

## 四、比較與討論

本章將進一步引用實驗結果的資料，比較非專業組與專業組受測者之間的異同，藉以整理出屬於各類型空間、數位設計媒材、以及兩組因子之關聯性的關鍵構成因子。首先將分析比較兩組受測者在三類空間實驗中空間因子選擇的差異，其次是數位設計媒材因子的選擇，最後是空間因子與數位設計媒材因子之間的互動。另外，在每個章節的最後，都會以整體的觀點分析與討論各類型空間實驗的成果。

本研究中兩組受測者對於空間與媒材因子的選擇可以劃分為九個到十一個層級不等，為了歸納出三類空間的關鍵構成因子，本研究將選取前面五個層級的所有因子，去掉個別出現於兩組受測者的因子之後，得到的重複因子就成為關鍵之因子。在空間與媒材因子的互動方面，實驗結果則是劃分為十一個到十六個層級不等，本研究將分析與討論前面八個層級的所有因子。在實驗結果的差別比較方面，同一個因子被兩組受測者選擇的次數之差別達到三次時，本研究就會進一步說明其現象。

### 4.1 空間因子比較分析

#### 4.1.1 實體空間



在實體空間的方面，空間因子的物件、人群活動、建築實體、建築虛體、色彩、尺度、光影、形狀、與質感等九個因子是兩組受測者共同選擇次數比較多的因子，最高的因子是專業組的光影與質感，聲音、對稱、與時間則是相對被選擇比較少的因子(圖 63)。如表 14 所示，非專業組前五個層級的因子包括 25 個因子，專業組比較少，只有 20 個因子。去掉 9 個分別出現於兩組受測者的因子，表 14 中以粗體字表示的因子，非專業組的移動、比例、位置、背景與圖案、對比、軸線、以及規律，專業組的開放與開口，兩組受測者選擇的相同因子總共有 18 個，因此實體空間關鍵的空間因子依照被選擇次數總和的排序為：光影、質感、形狀、建築實體、物件、建築虛體、色彩、透視、人群活動、尺寸、表面、方向、尺度、距離、水平與垂直元素、重複、邊界、以及封閉。

在實體空間的因子選擇差別方面之比較，總共有六個因子之差別達到三次以上，包括人群活動、色彩、尺度、尺寸、開放、以及開口，而且都是非專業組的選擇次數比專業組還要少(圖 63)。其中以人群活動的差異最大，有五次之多，接著是有四次差别的色彩與尺度，最後則是相差三次的尺寸、開放、與開口。除了開放以及開口兩個因子之外，人群活動、色彩、尺度、以及尺寸等四個因子都是關鍵的空間因子。

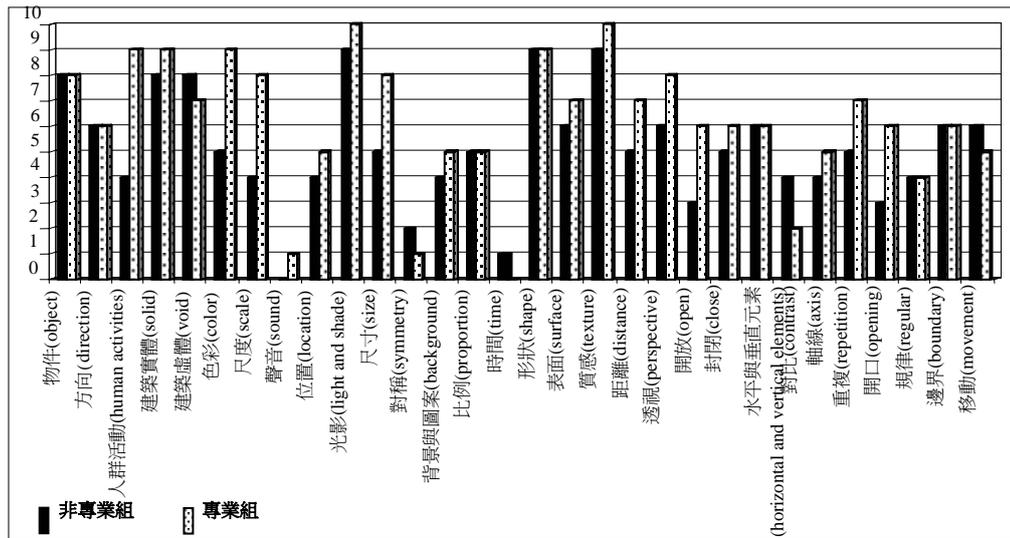


圖 63：空間因子選擇之比較圖-實體空間。

表 14：實體空間之關鍵空間因子。

實體空間之空間因子選擇	
非專業組	專業組
1.光影、形狀、質感	1.光影、質感
2.物件、建築實體、建築虛體	2.人群活動、建築實體、色彩、形狀
3.方向、表面、透視、水平與垂直元素、邊界、 <b>移動</b>	3.物件、尺度、尺寸、透視
4.色彩、尺寸、 <b>比例</b> 、距離、封閉、重複	4.建築虛體、表面、距離、重複
5.人群活動、尺度、 <b>位置</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>對比</b> 、 <b>開口</b> 、 <b>邊界</b>	5.方向、 <b>開放</b> 、封閉、水平與垂直元素、
<b>軸線</b> 、 <b>規律</b>	
關鍵的空間因子	
光影、質感、形狀、建築實體、物件、建築虛體、色彩、透視、人群活動、尺寸、表面、方向、尺度、距離、水平與垂直元素、重複、邊界、封閉	

#### 4.1.2 虛擬空間

在虛擬空間方面，空間因子的物件、尺度、光影、形狀、透視、水平與垂直元素、以及規律是兩組受測者共同選擇次數比較多的因子，最高的因子是非專業組的物件，聲音、時間、與對比則是被選擇比較少的因子(圖 64)。非專業組前五個層級總共有 15 個因子，專業組也有 17 個因子(表 15)。去掉 8 個分別出現於兩組受測者的因子，表 15 中以粗體字表示的因子，非專業組的規律、軸線、與移動，專業組的尺度、尺寸、背景與圖案、質感、與開口，兩組受測者選擇的相同因子總共有 12 個，因此虛擬空間之關鍵的空間因子依照被選擇次數總和的排序為：物件、水平與垂直元素、形狀、透視、光影、建築虛體、色彩、方向、建築實體、比例、重複、以及開放，比實體空間少了 6 個因子。

在虛擬空間的因子選擇差別方面之比較，總共有 10 個因子之差別達到三次以上，包括方向、人群活動、尺度、尺寸、背景與圖案、時間、開口、規律、邊界、以及移動，除了方向之外，其他 9 個因子都不是關鍵的空間因子。非專業組選擇次數比較多的因子有

方向、時間、規律、邊界、以及移動，專業組的受測者沒有選擇時間。專業組選擇次數比較多的因子則是人群活動、尺度、尺寸、背景與圖案、以及開口，除了背景與圖案之外，其他四個因子與實體空間的選擇結果相同。

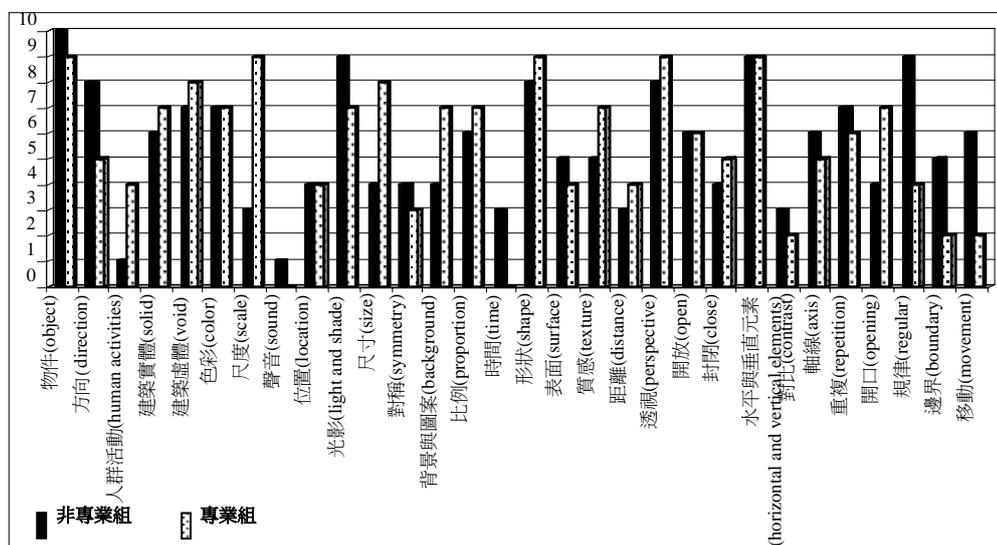


圖 64：空間因子選擇之比較圖-虛擬空間。

表 15：虛擬空間之關鍵空間因子。

虛擬空間之空間因子選擇	
非專業組	專業組
1.物件	1.物件、 <b>尺度</b> 、 <b>形狀</b> 、 <b>透視</b> 、 <b>水平與垂直元素</b>
2.光影、 <b>水平與垂直元素</b> 、 <b>規律</b>	2.建築虛體、 <b>尺寸</b>
3.方向、 <b>形狀</b> 、 <b>透視</b>	3.色彩、 <b>光影</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>比例</b> 、 <b>質感</b> 、 <b>開口</b>
4.建築虛體、 <b>色彩</b> 、 <b>重複</b>	4.建築實體、 <b>開放</b> 、 <b>重複</b>
5.建築實體、 <b>比例</b> 、 <b>開放</b> 、 <b>軸線</b> 、 <b>移動</b>	5.方向
關鍵的空間因子	
物件、 <b>水平與垂直元素</b> 、 <b>形狀</b> 、 <b>透視</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>方向</b> 、 <b>建築實體</b> 、 <b>比例</b> 、 <b>重複</b> 、 <b>開放</b>	

### 4.1.3 網際空間

在網際空間方面，如圖 65 所示，空間因子的物件、建築虛體、色彩、聲音、光影、背景與圖案、質感、透視、以及重複等九個因子是兩組受測者共同選擇次數比較多的因子，最高的因子是專業組的光影與透視，對稱、時間、以及對比則是被選擇比較少的因子。如表 16 所示，非專業組前五個層級總共有 14 個因子，專業組也有 18 個因子。去掉個別出現的 5 各因子，表 16 中以粗體字表示的因子，非專業組的封閉，專業組的重複、尺度、規律、與開口。網際空間的關鍵空間因子有 14 個，依照被選擇次數總和的排序為：光影、聲音、物件、質感、透視、色彩、背景與圖案、.建築虛體、形狀、移動、表面、距離、水平與垂直元素、以及建築實體，比實體空間要少了 4 個因子，但是比虛擬空間多兩個。

在網際空間的因子選擇差別方面之比較，總共有七個因子之差別達到三次以上，包括尺度、背景與圖案、透視、軸線、重複、開口、以及規律，其中只有背景與圖案與透視屬於關鍵因子。非專業組選擇次數比較多的因子僅有背景與圖案、其他六個因子都是專業組受測者的選擇次數比較多，其中的尺度與開口兩個因子之選擇結果與實體空間以及虛擬空間相同。

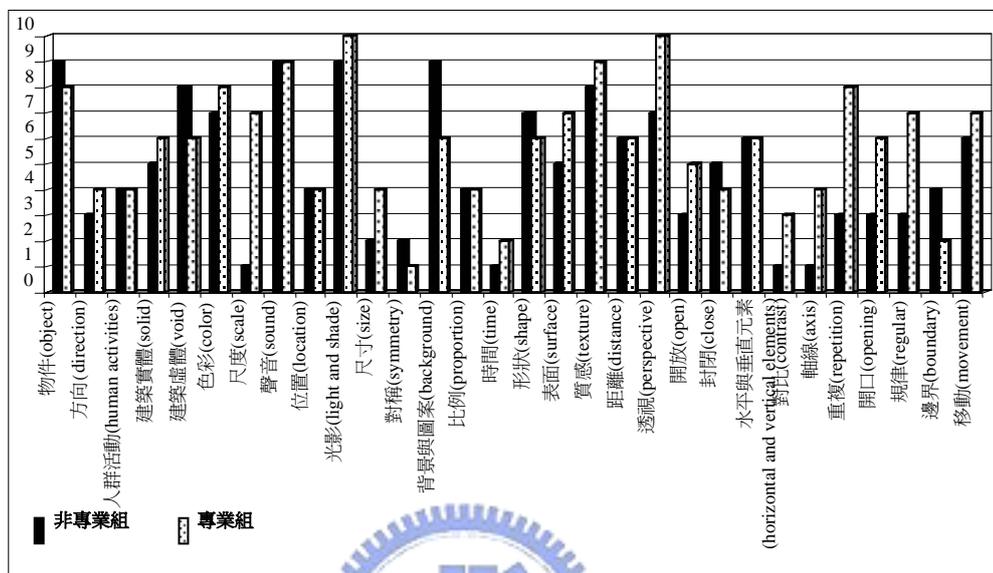


圖 65：空間因子選擇之比較圖-網際空間。

表 16：網際空間之關鍵空間因子。

網際空間之空間因子選擇	
非專業組	專業組
1.物件、聲音、光影、背景與圖案	1.光影、透視
2.建築虛體、質感	2.聲音、質感
3.色彩、形狀、透視	3.物件、色彩、 <b>重複</b>
4.距離、水平與垂直元素、移動	4. <b>尺度</b> 、表面、 <b>規律</b> 、移動
5.建築實體、表面、 <b>封閉</b>	5.建築實體、建築虛體、背景與圖案、形狀、距離、水平與垂直元素、 <b>開口</b>
關鍵的空間因子	
光影、聲音、物件、質感、透視、色彩、背景與圖案、建築虛體、形狀、移動、表面、距離、水平與垂直元素、建築實體	

#### 4.1.4 討論

本研究在空間因子的比較分析之中發現以下的幾個現象：

第一，關鍵空間因子的多寡呈現出空間型態被認知的強度，亦即受測者對該空間型態之熟悉程度。如表 17 所示，實體空間的關鍵空間因子是三類空間型態之中最多的，有 18 個之多，因為實體空間是真實的日常生活經驗，空間因子最容易被認知。虛擬空間則是最少的 12 個，因為虛擬空間通常會基於其創新的空間情境而選擇特定的空間因子來表現。網際空間也有 14 個關鍵空間因子，這個結果表示網際空間已經是我們生活上真實

的，以及不可缺少的一部分。

表 17：三類空間型態之關鍵空間因子比較。

空間型態		
實體空間	虛擬空間	網際空間
光影、質感、形狀、建築實體、物件、建築虛體、色彩、透視、 <b>人群活動、尺寸、表面、方向、尺度、距離、水平與垂直元素、重複、邊界、封閉</b>	物件、水平與垂直元素、形狀、透視、光影、建築虛體、色彩、方向、建築實體、 <b>比例、重複、開放</b>	光影、 <b>聲音</b> 、物件、質感、透視、色彩、 <b>背景與圖案</b> 、建築虛體、形狀、 <b>移動</b> 、表面、距離、水平與垂直元素、建築實體
實體 vs. 虛擬	實體 vs. 網際	虛擬 vs. 網際
光影、形狀、物件、透視、建築實體、建築虛體、水平與垂直元素、色彩、 <b>方向、重複</b>	光影、 <b>質感</b> 、物件、透視、形狀、色彩、建築虛體、建築實體、 <b>表面、距離</b> 、水平與垂直元素	物件、光影、透視、形狀、水平與垂直元素、色彩、建築虛體、建築實體
整體之關鍵空間因子 (實體+虛擬+網際)		
光影、物件、形狀、透視、色彩、建築虛體、水平與垂直元素、建築實體		

第二，每個類型空間都有其特有的，亦即沒有出現於其他類型空間之中的因子。例如實體空間的人群活動、尺寸、尺度、邊界、與封閉等因子，這些都是在設計與體驗建築空間時的重要因子。虛擬空間則是比例與開放，這是本研究提供的實驗案例之特質，其單元式的空間型態以及簡單的背景使得這兩個因子被選擇的次數比較高。網際空間的特有因子包括聲音、背景與圖案、與移動，除了背景與圖案之外，本研究的實驗結果與 Liu [327] 的研究成果幾乎相同，該研究指出了網際空間在視覺的(visual)、圖形的(graphic)、以及口語的(verbal)構成元素之中有三個核心的空間因子：音效、互動、以及移動。這些因子是網際空間之空間感的來源，並非建築師習以為常的形式上與量體上的元素。

第三，三類空間的關鍵空間因子也能夠相互的比較。首先是實體與虛擬空間的比較。本研究對於實體空間的定義是要被真實的建造完成，虛擬空間是建構於電腦之中具有三度空間經驗且不被真實建造的空間。但是，實體空間在被建造完成之前是由各種傳統或數位的圖面與模型呈現出將來完成之後的空間情境，這些表現都是虛擬的，這也是實體與虛擬空間相似之處。另外，虛擬空間不僅提供一種新的觀察、居住、與設計空間的方式，真實的與虛擬的空間能夠共同建構一個新的設計方向與空間的未來性(futurity) [328]-[330]。前述之實體與虛擬空間的關係指出，不僅實體空間的因子會出現於虛擬空間之中，虛擬空間的因子也會被呈現在實體空間之中。兩類空間相同的因子總共有 10 個，但是，其中的方向以及重複兩個因子僅出現於實體與虛擬兩個空間之中，在網際空間中就不是關鍵的因子。因此，實體與虛擬兩類空間的共同關鍵空間因子是光影、形狀、物件、透視、建築實體、建築虛體、水平與垂直元素、色彩、方向、以及重複。

其次是實體與網際空間的比較。本研究指出，網際空間(net space)是以文字為基礎，輔以圖像與圖形，建立於網際網路之中的空間，其設計目標是經由遠端連線電腦，使用者

能夠進行即時的溝通與互動。相關研究不僅指出實體的空間經驗是網際空間的空間認知基礎[331]-[333]，網際空間的設計方法也與實體空間有相當強烈的關聯性[334]-[336]。實體與網際空間相同的因子總共有 11 個，質感、表面、與距離等三個因子只出現於這兩個空間之中，也不是虛擬空間的關鍵因子，質感與表面是表現空間材料特性的兩個重要因子。這個結果指出在網際空間時，特別是以物件導向為設計方法的一般網站，材料的特質也是很重要的，並非部分學者所論述的去材料性(dematerialization) [337]-[339]，這個特質屬於以純文字為建構基礎的網站。因此，實體與網際兩類空間的共同關鍵空間因子是光影、質感、物件、透視、形狀、色彩、建築虛體、建築實體、表面、距離、以及水平與垂直元素。

接著是虛擬與網際空間的比較。虛擬空間與虛擬實境(virtual reality)、網路空間(cyberspace)、以及虛擬性(virtuality)甚至是可以互換的(interchangeable) [340][341]。其次，著重於描繪願景與解放空間觀念為主旨的遠東國際數位建築獎[342]-[344]，參加競賽的作品都是在網際網路之中呈現。所以這兩類空間的關係是相當密切的。然而，在虛擬與網際空間比較之時，只有 8 個相同的因子，這些因子都是實體空間的關鍵空間因子，沒有只出現於這兩類空間的因子。因此，虛擬與網際兩類空間的共同關鍵空間因子是物件、光影、透視、形狀、水平與垂直元素、色彩、建築虛體、以及建築實體。

第四，透過以上的比較分析可以發現，三類空間不僅各有其特定的關鍵空間因子，也有與其他空間型態共同的因子，以及在成對比較時才出現的共同因子，因此三類空間的關鍵空間因子可以進行整體的比較分析。去掉前述每個空間型態特有的，以及只出現於成對比較時的共同因子之後，同時呈現於三類空間之中的關鍵空間因子有 8 個，依照被選擇次數總和的排序為：光影、物件、形狀、透視、色彩、建築虛體、水平與垂直元素、建築實體(表 17)。這些整體的關鍵空間因子不僅呈現出三類空間共同的空間構成因子，同時也指出了三類空間共同之空間知覺(space perception)現象。空間知覺是尺度、深度、與距離的綜合體，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[345]。另外，von Meiss [346]指出空間的深度是基本的界定空間元素之一，空間的透視與質感最能表現出深度的特性。因此尺度、透視、質感、與距離等四個因子是空間知覺的主要構成元素，建築實體則是量體知覺的因子。本研究的實體空間之關鍵空間因子都有這幾個因子，然而虛擬空間只有透視與建築實體兩個因子，網際空間則是有質感、透視、距離、與建築實體等四個因子。透視是共同的空間知覺因子，建築實體則是共同的量體知覺因子。換句話說，空間知覺的現象會因為空間的特質而改變，空間構成因子亦同。

## 4.2 媒材因子比較分析

本研究中兩組受測者對於媒材因子的選擇可以劃分為九個到十一個層級不等，為了歸納出三類空間的關鍵媒材構成因子，本研究將選取前面五個層級的所有因子，去掉個別出現於兩組受測者的因子之後，得到的重複因子就成為關鍵之媒材因子。在實驗結果的差異比較方面，本研究將進一步分析三類空間分別與三類媒材的關係。

### 4.2.1 實體空間

在實體空間的方面，媒材因子的光線、明暗、材質、色彩、多邊形、光源、以及陰影等七個因子是兩組受測者共同選擇次數比較多的因子，最高的因子是非專業組的光線與明暗，密集資訊與即時是被選擇比較少的因子，音效與超連結則是沒有被受測者選擇的媒材因子(圖 66 及圖 67)。整體而言，圖 67 也指出了 3D 數位設計媒材因子被選擇的次數比 2D 與動態兩類數位設計媒材還要高，2D 數位設計媒材除了透明度與色彩兩個因子比較高之外，其他因子的被選擇次數都是低於 5，動態數位設計媒材之中只有沉浸一個因子是高於 4。

在實驗結果的差異比較方面，以被選擇次數最高的前五個因子做比較，實體空間與二維媒材之關係，非專業組是色彩、透明度、對比、疊合、與解析度(圖 67)，專業組是色彩、解析度、遮罩、圖層、與透明度，因此兩組受測者有三個相同的因子：色彩、透明度、與解析度。其次，實體空間與三維媒材之關係時，非專業組的排序為：光線、明暗、材質、多邊形、與陰影，專業組的排序為：光線、材質、陰影、光源、與明暗，相同的因子是光線、明暗、材質、與陰影。最後，實體空間與動態媒材之關係時，非專業組的排序為：沉浸、攝影機、資訊、互動、與剪輯，專業組的排序為：資訊、互動、多媒體、攝影機、與剪輯，相同的因子是攝影機、資訊、互動、與剪輯。

如表 18 所示，非專業組前五個層級的因子包括 9 個因子，專業組比較多，總共有 16 個因子。去掉 10 個分別出現於兩組受測者的特有因子，表 18 中以粗體字表示的因子，非專業組的沉浸以及透明度，專業組的貼圖、解析度、圖層、遮罩、布林、資訊、多媒體、以及互動，兩組受測者選擇的相同因子總共有 7 個，因此實體空間關鍵的媒材因子依照被選擇次數總和的排序為：光線、材質、明暗、色彩、陰影、光源、以及多邊形。除了色彩是 2D 平面媒材因子之外，其他因子都是屬於 3D 媒材。

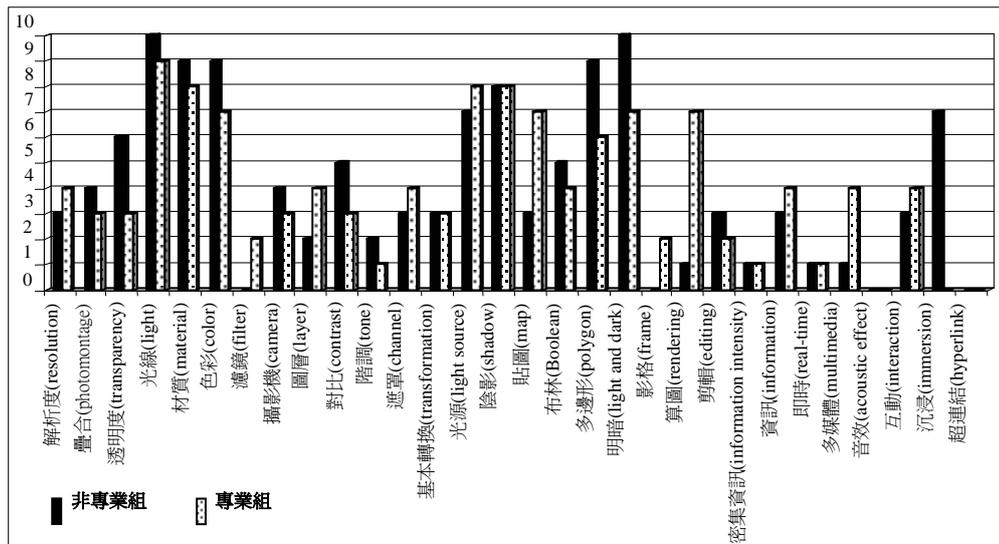


圖 66：媒材因子選擇之比較圖-實體空間。

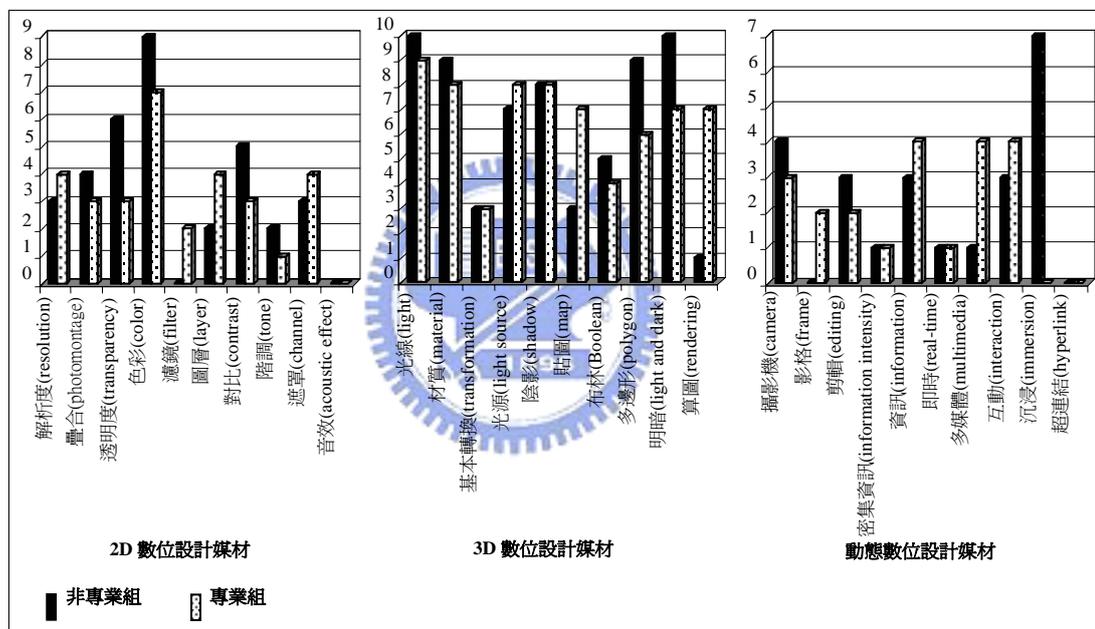


圖 67：三類媒材因子選擇之比較圖-實體空間。

表 18：實體空間之關鍵媒材因子。

實體空間之媒材因子選擇	
非專業組	專業組
1.光線、明暗 2.材質、色彩、多邊形 3.陰影 4.光源、沈浸 5.透明度	1. 光線 2. 材質、光源、陰影 3. 色彩、貼圖、明暗、算圖 4. 多邊形 5. 解析度、圖層、遮罩、布林、資訊、多媒體、互動
<b>關鍵的媒材因子</b>	
光線、材質、明暗、色彩、陰影、光源、多邊形	

#### 4.2.2 虛擬空間

在虛擬空間的方面，媒材因子的陰影、明暗、解析度、光線、色彩、基本轉換、以及透明度等 7 個因子是兩組受測者共同選擇次數比較多的因子，最高的因子是非專業組的陰影與明暗，即時與音效是被選擇比較少的因子，超連結則是沒有被受測者選擇的媒材因子(圖 68 及圖 69)。以三類媒材因子個別的選擇結果而言，圖 69 也指出了 3D 數位設計媒材因子被選擇的次數總和最高，比 2D 數位設計媒材高出一倍以上，更是比動態數位設計媒材多出 3 倍。除了解析度、透明度、與色彩 3 個因子比較高之外，2D 數位設計媒材的其他因子被選擇次數都是低於 8。動態數位設計媒材之中只有資訊一個因子是高於 4。

在實驗結果的差異比較方面，以被選擇次數最高的前五個因子做比較，非專業組的虛擬空間與二維媒材之關係是：色彩、透明度、疊合、階調、與解析度(圖 69)，專業組是解析度、色彩、圖層、疊合、與透明度，兩組受測者共同的因子則是色彩、透明度、疊合、與解析度。其次，虛擬空間與三維媒材之關係時，非專業組的排序為：陰影、明暗、基本轉換、光線、與材質，專業組是光線、陰影、明暗、材質、與貼圖，相同的因子是光線、陰影、明暗、與材質。最後，虛擬空間與動態媒材之關係時，非專業組的排序為：資訊、攝影機、影格、沉浸、與多媒體，專業組是攝影機、影格、資訊、多媒體、與互動，相同的因子是資訊、攝影機、影格、與多媒體。

如表 19 所示，非專業組前五個層級的因子包括 12 個因子，專業組比較多，總共有 14 個因子。去掉 4 個分別出現於兩組受測者的特有因子，表 19 中以粗體字表示的因子，非專業組的階調，專業組的貼圖、算圖、以及圖層，兩組受測者選擇的相同因子總共有 11 個，因此虛擬空間關鍵的媒材因子依照被選擇次數總和的排序為：陰影、明暗、光線、色彩、解析度、基本轉換、透明度、材質、疊合、多邊形、以及光源。屬於 2D 數位設計媒材因子是，色彩、解析度、透明度、與疊合，陰影、明暗、光線、基本轉換、材質、多邊形、以及光源則是屬於 3D 數位設計媒材。

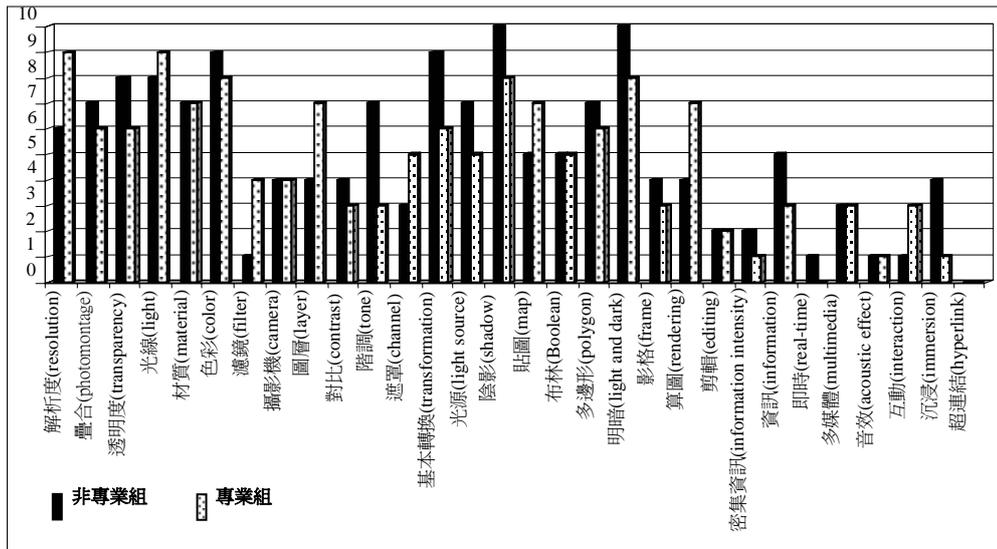


圖 68：媒材因子選擇之比較圖-虛擬空間。

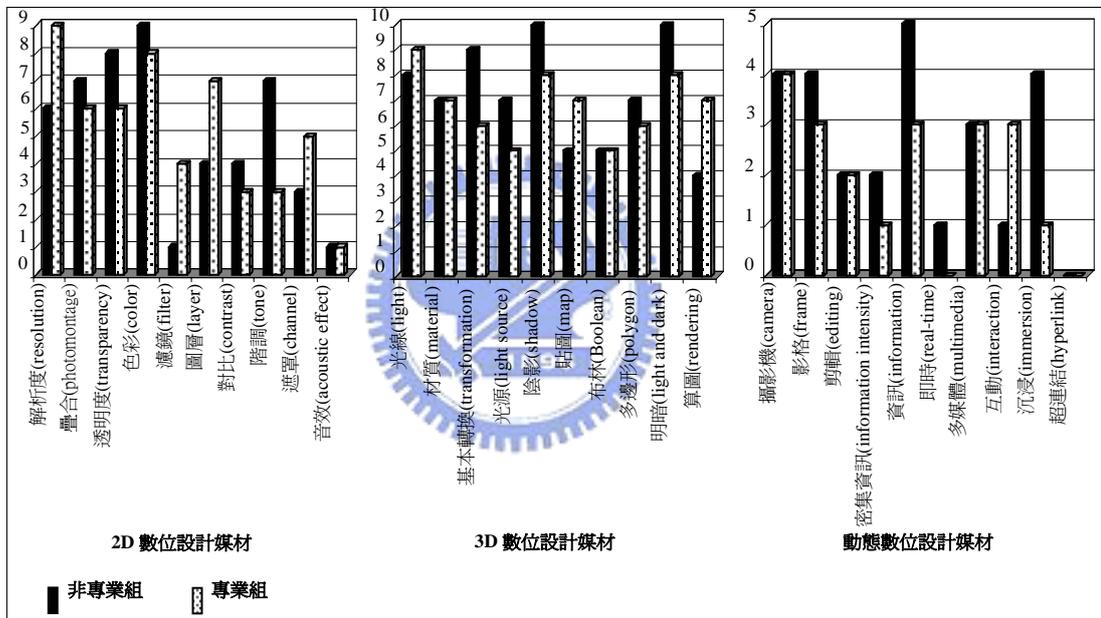


圖 69：三類媒材因子選擇之比較圖-虛擬空間。

表 19：虛擬空間之關鍵媒材因子。

虛擬空間之媒材因子選擇	
非專業組	專業組
1.陰影、明暗 2.色彩、基本轉換 3.透明度、光線 4.疊合、材質、階調、光源、多邊形 5.解析度	1.解析度、光線 2.色彩、陰影、明暗 3.材質、貼圖、算圖 4.疊合、透明度、圖層、基本轉換、多邊形 5.光源
<b>關鍵的媒材因子</b>	
陰影、明暗、光線、色彩、解析度、基本轉換、透明度、材質、疊合、多邊形、光源	

### 4.2.3 網際空間

在網際空間的媒材因子選擇方面，透明度、光線、材質、色彩、陰影、明暗、音效、以及超連結等 8 個因子是兩組受測者共同選擇次數比較多的因子，最高的因子是光線，布林與多邊形是被選擇比較少的因子(圖 70 及圖 71)。以三類媒材因子個別的選擇結果而言，圖 71 也指出了 3D 數位設計媒材因子被選擇的次數總和最高，比 2D 數位設計媒材多了 4 次，也比與動態數位設計媒材要多了 20 次，但是這個結果不像實體與虛擬空間的差距那麼大，特別是動態數位設計媒材的被選擇次數增加了兩倍以上。

在實驗結果的差異比較方面，以被選擇次數最高的前五個因子做比較，非專業組的網際空間與二維媒材之關係是音效、圖層、疊合、透明度、與解析度(圖 71)，專業組是透明度、色彩、音效、疊合、與解析度，兩組受測者共同的因子則是音效、疊合、透明度、與解析度。其次，網際空間與三維媒材之關係時，非專業組的排序為：光線、陰影、明暗、光源、與基本轉換，專業組是光線、材質、陰影、明暗、與光源，相同的因子是光線、陰影、明暗、與光源。最後，網際空間與動態媒材之關係時，非專業組的排序為：超連結、多媒體、影格、沉浸、與密集資訊，專業組是超連結、即時、多媒體、互動、與攝影機，相同的因子是超連結與多媒體。

如表 20 所示，非專業組前五個層級的因子包括 17 個因子，專業組比較多，總共有 19 個因子。去掉 10 個分別出現於兩組受測者的特有因子，表 20 中以粗體字表示的因子，非專業組的圖層、影格、階調、以及沉浸，專業組的貼圖、即時、互動、攝影機、算圖、以及資訊，兩組受測者選擇的相同因子總共有 13 個，因此網際空間關鍵的媒材因子依照被選擇次數總和的排序為：光線、陰影、明暗、超連結、音效、透明度、材質、光源、疊合、色彩、多媒體、解析度、以及基本轉換。屬於 2D 數位設計媒材因子是，音效、透明度、疊合、色彩、與解析度，光線、陰影、明暗、材質、光源、與基本轉換、以及多邊形屬於 3D 數位設計媒材，超連結與多媒體則是動態數位設計媒材的因子。

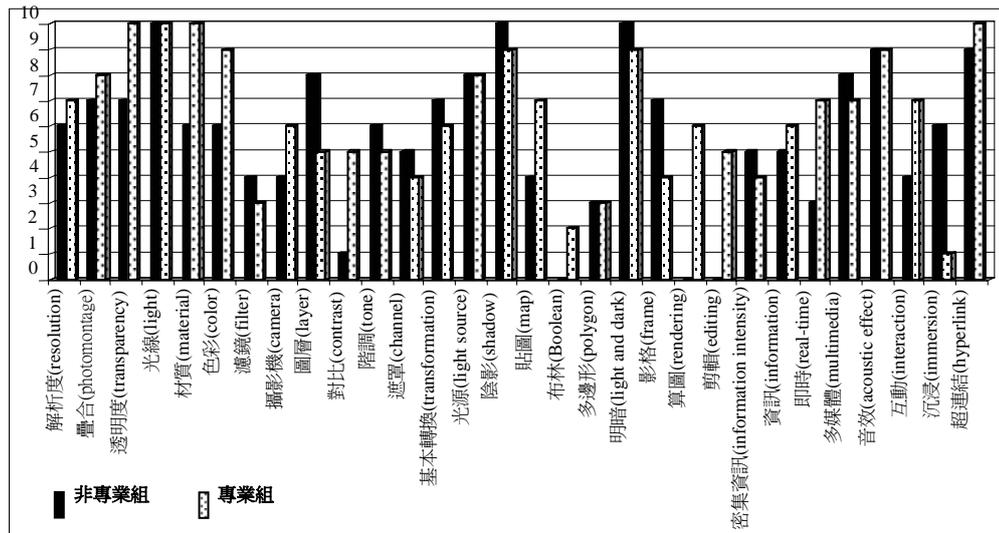


圖 70：媒材因子選擇之比較圖-網際空間。

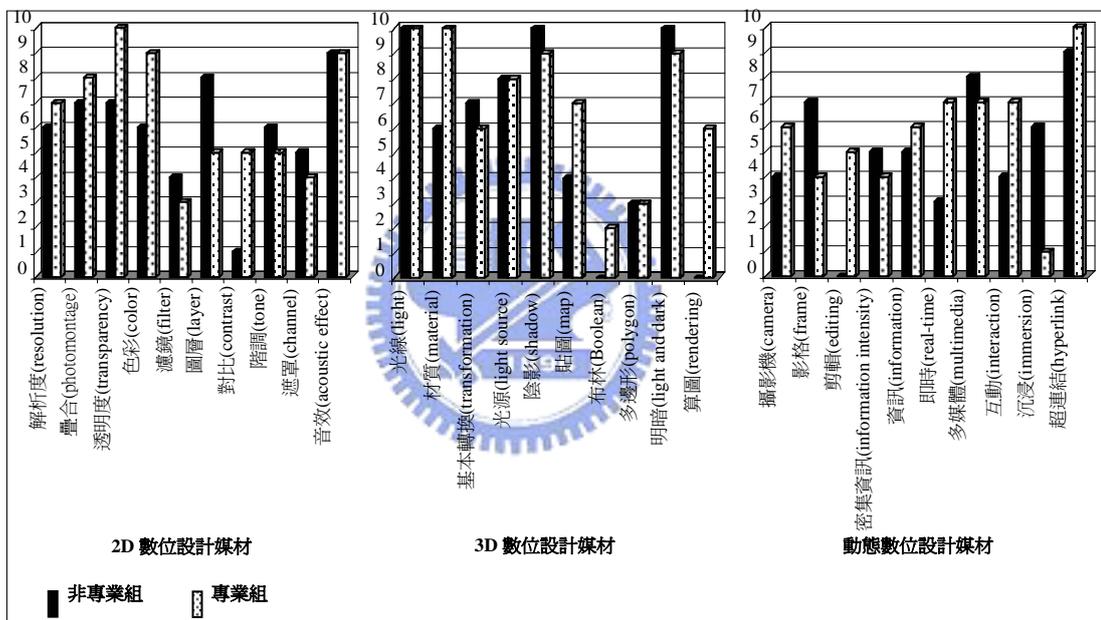


圖 71：三類媒材因子選擇之比較圖-網際空間。

表 20：網際空間之關鍵媒材因子。

網際空間之媒材因子選擇	
非專業組	專業組
1. 光線、陰影、明暗 2. 音效、超連結 3. 圖層、光源、多媒體 4. 疊合、透明度、基本轉換、影格 5. 解析度、材質、色彩、階調、沉浸	1. 透明度、光線、材質、超連結 2. 色彩、陰影、明暗、音效 3. 疊合、光源 4. 解析度、貼圖、即時、多媒體、互動 5. 攝影機、基本轉換、算圖、資訊
<b>關鍵的媒材因子</b>	
光線、陰影、明暗、超連結、音效、透明度、材質、光源、疊合、色彩、多媒體、解析度、基本轉換	

#### 4.2.4 討論

本研究在數位設計媒材因子的比較分析之中發現以下的幾個現象：

第一，以三類空間型態分別與三類媒材的比較而言，三類空間不僅有其特有的媒材因子，三類媒材也有共同的關鍵因子。特有的媒材因子是指僅出現一次的因子，共同的關鍵因子是同時呈現於三類空間之中的因子。表 21 列出了三類空間的每一類型媒材被兩組受測者共同選擇次數最高的前五個因子，最後一列是經過比較之後該類媒材的關鍵因子，例如，二維媒材的關鍵因子是色彩、透明度、以及解析度，三維媒材的關鍵因子是光線、陰影、明暗、與材質，動態媒材的關鍵因子是多媒體與資訊。以二維媒材而言，實體空間的特有因子是對比與遮罩，虛擬空間是圖層，因為疊合也出現於網際空間之中，網際空間則是音效。以三維媒材而言，光源是實體與網際空間的共同因子，所以只有虛擬空間才有特有的因子：基本轉換。以動態媒材而言，互動、攝影機、沉浸、以及影格等 4 個因子只重複出現於兩個空間型態之中，因此只有網際空間才有特有的因子：超連結。

表 21：三類空間型態分別與三類媒材之關鍵媒材因子比較。

空間型態 媒材類型	實體空間	虛擬空間	網際空間	關鍵因子
二維(2D)	色彩、透明度、 對比、解析度、 遮罩	色彩、解析度、 透明度、疊合、 圖層	音效、透明度、 疊合、色彩、 解析度	色彩、透明度、 解析度
三維(3D)	光線、材質、 明暗、陰影、 光源	陰影、明暗、光 線、 <b>基本轉換</b> 、 材質	光線、陰影、 明暗、材質、 光源	光線、陰影、 明暗、材質
動態(dynamic)	資訊、互動、 攝影機、沉浸、 多媒體	攝影機、資訊、 影格、多媒體、 沉浸	<b>超連結</b> 、 多媒體、影格、 資訊、互動	多媒體、資訊

第二，整體而言，空間的特質影響關鍵媒材因子被認知的多寡。如表 22 所示，實體空間的關鍵媒材因子是三類空間型態之中最少的 7 個，虛擬空間有 11 個，網際空間也有最多的 13 個關鍵媒材因子。以設計的目的而言，實體空間是要被真實的建造完成，本研究雖然提供實驗案例於設計過程當中的設計圖與照片，以及完工之後的現場 DV 動態影像，但是被認知的關鍵媒材因子還是比較少。在虛擬空間方面，由於是完全被建構於電腦之中的三度空間經驗，必須運用到比較多的數位媒材因子呈現其空間情境。另外，以設計過程而言，實體空間所使用的媒材類型相對的也比只建構於電腦之中的虛擬空間要少一些，關鍵媒材因子也會比較少。網際空間的空間特質是由文字、二維、三維、以及動態等數位媒材所共同建構而成的，因此網際空間的關鍵媒材因子會比其他兩類的空間型態還要多。

第三、三類空間型態的媒材特質也充分表現在每個型態的空間之中，關鍵數位設計媒材因子呈現出空間型態的數位化演變過程(表 22)。實體空間的媒材關鍵因子只有色彩是二維媒材，其他 6 個因子都是三維媒材。在虛擬空間之中還是能夠看到實體空間的關鍵因子，但是二維與三維的媒材因子明顯增加，例如屬於二維的解析度、透明度、與疊合等，以及屬於三維的基本轉換，這些增加的因子同時也是網際空間的關鍵媒材因子。在網際空間中除了有前述兩類空間重複的因子之外，又增加了一些特有的二維與動態媒材因子，音效、超連結、以及多媒體，這三個因子在實體與虛擬空間的媒材因子選擇時，不是相當低，就是沒有被受測者選擇。

表 22：三類空間型態整體之關鍵媒材因子比較。

空間型態		
實體空間	虛擬空間	網際空間
光線、材質、明暗、色彩(2D)、陰影、光源、多邊形	陰影、明暗、光線、色彩(2D)、解析度(2D)、基本轉換、透明度(2D)、材質、疊合(2D)、多邊形、光源	光線、陰影、明暗、 <b>超連結(DD)</b> 、 <b>音效(2D)</b> 、透明度(2D)、材質、光源、疊合(2D)、色彩(2D)、 <b>多媒體(DD)</b> 、解析度(2D)、基本轉換
實體 vs. 虛擬	實體 vs. 網際	虛擬 vs. 網際
光線、明暗、材質、色彩(2D)、 <b>多邊形</b> 、陰影、光源	光線、明暗、材質、陰影、色彩(2D)、光源	陰影、明暗、色彩(2D)、 <b>基本轉換</b> 、 <b>透明度(2D)</b> 、光線、 <b>疊合(2D)</b> 、材質、光源、 <b>解析度(2D)</b>
整體之關鍵數位設計媒材因子 (實體+虛擬+網際)		
光線、陰影、明暗、材質、色彩(2D)、光源		

第四、三類空間之中只有網際空間呈現出特有的媒材因子，亦即沒有出現在其他空間型態的因子(表 22)。這些特有的媒材因子包括二維媒材的音效，以及動態媒材的超連結與多媒體。這三個因子在實體與虛擬空間的媒材因子選擇時，不是相當低，就是沒有被受測者選擇。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[347]-[350]。但是，本研究的關鍵媒材因子並沒有互動這個因子，雖然僅出現於專業組受測者媒材因子選擇的第四個層級之中(表 20)。上述學者提出的互動觀念是指透過電腦介面進行人與人之間的溝通，進而產生所謂的線上虛擬社區、虛擬社群、新的自我、以及新的公共空間。Huang et al [351]亦指出數位連線空間中之空間互動(spatial interaction)有三個基本現象：人與人、人與空間、以及空間與空間。本研究則是專注於三類空間之間的空間與媒材因子互動研究，也就是空間與空間的現象，將受測者視為認知三類空間的介面，並且將互動視為數位設計媒材的主要特質之一。

第五、與其他兩類的數位設計媒材比較時，三維媒材因子是比較重要的(表 22)。例如，實體空間的媒材關鍵因子只有色彩是二維媒材，其他 6 個因子都是三維媒材。在虛擬空間之中，二維與三維的媒材因子明顯增加，例如屬於二維媒材的因子總共有 4 個，三維

媒材的因子有 7 個。在網際空間之中有 5 個二維媒材因子、6 個三維媒材因子、以及兩個動態媒材因子：超連結與多媒體。因此，二維數位設計媒材因子與三類空間的關係是依序增強的，在實體空間中只有一個關鍵媒材因子，虛擬空間中增加為 4 個，網際空間則有 5 個之多。其次，三維數位設計媒材因子與三類空間關係的強度幾乎是相同的，實體與網際空間的因子都是 6 個，虛擬空間則是 7 個。然而，動態數位設計媒材的因子只出現於網際空間之中。這個以三維媒材為主的現象與相關的研究成果是相符的。例如，Neto [352]在研究以數位設計媒材表現都市設計案時就指出，三維彩現圖像(3D rendered images)比單純的二維圖像以及電腦合成的圖像(photomontage)還要吸引受測者的注意力，不論是建築系的學生或者是非專業的學生。電腦三維模型(computer 3D model)也被認為是最具有影響力的呈現方式，不僅能夠啟動觀者的身體觸覺系統，也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[353]-[355]。另外，Dransch [356]認為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，三維彩線圖像可以同時達到視覺的思考與溝通的需求。

第六、三類空間的整體關鍵媒材因子是以表現空間的光線品質為主(表 22)。在三類空間的媒材關鍵因子相互比較時，實體空間的 7 個關鍵因子都出現於虛擬空間之中，其中多邊形僅出現於這兩類空間，不是網際空間的關鍵因子。實體與網際空間比較時，除了多邊形之外，實體空間的其他 6 個關鍵因子都出現在網際空間。虛擬與網際空間比較時有 10 個相同的因子，其中有 4 個因子只出現於這兩類空間之中，基本轉換、透明度、疊合、以及解析度。因此，去掉 3 個特有的與只出現兩次的 5 個因子之後，整體的關鍵數位設計媒材有 6 個，依照被選擇次數的總和依序為：光線、陰影、明暗、材質、色彩、以及光源。除了色彩是二維媒材因子之外，其他都是三維媒材的因子，沒有動態媒材因子。這些三維媒材的因子都跟表現空間的光線品質有關：光線、陰影、明暗、以及光源。Hanna & Barber [357]在探討電腦輔助設計軟體(CAD)作為唯一的設計工具時也指出，電腦媒材的使用對於光線的模擬以及日照的分析是有幫助的。

第七，本研究的研究成果不僅進一步指出三類媒材於三類空間之中的個別重要性，也同時發現三類媒材的共同關鍵因子以及因子之間的交互作用現象，實質的補充一些先前的研究理論內容。例如，Liu and Bai [358]提出以都市設計為案例的電腦化視覺影響評估設計程序，電腦媒材對於都市設計過程的瞭解與溝通有相當的幫助。這個研究將數位媒材畫分為五大類：電腦影像處理與合成圖(image processing and synthesis)、二維圖說(2D drawings)、電腦模型與彩現模擬圖(3D modeling and rendering)、電腦動畫(animation)、以及環場虛擬實境(QuickTime virtual reality)。但是該研究並沒有指出這些媒材類型的特質與構成因子，本研究進一步提出了三類媒材的關鍵因子以及因子之間的互動現象。其

次，Mahdjoubi & Wiltshire [359]的研究指出電腦媒材的模擬技術大量介入環境設計過程之後，需要一個評估與測試電腦視覺模擬的理論架構。他們以設計決策的品質(quality of design decisions)為主要的觀念，並以設計決策者(decision-maker)、設計工作(design tasks)、以及視覺呈現(visual representation)為核心的構成因子提出了理論架構。其中，視覺呈現規範了電腦視覺模擬的特性：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。本研究的研究成果實質的補充上述視覺呈現的內容。

### 4.3 空間與媒材因子之關聯比較分析

本研究中兩組受測者對於空間與數位設計媒材因子的關聯方面，實驗結果可以劃分為十一個到十六個層級不等，本研究將分析與討論前面八個層級的所有因子。在實驗結果的差別比較方面，同一個因子被兩組受測者選擇的次數之差別達到五次時，本研究就會進一步說明其現象。

#### 4.3.1 實體空間

##### 1. 空間因子

在實體空間的方面，空間因子的物件、建築實體、色彩、光影、與質感等 5 個因子是與媒材因子互動次數比較多的因子，最高的因子是非專業組的物件與光影，聲音與時間則是沒有互動的因子(圖 72)。如表 23 所示，非專業組前 8 個層級的因子包括 10 個因子，專業組也是有 10 個因子。去掉 4 個分別出現於兩組受測者的因子，表 23 中以粗體字表示的因子，非專業組的物件以及距離，專業組的透視與建築虛體，兩組受測者選擇的相同因子總共有 8 個，因此實體空間關鍵的空間互動因子依照互動次數總和的排序為：光影、建築實體、色彩、質感、表面、形狀、背景與圖案、方向。這些關鍵空間互動因子的關聯媒材因子都列在表 24。

如表 24 所示，關聯媒材因子最多的關鍵互動因子是建築實體以及背景與圖案，有 12 個之多，最少的關鍵互動因子是方向，只有 6 個。另外，每個關鍵互動因子所連接的關聯媒材因子因為被選擇次數的集中而形成了群組的關係，這些就是重要的關聯媒材因子，表 24 中以粗體字表示，本研究挑出被兩組受測者選擇 3 次以上的媒材因子作為重要的關聯媒材因子。例如光影的關聯媒材因子群組是由 4 個因子組成，光線、光源、陰影、以及明暗。建築實體的群組有光線、材質、色彩、以及陰影。色彩則有光線、材質、以及色彩。質感的重要關聯媒材因子是光線、材質、以及明暗。表面的群組有光線、材質、色彩、陰影、以及明暗。形狀是多邊形，方向則是基本轉換。背景與圖案的關聯媒材因子最多，但是沒有群組產生，這是因為兩組受測者的選擇完全沒有交集。

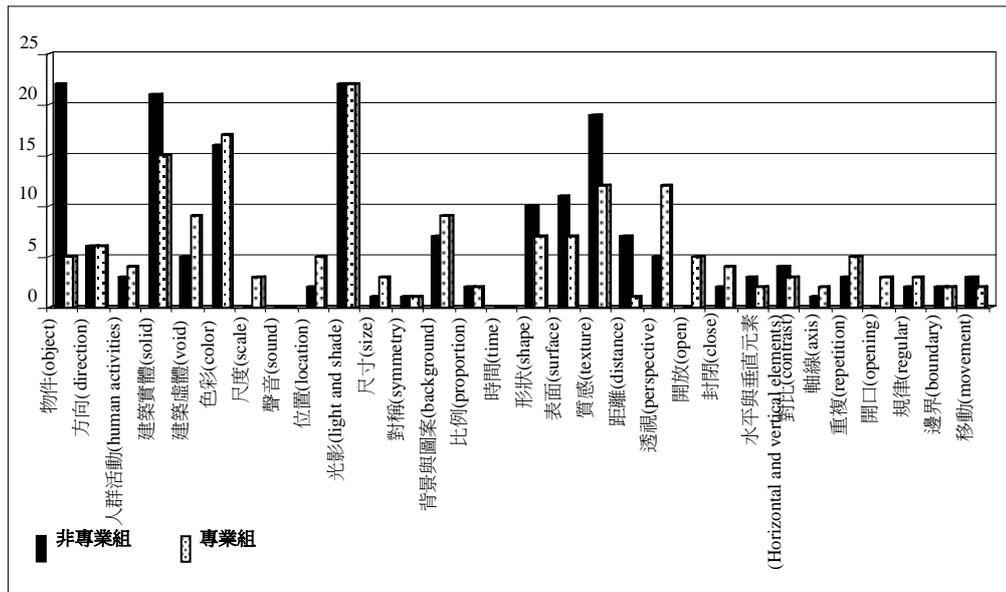


圖 72：空間因子互動之比較圖-實體空間。

表 23：實體空間之關鍵空間互動因子。

實體空間之空間因子互動	
非專業組	專業組
物件及光影、建築實體、質感、色彩、表面 形狀、方向、背景與圖案以及距離	光影、色彩、建築實體、質感、透視、 建築虛體以及背景與圖案、形狀、表面、方向
<b>關鍵的空間互動因子</b>	
光影、建築實體、色彩、質感、表面、形狀、背景與圖案、方向	

在實體空間的空間互動因子差別方面之比較，總共有 6 個因子之差別達到三次以上，包括物件、建築實體、質感、距離、透視、以及開放(圖 72)。非專業組的選擇次數比較多的是物件、建築實體、質感、以及距離。專業組的選擇次數比較多的是透視、以及開放。其中以物件的差異最大，有 17 次之多。其次是有 9 次差別的質感。接著有 7 次差別的透視。最後則是相差 6 次的、建築實體、距離、以及開放。除了建築實體以及質感兩個因子之外，物件、距離、透視、以及開放等四個因子都不是關鍵的空間互動因子。

表 24：關鍵空間互動因子關聯之媒材因子-實體空間。

空間互動因子	關聯之媒材因子																									
	光影	透明度		光線		色彩		遮罩		光源		陰影		明暗		對比										
非		專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專										
	1	0	3	6	3	0	1	0	3	6	4	6	7	3	0	1										
建築實體	解析度		透明度		光線		材質		色彩		光源		陰影		布林		多邊形		明暗		多媒體		沉浸			
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專
	1	0	1	0	4	2	4	3	3	2	3	0	1	3	1	0	2	1	2	0	1	0	1	0	1	0
實體色彩	透明度		光線		材質		色彩		濾鏡		對比		光源		貼圖		陰影		多邊形		明暗					
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專				
	1	1	5	2	3	2	3	6	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1		
質感	解析度		透明度		光線		材質		色彩		階調		陰影		光源		貼圖		明暗		算圖					
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專				
	1	0	1	0	5	1	8	5	1	0	1	0	1	0	0	1	0	2	1	2	0	1				
表面	光線		材質		色彩		陰影		多邊形		明暗		貼圖		互動											
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專										
	2	5	4	3	2	2	1	6	1	1	2	3	0	1	0	1										
形狀	疊合		光源		多邊形		布林		明暗		基本轉換		陰影		算圖											
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專										
	1	0	1	0	7	4	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1										
背景與圖案方向	解析度		疊合		光線		材質		色彩		濾鏡		圖層		陰影		光源		貼圖		明暗		資訊			
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專
	0	2	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	3	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
	光線		攝影機		基本轉換		光源		明暗		沉浸															
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專														
	0	3	3	0	1	2	0	1	1	0	1	0														

## 2.媒材因子

在數位設計媒材的互動因子方面，如圖 73 所示，光線、材質、色彩、光源、貼圖、多邊形、以及明暗是與空間因子互動比較頻繁的媒材因子，除了色彩是二維媒材之外，其他都是三維的媒材因子。最高的因子是專業組光線，剪輯、密集資訊、即時、音效、以及超連結等則是沒有互動的因子。在三類數位設計媒材之中，三維媒材因子的互動次數最高，其次是二維媒材因子，最後是動態媒材因子(圖 74)。三維媒材因子的光線是最高的因子，二維媒材因子是色彩，動態媒材因子則是攝影機與互動。

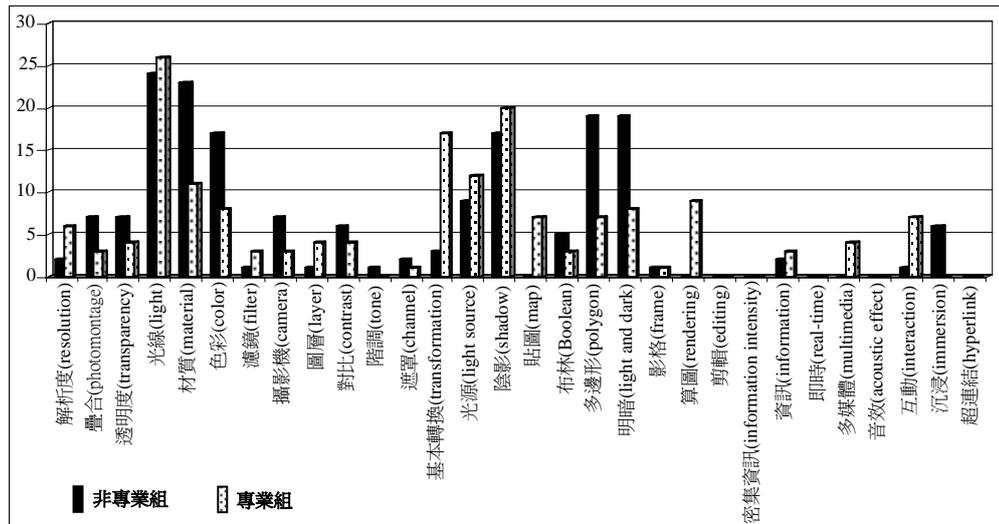


圖 73：媒材因子互動之比較圖-實體空間。

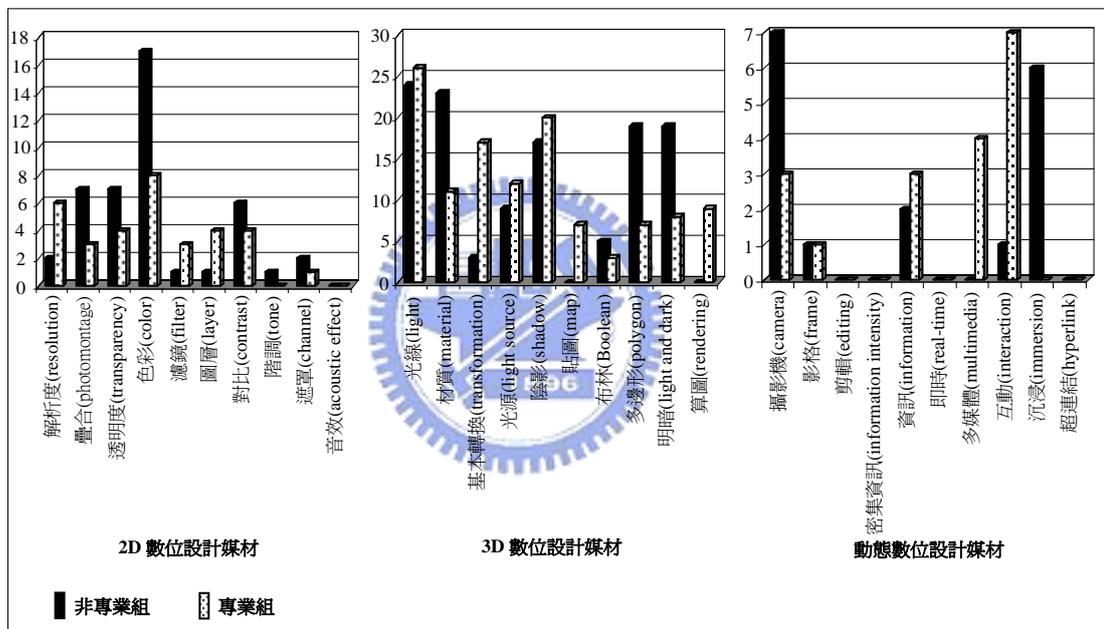


圖 74：三類媒材因子互動之比較圖-實體空間。

在實驗結果的差異比較方面，以互動次數最高的前五個因子做比較，實體空間的二維媒材與空間因子的互動關係，非專業組是色彩、透明度、疊合、對比、以及解析度(圖 74)，專業組是色彩、解析度、透明度、對比、以及圖層，因此兩組受測者有四個相同的因子：色彩、透明度、對比、以及解析度。其次，三維媒材與空間因子的互動關係時，非專業組的排序為：光線、材質、多邊形、明暗、與陰影，專業組的排序為：光線、陰影、基本轉換、光源、與材質，相同的因子是光線、陰影、與材質。最後，動態媒材與空間因子的互動關係時，非專業組的排序為：攝影機、沉浸、資訊、影格、以及互動，專業組的排序為：互動、多媒體、攝影機、資訊、以及影格，相同的因子是互動、攝影機、資訊、以及影格。

如表 25 所示，非專業組前 8 個層級的因子包括 13 個因子，專業組也是有 11 個因子。去掉 10 個分別出現於兩組受測者的因子，表 25 中以粗體字表示的因子，非專業組的疊合、透明度、攝影機、對比、沈浸、以及布林，專業組的基本轉換、算圖、貼圖、以及互動，兩組受測者選擇的相同因子總共有 7 個，因此實體空間關鍵的媒材互動因子依照互動次數總和的排序為：光線、陰影、材質、明暗、多邊形、色彩、光源。這些關鍵媒材互動因子的關聯空間因子都列在表 26。

表 25：實體空間之關鍵媒材互動因子。

實體空間之媒材因子互動	
非專業組	專業組
1.光線 2.材質 3.多邊形、明暗 4.色彩、陰影 5.光源 6.疊合、透明度、攝影機 7.對比、沈浸 8.布林	1.光線 2.陰影 3.基本轉換 4.光源 5.材質 6.算圖 7.色彩、明暗 8.貼圖、多邊形、互動
關鍵的媒材互動因子	
光線、陰影、材質、明暗、多邊形、色彩、光源	

如表 26 所示，關鍵媒材互動因子之中以陰影的關聯空間因子最多，有 15 個，但是其關聯空間因子的群組只有 4 個，物件、建築實體、光影、以及距離。其次是光線，有 14 個關聯空間因子，其群組是由 6 個因子組成，包括方向、建築實體、色彩、光影、表面、與質感。接著是明暗，雖然有 12 個關聯空間因子，但是其群組只有光影以及質感兩個因子。然後是多邊形，關聯空間因子只比明暗少一個，其群組卻有 3 個因子所構成，物件、建築實體、與形狀。下一個是光源，關聯空間因子只有光影一個。接下來的色彩有 4 個因子組成關聯空間因子的群組，物件、建築實體、色彩、及光影。最後是材質，雖然只有 6 個關聯空間因子，但是其群組卻有 5 個因子，包括物件、建築實體、色彩、表面、與質感。

表 26：關鍵媒材互動因子關聯之空間因子-實體空間。

媒材互動因子	關聯之空間因子																														
	光線	物件		方向		人群活動		建築實體		建築虛體		色彩		光影		背景與圖案		表面		質感		透視		開放		封閉		邊界			
非		專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專			
2		0	0	3	0	1	4	2	1	0	5	2	3	6	1	1	2	5	5	1	1	1	0	2	0	1	0	1			
陰影	物件		建築實體		建築虛體		色彩		位置		光影		背景與圖案		形狀		表面		質感		距離		透視		封閉		對比		開口		
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	
	3	1	1	3	0	2	1	0	1	1	4	6	1	0	0	1	1	0	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
材質	物件		建築實體		色彩		背景與圖案		表面		質感																				
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專																			
	3	1	4	3	3	2	1	0	4	0	8	5																			
明暗	物件		方向		建築實體		色彩		光影		背景與圖案		形狀		表面		質感		距離		透視		對比								
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專							
	1	0	1	0	2	0	1	1	7	3	1	0	1	0	2	0	1	2	1	0	1	0	0	1							
多邊形	物件		人群活動		建築實體		色彩		尺度		形狀		表面		水平與垂直元素		重複		規律		邊界										
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專									
	3	0	1	0	2	1	0	1	0	1	6	4	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0									
色彩	物件		建築實體		色彩		光影		背景與圖案		表面		質感		距離		對比														
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專													
	3	0	3	2	3	6	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0													
光源	方向		人群活動		建築實體		色彩		光影		背景與圖案		形狀		距離		質感		對比												
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專											
	0	1	0	1	2	0	1	1	2	6	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1											

### 3. 因子關聯群組

在因子互動群組的整體關聯性方面，非專業組在實體空間的關聯性群組比專業組多出一組。其次，非專業組在有 9 個重複的群組，專業組則只有 3 個。另外，兩組受測者的結果都沒有相同的關聯性群組出現。接著，群組的構成方面，非專業組都是以三個因子組成：兩個空間因子與一個媒材因子，專業組只有一組是以三個因子組成，其他兩組是由兩個空間因子與兩個媒材因子組成。最後，非專業組重複出現的關聯性群組之中空間因

子最多的是物件，專業組都只出現一次，非專業組的媒材因子出現最多的是多邊形，專業組則是材質。

在因子互動群組的局部關聯性方面，非專業組在實體空間之同組因子的關聯性分析時，空間因子呈現出 24 組有關聯的群組，專業組只有 20 組，兩組受測者只有一個群組相同。非專業組的媒材因子有 12 組，專業組則是 7 組，沒有重複的群組。其次，非專業組的空間因子有 11 個因子是中介因子，專業組只有 5 個，重複的因子是質感與光影。非專業組的媒材因子有 15 個因子是中介因子，專業組也是有 15 個，前面 5 個共同最高的因子是光線、材質、陰影、多邊形、與色彩。因此，由媒材因子所中介的空間因子關聯群組比較多，由空間因子所中介的媒材因子關聯群組比較少。

#### 4. 因子關聯訪談

由兩組受測者的訪談內容可以得知，空間因子與媒材因子的互動大致可以歸納出下列幾個相同的因素。第一，直接說明兩組因子的關聯性，沒有敘述原因，例如媒材因子對空間因子有很大的影響。第二，直接的必然關係，例如空間與媒材因子是當然的構成關係。第三，看到空間因子之後就直接聯想到媒材因子的特質。第四，媒材因子的一些特質共同建構空間因子。在不同的因素方面，非專業組是第一，媒材因子是空間因子本身應該有的特質。第二，媒材因子是形成空間因子的真實感與質感的重要元素。第三，媒材因子的效果越好，空間因子的感覺就越好。專業組是第一，將空間與媒材因子的關聯性視為空間感的形成過程。第二，媒材因子表現空間因子的特質與真實感。第三，以相互影響的觀點說明空間與媒材因子的關係。第四，空間因子本身的與其他媒材因子的特質共同建立關聯性。第五，以視覺原理說明空間與媒材之相關性。

#### 4.3.2 虛擬空間

##### 1. 空間因子

空間因子的物件、建築實體、色彩、與光影等 4 個因子是與媒材因子互動次數比較多的因子，最高的因子是非專業組的物件，聲音則是沒有互動的因子(圖 75)。如表 27 所示，非專業組前 8 個層級的因子包括 10 個因子，專業組也是有 11 個因子。去掉 5 個分別出現於兩組受測者的因子，表 27 中以粗體字表示的因子，非專業組的位置以及方向，專業組的質感、表面與、距離，兩組受測者選擇的相同因子總共有 8 個，因此虛擬空間關鍵的空間互動因子依照互動次數總和的排序為：物件、光影、建築實體、色彩、建築虛體、形狀、透視、以及背景與圖案。這些關鍵空間互動因子的關聯媒材因子都列在表 28

之中。

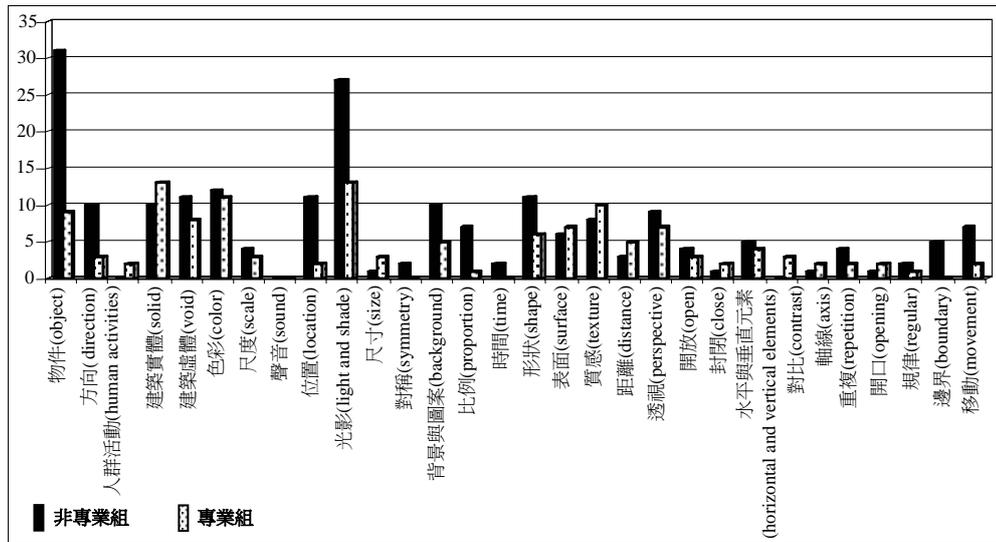


圖 75：空間因子互動之比較圖-虛擬空間。

表 27：虛擬空間之關鍵空間互動因子。

虛擬空間之空間因子互動	
非專業組	專業組
1.物件 2.光影 3.色彩 4.建築虛體 5.位置 6.形狀 7.方向、建築實體、背景與圖案 8.透視	1.建築實體、光影 2.色彩 3.質感 4.物件 5.建築虛體 6.表面、透視 7.形狀 8.背景與圖案、距離
關鍵的空間互動因子	
物件、光影、建築實體、色彩、建築虛體、形狀、透視、背景與圖案	

在空間互動因子差別方面之比較，總共有 9 個因子之差異達到 3 次以上，包括物件、方向、位置、光影、背景與圖案、比例、形狀、邊界、以及移動，非專業組的互動次數都比專業組高(圖 75)。這些因子之中以物件的差異最大，有 20 次之多，這個結果與實體空間的實驗相同。其次是光影，也有 14 次。接著依序是位置、方向、比例、背景與圖案、形狀、邊界、以及移動。這些因子當中有 4 個是關鍵的空間互動因子，光影、方向、背景與圖案、與形狀。

如表 28 所示，關聯媒材因子最多的關鍵互動因子是物件，有 17 個之多，最少的關鍵互動因子是背景與圖案，只有 7 個。關聯媒材因子群組之構成因子最多的是光影，由 5 個因子組成，光線、色彩、光源、陰影、以及明暗。其次是物件與建築實體的群組，物件有疊合、材質、色彩、與基本轉換等四個關聯媒材因子，建築實體則有光線、材質、色彩、以及陰影等。接下來是色彩，包括光線、色彩、以及階調。接著是透視以及背景與

圖案，分別有兩個重要的關聯媒材因子，透視是透明度與基本轉換，背景與圖案是疊合與貼圖。最後是建築虛體與形狀，都只有一個重要的關聯媒材因子，分別是透明度與多邊形。

表 28：關鍵空間互動因子關聯之媒材因子-虛擬空間。

空間互動因子	關聯之媒材因子																																			
	解析度		疊合		透明度		光線		材質		色彩		圖層		對比		階調		遮罩		基本轉換		光源		陰影		布林		多邊形		明暗		貼圖			
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專		
物件	0	2	3	0	1	0	2	0	3	2	3	2	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	1	0	3	0	3	0	4	0	2	0	0	1		
光影	透明度		光線		材質		色彩		對比		階調		光源		陰影		貼圖		明暗																	
	2	0	7	4	0	1	1	2	1	0	1	0	6	1	6	3	1	0	2	2																
建築實體	疊合		透明度		光線		材質		色彩		基本轉換		陰影		光源		多邊形		明暗		沉浸															
	1	0	1	0	1	3	2	3	0	3	0	1	0	3	1	0	2	0	1	0	1	0														
色彩	透明度		光線		材質		色彩		對比		階調		遮罩		明暗		貼圖																			
	2	0	0	3	1	1	3	5	1	0	2	1	1	0	2	0	0	1																		
建築虛體	解析度		疊合		透明度		圖層		光線		材質		色彩		遮罩		基本轉換		貼圖		算圖		多邊形		資訊		沉浸									
	0	2	1	0	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	2	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0								
形狀	疊合		色彩		對比		基本轉換		貼圖		陰影		布林		多邊形																					
	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	7	3																				
透視	透明度		攝影機		圖層		陰影		明暗		算圖		基本轉換		光源		資訊																			
	3	1	0	2	1	1	0	1	0	1	0	1	3	0	1	0	1	0																		
背景與圖案	解析度		疊合		透明度		色彩		圖層		貼圖		明暗																							
	2	0	2	1	2	0	1	0	0	2	2	2	1	0																						

## 2.媒材因子

在虛擬空間的媒材因子互動方面，如圖 76 所示，媒材因子的透明度、光線、材質、色彩、基本轉換、以及多邊形等之互動比較頻繁，除了透明度與色彩是二維媒材因子之外，其他都是三維媒材因子，最高的因子是非專業組的基本轉換，濾鏡、密集資訊、即時、以及超連結等則是沒有互動。以三類媒材因子之比較而言，三維媒材之互動最高，其次是二維媒材，最低的是動態媒材(圖 77)。二維媒材因子之中以色彩之互動性最高，三維

媒材是基本轉換，動態媒材則是資訊。

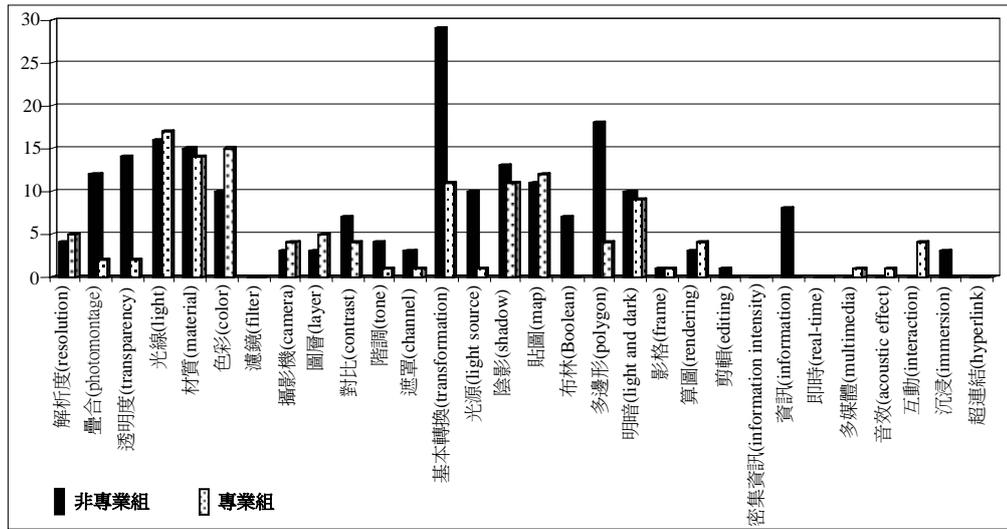


圖 76：媒材因子互動之比較圖-虛擬空間。

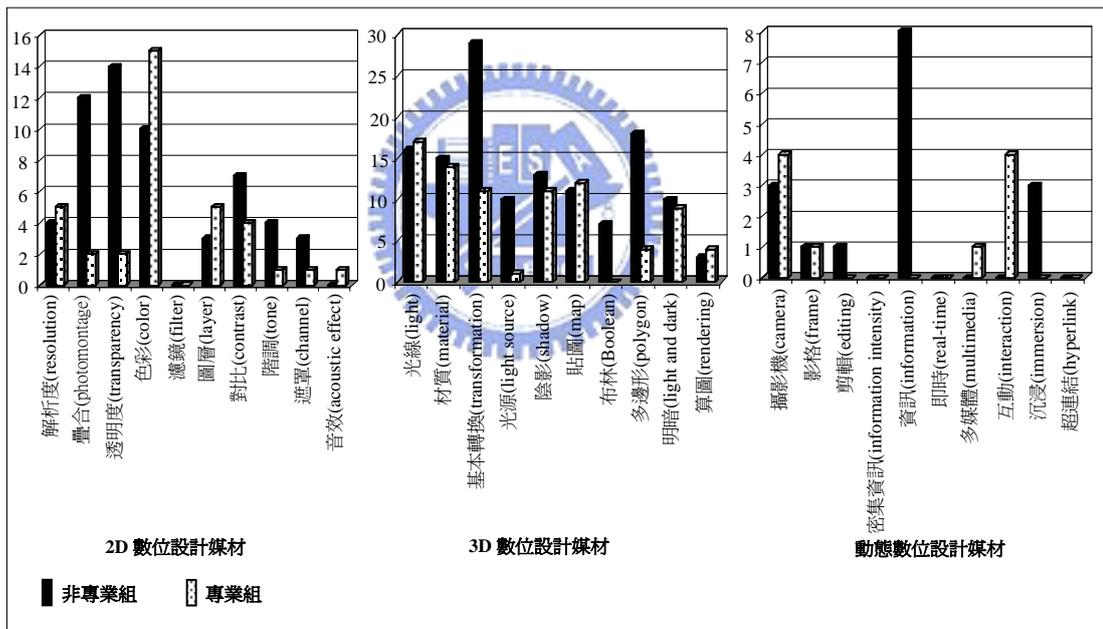


圖 77：三類媒材因子互動之比較圖-虛擬空間。

在實驗結果的差異比較方面，以互動次數最高的前五個因子做比較，虛擬空間與二維媒材之關係，非專業組是透明度、疊合、色彩、對比、與解析度(圖 77)，專業組是色彩、解析度、圖層、對比、與透明度，因此兩組受測者有四個相同的因子：色彩、透明度、解析度、與對比。其次，虛擬空間與三維媒材之關係時，非專業組的排序為：基本轉換、多邊形、光線、材質、與陰影，專業組的排序為：光線、材質、貼圖、基本轉換、與陰影，相同的因子是基本轉換、光線、材質、與陰影。最後，虛擬空間與動態媒材之關係時，非專業組的排序為：資訊、攝影機、沉浸、影格、與剪輯，專業組的排序為：攝影

機、互動、影格、與多媒體，相同的因子是攝影機與影格。

如表 29 所示，非專業組前 8 個層級的因子包括 8 個因子，專業組也有 11 個因子。去掉 9 個分別出現於兩組受測者的因子，表 29 中以粗體字表現的因子，非專業組的多邊形、透明度、與疊合，專業組的色彩、明暗、解析度、圖層、背景與圖案、以及距離，兩組受測者的共同因子總共有 5 個，因此虛擬空間關鍵的媒材互動因子依照互動次數總合的排序為：基本轉換、光線、材質、陰影、以及貼圖。這些關鍵媒材互動因子的關聯空間因子都列在表 30 之中。

表 29：虛擬空間之關鍵媒材互動因子。

虛擬空間之媒材因子互動	
非專業組	專業組
1. 基本轉換 2. <b>多邊形</b> 3. 光線 4. 材質 5. <b>透明度</b> 6. 陰影 7. <b>疊合</b> 8. 貼圖	1.光線 2. <b>色彩</b> 3.材質 4.貼圖 5.基本轉換、陰影 6. <b>明暗</b> 7. <b>解析度、圖層</b> 8. <b>背景與圖案、距離</b>
關鍵的媒材互動因子	
基本轉換、光線、材質、陰影、貼圖	

如表 30 所示，關鍵媒材互動因子之中以基本轉換的關聯空間因子最多，有 16 個，其關聯空間因子的群組也有 7 個，物件、方向、建築虛體、位置、透視、水平與垂直元素、規律、以及移動。其次是光線，有 15 個關聯空間因子，但是其群組只有 4 個因子組成，包括方向、建築實體、色彩、與光影。接著是材質，有 8 個關聯空間因子，但是其群組由 4 個因子組成，物件、建築實體、表面、以及質感。下一個是陰影，有 11 個關聯空間因子只有光影一個，其群組只有 3 個因子，物件、建築實體、以及光影。最後是貼圖，雖然有 15 個關聯的空間因子，其群組卻只有兩個因子，表面與質感。

表 30：關鍵媒材互動因子關聯之空間因子-虛擬空間。

媒材互動因子	關聯之空間因子																															
	基本轉換	物件	方向	建築實體		建築虛體		位置		形狀		比例		透視		開放	封閉	水平與垂直元素		軸線	重複	開口	規律		移動							
非		專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專						
2		1	5	0	0	1	2	1	3	1	0	1	2	0	3	0	1	0	1	0	2	1	1	1	1	0	0	1	2	1	4	2
光線	物件	方向	建築實體		建築虛體		色彩		尺度		位置		光影		表面	質感	距離	尺寸	開放	封閉												
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專				
	2	0	1	2	1	2	0	1	0	3	0	1	1	0	7	4	1	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	1				
材質	物件	方向	建築實體		建築虛體		色彩		光影		表面		質感																			
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專				
	3	2	1	0	2	3	0	1	1	1	0	1	3	3	5	3																
陰影	物件	方向	建築實體		尺度		位置		光影		時間		形狀		表面	距離	透視															
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專				
	3	0	0	1	0	3	0	1	1	1	6	3	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1										
貼圖	物件	建築虛體	色彩		背景與圖案		尺度		光影		比例		時間		形狀		表面	質感	距離	重複	移動											
	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專	非	專		
	0	1	1	0	0	1	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	4	0	1	1	1	0	1	0				

### 3. 因子關聯群組

在因子互動群組的整體關聯性方面，專業組在虛擬空間的關聯性群組比非專業組多出 4 組。其次，非專業組在有 4 個重複的群組，專業組則只有 3 個。另外，兩組受測者的結果都沒有相同的關聯性群組出現。接著，群組的構成方面，兩組受測者都是以三個因子組成：兩個空間因子與一個媒材因子。最後，非專業組重複出現的關聯性群組之中空間因子最多的是物件與方向，專業組是色彩，非專業組的媒材因子出現最多的是基本轉換，專業組都只出現一次。

在因子互動群組的局部關聯性方面，非專業組的空間因子呈現出 23 組有關聯的群組，專業組只有 20 組，兩組受測者只有 2 個群組相同。非專業組的媒材因子有 9 組，專業組則是 6 組，沒有重複的群組。其次，非專業組的空間因子有 16 個因子是中介因子，專業組只有 6 個，重複的因子是建築實體、色彩、光影、背景與圖案、時間、與質感。非專業組的媒材因子有 19 個因子是中介因子，專業組也是有 12 個，前面 5 個共同最高的因子是基本轉換、光線、陰影、材質、與色彩。因此，由媒材因子所中介的空間因子關聯群組比較多，由空間因子所中介的媒材因子關聯群組比較少。

## 4. 因子關聯訪談

由兩組受測者的訪談內容可以得知，空間因子與媒材因子的互動大致可以歸納出下列幾個相同的因素。第一，直接說明兩組因子的關聯性，沒有敘述原因，例如空間因子與媒材因子有很大的關聯性。第二，直接的必然關係，例如空間與媒材因子有絕對的關係。第三，看到空間因子之後就直接聯想到媒材因子的特質。第四，媒材因子的一些特質共同建構空間因子。在不同的因素方面，非專業組是第一，媒材因子是空間因子的基本組成。第二，媒材因子的效果越好，空間因子就越容易被感知。第三，空間與媒材因子的關係是直覺上的反應。第四，將兩組因子以出現的順序或產生的過程說明關聯性。專業組是第一，類比實體空間的現象說明空間與媒材因子的關係。第二，成群組的媒材因子特質與空間因子有關，但是指出最關鍵的一個因子。第三，媒材因子表現空間因子的特質。第四，媒材因子包含在空間因子之中。

### 4.3.3 網際空間

#### 1. 空間因子

空間因子的物件、光影、聲音、建築虛體、以及背景與圖案等 5 個因子是與媒材因子互動次數比較多的因子，最高的因子是非專業組的物件以及專業組的光影，對稱、比例、與軸線則是沒有互動的因子(圖 78)。如表 31 所示，非專業組前 8 個層級的因子包括 9 個因子，專業組也是有 11 個因子。去掉 4 個分別出現於兩組受測者的因子，表 31 中以粗體字表示的因子，非專業組的建築虛體，專業組的建築實體、表面、與重複，兩組受測者選擇的相同因子總共有 8 個，因此虛擬空間關鍵的空間互動因子依照互動次數總和的排序為：光影、物件、聲音、色彩、背景與圖案、透視、質感、以及移動。這些關鍵空間互動因子的關聯媒材因子都列在表 32 之中。

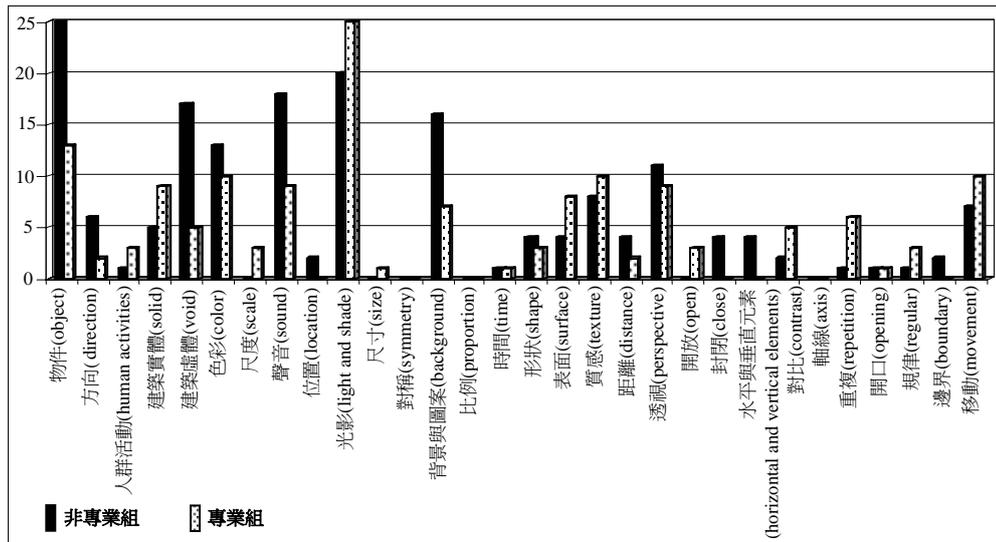


圖 78：空間因子互動之比較圖-網際空間。

表 31：網際空間之關鍵空間互動因子。

網際空間之空間因子互動	
非專業組	專業組
1.物件	1.光影
2.光影	2.物件
3.聲音	3.質感
4.建築虛體	4.色彩、透視、移動
5.背景與圖案	5.建築實體、聲音
6.色彩	6.表面
7.質感、透視	7.背景與圖案
8.移動	8.重複
<b>關鍵的空間互動因子</b>	
光影、物件、聲音、色彩、背景與圖案、透視、質感、移動	

在空間互動因子差別方面之比較，總共有 12 個因子之差異達到 3 次以上，包括物件、方向、建築實體、建築虛體、聲音、光影、背景與圖案、表面、開放、封閉、水平與垂直元素、以及重複 (圖 78)。這些因子之中以物件與建築虛體的差異最大，有 12 次之多。其次是聲音以及背景與圖案，也有 9 次。接著依序是光影、重複、方向、表面、開放、封閉、以及水平與垂直元素。這些因子當中有 4 個是關鍵的空間互動因子，光影、物件、聲音、以及背景與圖案。

如表 32 所示，關聯媒材因子最多的關鍵互動因子是物件，有 16 個之多，最少的關鍵互動因子是聲音，只有 6 個。關聯媒材因子群組之構成因子最多的也是物件，由 7 個因子組成，疊合、透明度、材質、色彩、基本轉換、多邊形、以及超連結。其次是光影與聲音的群組，光影有光線、光源、陰影、與明暗等四個關聯媒材因子，聲音則有即時、多媒體、音效、以及互動等。接下來是色彩、背景與圖案、透視、與移動，色彩包括光線、材質、以及色彩，背景與圖案有圖層、貼圖、與貼圖，透視是攝影機、陰影、以及明暗，移動則是基本轉換、互動、與超連結。最後是質感，有兩個重要的關聯媒材因子，材質

與貼圖。

表 32：關鍵空間互動因子關聯之媒材因子-網際空間。

空間互動因子		關聯之媒材因子																																
		解析度	透明度	疊合	光線	材質	色彩	階調	光源	陰影	明暗																							
光影	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
		0	1	0	2	1	0	7	7	0	3	0	1	1	0	6	5	2	3	3	3													
物件	解析度	疊合	透明度	光線	材質	色彩	圖層	階調	遮罩	基本轉換	陰影	多邊形	明暗	互動	沉浸	超連結																		
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	1	1	2	1	1	3	0	1	4	2	2	1	1	0	1	0	1	0	1	2	2	0	1	2	2	0	2	0	2	0	1	0	3	0
聲音	即時	多媒體	音效	互動	沉浸	超連結																												
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	1	2	4	1	7	6	3	0	1	0	2	0																						
色彩	解析度	透明度	光線	材質	色彩	濾鏡	圖層	階調	明暗																									
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	1	1	1	0	4	2	1	3	2	4	1	0	1	0	1	0	1	0																
背景與圖案	解析度	疊合	透明度	材質	色彩	圖層	遮罩	陰影	貼圖	明暗	多媒體																							
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	4	0	1	0	1	0	2	3	4	0	1	0												
透視	透明度	攝影機	圖層	光線	光源	陰影	明暗	影格																										
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	0	1	0	3	0	1	1	0	1	0	1	2	1	2	1	0																		
質感	解析度	光線	材質	階調	貼圖	明暗	算圖																											
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	1	1	0	1	3	3	1	0	0	3	1	1	0	1																				
移動	光線	攝影機	光源	明暗	多媒體	沉浸	基本轉換	互動	超連結																									
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專														
	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	3	0	3	0	4																

## 2.媒材因子

在網際空間的媒材因子互動方面，如圖 79 所示，媒材因子的光線、材質、明暗、光源、陰影、以及音效等之互動比較頻繁，除了音效是二維媒材因子之外，其他都是三維媒材因子，最高的因子是非專業組的光線，布林以及剪輯則是沒有互動的因子。以三類媒材因子之比較而言，三維媒材之互動最高，其次是二維媒材，最低的是動態媒材(圖 80)。二維媒材因子之中以音效之互動性最高，最低的則是濾鏡。三維媒材是光線最高，布林沒有互動。動態媒材則是超連結最高，剪輯沒有互動。

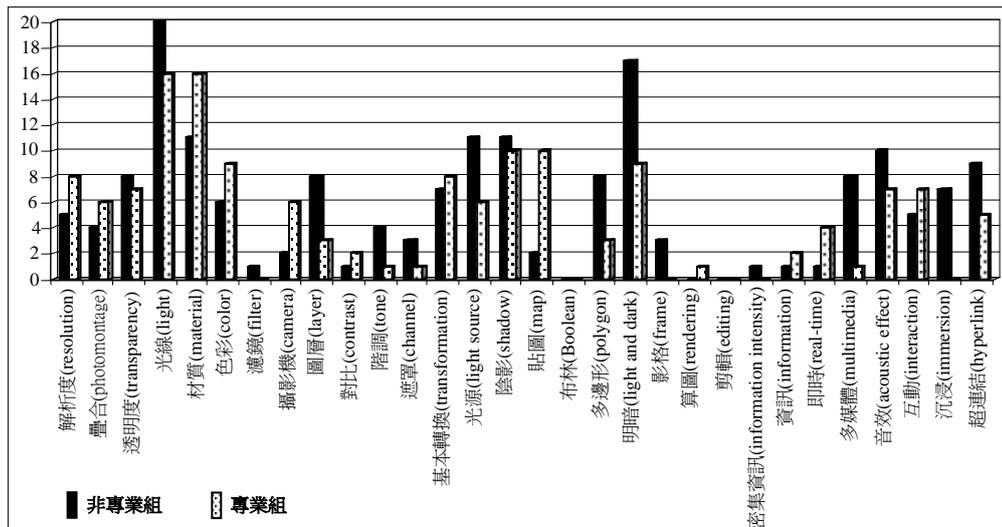


圖 79：媒材因子互動之比較圖-網際空間。

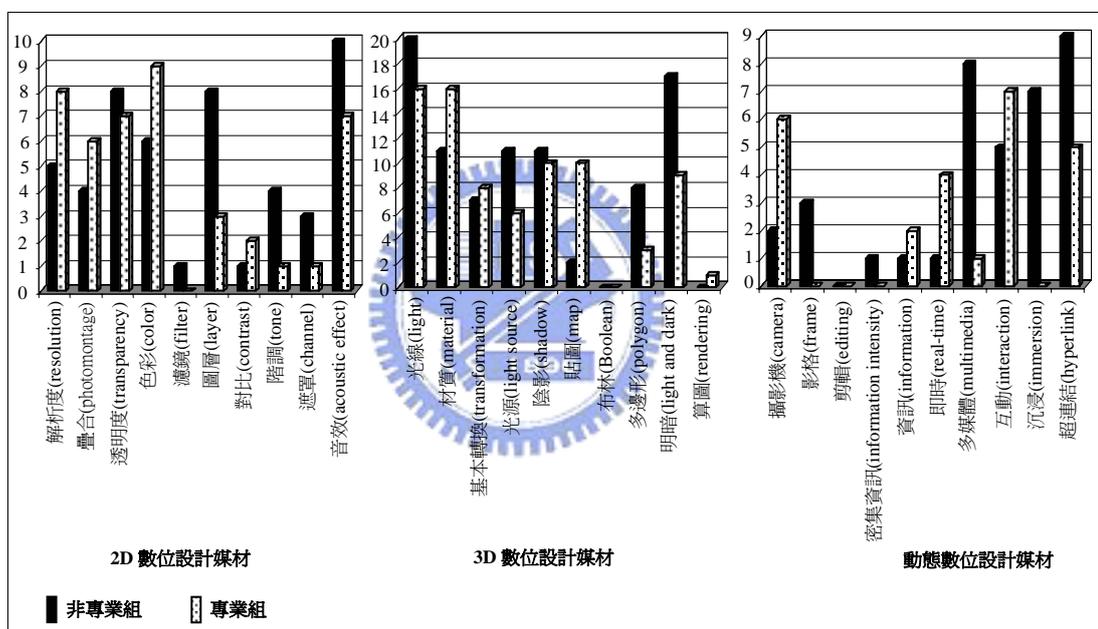


圖 80：三類媒材因子互動之比較圖-網際空間。

在實驗結果的差異比較方面，以互動次數最高的前五個因子做比較，網際空間與二維媒材之互動關係，非專業組的是音效、透明度、圖層、色彩、與解析度(圖 80)，專業組是色彩、解析度、音效、透明度、與疊合，兩組受測者共同的因子則是音效、透明度、色彩、與解析度。其次，網際空間與三維媒材之關係時，非專業組的排序為：光線、明暗、材質、光源、與陰影，專業組是光線、材質、陰影、貼圖、與明暗，相同的因子是光線、陰影、明暗、與材質。最後，網際空間與動態媒材之關係時，非專業組的排序為：超連結、多媒體、沉浸、互動、與影格，專業組是互動、攝影機、超連結、即時、與資訊，相同的因子是超連結與互動。

如表 33 所示，非專業組前 8 個層級的因子包括 14 個因子，專業組也有 16 個因子。去掉 10 個分別出現於兩組受測者的因子，表 33 中以粗體字表現的因子，非專業組的圖層、多邊形、多媒體、與沉浸，專業組的貼圖、解析度、互動、疊合、攝影機、以及即時，兩組受測者的共同因子總共有 10 個，因此網際空間關鍵的媒材互動因子依照互動次數總合的排序為：光線、材質、明暗、陰影、光源、音效、透明度、色彩、基本轉換、超連結。這些關鍵媒材互動因子的關聯空間因子都列在表 34 之中。

表 33：網際空間之關鍵媒材互動因子。

網際空間之媒材因子互動	
非專業組	專業組
1.光線	1.光線、材質
2.明暗	2.陰影、 <b>貼圖</b>
3.材質、光源、陰影	3.色彩、明暗
4.音效	4. <b>解析度</b> 、基本轉換
5.超連結	5.透明度、音效、 <b>互動</b>
6.透明度、 <b>圖層、多邊形、多媒體</b>	6. <b>疊合、攝影機</b> 、光源
7.基本轉換、 <b>沉浸</b>	7.超連結
8.色彩	8. <b>即時</b>
關鍵的媒材互動因子	
光線、材質、明暗、陰影、光源、音效、透明度、色彩、基本轉換、超連結	

如表 34 所示，網際空間之關鍵媒材互動因子中以明暗的關聯空間因子最多，有 13 個，但是其關聯空間因子的群組只有 3 個，光影、背景與圖案、以及透視。其次是光線，有 12 個關聯空間因子，其群組也只有 3 個因子組成，包括色彩、光影、與質感。下一個是陰影，有 11 個關聯空間因子，其群組只有兩個個因子，光影與透視。接著是材質，有 8 個關聯空間因子，但是其群組由 5 個因子組成，物件、色彩、光影、表面、以及質感。其次是光源、色彩、與超連結，光源的關聯空間因子只有光影一個，色彩是物件與色彩，超連結則有物件與移動。接著是透明度與基本轉換，透明度有 3 個關聯空間因子，物件、建築虛體、以及光影，基本轉換也有 3 個因子，物件、方向、與移動。最後是音效，只有聲音一個關聯的空間因子。

表 34：關鍵媒材互動因子關聯之空間因子-網際空間。

媒材互動因子	關聯之空間因子																								
	光線	物件	方向	建築實體	建築虛體	色彩	光影	時間	表面	質感	透視	對比	移動												
非專		專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
0		1	0	1	0	1	2	0	4	2	7	7	0	1	1	1	2	1	1	0	1	0	1	0	
材質	物件	建築實體	建築虛體	色彩	光影	背景與圖案	表面	質感																	
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專											
	4	2	0	2	2	0	1	3	0	3	0	1	1	2	3	3									
明暗	物件	建築虛體	色彩	光影	背景與圖案	表面	質感	距離	透視	開放	對比	封閉	水平與垂直元素												
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	2	0	1	0	1	0	3	3	4	0	1	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0	2	1	0	1
陰影	物件	建築實體	建築虛體	光影	背景與圖案	表面	距離	尺寸	形狀	透視	封閉														
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	2	0	0	1	1	1	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	2	1	2	1	0			
光源	建築實體	光影	距離	透視	封閉	水平與垂直元素	移動																		
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	0	1	6	7	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0									
音效	建築虛體	聲音	重複	規律																					
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	1	0	7	7	1	1	1	0																	
透明度	物件	建築虛體	光影	背景與圖案	透視																				
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	1	3	2	1	1	2	1	0	0	1															
色彩	物件	建築實體	建築虛體	色彩	光影	背景與圖案	對比																		
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	2	1	0	1	1	0	2	4	0	1	1	1	0	1											
基本轉換	物件	方向	建築虛體	位置	移動																				
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	1	2	3	1	1	0	2	0	0	3															
超連結	物件	建築實體	建築虛體	聲音	開口	重複	移動																		
	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專	非專	專							
	3	0	1	0	2	0	2	0	1	0	0	1	0	4											

### 3. 因子關聯群組

在因子互動群組的整體關聯性方面，專業組在網際空間的關聯性群組比非專業組多出一組。其次，非專業組只有一個重複的群組，專業組則只有 2 個。另外，兩組受測者的結果都沒有相同的關聯性群組出現。接著，群組的構成方面，兩組受測者都是以三個因子組成：兩個空間因子與一個媒材因子。最後，兩組的空間因子都只是出現一次，非專業組的媒材因子也只出現一次，專業組是材質重複出現。

在因子互動群組的局部關聯性方面，非專業組的空間因子呈現出 19 組有關聯的群組，專業組只有 15 組，兩組受測者只有一個群組相同。非專業組的媒材因子有 11 組，專業組則是 13 組，沒有重複的群組。其次，非專業組的空間因子有 13 個因子是中介因子，專業組只有 10 個，超過兩次以上的重複因子是光影以及背景與圖案。非專業組的媒材因子有 17 個因子是中介因子，專業組也是有 14 個，前面 5 個共同最高的因子是光線、光源、材質、色彩、與明暗。因此，由媒材因子所中介的空間因子關聯群組比較多。

### 4. 因子關聯訪談

由兩組受測者的訪談內容可以得知，空間因子與媒材因子的互動大致可以歸納出下列幾個相同的因素。第一，直接說明兩組因子的關聯性，沒有敘述原因，例如空間因子與媒材因子是有關係的。第二，直接的必然關係，例如空間與媒材因子有直接的關係。第三，看到空間因子之後就直接聯想到媒材因子的特質。第四，以網際空間的使用經驗說明空間與媒材因子的關聯性。在不同的因素方面，非專業組是第一，媒材因子的一些特質共同建構空間因子。第二，媒材因子表現空間因子的特質。第三，媒材因子及時反應空間因子的特性。專業組是第一，成群組的媒材因子特質共同建構空間因子的特性。第二，媒材因子表現空間因子的特質。第三，空間因子本身的特質產生相對應的媒材因子。第四，媒材因子的效果好空間因子的特質也相對的好。第五，媒材因子的功能形成空間因子的特性。

#### 4.3.4 討論

本研究在空間與數位設計媒材因子之關聯比較分析發現以下的幾個現象：

第一、除了整體之關鍵空間互動因子之外，每個空間型態以及空間型態成對比較時都有其特定的關鍵空間互動因子。如表 35 所示，實體空間的表面與方向兩個空間因子沒有出現在其他兩類空間型態之中，虛擬空間是建築虛體，網際空間則是聲音與移動，這些因子也都是該類空間型態的關鍵空間因子，亦即被選擇次數比較高的因子(參閱表 22)。在兩類空間型態成對比較時，實體與虛擬空間的特有共同關鍵空間互動因子是建築實體

與形狀，實體與網際空間比較時是質感，虛擬與網際空間則是物件與透視，這些因子也是兩類空間型態共同的關鍵空間因子。三類空間整體比較時的關鍵空間互動因子是光影、色彩、以及背景與圖案，除了背景與圖案之外，其他兩個因子都是整體的關鍵空間因子。

表 35：三類空間型態整體之關鍵空間互動因子比較。

空間型態		
實體空間	虛擬空間	網際空間
光影、建築實體、色彩、質感、 表面、形狀、背景與圖案、方向	物件、光影、建築實體、 色彩、建築虛體、形狀、 透視、背景與圖案	光影、物件、聲音、色彩、透視 背景與圖案、質感、移動
實體 vs. 虛擬	實體 vs. 網際	虛擬 vs. 網際
光影、建築實體、色彩、形狀、 背景與圖案	光影、色彩、背景與圖案、 質感	物件、光影、色彩、透視、 背景與圖案
<b>整體之關鍵空間互動因子 (實體+虛擬+網際)</b>		
光影、色彩、背景與圖案		

第二、關鍵空間互動因子的關聯媒材因子都呈現出群組的關係，並非單一的關係。如表 36 所示，每個關鍵空間互動因子在三類空間之中都有呈現出群組關係的關聯媒材因子，並且都是由 7 個以上的媒材因子所組成。例如關鍵空間互動因子的光影在實體空間時，其關聯媒材因子有 8 個，二維媒材因子是以色彩類的因子為主：色彩、遮罩、與對比，遮罩是特有的因子，以及與質感有關的透明度。三維媒材因子則是與光線品質有關的因子為主：光線、光源、陰影、與明暗。在虛擬空間時，其特有關聯媒材因子是三維的貼圖，網際空間時則是二維的解析度與疊合。其次，關鍵空間互動因子的色彩在實體空間時有 11 個關聯媒材因子，二維媒材因子是以色彩類的因子為主：色彩、濾鏡、與對比，以及與質感有關的透明度。三維媒材因子則是以光線品質以及質感有關的因子為主：光線、光源、陰影、明暗，以及材質、貼圖、多邊形，其特有關聯媒材因子是三維的多邊形。在虛擬空間時，其特有關聯媒材因子是二維的遮罩，網際空間時則是二維的解析度與圖層。最後，關鍵空間互動因子的背景與圖案在實體空間時有 12 個關聯媒材因子，二維媒材因子就有 5 個，三維媒材因子仍然是以光線品質以及質感有關的因子為主，特有關聯媒材因子有二維的濾鏡、三維的光線與光源、以及動態的資訊。在虛擬空間時沒有特定的關聯媒材因子，網際空間的特有關聯媒材因子是二維的遮罩與動態的因子多媒體。

表 36：關鍵空間互動因子之關聯媒材因子比較。

關鍵空間互動因子	關聯之媒材因子		
	實體空間	虛擬空間	網際空間
光影	透明度(2D)、光線、色彩(2D)、遮罩(2D)、光源、陰影、明暗、對比(2D)	透明度(2D)、光線、材質、色彩(2D)、對比(2D)、階調(2D)、光源、陰影、貼圖、明暗	解析度(2D)、透明度(2D)、疊合(2D)、光線、材質、色彩(2D)、階調(2D)、光源、陰影、明暗
色彩	透明度(2D)、光線、材質、色彩(2D)、濾鏡(2D)、對比(2D)、光源、貼圖、陰影、多邊形、明暗	透明度(2D)、光線、材質、色彩(2D)、對比(2D)、階調(2D)、遮罩(2D)、明暗、貼圖(2D)	解析度(2D)、透明度(2D)、光線、材質、色彩(2D)、濾鏡(2D)、圖層(2D)、階調(2D)、明暗
背景與圖案	解析度(2D)、疊合(2D)、光線、材質、色彩(2D)、濾鏡(2D)、圖層(2D)、陰影、光源、貼圖、明暗、資訊(DD)	解析度(2D)、疊合(2D)、透明度(2D)、色彩(2D)、圖層(2D)、貼圖、明暗	解析度(2D)、疊合(2D)、透明度(2D)、材質、色彩(2D)、圖層(2D)、遮罩(2D)、陰影、貼圖、明暗、多媒體(DD)
<b>重要的關聯媒材因子 (實體+虛擬+網際)</b>			
光影	透明度(2D)、光線、色彩(2D)、光源、陰影、明暗		
色彩	透明度(2D)、光線、材質、色彩(2D)、明暗		
背景與圖案	解析度(2D)、疊合(2D)、色彩(2D)、圖層(2D)、貼圖、明暗		

第三、空間因子的特質是以適合的媒材因子呈現，不限定是何種類型的媒材。與關鍵媒材因子不同，關鍵空間互動因子的關聯媒材因子並非以三維媒材因子為主，也包括了一些二維的媒材因子。如表 36 所示，關鍵空間互動因子是光影、色彩、以及背景與圖案，光影與色彩分別有兩個二維的關聯媒材因子，透明度與色彩，其他都是三維的媒材因子。背景與圖案則是由 4 個二維以及兩個三維的媒材因子所構成，二維的媒材因子反而比較多。動態媒材因子都沒有出現於三個關鍵空間互動因子之中。

第四、在三類數位設計媒材之中，三維媒材因子的互動次數最高，其次是二維媒材因子，最後是動態媒材因子。如表 37 所示，在實體空間時，二維媒材最高的因子是色彩，三維媒材因子是光線，動態媒材因子則是攝影機與互動。在虛擬空間時，二維媒材因子之中以色彩之互動性最高，三維媒材是基本轉換，動態媒材則是資訊。在網際空間時，二維媒材因子之中以音效之互動性最高，三維媒材是光線最高，動態媒材則是超連結最高。整體而言，二維媒材的共同因子是色彩、透明度、與解析度，三維媒材是光線、陰影、與材質，動態媒材則是攝影機、互動、以及沉浸。另外，不論是在個別空間型態之中、空間型態成對比較時、或者整體比較時，整體的與特定的關鍵數位設計媒材互動因子也都是以三維的媒材因子為主(表 38)。除了實體空間、網際空間、以及實體與網際空間的比較時出現二維與動態媒材因子之外，其他類型空間的關鍵數位設計媒材互動因子

都是三維媒材因子，包括整體的關鍵數位設計媒材互動因子：光線、材質、以及陰影。

表 37：三類空間型態分別與三類媒材之關鍵媒材互動因子比較。

空間型態 媒材類型	實體空間	虛擬空間	網際空間	關鍵因子
二維(2D)	色彩、透明度、對比、疊合、解析度	色彩、透明度、疊合、對比、解析度	音效、色彩、透明度、解析度、 <b>圖層</b>	色彩、透明度、解析度
三維(3D)	光線、陰影、材質、明暗、 <b>多邊形</b>	<b>基本轉換</b> 、光線、材質、陰影、 <b>貼圖</b>	光線、材質、明暗、陰影、 <b>光源</b>	光線、陰影、材質
動態(dynamic)	攝影機、互動、沉浸、資訊、多媒體	資訊、攝影機、互動、沉浸、 <b>影格</b>	<b>超連結</b> 、互動、多媒體、攝影機、沉浸	攝影機、互動、沉浸

表 38：三類空間型態整體之關鍵數位設計媒材互動因子比較。

空間型態		
實體空間	虛擬空間	網際空間
光線、陰影、材質、明暗、 <b>多邊形</b> 、色彩(2D)、光源	基本轉換、光線、材質、陰影、 <b>貼圖</b>	光線、材質、明暗、陰影、光源、 <b>音效(2D)</b> 、 <b>透明度(2D)</b> 、色彩(2D)、基本轉換、 <b>超連結(DD)</b>
實體 vs. 虛擬	實體 vs. 網際	虛擬 vs. 網際
光線、陰影、材質	光線、陰影、材質、明暗、 <b>色彩(2D)</b> 、 <b>光源</b>	<b>基本轉換</b> 、光線、材質、陰影
<b>整體之關鍵媒材互動因子 (實體+虛擬+網際)</b>		
光線、材質、陰影		

第五、關鍵數位設計媒材互動因子的關聯空間因子也是呈現出群組的關係。如表 39 所示，每個關鍵數位設計媒材互動因子在三類空間之中有關聯的空間因子都呈現出群組關係，並且都是由 6 個以上的空間因子所組成，表中的粗體字顯示各類型空間的特有空間因子。整體的關鍵數位設計媒材互動因子包括光線、材質、以及陰影，光線有 8 個重要的關聯空間因子：物件、方向、建築實體、建築虛體、色彩、光影、表面、以及質感，材質的關聯空間因子是物件、建築實體、色彩、表面、與質感，陰影的關聯空間因子是物件、建築實體、光影、形狀、表面、距離、以及透視。

第六、本研究的因子互動群組分析不僅呈現出空間與媒材因子的互動過程，也指出整體關聯性群組的異同現象以及群組構成的特質。如表 40 所示，兩組受測者的整體關聯性群組都是越來越少的趨勢，除了實體空間之外，專業組的整體關聯性群組都比非專業組多。重複出現的關聯性群組也是越來越少，非專業組在實體空間時有 9 個重複的群組，虛擬空間時下降為 4 個，網際空間時只有一個，專業組則分別是 3 個、3 個、與兩個。形成這兩個越來越少現象的原因首先是在媒材因子的選擇時，關鍵媒材因子呈現出越來越多的狀況，實體空間是 7 個，虛擬空間是 11 個，網際空間則有 13 個(表 22)，這個現象說明了三類空間型態是越來越依賴媒材因子的特性表現其空間特質。其次，如表 40

所示，空間的同組因子群組也是越來越少的現象。另外，三類空間之中兩組受測者的結果都沒有相同的關聯性群組出現，但是重複出現於關聯性群組之中最多的空間因子是物件，媒材因子則是材質。最後，群組的構成方面，大部分是介於六組至三組之間，六組因子是空間因子與媒材因子各有三組，三組因子則是兩組空間因子與一組媒材因子組成，只有非專業組在虛擬空間時有一個群組是由八組因子所組成。

表 39：關鍵數位設計媒材互動因子之關聯空間因子比較。

關鍵媒材互動因子	關聯之空間因子		
	實體空間	虛擬空間	網際空間
光線	物件、方向、 <b>人群活動</b> 、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b> 、 <b>透視</b> 、 <b>開放</b> 、 <b>封閉</b> 、 <b>邊界</b>	物件、方向、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>尺度</b> 、 <b>位置</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b> 、 <b>距離</b> 、 <b>尺寸</b> 、 <b>開放</b> 、 <b>封閉</b>	物件、方向、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>時間</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b> 、 <b>透視</b> 、 <b>對比</b> 、 <b>移動</b>
材質	物件、 <b>建築實體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b>	物件、 <b>方向</b> 、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b>	物件、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b>
陰影	物件、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>位置</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>形狀</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b> 、 <b>距離</b> 、 <b>透視</b> 、 <b>封閉</b> 、 <b>對比</b> 、 <b>開口</b>	物件、 <b>方向</b> 、 <b>建築實體</b> 、 <b>尺度</b> 、 <b>位置</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>時間</b> 、 <b>形狀</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>距離</b> 、 <b>透視</b>	物件、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>背景與圖案</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>距離</b> 、 <b>尺寸</b> 、 <b>形狀</b> 、 <b>透視</b> 、 <b>封閉</b>
<b>重要的關聯空間因子 (實體+虛擬+網際)</b>			
光線	物件、方向、 <b>建築實體</b> 、 <b>建築虛體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b>		
材質	物件、 <b>建築實體</b> 、 <b>色彩</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>質感</b>		
陰影	物件、 <b>建築實體</b> 、 <b>光影</b> 、 <b>形狀</b> 、 <b>表面</b> 、 <b>距離</b> 、 <b>透視</b>		

表 40：三類空間型態之關聯群組、中介因子、與同組因子群組總和的比較。

空間型態	受測者	整體的關聯性群組	空間中介因子	媒材的同組因子群組	媒材中介因子	空間的同組因子群組
實體空間	非專業組	22	11	12	15	24
	專業組	21	5	7	16	20
虛擬空間	非專業組	16	16	9	19	23
	專業組	20	6	6	12	20
網際空間	非專業組	15	13	11	17	19
	專業組	16	10	13	14	15

第七、數位設計媒材因子比空間因子扮演還要關鍵的中介角色，使得受測者感知到更多的空間因子。在因子互動群組的局部關聯性方面，亦即同組因子的關聯性，空間與媒材因子分別扮演中介的角色，媒材同組的因子是由空間因子串接而成，空間同組的因子是由媒材因子連接的。如表 40 所示，空間中介因子的總和比媒材中介因子少，除了實體空間之外，非專業組的兩類中介因子都比專業組多。因此媒材的同組因子群組比空間的

同組因子群組總和少，換句話說，媒材因子串接比較多的空間因子，其扮演的角色比空間因子還要關鍵。這個現象也驗證了一些對於數位設計媒材的先前研究成果，例如在設計構想階段使用電腦時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[360]。在設計認知行為的研究方面，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，並且設計構想行為中的最大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[361][362]。另外，在電腦媒材與創造力的研究方面，電腦媒材的不預期特性對於設計概念有重大的刺激，促進了創造力的衍生與概念評價的同時進行，進而引發設計者的創造力循環模式：操作、視覺、與評估[363][364]。

第八、空間與媒材的特質是一體兩面的，兩者之間的互動現象共同建構了空間型態的內容，並且使受測者能夠感知到其中的異同。由兩組受測者的因子互動訪談內容可以得知空間與媒材因子互動的相同與相異的因素，以及空間型態的特質，特別是網際空間。相同的因素主要有以下的五點：直接說明兩組因子的關聯性，沒有敘述原因，例如媒材因子對空間因子有很大的影響；直接的必然關係，例如空間與媒材因子是當然的構成關係；看到空間因子之後就直接聯想到媒材因子的特質；媒材因子的一些特質共同建構與表現空間因子；以及媒材因子的效果越好，空間因子就越容易被感知。其次，兩組受測者的最大差異在於，專業組會以比較專業的觀點來敘述空間與媒材的關聯性，例如將空間與媒材因子的關聯性視為空間感的形成過程；以視覺原理說明空間與媒材之相關性；以及類比實體空間的現象說明虛擬空間與媒材因子的關係。另外，空間型態的特質方面，實體與虛擬空間的差別不大，關於網際空間的特質有以下主要三點：以網際空間的使用經驗說明空間與媒材因子的關聯性；媒材因子即時反應空間因子的特性；以及媒材因子的功能形成空間因子的特性。

最後，由前述的現象可以得知空間型態的特質是由空間與媒材之間的互動所共同建構而成的，換句話說空間與媒材之間的互動現象不僅是我們認知空間的基礎，同時也是建築設計認知行為的核心，從早期的一般媒材到現在正在持續發展的數位設計媒材都是如此。以一般媒材的草圖為例，設計研究的面向不論是以設計過程為導向(process-oriented approach)、或者是以設計內容為導向(content-oriented approach)、甚至結合前述兩個面向將設計視為雙向的搜尋過程，都是認為設計是視覺的呈現，以及設計是辨識(recognition)與行動(action)之間的互動，基本的構成是設計者畫出來的草圖，設計的運作過程是依據設計者所看到的形狀[365]-[368]。然而，電腦媒材與設計的關係之研究通常不是比較偏向空間，就是比較媒材的範疇。這個現象使得部分學者憂慮電腦媒材的強大模擬呈現能力，或者數位媒材以不平衡的方式使用時，會導致實際環境之想像與空間感覺變成不重要，設計的內容無法被完全瞭解與設計的評估會受到影響，設計案例資訊的抽象性

(abstraction)、正確性(accuracy)、與真實性(realism)也必然是充滿爭論的[369]-[372]。因此，本研究的研究成果指出，空間與媒材之間的關聯研究必須以兩者並重的平衡方式進行，一方面能夠避免前述的問題，另一方面能夠更深入的探討空間與媒材的重要互動特質。

