

第三章 系統架構分析

本章除針對機能-型式轉換模型的知識呈現方式——設計原型(design prototype) (Gero,1987)加以分析外，並對設計與環境的關係作個釐清。再試圖運用 F-B-S 的基模呈現方式(Gero,1990)對外在環境知識(context knowledge) 進行架構分析，以建構出適用於外在環境知識的呈現型式。接下來探討環境因素與內建知識二者間的關係，在現有呈現架構下無法達到的狀況。再根據這些狀況，嘗試在原有架構下加以擴充，將外在環境知識與原有架構整合，提出一個較為完整的知識呈現架構，來作為機能-型式轉換模型的電腦運作系統的基本發展架構。

3-1 設計原型之探討

機能-型式轉換模型



從機能-型式轉換模型(Gero,1990)的觀點來看，設計活動是在設計者所感知的背景下，一種具備目的導向、決策、探索和學習行為的運作過程。設計的目的在於轉換機能(function)成為一種對於可產生此機能之人造物件的設計敘述。此處的設計敘述則用來呈現人造物件元素及元素間的關係，稱之為型式(structure)。所以基本上可將設計模型定義如下：

$$F(\text{Function}) \rightarrow S(\text{Structure})$$

這就很像一般所謂形隨機能而生的概念。雖說形隨機能而生，而在絕大多數設計過程而言，機能與型式並非直接轉換，而是一種間接轉換的過程。若引用 Bobrow(1984)對機能的定義：被視為在某種背景下，人類使用者的目的與系統行為間的關係。所以導入行為(behavior)這個概念，就可以對 $F \rightarrow S$ 轉換過程作更清楚的描述。首先對機能而言，這是預期達到的目標，以行為來說就是人類期望達成的行為，因而就有以下的轉換型式：

$$F(\text{Function}) \rightarrow B(\text{Behavior})$$

再從型式來看，每一種型式基本都具有某些實際功能，以行為來說就是型式所具備的實際行為，所以也可以下列轉換型式呈現：

$$S(\text{Structure}) \rightarrow B_s(\text{Behavior})$$

而當考慮實際行為必須符合預期行為時，就必須對人類預期行為與型式實際行為進行一個比較的關係時，就是以下的型式：

$Be \longleftrightarrow Bs$

再將上面的各種轉換型式整合起來，就產生了一個基本的設計模型(見圖3-1)。

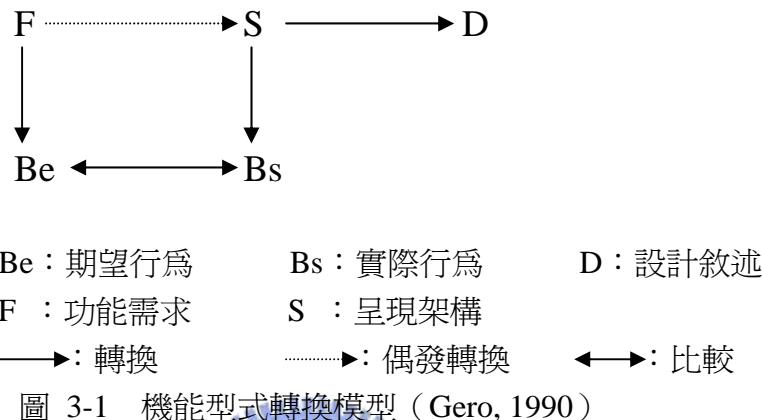


圖 3-1 機能型式轉換模型 (Gero, 1990)

當基本設計模型成形後，接下來就可以就知識呈現觀點進行分析，以了解什麼是適合機能-型式轉換模型的知識呈現架構。

設計原型的基本概念

為了建立知識呈現的架構，Gero(1987)導入了認知心理學中基模(schema)的觀念。所以當設計者如何在沒有完整而可用的資訊時，即可開始進行設計呢？而這些有關的機能、行為及型式的設計知識從何而來？以基模的觀點來說，就是設計者將個別的設計經驗在不同層次抽取轉化為概念的集合，也就是將設計知識基模化(schematize)，如此由一些相似的設計案例所形成的基模便可成為一種個別可供推演的類別。以設計而言，這些基模必須包含機能、型式、行為及設計敘述的能力，並且設計元素能夠透過這些能力進行溝通。而這種以基模為概念的設計知識呈現方式，稱為設計原型。

此外，設計原型還運用原型理論(prototype theory)(Osherson & Smith, 1981)及底稿/scripts)(Schank & Anelson, 1975)的概念。原型理論認為應藉由相似概念(concept)的最佳範例來決定概念的組成元素，設計原型即是由這種普遍化(generalization)的概念來產生所需的原型。設計原型採用底稿型式的語意卻不受限於時間上先後次序的束縛。

因而 Gero(1990)以設計原型為基礎，藉由基模完整內含與需求狀態相符合的必要知識，便足以提供設計過程的開始與持續。而設計成果則可被視為機能、型式、行為三種變數的群組(見圖 3-2)。所以在設計初期，設計原型主要包含機能、行為資訊以及少量的型式資訊；而在設計接近完成時，設計原型內容則大多為型式的相關資訊。設計原型除了機能、型式、行為三種群組外，為了進行三種群組間的互動，也包含了能夠進行選擇程序及群組變數取得的三種群組間之關係。也就是說機能、型式、行為及關係形成了實際程序運作的設計知識呈現基礎。

A TYPE OF		PARTITIONS	
facade_element		single_pane	sliding
FUNCTIONS		heat_insulating (double_pane, triple_pane)	hinged
provide_daylight ventilation_control enhance_summer_solar_gain noise_control enhance_winter_solar_gain heat_loss_control provide view		heat_reflecting	fixed
BEHAVIOURS		heat_absorbing	openable
STRUCTURE ELEMENTS		PARTITIONS	
glazing frame		light_flux_transmitted	
STRUCTURE VARIABLES		ventilation_rate	
glazing window_length window_height window_number_of_panes		summer_solar_gain	
STRUCTURE ELEMENT VARIABES		winter_solar_gain	
glazing_area glazing_length glazing_height glazing_thickness frame_area frame_width frame_thickness		conduction_heat_loss	
STRUCTURE ELEMENT BEHAVIOUR VARIABES		U_value	
glazing_mass glazing_solar_absorptance glazing_solar_reflectance glazing_solar_transmittance glazing_visible_light_transmittance glazing_thermal_conductivity frame_mass		sound_reduction_index	
frame_thermal_conductivity frame_solar_absorptance		view_area	
		window_area	

圖 3-2 窗戶設計原型基模中之機能、型式、行為元件示意圖 (Gero, 1990)

設計原型的完整架構

經由上述的說明，設計原型除基本上可分為機能(F)、型式(S)、期望行為(Be)及實際行為(Bs)，此外 Gero(1990)認為其中還包含了彼此間的關係知識(relational knowledge)、品質知識(qualitative knowledge)、運算知識(computational knowledge)及背景知識(context knowledge)。這四種知識分別說明如下：

關係知識(Kr)可在機能、型式的變數與行為變數間提供並產生明確的相依性，並採用這種相依網絡的方式來建立彼此的關係。在機能到期望行為、期望行

為到機能、實際行為到型式或型式到實際行為的四種轉變間，關係知識都可以辨識出恰當的變數。換而言之，關係知識可將原型中的資訊轉化為具體的設計狀態。以窗戶的設計原型為例，當機能要求為提供日照時，此時提供日照是一個質化的機能需求，而關係知識可將這個質化需求轉化為可量化的物理行為(光的穿透量)也就是機能的預期行為，再將光穿透量賦予物理性的量化定義，以光通量變數值為預期行為的變數值(見圖 3-3)。

品質知識(Kq)附屬於關係知識下，當型式變數修改時，提供對於行為及機能所產生的影響資訊，品質知識因而被運用於當決策制定時的主導因素。就窗戶的設計原型來說，品質知識提供當窗戶型式修改時，面積及透光率產生的變化值，而玻璃的面積及透光率都將影響光通量的變數值，所以是否符合預期光通量，將影響窗戶型式的決定(見圖 3-3)。

RELATIONAL KNOWLEDGE(關係知識)	
FUNCTION-BEHAVIOUR	BEHAVIOUR-BEHAVIOUR_VARIABLES
provide_daylight :light_transmission	light_transmission :light_flux_transmitted
ventilation_control :ventilation_restriction	ventilation_restriction :ventilation_rate
enhance_summer_solar_gain :summer_solar_collection	summer_solar_collection :summer_solar_gain
enhance_winter_solar_gain :winter_solar_collection	winter_solar_collection :winter_solar_gain
heat_loss_control :thermal_conduction	thermal_conduction :conduction_heat_loss
noise_control :sound_attenuation	sound_attenuation :sound_reduction_index
•	
•	
QUALITATIVE KNOWLEDGE(品質知識)	
light_flux_transmitted :glazing_area+, glazing_visible_light_transmittance+	
ventilation_rate :window_length+, window_height+	
summer_solar_gain :glazing_area+, glazing_solar_transmittance+, glazing_solar_absorptance+	
winter_solar_gain :glazing_area+, glazing_solar_transmittance+, glazing_solar_absorptance+	
sound_reduction_index :glazing_area+, glazing_mass-, frame_area+, frame_area-	
conduction_heat_loss :glazing_area+, glazing_thermal_conductivity+, glazing_thickness-, frame_area+	
U_value :glazing_area+, glazing_thermal_conductivity+, glazing_thickness-	
transmitted_sound_level :frame_thickness-, frame_thermal_conductivity+	
view_area :glazing_area+, glazing_mass-, frame_area+, frame_mass-	
window_area :glazing_area+, frame_area+	
•	
•	

圖 3-3 窗戶設計原型基模中之關係及品質知識示意圖 (Gero, 1990)

運算知識(Kc)將品質知識以特殊符號或數學關係運用變數產生量化的對應，所以量化知識被運用以產生變數值。同樣以窗戶的設計原型為例，將窗戶面積、平均日照量及玻璃穿透率等變數，運用光通量計算函數便可計算出光通量數值，這種量化對應就是運算知識(見圖 3-4)。

背景知識(Kct)可辨識出設計狀態的外在變數，並明確指定這些來自於設計原型外部的變數值。再舉窗戶設計原型的例子，運用背景知識可辨識出光通量的外在影響變數平均日照量，並賦予適當的變數值(見圖 3-4)。

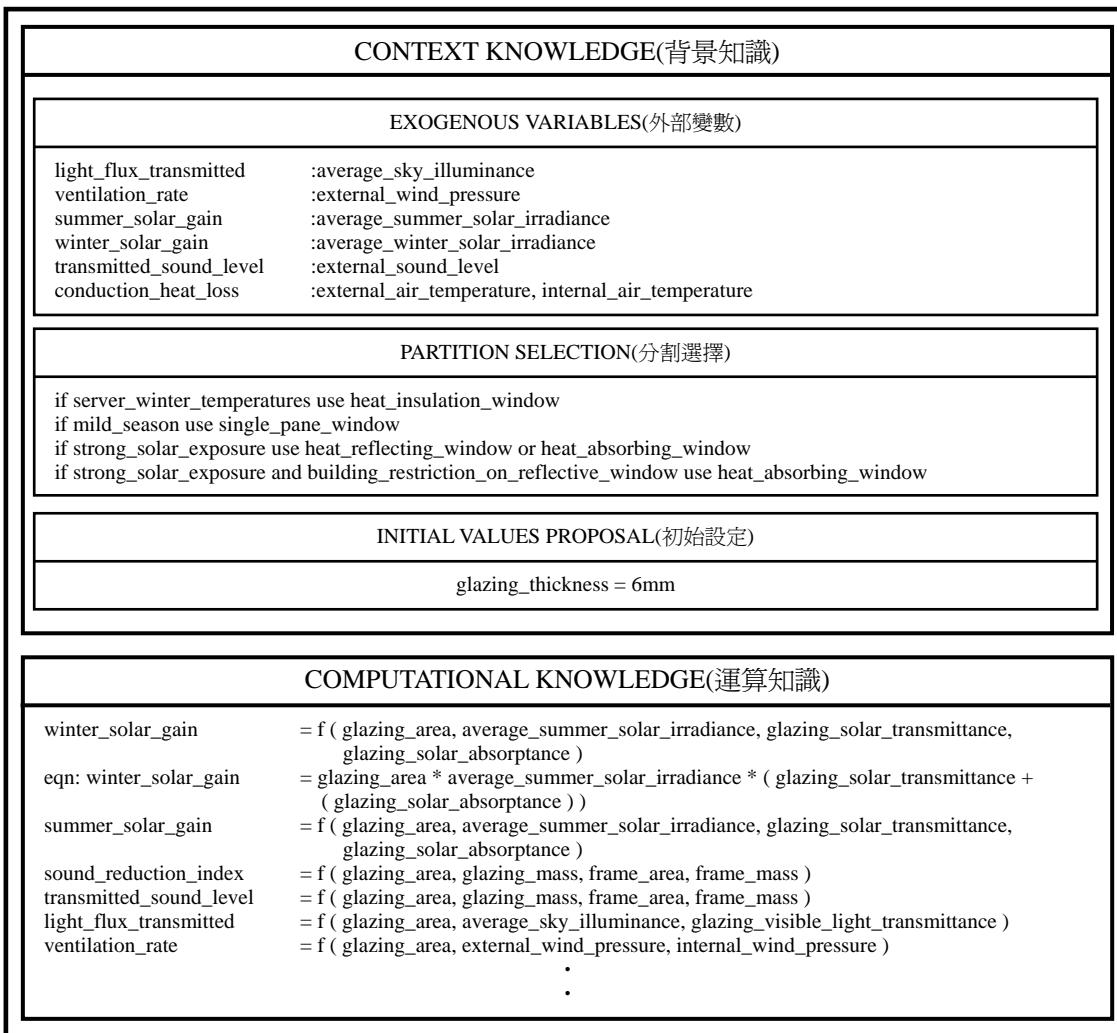


圖 3-4 窗戶設計原型基模中之運算及背景知識示意圖 (Gero, 1990)

除上述基本知識外，Gero(1990)還提出關於設計原型本身的知識(Kp)，其中包含可辨識設計原型屬於何種較大範圍類別的類型學(typology)知識(T)；以及以分割(partitioning)方式(P)以呈現原型的部分概念，運用分割的方式處理設計原型，便可以提供許多不同角度的觀點。換而言之，當部分的概念被運用時，相對的也僅有部分資訊可供利用，在此狀況下將降低可能的潛在設計方案的數目。所以運用上述成員縮寫符號可將設計原型(Pt)明確地表示如下：

$$Pt = (F, B, S, D, K, C)$$

$$B = (Bs, Be)$$

$$C = context$$

$$K = (Kr, Kq, Kc, Kct, Kp)$$

$K_p = (T, P)$

$P = \text{partition}$

$T = \text{typology}$

使用設計原型的設計過程

運用前述的概念，Gero(1990)描述完整設計的過程如下。設計者先依據來自顧客的機能需求開始進行設計，這些需求立即被使用來作為檢索(index)，以便從以需求為檢索的基本設計原型資料中選取可用的潛在設計原型。使用這種方式，所選取的設計原型提供了些許狀態資訊，並由這些原型概念發展出更多的設計方向。但並非所有選取的設計原型均可利用，這些原型必須經由一再評估以進行更多層次的過濾。

當設計原型被選擇後，相關的實例(instance)立即被建立，實例是設計原型類別的子集合，實例繼承原型的完整架構。而在個別特殊背景裡，並非原型中所有知識皆適用此，所以開始運用相關知識進行修整及發展，所以每個實例皆是設計抉擇的開始。整修發展後的實例便是是在抽象與細緻的層級將問題具體化，其中包含了預設值及正常的變數值域，而各式的知識也被運用以決定變數值。假若並無足夠的知識以產生變數值，這些變數將轉化成為需求，而這些需求又被使用來選取另外的設計原型，過濾後產生實例以決定變數值，整個過程一再重複，直到完成設計為止。



因設計原型本身即內含大量機能資訊，且被選取的原型即是機能的提供者，所以便可 在任何層次的合適資訊下進行設計。據此藉由機能的取得可引導出型式，而同樣的藉由型式的取得亦可引導出機能。設計原型藉由這些機能與型式轉換為適當行為來進行分析評估以產生設計。

設計與環境的關係

雖然有了設計模型，但設計環境對於設計過程有著重要的影響，而這個設計模型基本上對於設計與環境間的關係並沒有作清楚的說明。所以，Gero 與 Roseman (1998)提出了設計與環境間關係的定位：因為人類對於所處的自然環境或人文環境不滿意，所以透過設計建構了人為環境(*artificial environment*)或稱為實質物理環境(*techno-physical environment*)，以滿足人類生活中心理或生理上的需求。自然環境是處於歐幾里德的實質世界中，而人文環境存在人類的概念世界裡，至於人為環境則是為了滿足人類需求的具體表現，三者間是透過人類所建構的人為環境使得自然環境與人文環境產生交互影響關係。舉例來說，人類為了遮風擋雨的生理需求，所以建造了建築物以避雨；為了信仰的心理需求，因而建造

了具有莊嚴氣氛的教堂建築。人為環境的建築物就是人類為解決人文與自然環境需求而產生實質成果的交集呈現，所以設計活動便是由於人類與所處自然、人文兩大環境的互動而衍生出來的行為(見圖 3-5)。

設計是人類與環境互動所產生的行為，而設計原型與環境關係為何？Simon(1969)認為人造物的產生來自於意向(intent)，所以 Gero 與 Roseman (1998)認為設計行為是人類在自然或人文環境中為滿足需求而改變現狀所進行有目的(purpose)的活動。因而在設計過程再導入目的(purpose)這個概念，認為人類對目的加以解讀而產生期望機能，然後再產生期望行為。而以此架構(見圖 3-6)定義出人造環境中設計原型與自然、人文環境間的實質關係。

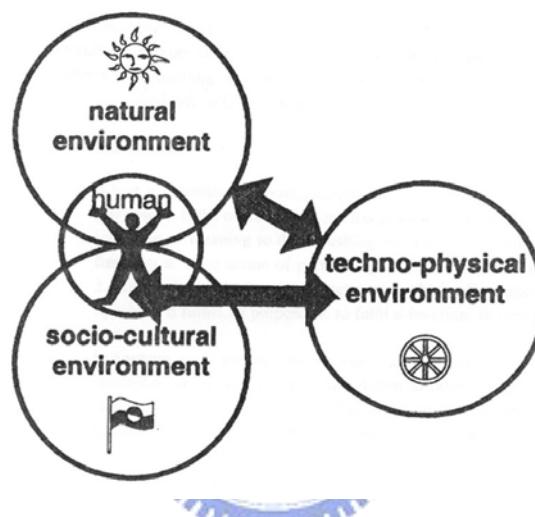


圖 3-5 自然、人文與人為環境之關係 (Gero, 1998)

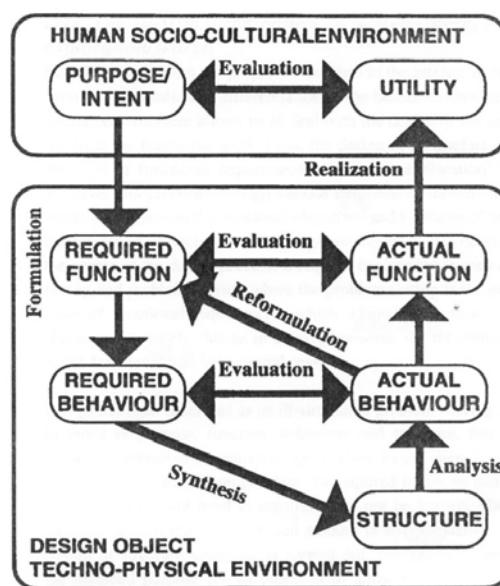


圖 3-6 環境目的、機能、行為及型式之關係 (Gero, 1998)

3-2 環境知識在設計原型中之定位探討

經由前一節探討，有了設計原型的概念及設計與環境關係後，就可以這些概念與關係進一步探究環境在設計原型中之定位究竟為何。首先以自然環境為例來模擬探討環境在設計過程中所扮演的角色。假設現在要蓋一個住宅，通常在心裡必須先定出這棟住宅要完成使用者所要求的目的(purpose)為何。若其目的假定是“舒適”，由於舒適這個明確的目的，通常設計者就可以此目的訂定機能(function)的需求，比如說通風採光良好，如此就完成舒適住宅的基本機能。再進一步考量，具有什麼樣行為(behavior)能力的建築，才能達成通風採光的機能。而一個最直接的概念，建築物具有引進空氣及日光方向的期望行為(expected behavior)，就可達成此一要求。再以上述結論，而決定選擇一個配置上需呈現座北朝南型式(structure)的建築設計，因為這樣的建築配置，能夠具有引進空氣及日光實際行為(actual behavior)而符合機能的預期行為。經由上述的模擬操作過程，就可簡單說明一個對於設計程序的基本概念。

而以上述所舉的設計的例子先仔細檢視設計過程中目的形成的部分，“舒適”這個目的意向與通風採光良好的機能需求兩者之間的關係究竟為何？這需要對二者間的關係作更詳細的探討，才能更精確的定義設計過程。而二者間的關係是目的推衍出功能嗎？直覺上看來，“因為要達成舒適的目的，所以需要良好的通風採光”這個推論似乎沒錯。若再仔細思考目的本身的定義，應只是所需機能應符合趨向於滿足人類生理或心理慾望的一種指標，而不是真正需求功能產生的來源。舉個例子來說，“舒適”即為滿足人類生理與心理慾望的一種目的。若以生理因素而言，在潮濕環境中，建築物功能應是降低濕度；在乾燥環境中，建築物功能則應是提高濕度。所以說“舒適”僅是一種運作過程的決策機制，而非生產來源(參見圖 3-7)。同樣的就心理因素而言，白色在西方社會文化中代表的是純潔，建築物採用白色並不會讓使用者有不舒適的感受；而在傳統中國社會文化下，白色代表的是喪事，讓使用者心理上有不舒適的感受，因而傳統的中國建築中所使用的色彩，很少有白色元素的使用。由上述的例子即可得知，機能的產

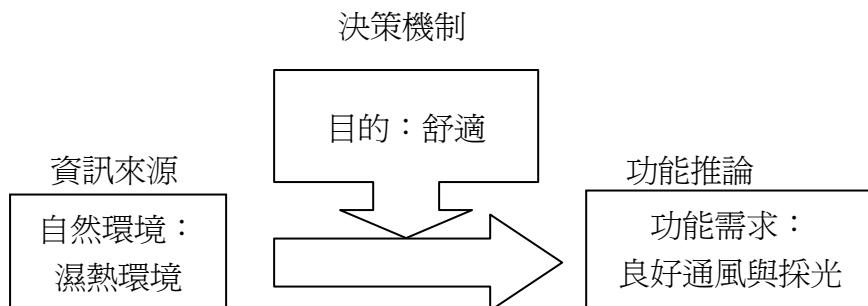


圖 3-7 自然環境、目的與功能之關係

生並非可直接由目的推衍而得，而應是在環境元素中採用目的的選擇機制運作後獲得。所以機能應隨環境不同而有所變化，也就是說機能的實際來源應為環境，若分的更細一些，生理上所需機能，來自於自然生活環境；心理上所需機能，則來自於人文社會環境。

再看看機能與預期行爲間的關係，“為了具有良好通風採光的功能，所以必須引進空氣與日光”單純的字面意義推論似乎沒錯。但仔細考量所謂良好的通風採光是不是一定要引進空氣及日光呢？在強風地區如澎湖，風力已經太大了，應不需要引進空氣了。而在赤道地區如印尼，日照已經太強了，需要的是減輕日照，應不需要引進日光了。所以，由機能需求不見得就能直接得出建築物所應具備的行爲，而實際的行爲需求，還是來自於環境。而機能也是由環境資訊來源推衍出行爲過程中一種決策機制的角色(參見圖 3-8)。

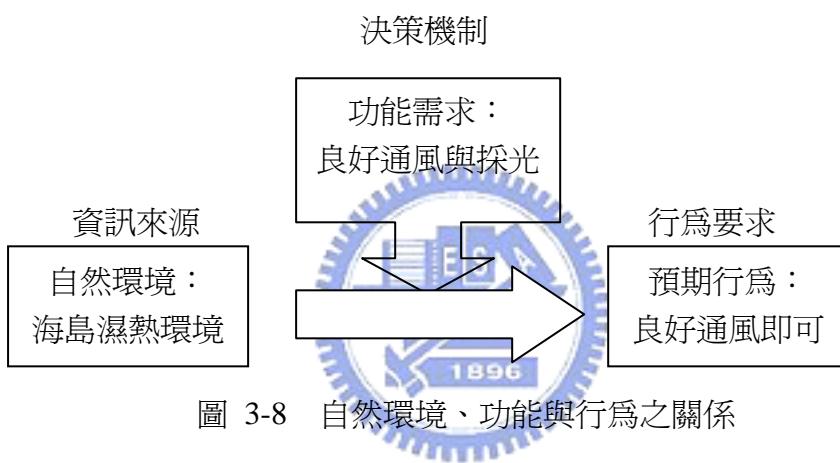


圖 3-8 自然環境、功能與行爲之關係

至於真實行爲與型式的關係，就上述案例中“因為選擇座北朝南的建築物配置方式，所以可以引進日光和空氣”的推論而言，此處建築配置型式並非直接來自於自然環境，因為型式是一種人為物件的呈現，這些人為物件的來源直接取自於人類建構的知識系統，而在綜合過程中，先以預期行爲限制可供選擇的知識系統範圍，在此範圍中選出認為適當的配置。然後再依此配置為運作機制，以環境推衍出配置的真實行爲，檢視是否與預期行爲符合。舉例來說，在台灣關於建築物的最佳配置方式，一般知識概念中就是座北朝南，而座北朝南這個概念就是台灣地區所建構的知識系統的直接取用，而選出座北朝南配置後，以台灣地區的風向及日照環境，才推衍引進空氣及日光的行爲，與預期行爲加以比對。而這個過程並不僅僅是配置直接決定行爲，而是環境與配置交互作用產生真實行爲(參見圖 3-9)，所以環境仍舊是行爲產生的重要來源。

依照上述以設計原型的觀點對於設計中知識取得的過程加以分析，探討其中環境對於設計原型中各種元件所扮演的角色，就可以得知雖然目的、機能、行爲及型式在知識來源上扮演著很重要的決策機制，但知識仍須靠環境與決策機制的

交互作用來產生，所以自然或人文環境與設計知識的產生有著密切的關係，是設計知識產生的重要來源（參見圖 3-10）。但通常在從事設計行為時，由於設計者已擁有豐富的設計背景知識，可供設計者直接採用，而忽略設計知識的真正來源。至於設計背景知識實際上更是隨時間、空間而有所變化，所以當建構一個電腦輔助設計系統時，更應該認清設計知識的重要來源是環境系統，並明確定出環境系統在設計過程中扮演的角色，如此才能將輔助設計系統的架構合理化，不致產生系統分工不明確，而造成架構上複雜而紊亂的情形。

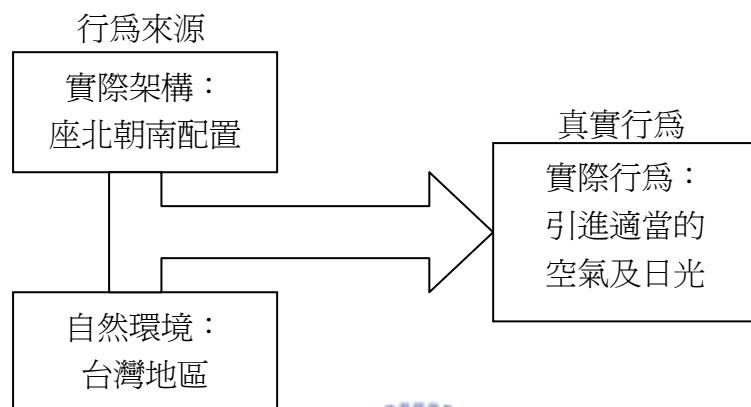


圖 3-9 自然環境、架構與行為之關係

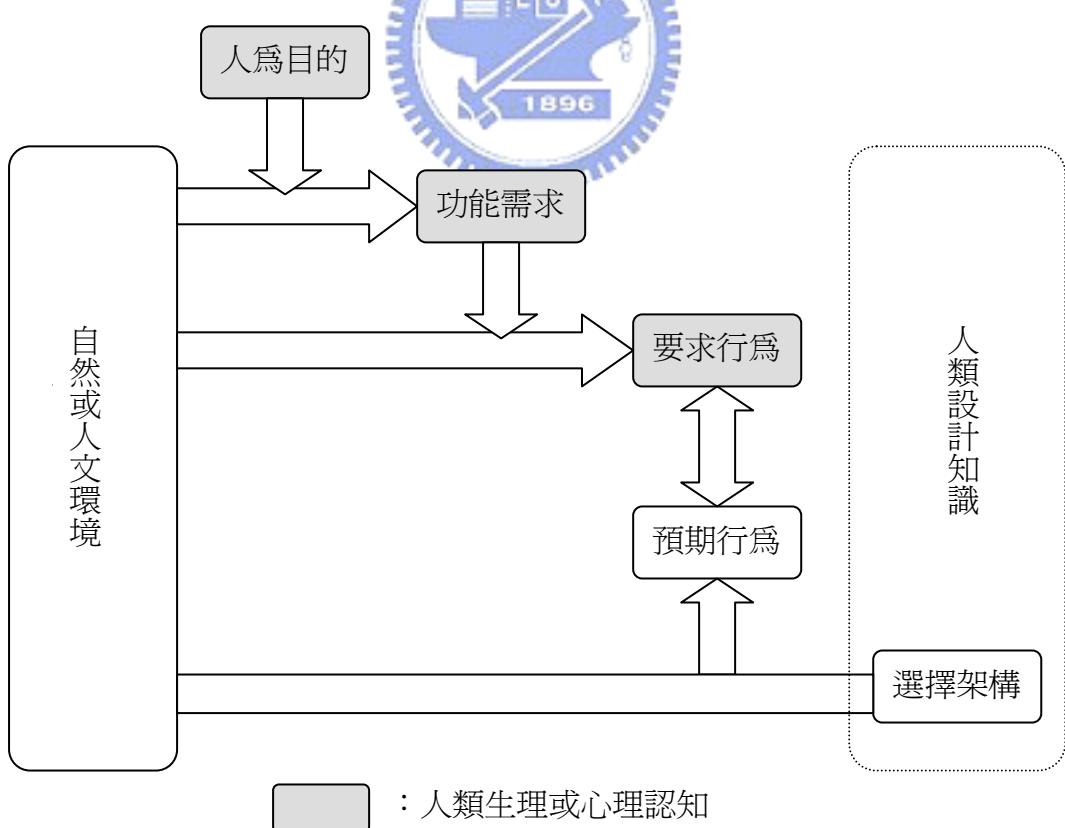


圖 3-10 自然環境與設計架構關係圖

3-3 自然環境的基本元件

經由上一節的討論，可以了解環境系統在設計中所扮演的角色的特殊性及重要性，所以在一個電腦輔助設計系統中，便應該將自然環境系統獨立出來，成為一個個別運作的模組，以降低整個輔助設計系統的複雜度。而在設計原型的基模概念下，要設計“自然環境”這樣一個子系統中之基本物件需要具備什麼性質與功能，就是本節所要討論的重點。

自然環境中基本元件的原型分析

在設計原型觀念下，將設計物件視為一種在某個“目的”下，以“機能”、“行為”及“型式”三種類型知識所呈現的基模。以整體來看，整個輔助設計系統包含的並不僅僅是人為設計物件所建構的環境系統，另外還包含了自然環境及人文環境系統，三種系統相互作用，才能完成設計行為。所以，若同樣的引進基模的觀念運用於自然環境之上，最直接的想法就是將自然環境中影響設計的因素視為一個個的物件，運用同樣的三種概念知識作為呈現的基模，運用環境模擬運作的概念，使自然環境系統能在整個輔助設計系統中模擬真實的自然環境運作，進而產生構成設計物件的三種類型知識所需的資源。而此種構想是否可行？若從自然環境系統、人文環境與人造物件環境系統在輔助設計系統中所負責的工作來考量：因為自然環境提供實質環境設計知識的來源，而人文環境除了是社會概念環境設計知識的來源外，並負責知識解讀和價值的判斷，至於人造物件環境則提供人類實質需求的解決方案，由此得知既然三者所扮演角色有所差異，所以三種類型知識所組成的原型基模是否適合運用來做為自然環境系統的知識呈現，就有進一步的討論的必要。

在設計原型概念中，機能這個概念元件是以自然環境為來源，以目的為運作機制而產生。同樣的，若將自然環境以設計原型視之，由於自然環境並非是因為人類對現狀不滿足而形成，因而本身並不具備目的的要求。既然不具備目的的要求，因而也就無從推衍出所謂的機能需求。而不存在機能需求，也就無從訂出完成機能的行為。所以以基模概念來看自然環境物件，並非一個人類設計物件，而是一個實際存在的物件，換句話說，根本就無所謂問題形成的程序。以“風”為例，是由於氣壓或溫度變化等因素所引起，完全不存在人為設定的目的於其中，既沒有機能需求，也沒有機能轉化的預期行為。自然環境的“風”並非人造物，所以並不適用於形式這個概念元件。

另就型式而言，自然環境雖是一個真實存在的系統，但其中元件並不一定存在著具體的幾何型態，而人類為了說明自然環境，所以賦予了自然環境元件抽象型態架構，這些架構具有某些特定的行為模式，其特定的行為能力則展現出具體

影響結果。同樣的，以“風”做為例子，具有抽象的人為定義型態，但很難具體以幾何形式呈現，而常以人類定義的符號表示。比如在作基地分析時，常用“箭頭”來作為代表“風”這個抽象概念的符號，但“風”的具體形象卻並非“箭頭”所能完全說明，因為“箭頭”僅能表達主要風向，而較不明顯的風向資料可能就被省略了。“風”雖然沒有具體的形式，但卻可以產生空氣流動的真實行為，而這些行為在不同狀況下則產生不同程度的具體影響，這些影響就使用數字或文字描述來表示。比如夏季時的微風，使人類有涼爽舒適的感受，具有散熱的功能；而颱風的強大力量則足以摧毀許多環境事物，導致破壞性的結果。

自然環境元件原型架構的形成順序

如上所述，自然環境雖不具有問題形成的特徵，也不完全類同於擁有具體型態的人造物件，因而無法將設計原型基模直接套用於自然物件上。但卻可以將原型基模抽象化的方式運用於自然物件上，也就是經由人為的價值判斷，來抽取物件中特殊的性質，而表達出實質的原型概念。而這種抽象化的方式所抽取的性質，以設計原型的觀點來看，當然就是“機能”、“行為”及“型式”三種類型知識所組成的 F-B-S 知識呈現架構。F-B-S 架構雖如前所述並不適用於表達自然物件，但在整個輔助設計系統基模化的概念下，可以此架構為基礎，作進一步修改，以符合自然環境基本元件的需求。首先分析三種類型知識形成的先後次序。在 F-B-S 架構中，設計物件的三種知識在設計的問題形成中具有固定的先後順序的關係。但對自然元件而言，是實際存在而非因人類需求創造的，所以其形成架構的起始點並非機能。但若是從型式出發，又很難找出很適當的幾何具體型態表達一種抽象的行為過程概念。而從人類對自然物件概念的形成過程來看，其實常常先是觀察現象進而轉化為抽象的行為概念，定義為自然環境元件，並非是一個具體型態的物件。所以自然物件概念形成的起始點應是最明確的行為資訊，而行為物件產生的影響結果，就是機能的呈現。至於人類後來用以表達這些行為概念的符號或文字描述就是型式。例如“雨”這個自然環境概念元件，是人類觀察到從天空落下水的行為現象，所以指的是“下雨”這種行為，而不是“雨水”這種實體物質。由於雨水落在物體上，而使得物體變的潮濕，就是這個自然現象所產

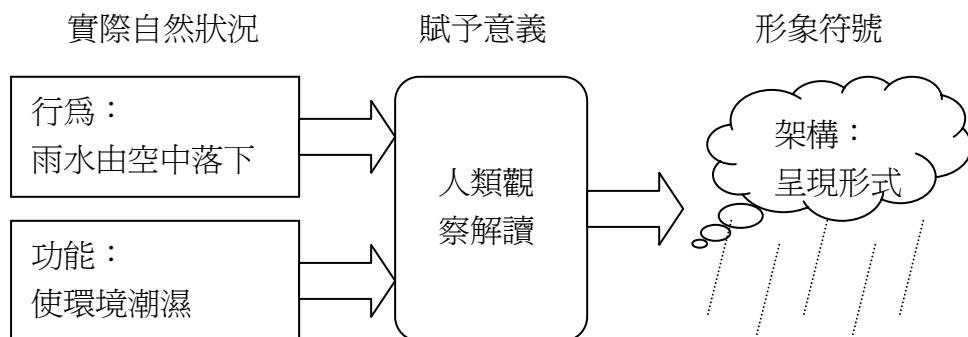


圖 3-11 自然環境物件形成順序

生的機能影響。而人類為了表達這種元件概念，就用由上而下的斷線圖形來表示，甚至發明了“雨”這個文字。所以人類對於自然物件概念的形成順序應該是先有行為概念及其機能顯現，而後才採用文字符號來代表概念型式（參見圖3-11）。

自然環境元件原型架構之性質與定義

除依據F-B-S架構表達自然元件所產生的先後次序來探討外，也需對自然元件的F-B-S架構中各種概念特質進行討論，再作定義修正，才能定出適用的自然元件。首先談到“行為”這個特質，依照Gero（1998）所提出的看法，在特定環境中物件的反應動作及行動程序就稱為行為。但在定義對設計行為有影響的自然元件時，所重視的應是單純對設計有影響的行為概念，而非某物件的反應行為。以“下雨”為例，就是蒸發至空中的水蒸氣，遇到冷空氣凝結成為水而落至地面的行為。這個行為的產生，就是要有足夠的水蒸氣形成以及高空中足以使水氣凝結的溫度環境，表現出來的行為，就是“下雨”這個行為概念物件。但對人類設計物有影響的，是這個元件的行為，至於產生行為的水蒸氣的量與溫度環境因素，就不是設計關心的重點。如此設計者為了免除“下雨”所產生的影響，而設計出可以遮擋雨水的建築物來形成人造環境，但設計者卻沒有想過要去改變“下雨”的成因，這是由於改變成因是屬於科學的範疇，而非設計的範圍。所以在此對於自然物件所考慮的行為特質，應該僅就於自然元件行為的描述，而不需過度的去考慮物件形成的環境因素。



關於機能性質方面，Gero（1998）認為是在特定環境中某種行為運作所產生的結果。不論是自然環境或是人造環境，特定行為所產生的結果形式，可以用許多方式表示。例如“下雨”所形成的結果，可以用人類感覺上產生的影響強度形容，像是豪雨、大雨、細雨……；或是雨水的多寡，像是雨量。這些都可以用來描述“下雨”這種行為結果，而選擇的標準就牽涉到人類對於此種行為的描述方式而定。所以自然物件的機能是一種透過人為定義的度量標準，用以描述此種行為產生結果的程度。

至於型式性質，Gero（1998）認為的架構，是包含物質的（physical）、幾何的（geometrical）及拓普的（topological）特性並且有足夠的句法（實質的或符號的）來描述此物件，而能將此物件建構起來。但由於此處所認定的自然元件是一種抽象的行為物件，其中包含的不僅是物質特性、幾何形狀及拓普關係，更包含了具有時間性質的動態行為過程。例如“下雨”並非一個具有幾何形狀及關係的物質，這是一種雨水從天而降的動態行為過程。所以要表示一個自然元件的架構，就必須透過人為定義的圖形符號或文字敘述，用來描述這種自然元件。

3-4 輔助設計系統的自然元件

目前對於呈現一個自然物件基模的 F-B-S 架構，透過上面的探討，已經有了比較清晰的概念。但是再考慮一下這些概念實際運用於輔助設計系統中的情況，這些元件運作行為及機能結果雖是人類選擇出來，但設計者是否可以直接運用這些自然元件的行為運作及機能影響來進行設計行為呢？比如透過氣象預測得知明天會有“豪雨”這個結果，對一般人而言就知道明天出門要帶雨傘，但對於設計者而言，似乎沒有太大的意義。所以，輔助設計系統中所需自然元件 F-B-S 架構的知識呈現，應該還要更仔細的考量。

輔助設計系統中直接模擬自然元件原型的討論

要提供環境資訊，最直接的想法莫過於直接模擬自然元件，上一節已就自然元件性質作過討論，以下就根據這些性質與直接模擬的想法來加以討論。

首先以行為而言，要表現出自然元件行為現象的描述，當然可以直接模擬環境因素運作而表現出行為特質，但一方面考慮“未來是無法預料的，氣候系統大幅且快速的變化，實在是很難預測”（IPPC, 1996）；另一方面則如同前文所述，氣候預測不是屬於輔助設計系統應考慮的範圍，所以採用環境直接模擬的方式來表達自然元件行為並不恰當。對輔助設計系統而言，在其中對於“風”的因素，若真的採用模擬環境的方式，要考慮的因素需含括許多的氣象因素，如陽光、氣溫、氣壓……等，這個系統可能需要花費太多的運算時間來處理與設計無直接關連的問題；並且以目前的技術而言，“由某些起始的天氣圖（亦即「最初的狀況」）得來的天氣變化資料，只要超過大約十天就無法確定了”（Schneider, 1997），而模擬所得結果也不見得完全正確，甚至因此反而失去了整個系統本身應注重的輔助設計目標。

再就機能性質而論，仔細考慮一下設計時所需的自然因素，由建物使用的觀點考量，建築物件是一個長期使用的人造環境，要考慮的並不是短期的狀況，所以需要的是影響因素長期的統計資訊。依照這些考量，輔助設計系統中的自然環境元件行為，應該是一種環境影響因素經長期的統計所呈現有意義的結果，而這些結果並非一個即時的環境模擬系統所能呈現的。比如“風”對設計者而言，以目前的低氣壓或高氣壓的環境因素考慮，若會產生颱風而直接影響生活環境，若依此因素而設計的結果，可能是一個堅固而封閉的建築設計。但堅固而封閉的建築設計，對台灣的長期氣候而言，夏季時就可能產生悶熱的效果，而違反舒適的設計目的，所以短期因素並非設計考慮的重點。設計者要考慮的是使用者在人為生活環境中能夠持續並穩定得到適當的通風，且避免突發性強風的侵襲。

環境物件既是一種長期統計的機能影響，如此自然元件型式的呈現更難以一

種具象的方式表達。這種架構表達的還不僅只是前一節所討論的短期動態形式，更應具備長期的時間性質於其中。而這些訊息應該明確的表達於架構中，以供設計者採用，或提供輔助設計系統作為設計推論的依據。比如上述的環境因素“風”，設計者可從型態中獲取的資訊，就應該是一種長期的資訊記錄表達型態，而不是短期預測的具象呈現。

經過直接模擬自然元件基本性質與實質運用的討論後，自然元件應該有一些更具體的結論浮現出來，而將之整理如下：

- 一、自然環境系統是人為設計環境設計知識的重要來源。
- 二、自然元件雖和人造物件不同，但透過抽象化概念，同樣可以運用“行為”、“機能”及“型式”三種類型知識加以表達。
- 三、自然元件難以直接運用模擬自然行為的方式呈現，而設計者所需的機能結果與型式呈現也不是直接可由模擬的方式獲得。
- 四、設計者對環境知識的需求是長期的訊息統計，而非短期的訊息產生。

依據自然元件的性質結論，基本上是可以運用“行為”、“機能”及“型式”三者來建構自然元件，但這個物件無法直接運用模擬自然而成，所以必須設計出一個原型基模，符合上述討論的元件特性，並能滿足設計者與輔助設計系統的需求，以下就來定義這個原型基模。

輔助設計系統中人為設計自然元件原型基模

首先，因為這個物件是人類設計出來的，而不是直接模擬自然的，所以此物件與不含人為目的的自然物件所形成的“行為—機能—型式”順序又有些不同。也就是說，此物件隱含人為賦予的目的於其中，並非自然產生，所以形成順序為“目的—機能—行為—型式”。而根據前文之結論，自然元件在設計中所扮演的角色，也就是此元件所隱含的目的，即是為了作為設計過程中，設計者所需的自然環境知識來源。接著，依照目的設計元件的實際機能，則是為了產生設計者所需的環境影響因素訊息，所以此元件的機能需求應該是一種將實質環境訊息轉換成設計參考數據的能力，機能的行為則為設定輔助系統中正確的環境變數值。而型式表達方式，必須能夠完整表達長期而非短期的訊息模式，所以可能是一種統計圖形的訊息型態，型式的實際行為則可提供給設計者正確的環境設計資訊。

依照上面討論結果，自然環境物件的 F-B-S 原型基模定義整理如下：

目的：提供設計者所需的自然環境知識來源

機能：提供輔助設計系統將實質環境訊息轉換成自然環境參考數據的能力

行為：主動設定設計原型中相關環境變數之數值

型式：可表達環境參考數據的統計圖形訊息型態

輔助設計系統中自然元件原型基模的呈現

有了上述元件基模的定義，就可以開始進行實質元件的設計了。此處就以“風”這個環境元件為例，但需先定出“風”所應提供的訊息。一般而言皆以“風力”視之，而將其以物理學上抽象化的“力”視之，所以具有方向、大小兩個“力”的基本構成元素。但由於“風力”並非單一作用力，因而每有固定的作用點。而實質的氣象觀測上，也以大小和方向作為觀測重點，大小上以速度表示，方向上則以東、西、南、北將其細分為十六方位表示。

現在就可以下一個“風”的基模定義，作為設計環境的知識來源。首先這個物件必須具有將實質環境風訊息轉換為設計參考訊息的機能，此機能轉化為期望行為時，就是定出一組設定設計基模中風力變數值與風向變數值的函數。而透過這組函數在輔助設計系統中主動設定環境變數之運作過程，就可以表現出環境資訊提供的行為。

而在型式表現上，雖有了基本觀測值，但這些僅是一堆未經處理的紀錄資料，設計者難以運用這些記錄作為設計知識的來源，所以必須先選擇設計者所需要的風的訊息型式為何，當然可以直接運用表格紀錄方式加以表達，但對設計者而言，在方向及大小的表達上，仍須進行訊息轉換的思考，所以並不恰當。先在方位上，若改以直覺式的圖像方位表現，如箭頭或三角形指標；而在大小的數值表示上，改用實質圖形的大小表示，如圖形面積或線的長短，這應該是較為恰當的表現方式，但方位與大小也希望能夠同時呈現。而關於資訊時間性的考量上，應該能夠表達出長期而穩定的數據模式，或許是折線圖或長條圖。有了這些呈現方式的前提考量，就發現到氣象上使用的風花圖可以線形表達大小及方位，也能以統計方式顯示長期資料記錄，符合設計者直覺式圖形訊息的需求。所以風花圖(wind rose)便可作為“風”這個環境物件的呈現型式，而運用風花圖形式表達就可以提供設計者環境資訊的實質行為。

“風”環境物件的期望行為與實質行為都符合提供設計資訊的目的，所以這是一個合乎需求的自然元件。其基本呈現模式整理如下：

目的：提供某地區關於風力與風向的資訊

機能：具有將風力與風向長期紀錄轉換為設計上環境參考訊息的能力

行為：1. 設定設計原型中風力與風向變數值的函式

2. 將風力及風向數值轉化為風花圖的函數

型式：風花圖架構的資料呈現

行為：風花圖提供設計者風力風向的數據資訊

3-5 輔助設計系統的元件整合

經過了上面數節的討論，對於單一環境物件的細節作了深入的探討，原型基模的架構也已成形。但自然元件在輔助設計系統中雖是人為設計出來的，但本質上卻是原有存在的元件，與人為環境設計出來的人造物件有所不同。所以將自然物件與人造物件整合於一個輔助設計系統時，二者彼此間的關係應如何安排？當相互影響時，二者間的互動該如何產生？這就是本節討論的主軸。進而經由本節討論後，能定出一個整合自然元件與人造物元件的系統架構。

自然環境與人造環境整合架構的特質

當輔助設計系統要考量時，除了基本的人造物環境外，還需包含前面討論的自然環境的設計資訊來源，如此輔助設計系統才能提供完整的資訊，來進行合理的設計。而單以環境子系統個別考慮時，便顯得過於瑣碎而片段，且相互間沒有任何聯繫的關係，以進行設計的互動。為了改善這種情況，就必須將這些個別的人為環境與自然環境系統整合入單一的輔助設計系統。而整個自然環境系統裡，又包含了許多的環境子系統，如風、雨、日照……等，每一個子系統皆有其形成原因並相互影響，而進行設計時要考量的並非僅是單一子系統，而是整個自然環境。所以在整合環境因素時，要考慮的是一個完整的自然環境資訊系統，而非多個零碎片段的設計知識系統。

除了自然環境子系統的整合外，在前面關於設計原型的討論中，Gero(1990)曾提到關於以分割(partitioning)方式(P)來呈現原型的部分概念，其實這個概念的意義也就在於當以不同觀點看待設計時，對於同一個影響因素，就會有不同設計處理的解決方式。舉例來說，當進行設計要處理日曬的問題時，若以建築物配置的觀點來解決，可能就是調整建築物座向與日照方向成為有角度的配置，使得日照無法直接進入室內來降低日曬的影響；而若從牆壁設計的觀點來解決時，可能就是加深牆壁的厚度，使日照無法直接進入室內以降低日曬的影響；若以窗戶設計的觀點來解決，就可能在窗戶外加上遮陽板；甚至以室內設計的觀點，就是加上窗簾。這個例子僅是簡單說明分割呈現原型的重要性，但在一個人造物環境中，每一個設計原型該如何進行分割，關於這點並沒有詳細的討論。而以Minsky(1975)的 Frame 概念來看基模，設計原型中即包含相關的子原型，也就是說原型與子原型間有著包含的關係。舉例來說，在一個建築物原型裡，其中應該包含樑、柱、牆壁、樓板、地板等子原型。而牆壁原型中，又包含門、窗等更下一層的子原型。因此要如何對這些設計原型作一個整合性的架構，而這個架構又能對於在不同觀點來看待設計原型時，提供一個合理的分割機制來進行設計處理，即是這個整合架構應具備的重要特質。

階層式架構(hierarchy)的系統概念

為了對環境系統進行整合，並具備有上述討論的重要特質，因而導入了 Simom (1969) 所提出的階層性架構概念，這個概念基本上認為真實世界中的事物皆可以運用階層式的架構予以整體性的表達。而人類本身對於事物認知的呈現，其實基本上也隱含這個架構，比如說，“人”可以視為一個個體，但再仔細分析下去，可以視為皮膚、骨骼、肌肉內臟各個個體部分所組成；同樣的，皮膚又可分為表皮、真皮、皮下組織；再分下去，皮下組織內又有毛囊、血管、神經等（參見圖 3-12）。其實當人類表達各式各樣的訊息時，階層式的概念就隱含於訊息當中，只不過沒有特別的加以說明而已。

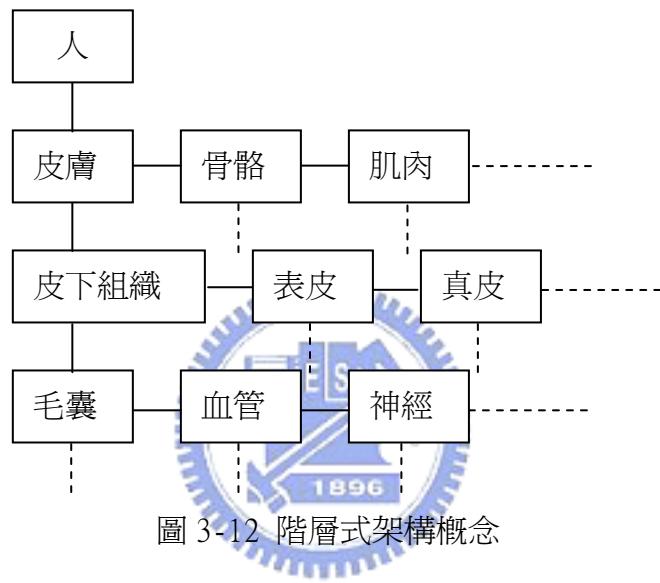


圖 3-12 階層式架構概念

所以當人類表達環境的各種知識訊息時，階層式架構是無法被忽略的，比如當設計者考量某地區的自然環境因素時，其中就包含了風、雨、日照等環境因素，而這些環境因素表面上似乎各自獨立，但實際上卻同時影響著設計的需求，例如溫度不僅會因日照強弱的差異而有所變化，同樣溫度也會因為風力的強弱而有所變化。設計者或許一次只考慮一種獨立因素，但實際上這些因素對同一個目標都有著個別的影響，所以整個過程必須將全部因素加以考慮。至於人為環境的方面，其中的設計原型基本上就是人類對於人造物的一種認知呈現，所以設計原型與子原型間的包含關係，其實就是階層式架構關係的呈現。由於這些人造物與自然環境因素間具有相互影響的關連性，所以構架輔助設計系統時，而為了避免設計時考慮因素的疏失，因而將這些人造物與自然環境因素整合起來是一個必要的過程。至於整合的方法，人類所運用的階層式架構的組織方式，則提供了一個極佳的解決概念。

至於設計原型的分割概念(partitioning)的決定方式，由於在階層式的組織裡以樹狀倒置的架構呈現，如此就可以運用層級位置明確的決定一個原型，及其下所包含的子原型。因而當以不同層級觀點進行設計時，就可以很正確決定會對哪

些原型系統產生直接作用，而較高層級的原型系統則不受影響。舉例來說，進行窗戶設計時會受影響的是其下的玻璃、遮陽板等，至於較高層級的牆壁、門部分則不受影響（參見圖 3-13）。所以當運用階層式架構來組織環境系統時，除了可以組織不同的人造物或自然元件外，更可利用層級的觀念，來建立分割子系統的機制。

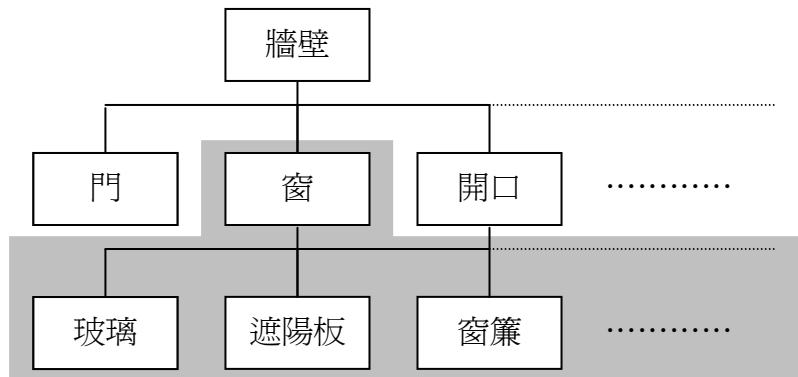


圖 3-13 人為環境系統階層分割示意圖

自然環境的階層式架構

當有了一個適當的組織概念後，就可以決定自然環境因素的關係了。以設計者的角度思考，像風、雨、日照這些因素，就可以運用前面討論的物件概念，視為一個個的元件，而現在要決定的是這些元件該如何組織成為階層式的環境系統架構。如果很直覺式的套用人類的思維模式，建立一個自然環境物件，將所有的環境元件，都當作是自然環境元件的子元件，這當然是一種解決方式，但這種方式似乎是要處理整個自然環境的狀況，太過廣泛而無限制，應該是屬於氣象學的處理方式，對於設計觀點看來，似乎並不恰當。而對於一個建築設計者而言，不論是區域規劃或是建築物設計，都有一個尺度範圍，而這個尺度範圍就是規劃或設計案處理的基地，因此對於輔助設計系統的環境子系統，應該也限制於此範圍之內，所包含的環境影響因素，也就是基地範圍內的環境元件。換句話說，環境元件是隨基地元件而決定，所以自然環境物件應視為基地元件的組成分子。如此

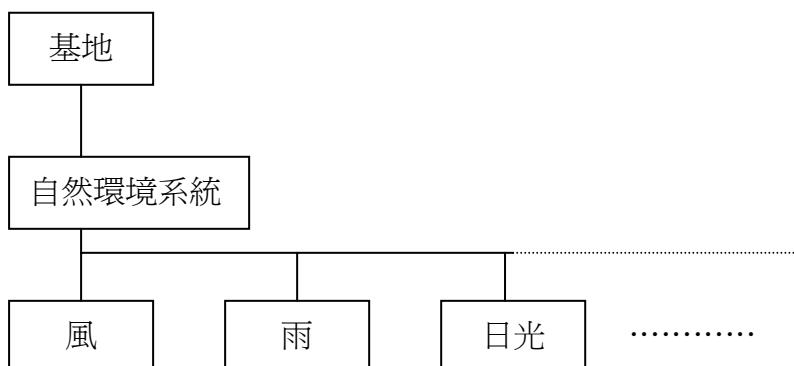


圖 3-14 自然環境系統階層架構

一來，環境系統就受到基地這個主元件的限制，而不致產生範圍過於空泛的問題（參見圖 3-14）。

人為環境的階層式架構

至於人為環境的組織方式，如前所述是一種階層式架構關係。而將來這個人造物就建立於基地上，所以就可以根據設計原型的隱含概念轉換為階層式架構（參見圖 3-15）。

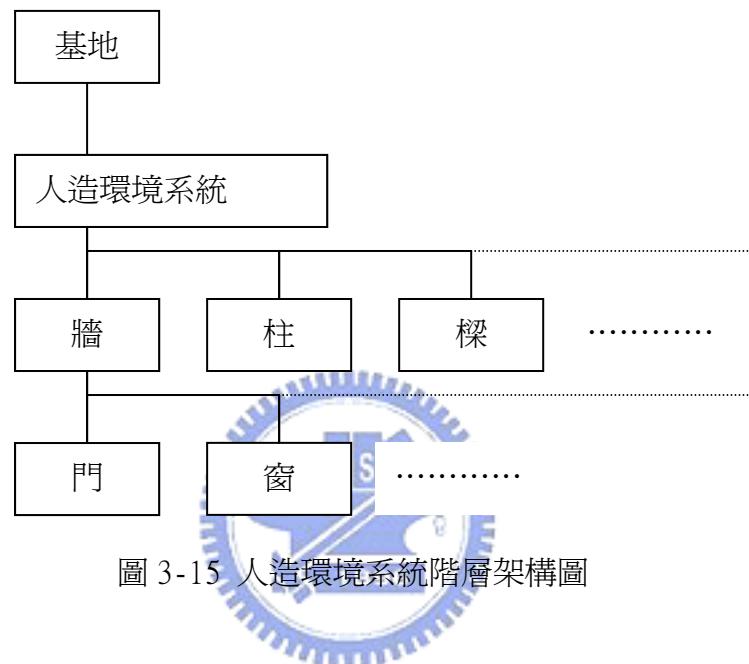


圖 3-15 人造環境系統階層架構圖

輔助設計系統的階層式架構

接著回到整個設計的觀點來看階層式架構，要含括的不僅是自然環境，還有人文社會環境以及人造環境。觀念上來看，人文社會環境應與地域有密切關係，不同的地域產生不同的文化，所以應該也屬於基地的一個子系統。至於人造環境，雖然並非基地的原始構成分子，而是一個新加入的系統，但也是未來基地的組成系統之一。透過基地的概念，就可以於階層式架構中與自然人文環境系統整合。如此一來，三個環境的階層式關係架構便建立完成了（參見圖 3-16）。

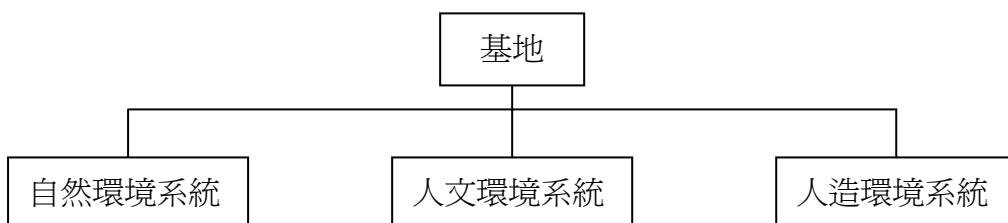


圖 3-16 輔助設計系統階層架構圖

3-6 分析結論

在本章裡首先針對設計原型 (Gero, 1990) 的概念，作一個架構的整理後，得知環境與設計間的關係並無清楚的說明。所以就此不完整的關係細節進行討論，以說明環境因素在設計中的重要性。然後再運用原型架構作進一步環境元件分析，關於元件分析一般注重的是作為個別元件的資訊之建立與表達，此部份 Gero 已有相當完整的研究，所以這個部份本論文將重點置於環境元件與人造元件基本性質之差異來進行討論。而本論文除了元件基本性質差異討論外，最重要的主題應是在於環境元件與人造物元件間之關係及互動的建立，所以最後引入階層式架構概念 (Simom, 1969) 來擴充原有的架構，以建立原本不夠完整的環境元件架構部分。而下一章將使用擴充的架構為基礎，進行輔助系統之建立並實際運作，以驗證本章分析所得之擴充架構的合理性。

