可被參數化的環境因子，這些因子成爲操作形體演化的參考值，藉由對環境因子的深入分析，使動態形體延伸自基地上人們的活動行爲，建築的內外空間與都市涵構有較密切的結合。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

如圖 (4-2-1) 基地週邊 24 小時的活動密度分析成爲設計的參數，活動所產生的軌跡，藉由活動事件的連結傳達基地環境所隱含的脈絡，並將其關係轉化爲力量、場域及軌跡，作爲設計參數的依據。

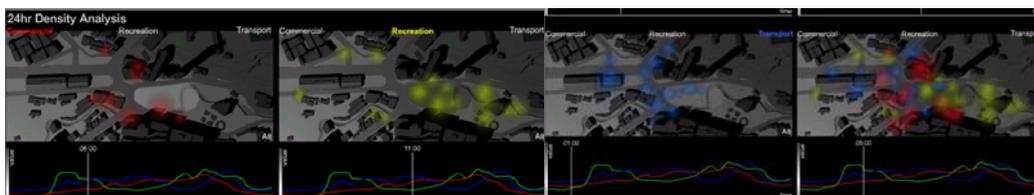


圖 (4-2-1)

■ 操作

活動的因子成爲控制設計方程式參數的條件，電腦機制下的一系列運動方程式的參數值，關連到週邊事件間的活動強度，系統參數的調節，控制著形體的狀態，在設計者的方程式描述定義中，小的參數值對應於穩定的行爲，當參數值越大，系統的行爲也亦趨複雜，甚至導致混亂的狀態，參數的範圍維持動態形體的平衡。因此，參數的設定成爲型態變形的依據，一系列的變形過程決定最後型態的樣貌。此外，運動的軌跡亦成爲能指引的參數，去形塑形體的方向、力量與運動強度，如圖 (4-2-2)，經過一連串參數控制的型態的演變決定最後型態的樣貌。

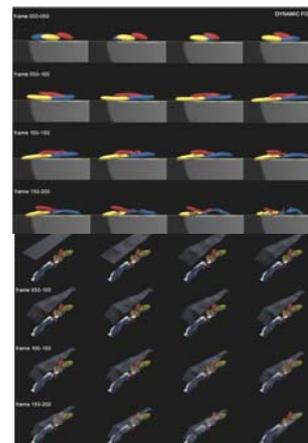


圖 (4-2-2)

■ 構成

當整體形體確定之後進一步考慮結構的構成關係，圖 (4-2-3) 可看出本案的構成依循構築的階層概念決定整體結構，包括表面、框架、量體與樓版的關係，但與傳統構築所不同的是透過數位設計的過程，設計者有較多的潛力直接從建築的外部型態思考整體構成的可能性，本案的形體來自於環境週邊參數變化下所衍生的動態演變過程，設計過程將型態分解成具組構條件的框架系統，而這則須透過電腦軟體的輔助才能輕易做到，設計者企圖運用數位軟體創建結構模型去模擬真實的結構分析。

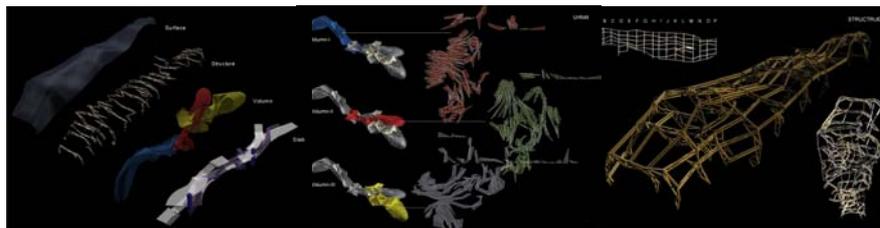
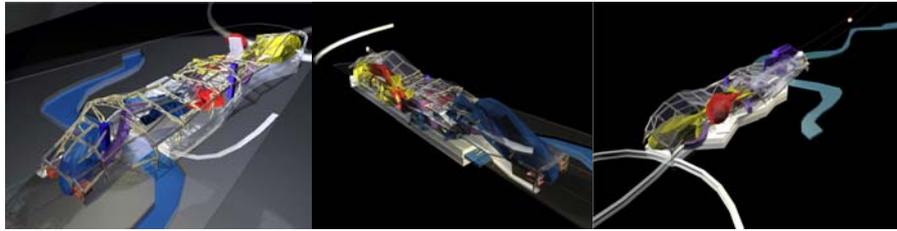


圖 (4-2-3)

■ 表現

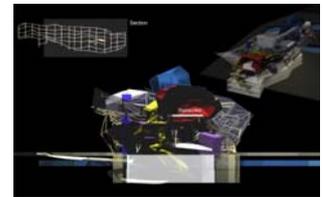
如圖（4-2-4）透過參數化的動態的衍生，型態由表皮、結構框架、量體與樓版層次組成緊密關係。型態的關係不再只是內部機能的呈現，來自環境事件所轉換的參數系統成為控制形體主要的資訊，藉由參數的控制，形體的衍生呈現不確定的狀態，量體間互相作用的力量去產生每個空間互動的新型態，這樣的作法使內部與外部空間有更強烈的連結與戲劇性的空間。



圖（4-2-4）

■ 互動

形體的演變過程在空間中留下痕跡，由剖面圖（4-2-5）中可看出形體與空間之間模糊的邊緣，有別於傳統空間邏輯上清楚的分界。這個設計在空間上嘗試處理基地上複雜的事件關係，並將之轉換為對空間的影響，事件間相互的關係投射到空間上，企圖使整體環境涵構與建築物的、皮層與量體、形體與空間感知產生更緊密的關聯與互動。



圖（4-2-5）

4.2.3 紙上案例 [3]

瞬間的自我（Instant Ego），藉由構造皮層與空間環境、人體之間的互動，而達成型態上變化的關係。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

設計概念來自於科幻小說中漫遊於都市中的生化人人（cyborgs）概念，一個能連接（plug in）在人體的薄膜構造物，使人成為半機械的狀態如圖（4-3-1）所示，這個裝置平時可掛在身上，等待適當的時機展開，她能成為足夠包裹一個人的私密空間，圖（4-3-2）為一系列展開示意圖，整體的操作邏輯直接建立在這個原始的概念上，進一步研究人體、構造體、環境的互動關係。



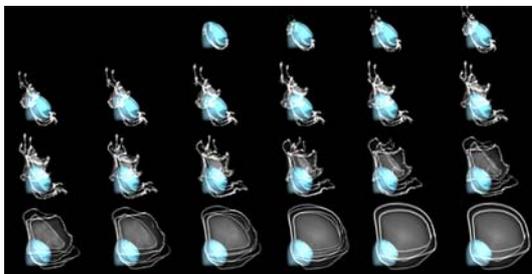
圖（4-3-1）



圖（4-3-2）

■ 操作

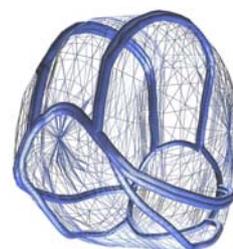
根據概念發展，一系列薄膜衍生的序列被發展出來，如圖（4-3-3）形體變化的序列模擬一個可收縮膨脹且富彈性的遮蔽物。在本案中可觀察到，當設計的概念十分確立時，透過電腦的模擬設計者直接形塑出合適的形體，由於電腦彩現能力表現的優勢使設計意念能較精準的傳達，例如材質狀態、型式呈現等，尤其是動態的演變過程，每一個時間點上的空間變化都可被紀錄與研究。



圖（4-3-3）

■ 構成

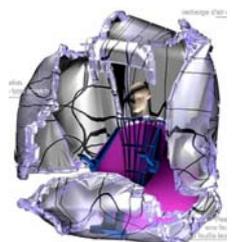
同樣，電腦的模擬能力幫助構造的概念能被表達出來，如圖（4-3-4），本案整體的構造藉由氣體填充撐起管狀的纖維膨脹為結構體，雖然此一新穎的構造型態其構成觀點仍依據建築認知的結構概念--骨架與皮層，但其整體結構性卻呈現比傳統設計更多的自由度與彈性，例如柔軟的構造適應性，隨時可伸展與摺疊的結構等，這種軟質的構造方式因此能適合與人體貼近，隨著膨脹程度的不同而構成不同的機能：背包、座椅或一個可包覆的個人空間。



圖（4-3-4）

■ 表現

由氣囊膨脹所撐起的軟質型態，隨著氣體的瞬間填充而變形，形成一個類似蠶繭的構造物。如圖（4-3-5）與圖（4-3-6），這個虛擬的型態提供人們去思考空間的與自身的關係，她隨著人體活動的需要被摺疊起來或膨脹成一個私密的個人領域，這改變了個人與整個社群團體間的時空關係，原本主體的公共空間領域在形體成形的那一剎那，隨即反轉成為個人私密空間的客體，因此整個型體的意義不在於型態表現，能夠依照時空需求改變的形體所形塑出的虛空間成為設計的主題。



上圖（4-3-5）；下圖（4-3-6）

■ 互動

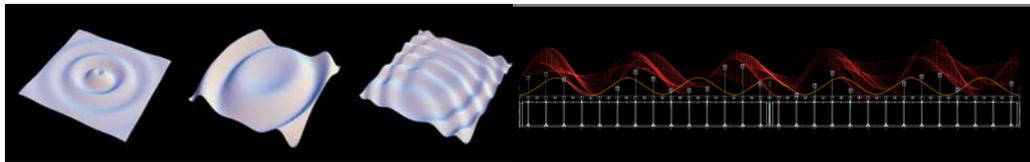
圖（4-3-6），人體與環境的互動關係建立在作息與生活上，構造的型態成為人與環境互動的中介，而產生模糊卻十分具機能彈性的空間關係，設計者定義這個私密的空間中的活動也是多變的，薄膜的皮層同時可成為資訊傳播的媒體螢幕，並改變其外表顯現的狀態，傳統構築觀點中所強調人與自然和環境的互動關係，在這樣的思考邏輯下更進一步被實踐。人不再被動接受環境中既定的空間型態，反而能根據個人所處的狀態與週遭的大環境有更積極的互動方式。

4.2.4 紙上案例 [4]

宙斯之盾-超表面 (AEGIS HYPO-SURFACE(c) Patent pending)，電腦模擬來自聲學與環境動作影響下的動態皮層，將環境的聲音與段做轉換為電腦控制時輸入與輸出的訊號，根據圍繞它的作用力而改變表面狀態的顏色、圖案等，最後由實際的機械構造模擬出電腦書數學波形的型態表現以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

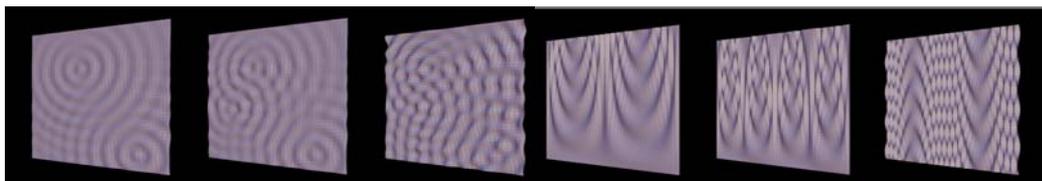
發想自建構能與環境互動的牆面，它能使表面產生個種不同的動作，是一個可回應週遭環境動作或聲音的表面型態，圖(4-4-1)首先在電腦中模擬出動態的表面變化層次，從數位化的數學波動圖形中研究表面型態的可能變動方式，模擬一有序列表面波動變化的關係，右邊為波形變化與背後啟動器操作方式概念示意圖。



圖(4-4-1)

■ 操作

運用電腦影像模擬不同時間點下的波形序列的變化，如圖(4-4-2)電腦模擬這些表面型態的波動變化，表面型態依據是來自於環境中的訊息的接收，根據圍繞它的這些訊息作用力而改變表面狀態的顏色、圖案等。電腦中這些波形的變換被轉換成能被電腦控制與運算的矩陣數據，使電腦能辨認不同輸入的訊息所應呈現的型態的變化，之後這些數位的數據與實體的機械構造連結，這中間需要許多不同技術層面的結合與調整，才使數位環境中的型態變化能在真實世界中實現。



圖(4-4-2)

■ 構成

這個作品以數位型態的表現出發，最後發展出富有原創性的機械構造，一般的設計總是運用現有的構造方式去實現型態，傳統構築觀點認為型態是構造方式的呈現結果，而這裡則是以逆向操作的方式，將數位環境中所模擬的型態變化運用新的科技去設法實踐出來，因此，在數位科技的幫助下，從型態去思考設計成為更直接的操作方式去考慮設整體計的構成結構。

另一方面整個作品幾乎是架構在電腦數位控制之下，如圖(4-4-3)，實體材料的表現性由數位控制的數位訊息所取代，電腦運算下輸入、輸出的結果改變機械裝置的表面變化，電腦控制的音響與燈光和投射在裝置表面的色彩效果等，共同構成了整個裝置的型態表現。



圖 (4-4-3)

■ 表現

圖 (4-4-4) 表示抽象的數位形體與實際的幾何表面，整個型態生產的過程，首先須先將數位化的抽象表面型態先轉換為數學的波形，根據數學計算分割每一塊表面的幾何位置，最後才根據不同的表面類型製造實體的表面原型單元。

這個具有互動能力的表面使注重流動表面的自由形體又進步到新的階段，在建築的表現上，型態表現是一空間形式的最立即的展現，本案中互動的表面不再為任何空間去轉譯任何的意義，它就是它自己的呈現。在數位科技的幫助下，設計型態以更直覺靈敏的方式切入設計，使型態的表現更貼近觀者的直接感官經驗。

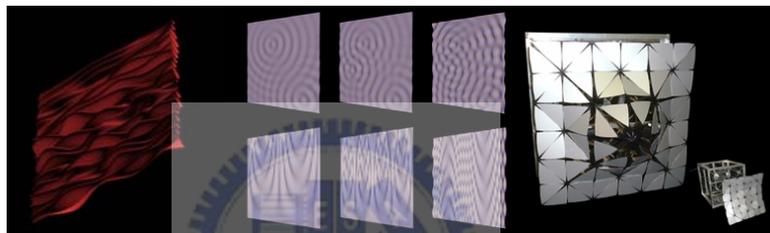


圖 (4-4-4)

■ 互動

互動性在本案中是最被強調的，透過與環境的對話這個表面的型態能自己反應和環境合適的表面狀態，圖 (4-4-5) 為牆面跟隨演唱的節拍與聲音動作的連續影像，牆面與表演者共同形成舞台表演的一部份，而不只是舞台的背景。構築術強調與環境共構的主張，這個設計轉變印象中穩定的建築空間型態，與環境的強烈互動使一面牆的變化就足以經營出一個動態的空間，雖然這個裝置只是構成牆面的部分，但它卻預示了互動性建築的可能性。



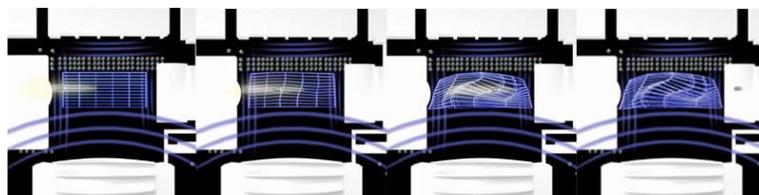
圖 (4-4-5)

4.2.5 紙上案例 [5]

動態形體-BMW 法蘭克福汽車展場 (Dynaform-BMW Frankfurt Motorshow 2001 Pavilion)，汽車駕駛進基地場域的衝力，成為一研究的概念型態再轉換到建築架構。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

這個設計企圖將汽車行進時的運動能量與基地上的力場網格進行交互作用，如下圖所示（4-5-1），汽車穿越基地的能量釋放被一一紀錄下來，這些與基地有關的場域基線，最後透過動畫的模擬形塑出一主要的幾何原型，這個動態模擬的型體，設計者稱它為符合都卜勒效應（Doppler effect）下所產生的主要幾何型體（master geometry）。



圖（4-5-1）

■ 操作

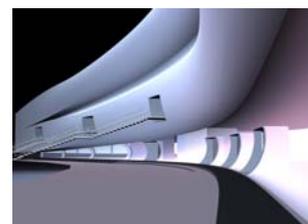
延續自概念發展下初步的主要幾何形體，接下來的設計操作過程皆以這個形體為依據，無論是結構分析或電腦模擬，有關設計的結構與構成方式皆轉換自原始的主要形體，如圖（4-5-2）所示，藉由電腦媒材的幫助，設計者能直接於初步的形體上進行結構模擬，包括剖面切割、框架輪廓的投影、構件分解與組合等，透過數位設計的結構實驗，使最初的原型調整到更合適的型態表現並符合結構邏輯。



圖（4-5-2）

■ 構成

如前所述，整體的結構來自針對原始主要幾何形體的構造方式研究，然而本案設計所要傳達到的是—動態的衍生物，在設計過程中它紀錄了一動態的行為，因此傳統建築元素在這裡是不具強烈意義的，柱、樑、牆全部都整合在一動感的空間框架構成的空間中，更積極反映的是一連續的動態力量；如圖（4-5-3）所示，受到主要動態幾何型態的影響，構造型式也回應了此一動能的關係，不再是一正交的垂直平面系統，結構系統反而忠實呈現動態表面的轉摺與疊繞特性。



圖（4-5-3）

■ 表現

整體型態的發展，延續自概念中模擬汽車駕駛進基地後擾動地面力場所獲得的主要幾何體，這個型體沒有經過太多次的轉換，可以說它是經由電腦程式所衍生的一個結果，他並不是一個為了純粹造型的美感所衍生的一各形體，所構成的每一處都反映了來自汽車經過基地這樣一個動態事件的因子，



圖（4-5-4）

形態以更精確的方式去反應基地的特徵，如圖（4-5-4）所示，最終的形體以一動態流動的單純型態，直接反映了運動與速度的美學價值。

■ 互動

本案的內部機能是一汽車展場，除了以型態反應駕駛時的動感能量釋放之外，內部空間更強調感官上的經驗，如圖（4-5-5），展場設計以街道為空間元素，因此動態形體將主要街道包覆起來成為一個內部空間，透過型態本身的轉折，參觀者行進中也能感受到空間擾動的力量，同時內部由不斷延續撥放的螢幕和燈光變化，營造另一種感官上的體驗，這個設計也以更積極的態度去展現空間型態，使人們能經驗與日常生活不同的空間。



圖（4-5-5）

4.2.6 紙上案例 [6]

氣囊母體：數位世界的氣囊建築（Pneumatrix：Pneumatic Architecture in the digital world），設計演化自電腦中環狀交扣的環圈，最後考慮到建築架構的問題，而氣囊結構成為解決的方式。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

這個設計的概念來自泡狀氣囊的研究，如圖（4-6-1），連續泡狀構成爲本案設計型態主要的思考線索，最後此系列環狀型態發展出充氣式的氣囊構造；在數位設計過程中，設計師十分容易以型態出發作為設計操作重要的元素，同時數位設計動態的呈現方式，例如方便以旋轉、放大、縮小、等物件觀察方式建構的 3D 模型，因此型態與設計其他面向的關係能被密切的比對，本案於整體構造上的操作幾乎伴隨著型態的發展，此一泡狀型態成爲貫穿整體設計重要的概念。



圖（4-6-1）

■ 操作

由圖（4-6-2）中，可清楚看出設計的操作模式，型態成爲非常重要的依據，不論是探討最小的細部接點或整體結構變動的方式等等，設計師可於虛擬環境中運用一組類似的模型創見指令大量生產曲面單元，再藉由數位媒材精確的切分與計算能力去分析每一組曲面單元本生的特性，再針對不同問題需求調整型態以達成符合的設計目標。

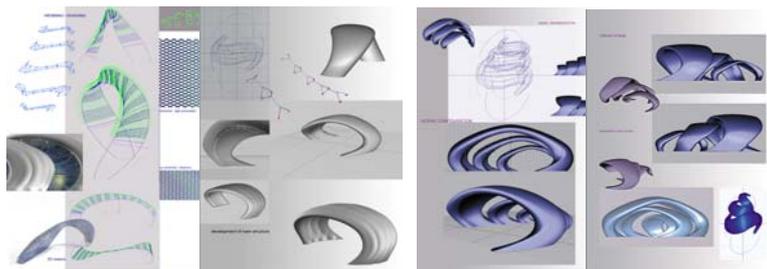


圖 (4-6-2)

■ 構成

於圖(4-6-2)中同樣表達了數位媒材的操作對整體建築構成的重要性，由於曲面型態單元的複雜性，藉由3D模型模擬對於整體構成有較清楚的表達，本案雖然是在無重力的虛擬環境下所建構，但並不全然拋棄對真實建築力學的看法，它架構在對構造完整的認知上，並且盡量避免於虛擬環境中呈現失真的狀態，這樣的操作模式可以說以另一種方式重新定義了構造，如同設計者對本案的描述，透過數位的構築方式他們發覺氣囊結構最難掌握的部分，但卻能更加了解流動與彈性的型態，透過數位模式發展新的構築方法，相信極有益於啟發真實世界的實際構成。

■ 表現

如前所述，型態的發展引領不同面向設計問題的操作，透過數位媒材的幫助有助於建構更合適的型態，如本案曲面單元的型態建構即伴隨不同程度的設計需求與手法不斷調整形式，最後一個具變動能力的氣囊型態被發展出來，如圖(4-6-3)，由五組主要的曲面單元構成整體的建築型態，這個形體能根據室內空間需求展開成開放式或向心式的平面。



圖 (4-6-3)

■ 互動

由圖(4-6-3)建築形式的變化狀態與剖面圖(4-6-4)和平面圖(4-6-5)的空間關係，可看出可變動的結構系統提供不同空間規模需求的變化，本家中將傳統的垂直水平的建築結構，以動態的曲面氣囊構造單元所取代，因此空間呈現強烈的動態感，建築形式能跟隨內部的使用而調整到最佳狀態，使活動事件與建築能產生更強的互動。

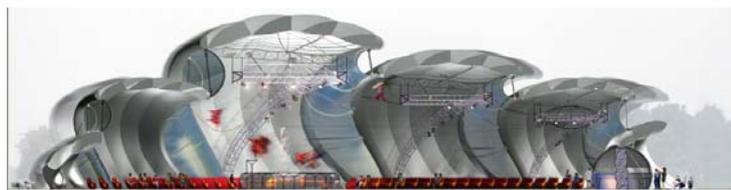


圖 (4-6-4)



圖 (4-6-5)

本案發揮對於一系列曲面單元的研究也發揮數位媒材設計的另一項特色，由設計研究圖面即可看出設計者對構造細部接點的重視，以大量3D圖面研究構成方式，除了使空間整體能透過模型彩現圖面呈

現，精確的呈現空間品質與構造型態的關係之外，更針對空間中物件細部深入探討，藉由不斷放大（zoom in）觀察數位環境中空間模型物件並加以設計，將建築的細部趨於完備，如圖（4-6-7），空間互動呈現比其他數位案例的透視面有更多細緻的建築細部，而達到非常真實的狀態。



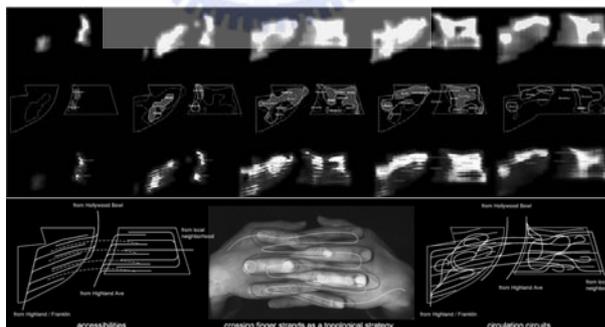
圖（4-6-7）

4.2.7 紙上案例 [7]

設計發展自影像藝術（video art）的研究，以錄影所轉換的場域關係及基地本身條狀的拓普型態，將這些變因透過數位環境的操作，將空間形塑出交織的狀態。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

將都市中不同場域關係視為延續空間的變形，而不同的關係再加以混合之後常常能出現新的可能性，設計者運用數位化的參數設計方法，如圖（4-7-1）所示，將基地的場域進行分析之後分解為數個條狀的緞帶，以拓普學的方法將兩個相鄰的基地加以混合，觀察變形之後的狀態，在這個變動的過程中粹取出基本的空間型態，而一個流動的延續的實體空間成為設計的主題。



圖（4-7-1）

■ 操作

如下圖（4-7-2）所示，基地被轉化為一連串類似螢幕上的點，這些點經過動畫分析其力場的改變而成為光束般的緞帶，這些帶狀型態受到兩個主要的動態因素所影響，一個是來自本身密度表現的行為，另一個則來自衍生模式與基地的地形狀態條件，之後這些影響因素成為設計控制的依據，如上圖（4-7-1），發展出變形的場域形式，不同的使用密度與空間層次透過混合的方式形塑出一個型態的輪廓，同時帶狀的形變也產生兩組關係，流動的運動關係成為主要的實體，同時次要區域也連帶被牽扯進帶狀形變中。

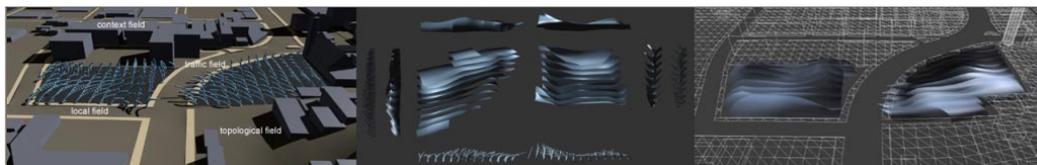


圖 (4-7-2)

之後根據密度的不同而反應出深淺明亮程度的分佈，將空間計畫與這些分佈狀況組合，空間配置根據混合的密度分析，主要的工作室空間被放置在最明亮的分部區域上。

■ 構成

如前章對於本案構造的描述，透過空間綫帶不斷的循環延伸與疊繞，確立了主要的型態構成的方式，再將建築材料與結構的條件賦予到這些條狀的空間型態上，如圖 (4-7-3) 所示，建築體包含了兩種不同的結構系統，一為自我支撐的承重系統，另一為以鋼構為骨架的框架系統，同時考慮材料的效果，運用玻璃纖維與沖孔鋼板作為表面材料，由此可發現，數位設計程序下，形式的衍生優先於構築性的考量，但構造的表現卻能增強型態成為建築體的意識。



圖 (4-7-3)

■ 表現

在數位設計操作動態的衍生過程下，形變的過程其實很難控制衍生的程度，而這個設計透過對周圍環境型態的觀察設定了控制的條件，包括都市的格子系統與周邊環境的地形狀態，由於型態衍生自基地混合的力場分析，如下圖 (4-7-4) 所示，帶狀的空間型態不僅編織成一個整體的流動型態，並且將不同的空間機能與以重疊，如此能產生新的空間關係，而連續的帶狀空間也容易擴展新的型態表現延伸方向。

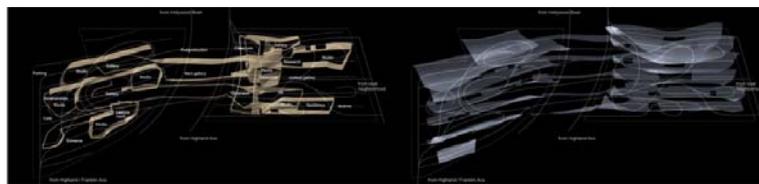


圖 (4-7-4)

■ 互動

如圖 (4-7-5) 所示，空間的呈現對周圍的基地表達了可親的连接性，並且保留了開放的開口便於活動的穿越，在視線上也同樣提供一良好的街面延續性，嘗試讓兩邊相鄰的基地有更為緊密的關係，同時與周圍的環境產生互動。另一方面由於建築體表面由玻璃纖維與沖孔鋼板塑造了良好的半透明性，白天能讓內部的活動顯現出來，夜晚能成為環境中的光體，使建築物不論白天或夜晚都有豐富的表情變化。



圖 (4-7-5)

4.2.8 紙上案例 [8]

後農業 (Post agriculture)，本案的設計過程建立在清晰的構造發展上，將各種不同狀態下條件的改變達成結構的表現，回饋到整體建築的空間形態，它企圖去發展一個能包含和反應的對策，而能賦予設計過程具高度結合、改變的模式和生命力計畫程序。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

由土地面積承載的密度分析圖，如圖 (4-8-1)，說明環境的動態密度變化與區域分佈的狀態，在數位影像分析的呈現下，區域性與全國性的農業生產及人口稠密度調查研究，使設計者想呈現的概念更顯而易見，動態參數數據圖表示了環境演繹出的結構，它有如一個生成和變異的狀態。

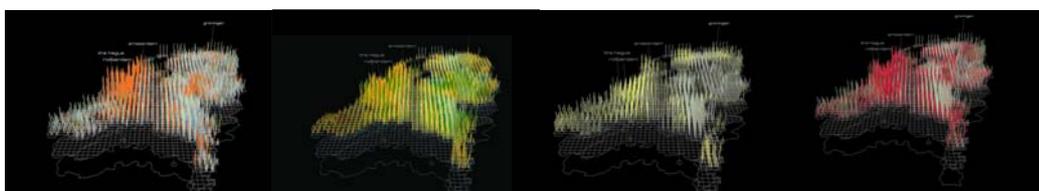


圖 (4-8-1)

■ 操作

將原本密度分析中的平面動態圖解，轉換為不同條件因子影響下趨勢變動的量化分析圖，從圖(4-8-2)中可看不同環境因子的變化，並且引導了一個有機的影響關係模式，在分析中隱約暗示了氣囊形體的浮現在最後分析的結果中。

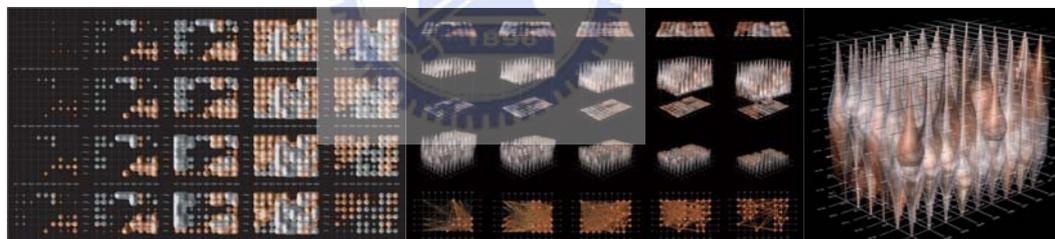


圖 (4-8-2)

如圖 (4-8-3)，一個特別的氣囊結構在數位環境中由形體的研究中被形塑出來，並根據實體模型進一步模擬研究其結構上可能的變動關係，這個結構上的原型也成為未來整體結構組織構成的基本元素。

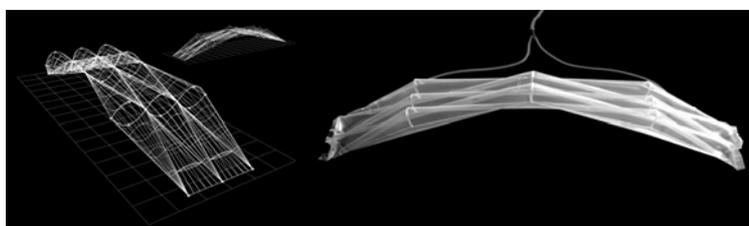
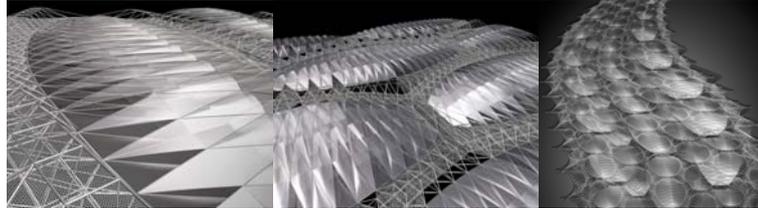


圖 (4-8-3)

■ 構成

設計過程中氣囊形體的原型串接了建築構成的每一部分，從構件、結構到構造方式，都是跟隨此一構造接點而做出適當的構成反應，在設計中，結構的接點容許不同光線、氣候強度等參數的變化改變其狀態，因此，結構的發展和評估不單單侷限於它能承載的能力，而是一系列其他呈現環境效能的準則，

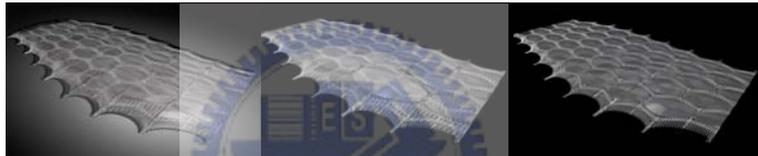
這顯現了來自構築性的設計思考在本案設計過程中是一被強化的主題。另一方面由圖(4-8-4)中可看出設計者如何將最小的細部單元擴大到最大的大跨巨結構的組構邏輯，透過複製指令的安排，一組建構好的 3D 模型能夠重複精確的再整組複製到設計想安排的配置狀態，這種大量重複生成的優勢，是數位環境中極有利於設計構成的操作方式，這使設計結果呈現一較複雜多層次的品質。



圖(4-8-4)

■ 表現

如圖(4-8-5)，最後型態的表現是一系列架構的過程和物質材料的運作，這些操作於組織的邏輯和結構系統的限制之內，為了回應概念中對環境需求變動的要求，將構造的接點設計為能對應基地特定的參數，並且使用它們作為構造型態生成的因子，因此當構造接點作出改變，整體型態也隨狀態的不同而變化，設計者一樣藉由精緻的電腦透視圖去呈現不同環境狀態的變化，透過數位媒材的幫助，一個 3D 模型便可以容易呈現出不同的設計可能性，在設計思考與呈現上都有極大的幫助。



圖(4-8-6)

■ 互動

設計最後所呈現是一大跨距的空間型態，它能根據不同的空間計畫而調節合適的光線和溫度提供人們活動的場所。圖(4-8-7)中，透過數位影像的拼貼與處理，將設計者所期望的空間品質能清楚的表達出來，數位影像的表現能力在本案中充分的被運用，藉由精緻的 3D 模型與影像處理使設計者能控制複雜多樣的空間變化，讓設計意念的傳達更為精準。



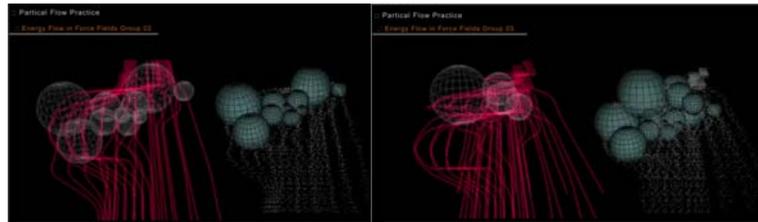
圖(4-8-7)

4.2.9 紙上案例 [9]

分子溯流建築-類比式設計演算 (Stream in Field-Analogue Calculating Design)，泡狀與流線型體的結構先在電腦數位環境中進行型態的模擬，以參數運算對力場水流提出一系列的流體類型分析，最後將動態的形體研究置入空間計畫的機能與結構行為。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

針對自然界中的元素進行研究，本案選擇了流體與分子運動做為設計研究的開始，認為自然界的交互作用使內部的作用呈現出外部的型態表現，因此如圖（4-9-1）運用電腦的參數設計去表現這種「內在設定」與「外在條件反應」的機制，以觀察流體與分子運動等能量變化的紋理。在較新的電腦軟體像 Maya 或 Max，可以去設定程式中物件運動的模式和行進方向，因此能幫助設計者去探討物質間相互影響的關係，圖中表示設計者設定了將一個無形的彈性力場，將分子之間互相制衡並使其聚攏在一起，藉由這樣的發展步驟，一些較複雜的狀態開始能被廣泛的控制和模擬。



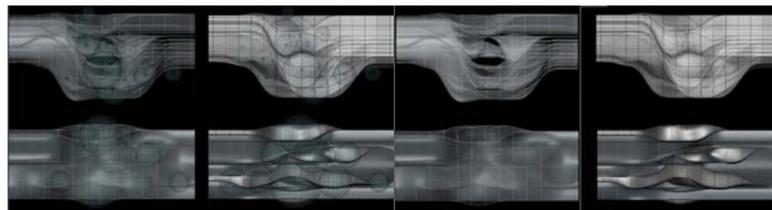
圖（4-9-1）

■ 操作

根據設計者的描述整個設計程序包括：

1. 定義力場的類型以及其連結的條件規則
2. 設計一力場將而此力場內的外部條件反應為不同建築空間類型
3. 建立分子流流動的規則並放入力場
4. 模擬分子流的路徑
5. 描述並建立出分子流的規則以及紋理

圖（4-9-1）一系列設計者所定義的「力場泡泡群」被衍生出來，泡沫原理為原則來整合之前所得的力場類型，圖（4-9-2）可看出流體的類型分類，並將其整合到設計的形態中，在其中隱含了流體的運動結構與泡沫聚攏的型態所形塑的紋理。



圖（4-9-2）

■ 構成

「分子溯流」的概念操作引導了結構的發展，從整體的型態中三種主要的系統被表現，首先是張力傳遞結構，它建立一個力傳導網路系統通過整個建築物並將力轉為張力結構系統，而建築物的壓力承載則可轉為基礎支撐系統；第二則討論到數位時代下訊息傳遞的系統；第三是將流動形態延伸為傢俱的構想，從圖（4-9-3）可看出這個設計對結構的看法，由左至右分別為建築張力系統結構，通訊計畫結構與家具構成，傳統構架體式的實質柱樑系統在這裡是不存在的，由自由形態上設計者發展了可自我支撐的流體結構，雖然在真實的世界中要成就這樣的構成方式需要更精確的計算，但是在數位設計的環境中卻能容許更多設計可能性的發展，因此除了原本的承重系統之外更設想了新媒體的技術要如何與結構融合在一起，甚至連家具也成為系統的一部分，可視需要加以調整，結構作用擴大到更多探討的層面，並和實質的使用與活動結合。如同設計者所描述的，在同樣的設定條件下，物質的運作可能會得到許多不同的反

應，運用類比自然演繹的方式去看待物質運作可能的構成方式，再轉化到更多元的設計構成層面上。



圖 (4-9-3)

■ 表現

圖 (4-9-4) 可看出設計型態轉換的過程，流線的力場能量組織成的流體成為設計型態的主要意象，根據前述的設計過程操作出現自由形體的構成，之後再回到剖面中去發展可能的空間形式，在設計過程中對於流動的研究主導了形式的發展，在數位環境的操作也使型態的模擬能更直接的進行，並不需要太多層次的轉化，電腦可以幫助設計趨近設計者想要的造型，這使得型態的表現比一般設計過程更具強烈的視覺效果。



圖 (4-9-4)

這個設計中特別指出設計者探討流動議題的差異性，在現代主義時期萊特的落水山莊，其所探討的流動是藉由大量的水平穿透性所達成的，而這個設計中同樣希望達到流動的空間感，但所呈現的卻是一種更直觀更直接的表現，最明顯的的即是其自由形體上的呈現，但這樣明確的形式其實是來自數位媒材輔助下深刻的演化邏輯程序。

■ 互動

本案指出對「生活盒子」這樣的設計態度的質疑，切割與填補的動作是反自然的，建築並非佔據空間的實體切挖，認為設計應是在「內在設定」與「外在條件反應」的概念上與自然的演化反應過程，圖 (4-9-5) 表現了內部與外部充分混合在一起的生活空間。



圖 (4-9-5)

4.2.10 紙上案例 [10]

地下鐵入口遮篷 (Metro Canopy)，透過電腦強大的彩現能力，設計師想營造的空間氛圍能被真實的塑造出來，本案完全跳脫地心引力的束縛，電腦中設計師完全解放在型體的操作中，最後呈現出不同於真實世界，令人驚訝的空間品質與視覺經驗。以下分別由運動、操作、構成、表現與互動探討數位設計過程的構築現象。

■ 運動

這是一個地下鐵入口遮蓬的設計，為了挑戰當地文化美學上的保守態度而採取大膽的實驗精神，直接從型態的表現著手，希望以這樣的建築表現實驗去展露出思想、生活和建築物的新策略，透過使用數位 3D 模型、動畫等媒材，在一個新的空間層次上探討建築經驗的可能性。由圖（4-10-1）的呈現，設計者直接以形式的表現為重點，當第一眼看到的這些影像的時候並不會將它們和一般的建築透視圖聯想在一起，反而像是渲染出來的圖畫，在數位設計的環境中設計者可以不需要考慮太多其他層面，專心在設計師想傳達的設計重點。



圖（4-10-1）

■ 操作

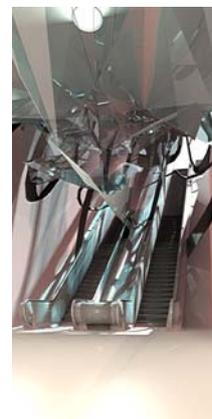
運用數位 3D 模型直接在形體上操作，由圖（4-10-2）可看出空間編織的過程，自由的線條形體被彎、折、拉、扯在空間中，其角度與位置都是任意的，在漸漸的累積下一個較清楚的空間輪廓才浮現出來，形式的操作是本案的重點，但設計過程中卻無法預期最後的形體會呈現什麼狀態，這種不確定的過程其實更激發設計跳脫一般常規下的設計美學，設計在這裡無須再有太多理由和考慮，反而是經過不斷的嘗試去得到一個可被控制的型態。



圖（4-10-2）

■ 構成

本案對材料物質的表現已非傳統強調接點與力學結構的構築性所能包涵的，如第三章對本案材料性的分析，設計者雖然以真實的材料作為設計操作材料屬性設定的素材，但真實材料的質地卻在數位環境中被重新製造了，透過電腦虛擬的彩現，空間型態與材料的表現性被延伸到另一個新的設計操作階段。如圖（4-10-3），設計者所模擬的主要兩種材料，碳纖維版和鈦金屬，在真實的世界裡可能都無法做到如這些 3D 彩現模型所呈現的效果，但數位設計的獨到之處，即是可將這種新的材料構成與表現方式先在虛擬世界中實踐出來，然而，在設計敘述中也提到，「這樣的構成方式將可以不預期的方式對應多變的日光和氣候條件，透過彎折的薄版分光的方式獲得日光的反射，讓光線穿透薄版的層次使日光和陰影能呈現多變化的色調」，這顯示了，設計者在數位環境中模擬型態的構成，並進一步考慮真實世界物質材料與整體空間的狀態，因此數位設計的操作可幫助設計者回到真實的情境中去回應更多樣化的構造實踐可能性。



圖（4-10-3）

■ 表現

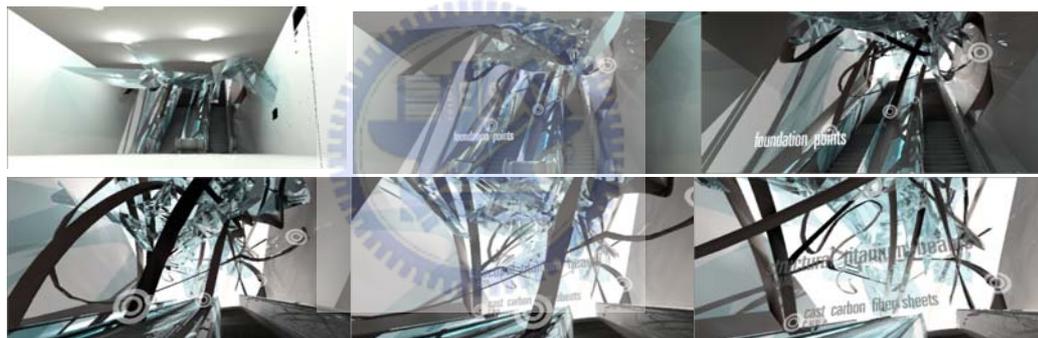
在整個過程中，透過動畫、蒙太奇拼貼和平面造形設計，視覺上的強烈色彩與光滑透明的材料質感處理，試圖讓建築空間的表現更有魅力、誠懇而具有說服力，從圖（4-10-3）與圖（4-10-4）可看出自由形體任意的曲線線條蜿蜒在空間中，透明的薄版穿梭在這些線條之中共同構成主要的電扶梯行進空間。對本案而言，型態的考慮就是它全部設計的主軸，這種從建築空間的外部型態去直接思考空間構成的方式，由於設計者將型態的構成與材料的表現性相互連結，因此避免掉入玩弄抽象形式的框架中，反而從這些自由形體的表現上能閱讀出新的空間形式構成與舊有的電扶梯在空間結構上有趣的對比關係，也讓看圖的人感受到了全新的空間型態經驗。



圖（4-10-4）

■ 互動

藉由數位 3D 模型的場景製作，整個地下鐵電扶梯的行進經驗可被模擬出來，圖（4-10-5）表示了行進中的連續空間經驗，由地面下的空間穿越電扶梯通往地面的過程，動態的空間呈現在數位設計環境中被廣泛的應用，動畫使設計者能更深刻的去經營空間的品質，空間的細節能在分鏡的過程中被清楚的掌握，在這裡設計者跳脫細微的材料與結構的層面而擴大到空間層次的轉換與互動。



圖（4-10-5）

4.3 小結

數位設計操作程序可視為一系列動態的數位構築過程，它們源自於數位環境中以動態指令編修、參數設定與大量依靠程式演算的環境，同時虛擬的設計操作情境亦有利於設計者拋開認知中的設計條件限制，以創新的思維解決設計需求，同時藉由數位媒材輔助，有機會模擬與控制一些不確定的空間型式，藉由案例分析可發現以下顯著的特徵與現象，它們反映了自由形體等複雜型態的設計生產邏輯。

運動 / 動作 (motion / action)

連續性的時間與與空間的動態過程序列發展，是數位構築過程最明顯的特徵，藉由電腦技術可輕易模擬各種運動的狀態作為設計操作參考的的依循，使設計者能探討許多更複雜的問題與模糊的設計概

念，如速度、分子運動、流體力學等，從動態的運動模擬到動作回饋的反應，不僅呈現在概念與設計操作的參考上，更直接反映在結構與型態的研究過程中，它暗示了數位建築強調感應靈敏具動感形式的空間型態樣貌。

變形 / 衍生 (deformation / generation)

運用各種電腦技術，透過強大的電腦指編修能力，直接於型體上產生變形到型態的衍生操作，這樣的操作方式取代傳統靜態的建築元素與構件語彙的組合，也促使許多案例的設計過程直接由建築外部型態的研究上開始著手，再深入到結構、構件、材料等細部的問題，而運用電腦技術的操作後呈現的型態結果往往是無法預期的，這點說明了為什麼自由形體能呈現出如此奇幻的型態特徵。

資訊 / 適應 (information / adaptation)

在數位環境中的材料性是一種非物質化的狀態，設計者能創造出真實環境中所沒有的材料特性，影像貼圖的大量運用改變對材料質感的看法，數位環境中將所有的素材轉換為簡單的資訊形式，材料成為參數化的資訊輸入，這些資訊化的材料不能再以傳統對待材料的態度去閱讀，資訊化的結果使許多材料特性不僅是顏色或反光，而是由參數設定傳遞動態訊息，資訊材料改變結構與質感的狀態，能達成不同屬性構件間的相互適應，它動態的天性使型態整體融合在一起。

情緒 / 表現 (emotion / expression)

數位型態的特性是十分具有表情的，尤其是自由形體的表現，它並不像傳統抽象的幾何型態是一種空間情境的再現 (representation)，它藉由富有動感的、活潑的型態直接而立即的顯露出強烈的設計情緒表達，許多案例都顯示出型態與空間情境如何結合在一起，型態隨著不同活動事件而演出適當的型態呈現，因此設計者能以較直接的態度傳達設計情境，型態的表現通常也立即反映了設計最直接的意圖。

感覺 / 互動 (sensation / interaction)

大部份案例在空間的呈現上常常希望建築體能具有敏感的感知能力達到空間的互動性，能夠捕捉環境的刺激做出適當的反應，傳統構築術其實強調的就是建築、環境與人的互動關係，而數位構築更進一步將這樣的觀點反映在動態的建築結構或皮層的動態改變上，透過環境不同狀態的輸出與輸入資訊去改變建築呈現的狀態，期望讓建築物成為有生命力的有機體。

以上動態的構築過程所反映的特徵與現象，同時也是構築術在數位環境中普遍呈現的操作技術與機制，如同傳統構築術可透過靜態的構築因子如接點、材料、構件、結構與構造等去形塑建築的型態，數位構築術透過以上特質而反映了數位環境下建築型態的生成概念：動態操作下型態衍生的方法，這一數位構築術的特徵是否對實體建築的型態表現造成影響，將在下一章節繼續討論。