

第四章 編碼與分析

本章節繼承第三章認知實驗的結果開始著手進行編碼與分析。作者提出三組編碼方式作為分析依據，並在分析受測者之實驗口語資料後，整理歸納出在發展概念模型過程中，觸覺影響設計發展的現象。

4-1 編碼系統

綜合文獻中所探討的研究(詳第二章)，相關論述大致可從「認知生理」與「認知心理」兩個層面來探討設計者的觸覺經驗，因此，本研究便繼續延續這兩個大方向進行編碼與分析。

在認知的生理層面上，醫學角度中指出知覺的前提是感覺，感覺是外界訊息進入的關口，而之抉擇是對於這些感覺訊息加以詮釋後的結果；換句話說，感覺必須被認知（知覺作用）。而同一事件，每個人的感覺器官雖相同，但卻有不同的“知覺”。人類任何其中一種知覺都必須靠視覺、聽覺、觸摸覺、動覺和平衡覺來協同完成（王滿堂，2004），按知覺對象的特性分成空間知覺、時間知覺與運動知覺。而其中以感覺為基礎，判斷自身所在空間與自身周圍空間中各事物之間的關係，包括位置、方位、距離等要素的能力，則稱之為「空間知覺」（王滿堂，2004）。由於人對客觀世界的空間知覺並非天生而是後天學習獲得的，它是將許多感覺資訊，包括視覺、聽覺、觸覺及嗅覺資訊綜合起來再加以分析後產生的，雖然視覺資訊在當中起主要作用，但是單憑視網膜上物象的狀態來判斷卻很可能會造成錯覺或不正確的知覺產生（王滿堂，2004）。

因此，承上所述，為了解當僅有視覺存在，以及當觸覺與視覺同時存在時，受測者對於知覺空間程度上的差異，作者便以人類生理可感受的基本四種空間知覺：（1）大小知覺、（2）形狀知覺、（3）方位知覺與（4）深度知覺（距離知覺與立體知覺）作為第一組編碼依據，分析在三個實驗過程中受測者的在認知生理上的空間知覺性。

在設計的認知心理層面，Suwa 與 Purcell（1998）曾提出，在草圖的設計過程中有四種設計活動進行著，分別是具體行為、感知行為、機能思索與概念思考，而在發展概念模型的時候也如同畫草圖有著類似的行為；同理，在發展概念模型階段中亦有著類似的設計活動進行著。因此，作者將上述四種設計活動分成兩組行為種類，一種為實際操作行為，另一種是抽象思考行為，而在設計過程中，這兩種行為會以不同類型的活動依照不同的頻率交互發生。

實際操作行為的部份，作者同意 Schön & Wiggins（1992）提出的相關視覺思考論點，他認為設計是畫-檢視-修改（*sketch- inspect- revise*）的過程，因為類似的情景也發生在發展概念模型的過程中，即設計者需要來回修改檢視自己所操作的概念模型所呈現的狀態。而除了實際的操作行為中隱含了「檢視」與「修改」外，作者認為在概念模型階段中應該還另外含有「生產」與「決策」兩個因子存在其中。生產指的是設計過程中任何因素所產生新形體的動作；而決策是指設計者因任何原因決定一重大明顯的決定意圖。因此，在第二組編碼中，作者以（1）生產形體、（2）檢視、（3）修改與（4）決策作為在發展概念模型所會發生的四個代表活動因子，針對設計者實際操作的行為進行分析。

另一方面，在傳統的建築設計過程中，使用者習慣用自己的雙手及眼睛去發展創造力（Schön & Wiggins, 1992）。在手繪草圖在設計過程中，設計者會隨著對草圖不同部位的注意（*attending*）而作該部分的構件重組（*regroup part*）以衍生出新的構想（Suwa et al., 2001）；同樣地在製作概念模型發展構想的過程中，思考活動通常亦為外人所無法理解的黑盒子。綜合學者們所提出的論述與主觀的觀察，作者認為「抽象思考行為」中可由（1）概念發想、（2）構想重組與（3）想法形成」三個主要的活動相互串連組合而成。因此，作者希望以此三個活動因子作為第三組的編碼，藉以分析出受測者設計過程中，當視觸覺或僅有視覺存在時，感官機制會是如何影響著抽象思考行為運作的。

根據上述，作者整理出本研究的編碼系統架構圖（圖 4-1），並將於後續將三組編碼方式的編定內容與定義分別說明。

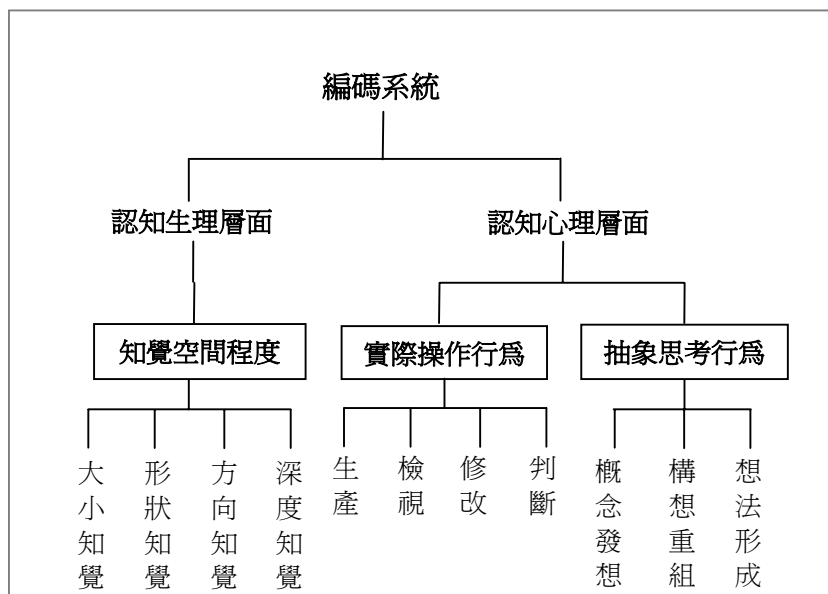


圖 4-1. 編碼系統架構圖



4-1-1 知覺空間程度

本組編碼的目的是為了了解在設計者在發展概念模型時，有觸覺的存在能否輔助設計者在四種空間知覺中知覺到更多空間資訊與狀態。

空間知覺（Space Perception）可簡要分成四種，（1）大小知覺、（2）形狀知覺、（3）方位知覺與（4）深度知覺（距離知覺與立體知覺）。其中任一種知覺都必須靠視覺、聽覺、觸摸覺、動覺和平衡覺來協同完成。「大小知覺」，必須靠視覺、聽覺、觸摸覺和動覺來協同實現，在實際的大小知覺中，我們總是在一定環境中感知物體，透過參照環境中的其他物體，來把握知覺物體的距離及其參照物體的大小比例，此外，對物體觸摸經驗以及眼球沿物體的輪廓進行長、寬、高度的掃描所提供的資訊，都為大小知覺；「形狀知覺」，為人知覺「物體形狀特徵」的本能。由視覺、觸摸覺和動覺等協同完成，要知覺物體的形狀首先必須辨別物體的輪廓，眼睛沿著物體邊緣輪廓觀察掃描，提供了動覺資訊，手在物體的表面觸摸，提供了觸覺的資訊，所


有的感覺資訊在大腦內被綜合處理，知覺出物體的形狀；「方位知覺」，為人對物體所在空間位置和方向的知覺。由視覺、聽覺、觸摸覺、平衡覺和動覺等資訊獲得，另外也可從聽覺、嗅覺來辨別定位；「深度知覺」，與雙眼視密切相關，以深度線索，即個體所賴以形成深度知覺的各種條件來蒐集知覺的線索，深度線索包括單眼線索與雙眼線索，單眼線索只需要一隻眼睛就能在視空間知覺中注意並推知物體的相對大小、物體的重疊、結構級差、空間透視、明暗與陰影等。而雙眼線索是人類在觀看物體時，兩眼協同運動因而獲得所見景物之深度知覺的線索。人類利用視覺主導的深度知覺來感測「距離知覺與立體知覺」。（王滿堂，2004）。承上，下表分別整理出其四種空間知覺之簡要定義（表 4-1）。


表 4-1. 空間知覺編碼之定義

| 空間知覺編碼 | 種 | 類 | 定 | 義 |
|---------|-------------------------------|-----------------|---|---|
| Sp1_ Si | 大小知覺(Size Perception) | 人知覺「物體尺寸」的本能 | | |
| Sp2_ Sh | 形狀知覺 (Shape Perception) | 人知覺「物體形狀特徵」的本能 | | |
| Sp3_ O | 方位知覺 (Orientation Perception) | 對物體所在空間位置和方向的知覺 | | |
| Sp4_ D | 深度知覺 (Depth Perception) | 即距離知覺與立體知覺 | | |

編碼的方式以每隔 30 秒為一紀錄單位，綜合觀察到受測者在實驗過程中有產生關於感受到空間知覺的相關句子或動作時，便予以分類後編碼。其知覺空間程度的編碼範例如下（表 4-2）。

表 4-2. 知覺空間程度編碼範例

| 每 30 秒為紀錄單位 | 知覺空間程度 (Sp) | 受測者口語紀錄 | 實驗圖片 |
|-------------------|-------------|-------------------------|---|
| 00:00:00~00:00:30 | Sh | 黏土的質感很軟蠻適合隨心所欲地捏出自己的東西。 |  |

| | | | |
|-------------------|----|-----------------------|---|
| 00:13:00~00:13:30 | Or | 所以捏的時候盡量跟地表可以緊緊的貼死在一起 |  |
|-------------------|----|-----------------------|---|

4-1-2 實際操作行為



作者認為發展概念模型的過程中有兩組明顯的行為分別以不同類型的活動交互發生進行著，一種為「實際操作行為」，另一種是「抽象思考行為」。而實際操作行為編碼方式是針對受測者以三種不同媒材操作的三個實驗內容作縱向分析，以了解當觸覺與視覺同時存在時是否有助於設計概念發展。下表中便個別定義出主要構成實際操作行為中的四個活動因子（表 4-3）。

表 4-3.設計者的四種實際操作活動因子

| 實際操作活動因子 | 種 | 類 定 | 義 |
|----------|---------------|-----------------------------|---|
| Pb1_ Co | 生產（Create） | 產生新的物件或元素 | |
| Pb2_ I | 檢視（Inspect） | 檢視物件的狀態：如位置、形狀與比例等等 | |
| Pb3_ R | 修改（Revise） | 修改物件的性質，如位置、形狀與比例等等 | |
| Pb4_ D | 決策（Determine） | 判斷確認物件的狀態是否滿足自我需求，進而決策下一個動作 | |

編碼的方式為每 30 秒為一紀錄單位，綜合觀察到受測者在實驗過程中產生實際操作行為的相關句子或動作時，便給予分類後編碼。並於後續實驗過程分析後得以作縱向的比較統計或觀察，了解當觸覺與視覺同時存在時比僅憑視覺進行實驗時的差異。其編碼方式如範例所示（表 4-4）。

表 4-4. 實際操作活動因子編碼範例

| 每 30 秒為紀錄單位 | 知覺空間程度 (Sp) | 受測者口語紀錄 | 實驗圖片 |
|-------------------|-------------|----------------------------------|---|
| 00:03:00~00:03:30 | I-R | 看起來就好像站不太起來。 它變軟了，變軟了反而比較不好捏。 |  |
| 00:05:00~00:05:30 | Co-D | 我決定要放棄它重新捏一個新的。 |  |

4-1-3 抽象思考行為




抽象思考行為編碼方式中的三種編碼因子，分別代表了在概念模型發展過程中，作者認為會產生的主要三種抽象概念性的思考活動。編碼分析的目的是針對受測者以三種不同媒材操作的三個實驗內容作縱向分析，以了解當觸覺與視覺同時存在時是否輔助設計者進行抽象性的思考。下表（表 4-5）中，個別定義出抽象思考行為中的三個活動因子。

表 4-5. 三個編碼型態分別代表著設計者的三種抽象思考活動

| 抽象思考活動因子 | 種 | 類 | 定 | 義 |
|----------|---------------------------|-----------------|---|---|
| At1_Cg | 概念發想 (Concept generation) | 設計者任何有關於設計概念的聯想 | | |
| At2_Oc | 組織構想 (Organize Concept) | 組織抽象與實質間的概念 | | |
| At3_Bi | 想法建立 (Build up idea) | 建立明確的設計想法 | | |

編碼的方式以每 30 秒為一紀錄單位，綜合觀察到受測者在實驗過程中產生抽象思考活動的相關句子或動作時，便給予分類後編碼。並在稍後作縱向的比較統計與觀察當觸覺與視覺同時存在時比單純以視覺進行實驗時之差異。其編碼範例如表 4-6 所示。

表 4-6. 抽象思考活動因子編碼範例

| 每 30 秒為紀錄單位 | 抽象思考行為 (At) | 受測者口語紀錄 | 實驗圖片 |
|-------------------|-------------|--|---|
| 00:00:00~00:00:30 | Cg | 恩我現在手邊的材料是一張牛奶紙版，在切割之前我想要先想像一下這個材料究竟可以作什麼？ 我就先隨便切割一條材料來作一些測試。 |  |
| 00:01:00~00:01:30 | Oc | 現在切割的這條材料我想先畫幾條痕跡去改變它原有的形狀。 |  |
| 00:06:00~00:06:30 | Bi | 其實這時候我發現一點，就是雖然它可以維持一個固定的形體可是不容易接合。 |  |

4-2 知覺空間程度分析

承上述，本階段依照知覺空間程度的四種空間知覺（大小知覺、形狀知覺、方位知覺與深度知覺）進行編碼與分析，試圖找出當設計者在發展概念模型時，有無觸覺的存在時在生理知覺上有何影響性。以下便分別敘述兩位受測者實際操作行為的編碼與分析內容。

4-2-1 受測者 A 的知覺空間程度

作者將受測者實驗內容分成實驗一、實驗二、實驗三的第一階段與第二階段等四個實驗過程進行編碼，如圖 4-2 所示，將三個認知實驗中所進行過程內容，每間隔 30 秒時間紀錄下受測者 A 能感覺到的四種空間知覺次數紀錄下來後接著進行次數統計與比較分析。

第一部份比較分析是採用實驗一、實驗二與實驗三的第一階段等三個實驗過程的編碼數據進行分析，作者將受測者 A 每 30 秒所知覺到空間知覺種類的發生率做出統計。

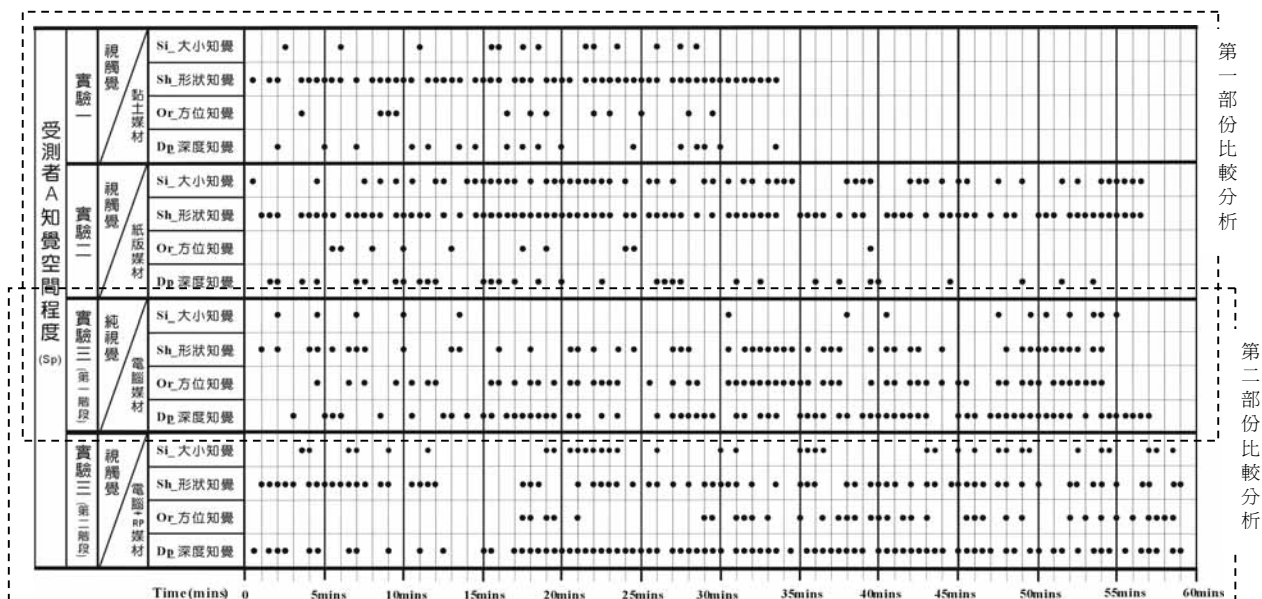


圖 4-2. 受測者 A 知覺空間程度編碼分析圖

如表 4-7 中作者觀察到的，受測者 A 於實驗一與實驗二能感覺到形狀知覺（Sh）的次數均佔四種空間知覺中的最大發生率，其值分別為 58% 與 47%，反之，方位知覺（Or）的發生率則是最小值，分別只佔有 12% 與 5%；然而實驗三的第一階段則呈現相反的趨勢，其知覺空間程度最顯著的是出現在深度知覺（Dp）上，佔了 36% 的發生率，其次為方位知覺與形狀知覺，最小值則出現在大小知覺（Si）上，僅佔 8% 的發生率。

表 4-7. 受測者 A 知覺空間程度發生率統計比較表

| 實驗 空間知覺編碼 | 實驗一 (視觸覺) | 實驗二 (視觸覺) | 實驗三(第一階段) (純視覺) | 實驗三(第二階段) (視觸覺) |
|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|
| Si_大小知覺 | 13% | 31% | 8% | 16% |
| Sh_形狀知覺 | 58% | 47% | 27% | 31% |
| Or_方位知覺 | 12% | 5% | 29% | 16% |
| Dp_深度知覺 | 17% | 17% | 36% | 37% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% |

圖示：○ 最大值；○ 最小值

從發生率的統計數據顯示，作者觀察到，當受測者 A 同時擁有觸覺與視覺時，對於方向或位置的感知程度似乎比較不精準，而集中於形狀知覺的感受程度則屬最高，掌握性也較好；然而，在實驗三的第一階段時，受測者 A 能掌握最好的知覺則是深度知覺，感受程度最低的則是大小知覺。由於在電腦畫面中能呈現的資訊有限，使得受測者 A 在大小與比例上掌握性不夠的情況下，必須以較大量的深度知覺判斷時，往往會出現視錯覺或者是有誤差的估測產生，而在實驗一與二的數據中也顯示出受測者能感知到的大小知覺度仍是高過實驗三第一階段的。

第二部份是比較實驗三的第一階段與第二階段的相同性與差異性。從統計表中可看到受測者 A 在第一與第二階段均能感受到較大量的深度知覺影響。由於深度知覺主要功能是利用視覺判斷物體的遠近感以產生立體與距離的效果，因此當在第一階段以電腦媒材操作而無法實質的觸碰到實體模型時，設計者的確得靠著深度知覺的感官與經驗來進行判斷。另外，縱使他憑藉視覺便能擁有不錯的方位與形狀知覺能力，但是受測者 A 在實驗三第一階段知覺到最少程度的則是大小知覺；到了第二階段時，有實體 RP 模型的輔助參考，受測者 A 便得以藉由部分的觸覺輔助增加對大小與形狀知覺的掌握性。

經過對於受測者 A 的實驗過程編碼與分析後，作者發現到當有觸覺存在時，受測者 A 對於形狀知覺的能力有提高的現象，其次為大小知覺，因此可初步了解到觸覺對於受測者 A 在知覺形狀上是具有輔助功能的。

4-2-2 受測者 B 的知覺空間程度

同樣地，作者將受測者 B 的實驗過程資料分成實驗一、實驗二、實驗三的第一階段與第二階段等編碼，統計出每間隔 30 秒受測者感覺到的任一種空間知覺時間點後（圖 4-3），分成兩大部分進行比較分析。

在第一部份的比較分析時，作者首先注意到受測者 B 的統計表（表 4-8）中，實驗一與二中的形狀知覺（Sh）佔最大發生率，其值分別為 64% 與 41%，而最小值則是大小知覺（Si）（6% / 13%）；而在實驗三的第一階段中，受測者 B 的最大空間知覺值落在深度知覺（Dp）上（50%），最小值則是在形狀知覺（Sh）上（4%）。

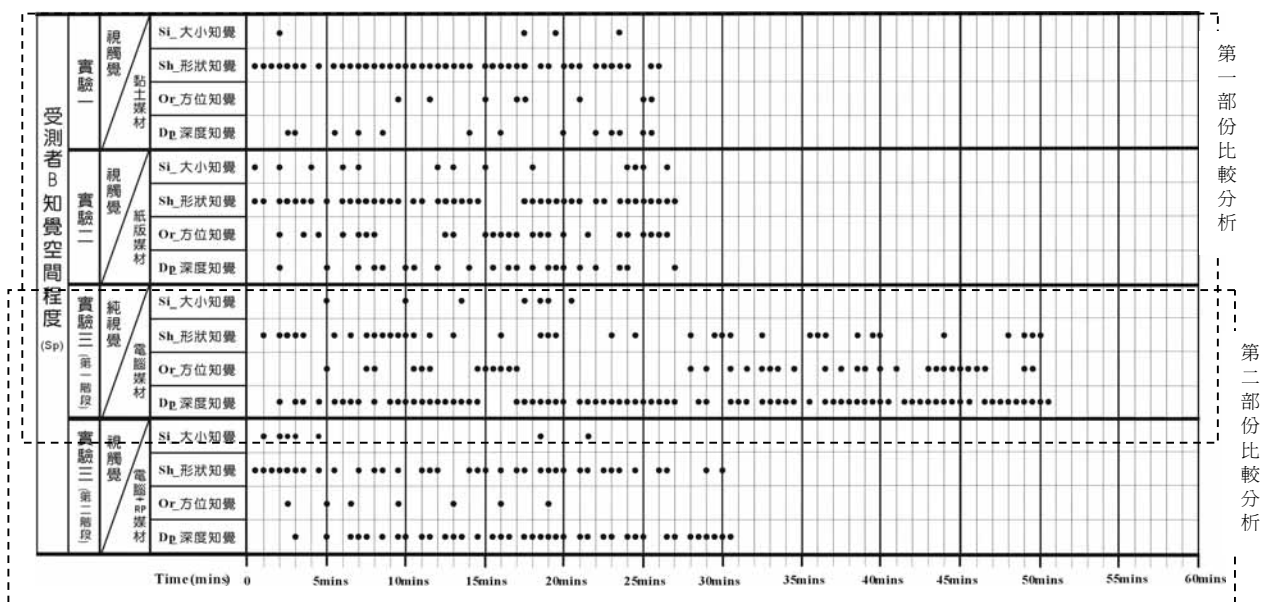


圖 4-3. 受測者 B 知覺空間程度編碼分析圖

作者從發生率統計比較表 4-8 中取出這三個實驗過程中的最大與最小值後發現到一些特點，當受測者 B 在實驗一與二的過程中，對於「形狀知覺」的感知程度與掌握度比他在實驗三的第一階段高很多，實驗一與二中受測者 B 對於形狀知覺的比例為 64% 與 41%，而在實驗三的第一階段中卻只有 24%，而在實驗三第一階段時，受測者 B 雖仰賴了 50% 的比例在深度知覺上，但是對於量體整體大小比例的尺度感（大小知覺）上明顯比當有觸覺存在時降低了約 20% 的比例上。

表 4-8. 受測者 B 知覺空間程度發生率統計比較表

| 實驗 空間知覺編碼 | 實驗一 (視觸覺) | 實驗二 (視觸覺) | 實驗三(第一階段) (純視覺) | 實驗三(第二階段) (視觸覺) |
|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|
| Si_大小知覺 | 6% | 7% | 4% | 8% |
| Sh_形狀知覺 | 64% | 41% | 24% | 41% |
| Or_方位知覺 | 12% | 13% | 22% | 8% |
| Dp_深度知覺 | 18% | 25% | 50% | 43% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% |

圖示：○ 最大值；○ 最小值

第二部份的比較分析，作者針對受測者 B 經過 RP 模型輸出前與後對於四種空間知覺程度有無明顯的改變做進一步了解。在實驗三的第一階段，受測者 B 的最大知覺程度落在「深度知覺」上（佔 50%），最小值則是在「大小知覺」的部份（佔 4%）；到了實驗三的第二階段，當受測者 B 有了實體的模型供他參考時，雖知覺空間最大值仍落在深度知覺上，但是從統計表中（表 4-8）也可明顯發現到受測者 B 對於大小與形狀知覺程度亦提高了，然而由於主要操作概念模型時仍是以視覺主導與判斷畫面中的虛擬模型，因此不可否認的深度知覺的感知程度仍會是佔最大發生率。

經過兩個部份比較與分析，作者整合出在概念模型發展的過程中，當視覺與觸覺同時存在時，受測者 B 的確對於「形狀知覺」與「大小知覺」的感知程度與掌握度均比僅有視覺感官時來得高。

4-2-3 小結

綜合上述，作者整理出兩個受測者實驗資料中有其共同的特性。在發展概念模型的過程中，當受測者的視覺與觸覺同時存在時，其對於「形狀知覺」的感知能力與敏感度比僅有視覺存在時高很多。有了觸覺的輔助，受測者可以減少主要均以視覺來判斷的深度知覺所帶來的誤差與視錯覺產生；而除了「形狀知覺」為因為有觸覺存在而影響知覺空間程度的最大因子之外，其大小知覺與方位知覺則依設計者的觸覺經驗不同而有不同程度的影響。因此，作者在此提出觸覺在發展概念模型時的第一個現象，「觸覺輔助設計者形狀知覺能力的最大因子」，因能進而影響造型與空間的發展。

4-3 實際操作行為分析

依照本章第一節所訂定出的實際操作行為編碼針對兩位受測者實驗過程內容作縱向的分析，在每間隔 30 秒時間將個別兩位受測者參予在實驗當中所產生的四種不同類型的實際操作活動（生產、檢視、編修與判斷）紀錄下來後，分析受測者在發展概念模

型的過程中，當視覺與觸覺同時存在，以及僅單純利用視覺判斷進行設計時，實際的操作行為上會產生出的不同現象。以下便分別敘述兩位受測者實際操作行為的編碼與分析內容。

4-3-1 受測者 A 的實際操作行為

受測者 A 三個實驗過程資料編碼完成後，如分析圖表（圖 4-4）所示，可以觀察到受測者 A 一系列動態的操作行為正進行著。其中，作者發現在這三個實驗中有兩個共同點。第一，受測者 A 在這三個實驗過程中，有個常態的且基本的 I-R 或 R-I（檢視與修改之間）迴圈不斷地重複出現，這樣的常態就類似 Schön & Wiggins（1992）所認為的設計是畫-檢視-修改（sketch- inspect- revise）的視覺思考論點。

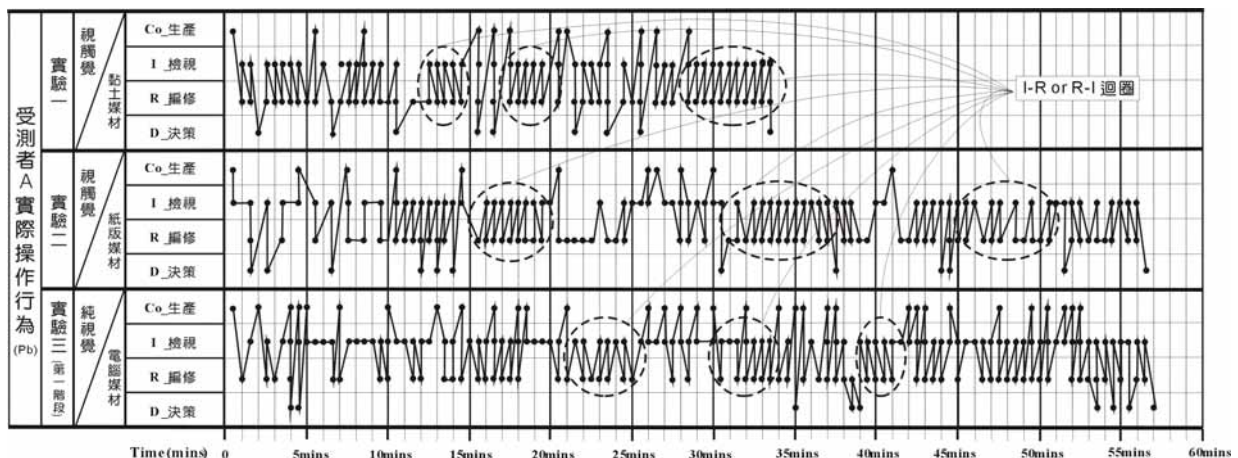


圖 4-4. 受測者 A 實際操作行為編碼分析圖

第二，經過基本的 I-R 或 R-I 迴圈模式之後，受測者 A 會對所針對的部份物件考慮出一個明確決定，決策（D）出應該繼續改變物件的狀態而再回到 I-R 或 R-I 迴圈模式中，或者是決定重新創造出新的物件（Co）。舉例來說，受測者 A 在實驗二以紙版做設計媒材時提到：

“因為它版子被我捏成一個比較自然的曲線，所以我就希望說是它不事單純的朝同一個方向，以及很有特性的方式旋上去，所以下來這塊版我希望它可以跨出它原本的軸線，用一種重疊的方式讓它旋上去產生更多的隨機形。” 實驗二 00:14:30~00:15:30

上述例子中，受測者 A 經過一個檢視與修改的迴圈模式後，他會觀察並衡量物件的狀態，最後因果關係地決定物件之後要呈現的狀態，決策（D）出要以重疊的方式讓形體做旋上去的造型。

接著，針對受測者 A 在三個實驗中四個實際操作活動的發生率做次數統計分析後（圖 4-5），作者發現一些現象。

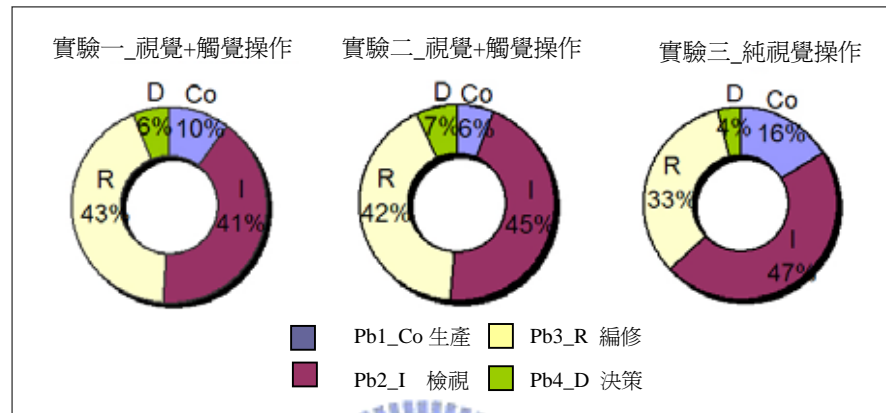


圖 4-5. 受測者 A 三個實驗中的四個實際操作活動作頻率百分比統計

整體來看，三個實驗過程中，雖然受測者 A 分別使用不同的設計媒材發展概念模型，但 I 與 R（檢視與編修）這兩個呈現對稱的操作活動其總和的活動率大約均佔了整個發展概念模型的 80~85% 左右，而 Co 與 D（生產與決策）則約佔了整體剩下來的 15~20%。作者再進一步精確地觀察，在實驗一與二，即當受測者 A 同時擁有視覺與觸覺感官感受時，「檢視」與「編修」這兩者發生的活動率的確呈現對稱狀態，均大約在 40% 左右（41~45%），其差異值僅在 2~3% 之間；然而實驗三中，在沒有了觸覺而改以純視覺來發展概念模型的時候，便可以從數據中很明顯的發現到，受測者 A 在過程中檢視的次數（47%）超過了編修的次數（33%）有 14% 之多，檢視的次數差異值比實驗一與二中的比例都高了許多。這樣的數據顯示了受測者 A 必須進行較多次與較長時間的檢視才得以確認概念模型呈現的狀態進行編修的動作。

除了當受測者 A 僅以純視覺發展設計時需要花更多次的檢視次數來輔助做狀態的判別與確認之外，作者還發現受測者 A 還得常常經由不斷地產生新物件形體作為測試與判斷的依據。在實驗三中，受測者的生產活動率（16%）高過實驗一（10%）與實驗二

(6%) 的比率許多，受測者 A 多半以測試的方式來增加決策的肯定性，但是有時卻因從電腦畫面上無法輕易地作出判斷決策，讓受測者很容易就模糊了原有執行的意圖，取而代之的只是不斷地想要確認物件的狀態，而花較少精力在有意義性的操作行為上。

4-3-2 受測者 B 的實際操作行為

作者將受測者 B 的三個實驗過程資料加以編碼後，可以從分析圖表（圖 4-6）中觀察到與受測者 A 一樣的 I-R 或 R-I 迴圈常常在實驗過程中發生。

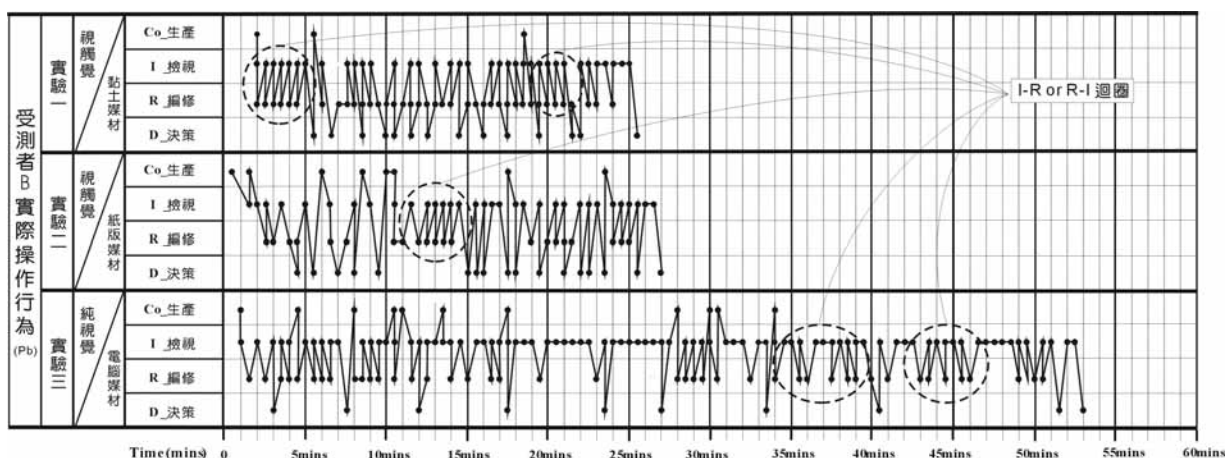


圖 4-6. 受測者 B 實際操作行為編碼分析圖

同樣地統計了受測者 B 在三個實驗中四個活動因子的發生率後得到了一些數據（圖 4-7）。三個實驗過程中，雖然受測者 A 分別使用不同的設計媒材發展概念模型，但 I 與 R（檢視與編修）這兩個呈現對稱的操作活動的總和發生率大約均佔了整個發展概念模型的 80~85% 左右，而 Co 與 D（生產與決策）則約佔了整體剩下來的 15~20%。在實驗一與二中，受測者 B 花了差不多的時間比例在檢視（I）的動作上（39% / 41%），然而在實驗三中卻發現受測者花了比前兩個實驗多出約 17% 的時間在操作模型上，明顯顯示當受測者僅憑視覺操作模型時，需要花更多的時間與次數不斷地檢視模型才能做確認。

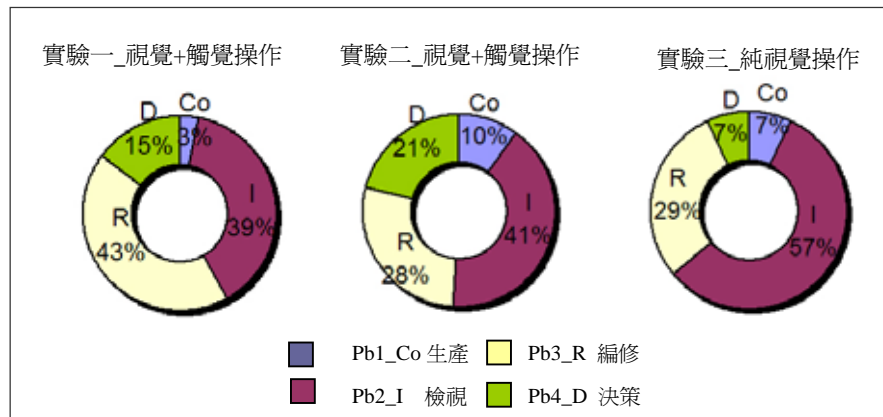


圖 4-7. 受測者 B 三個實驗中的四個活動因子的發生率百分比統計

此外，實驗二與三的 R 值（編修）比率是較相近的（28% / 29%），但在實驗一中，作者觀察到受測者 B 的 R 值卻高過實驗二與三約 15% 之多，足以顯示當以黏土媒材操作時，受測者 B 可以快速且頻繁的修改概念模型，其檢視與編修的次數比率是差不多的，然則，若當所操作的媒材掌握性不夠高時所需檢視的次數便會逐漸升高，再者若當受測者失去觸覺的知覺機制而全憑以視覺去判斷時，許多誤差與判斷力就會受影響，如在實驗三時，受測者的決策次數便比實驗一與二少很多，反之，卻需要更多的檢視次數來判斷模型的狀態。

4-3-3 小結

經過實際操作行為編碼分析的結果，作者推論出第二個現象，「觸覺能輔助設計者進行較具思考性的動作」。由於在實驗一與二當中，也就是當視覺與觸覺同時存在時，作者發現，有觸覺的輔助較能讓受測者清楚的去確認目標；然而，統計資料顯示的是，受測者於實驗三僅用純視覺去發展概念模型時，需要更多時間停留在檢視與編修的迴圈模式（I-R or R-I）中，尤其需要花更多的時間在檢視上，再者，同時間也比當視覺與觸覺同時存在時（實驗一與二）更加困難地去判斷物件的狀態（D），僅能以不斷地創造新物件（Co）去測試以確認物件所呈現的狀態。

4-4 抽象思考行為分析

本組資料編碼與分析的目的是為了解並重新檢視受測者在概念模型操作的過程中，當以純視覺以及當視覺與觸覺同時存在時，受測者會有如何的抽象思考行為差異。作者依照本章第一節所訂定出的編碼類型，以每 30 秒紀錄下兩位受測者在三個認知實驗當中所產生的三種不同類型的思考活動，並且在分析二位受測者所進行的抽象思考活動後，提出小結。

4-4-1 受測者 A 的抽象思考行為

從分析圖表中（圖 4-8）可以看到受測者 A 在三個實驗中個別有三種思考活動（概念發想、組織構想與想法建立）相互交集或重疊發生著進行設計思考。經過編碼後，作者發現到一些訊息，即受測者 A 在實驗一與實驗二時所產生的思考活動比在實驗三時明顯得活躍許多，並且均表現出較「連續性」的思考脈絡；反之，在實驗三的分析圖中呈現的則是「片段性」的思考頻率。因此，一個顯而易見的現象被解讀出來，在實驗一與二中，當觸覺感官機制能與視覺同時出現時，受測者 A 的抽象思考活動似乎比僅擁有視覺時呈現出較持續性的動態過程，並且相互來回發生。

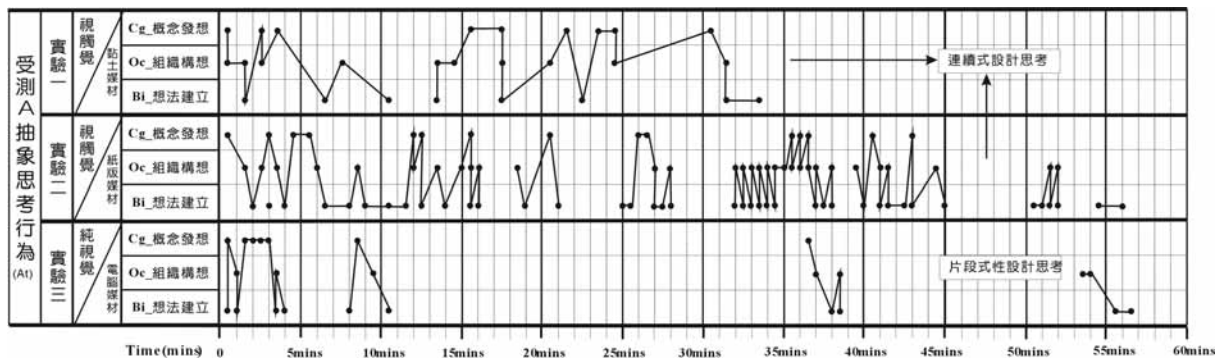


圖 4-8. 受測者 A 抽象思考行為編碼分析圖

舉例而言，在實驗一與二中，受測者 A 的口述內容中有許多具設計概念性的句子產生，然而在實驗三時，受測者 A 反而很花時間在觀察所操作修飾幾何形體的狀態而忽

略了產生設計概念的時機。

“在捏製過程中可能是因為黏土柔軟的觸感，會讓我一直跟海邊柔軟的事物聯想在一起。就像是海星水草海藻或是一些生物的意象都會出現在腦海裡，漸漸的建構成這樣的造型。”

實驗一 00:30:00~00:31:00

“老實說我真的不曉得我在作什麼，只是隨機的在調整形狀。可能這本來就是一種隨機的方式，至少對我而言是這個樣子沒錯。”

實驗三 00:53:30~00:54:30

另一方面，作者進一步從受測者實驗過程的口述資料中整理出另一個認知層面的現象。由編碼分析圖表中可觀察出（圖 4-8），於第一與第二個實驗中，Cg 與 Oc 活動因子的發生率較頻繁，這樣的特質顯示在這兩個實驗過程中有較多概念發想與組織構想的活動發生。受測者 A 通常是藉由視覺聯想類似形態的形狀，另外再以觸覺的感官機制來了解媒材特性，如軟硬度、質感、形狀、弧度等。而第三個實驗以純視覺發展設計時，概念思考活動則顯得相當低，構想產生並不來自於經驗性或記憶性的連結性，較多的情況則是來自於測試建構不同的幾何形體時的猜測組合與改變參數值而測試得來。

“這個觸感有的像小時後捏的水餃皮。……因為位於海邊的眺望台可以看見藍天與海洋，所以在頂端會希望如同有乘著風的感覺，所以想要藉由捏出鳥的意象來作收尾。”...

實驗一 00:20:30~00:24:30

4-4-2 受測者 B 的抽象思考行為

受測者 B 的三個實驗過程經過抽象思考行為編碼之後，可以從分析圖裡（圖 4-9）看見與受測者 A 的分析圖表同樣有類似的特質出現。在實驗一與二中，受測者 B 連續性的思考活動一直在進行著，除了因為在實驗二所使用的紙版媒材需要花較多時間與次數修正而使得思考活動時間會拉長外，抽象思考的活動均是呈現「連續性」的特質；然而在實驗三的過程中時，受測者的抽象的思考行為呈現「片段性」的情形，並且發生時間相當短，或甚至只有在發想階段後就沒有再繼續延續構想。作者重新回溯

受測者 B 的口語資料，觀察到受測者花了很多的時間與次數在作實際操作的活動上，但是，在抽象層面的思考活動率卻顯得很低，受測者 B 總是因為受視覺直接影響，直接順應著畫面中幾何形體的變化直接建立想法 (Bi)，事實上在一開始有的 (Cg) 概念發想與組織構想 (Oc) 的抽象活動到中後期便完全失去了輔助設計思考的參考價值，讓視覺完全主導設計想法到結束。

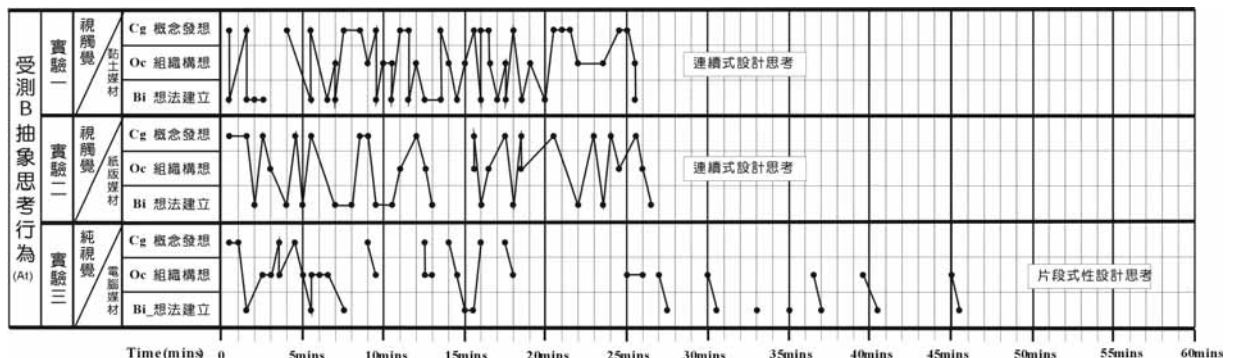


圖 4-9. 受測者 B 抽象思考行為編碼分析圖

從分析結果與受測者 B 的口述資料中，作者也可以發現到與受測者 A 一樣的另一個特質，即當觸覺與視覺同時存在時，受測者 B 藉由觸覺得到更多不同於視覺所能得到的訊息。如下面受測者片段的口語內容提到的：

“我知道我的設計主題了，我的設計主題是海浪。……為什麼是海浪尼？這會是一個很多層捲起來一層又一層的海浪瞭望台。” 實驗一 00:13:00~00:18:00

受測者 B 會將類似的觸覺經驗中的場景或影像與設計做適當的連結，並且經由綜合資訊的組合與互動，更進一步地激發新的設計構想，或者再一次的連接上另一層記憶，而很明顯的這樣的記憶與單純以視覺發展概念模型時所呈現出的抽象狀態是不一樣的。

4-4-3 小結

綜合抽象思考行為的分析結果，作者發現了另外兩個現象，「觸覺能提供設計者發展較連續性的設計思考」與「觸覺能誘發腦海中的情緒記憶與動作記憶重現，促進設計思考」。從本組編碼與分析的數據中可以了解到，當視觸覺同時存在時，受測者能有著較「連續式的思考」發生，他能夠在繁複的腦力激盪結果後產生較多的想法與設計構想，而非僅靠純視覺所作「片段式的思考」而已。另一方面，作者分析受測者抽象思考行為中，當有觸覺的輔助時，受測者藉由觸覺與視覺連結相關記憶與藉由純視覺所聯想到的畫面是不同的，觸覺的感官機制影響設計者產生更多的連結性，進而能誘發更多的靈感與想法。



圖 4-10. 藉由觸覺經驗與相關記憶的能誘發更多不同於視覺影響的設計思考

5-1 結論

經過實驗分析出，設計者實作概念模型時適當的觸覺感受或經驗會直接或間接的影響設計的發展，因此，本研究認為觸覺經驗的確有輔助設計發展的功能，作者在此綜合分析結果後分述四點現象如下：

(1) 發展概念模型的過程中，觸覺為輔助設計者知覺形狀的最大因子

由知覺空間程度的編碼與分析中，作者觀察到設計者以純視覺來辨識進行概念模型發展時，往往常傾向仰賴較多的深度知覺來進行判斷，而其他另外三種空間知覺（大小知覺、形狀知覺與方位知覺）則無法發揮太大的功能，尤其是知覺「大小知覺」的程度最差。而當設計者僅憑著視覺發展概念模型時均有對於整體的大小比例與尺度感拿捏有誤差的情形，由於在電腦螢幕上的事也有限，能參考的大小知覺程度的確較少。

反之，當視覺與觸覺同時存在時，其對於「形狀知覺」的感知能力與敏感度比僅有視覺存在時高很多。有了觸覺的輔助，設計者可以減少以大量深度知覺估測所帶來的誤差與視錯覺產生。在實驗中作者也觀察到，受測者若在一開始進行實驗時能利用觸覺來探索媒材特性，他們會利用不同的手勢與動作來知覺這些物件的形狀與狀態，例如：捏、折、捲、壓、摸、扭或彎等方式感受媒材的軟、硬、粗、滑等不同的質感，有時折折看、捏捏看以了解媒材能使用的多元性與特性之後，便可以各種不同可能性的方式來發展概念模型。因此，作者認為觸覺為輔助設計者形狀知覺能力的最大因子，進而影響造型與空間的發展。

而除了「形狀知覺」為因為有觸覺存在而影響知覺空間程度的最大因子之外，其次的「大小知覺」與「方位知覺」則依設計者的觸覺經驗不同而有不同程度的影響。另外，在實驗中作者亦發現到若有較長期設計經驗的設計者，常能更全面性的探索媒材特質，並且更靈活的運用。

(2) 發展概念模型的過程中，觸覺能幫助設計者進行更具思考性的動作

經過實際操作行為的編碼與分析之後，當設計者僅單憑視覺為辨識操作概念模型時，由於設計者的不確認感使得自己常必須不斷地創造新物件去測試以確認物件的狀態，同時總是需要較多的時間與次數在檢視與編修的動作上。人體的動作可分為「反射動作」與「思考性動作」（林金盾，2004），如在實驗三的過程中，受測者在第一階段使用電腦媒材來發展概念模型時，作者發現兩位受測者在進行檢視與編修迴圈的過程中，不斷利用滑鼠轉動不同的視角來檢視模型，甚至受測者多半時候也提到自己在發呆或已經不曉得自己在幹麻，演變成的只是「反射性動作」而已，失去原有的意義；

反之，作者觀察到的是，若在發展概念模型的階段給予觸覺的加入時，能讓設計者有著更多的「思考性動作」出現。思考性動作的歷程可略分為三個階段：（1）認知階段、（2）聯結階段與（3）自動階段（林金盾，2004），受測者會利用實質材料的組合表達概念及構想，除了媒材本身的特性會影響設計者發展設計發展外，在概念模型製作過程中，設計者也常能在不同的意外發現及不確定間來回調整，尋找出許多空間的可能性後，聯結有意義性的選擇機會進行實際操作，因此，藉由觸覺的輔助，受測者能較有效率地進行決策動作，減少不必要的去生產物件測試所認知的狀態，並輔助設計者進行較具思考性的動作。

(3) 發展概念模型的過程中，觸覺能提供設計者發展較連續性的設計思考

三個實驗過程經抽象思考行為的編碼與分析後，觀察到當設計者能同時擁有視覺與觸覺感官時，設計者有著較具「連續式的思考」發生，而非僅靠純視覺所作「片段式的思考」而已。作者從認知心理的層面來進一步探討這樣的現象，若將設計者從事設計工作的過程視作一種學習的歷程來觀察，可找到一些參考的指標。

認知心理學認為，學習的歷程分成五個部份：（1）受器（receptor）、（2）瞬間記憶（immediate memory）、（3）工作記憶（working memory）、（4）長期記憶（long-term memory）和（5）動器（effector）（林金盾，2004）；其中，受器，是

讓學習者能夠接受體內（如動機、慾望、個性等因素）和體外（環境因子）的刺激，藉由聯合區提供資料進行比對、判斷產生「知覺」，然後「主觀且選擇性」認定訊息的重要性與儲存價值後，在極短時間且無意識知覺狀態時轉換成感官型記憶儲存下來（即瞬間記憶）。因此，作者認為當在概念模型發展的過程中，設計者能同時感受到觸覺與視覺（如實驗一與二）到只能憑藉視覺從事大部分的判斷力（實驗三第一階段）時，其觸覺感受由多樣性轉而至單一性（滑鼠的動作僅能算是反射性的動作），取而代之的卻是全面性的視覺主導。事實上，僅能憑視覺的輔助進行設計思考，設計者就已經失去多樣性的「選擇」機會，再者，感官所接受到的刺激與動機有限，使得「主觀」認定訊息重要性的機制的確有所限制住而因此便僅能進行「片段式」的設計思考；相反的，從實驗分析得知，有了觸覺的輔助，設計者的確能進行較具「連續性」的設計思考活動進而幫助設計發展。

（4）發展概念模型的過程中，觸覺能誘發腦海中的情緒記憶與動作記憶重現，進而促進設計思考

作者另外針對受測者在抽象思考行為過程中描述那些記憶的狀態進行了解，發現到當有觸覺的輔助時，設計者藉由觸覺與視覺連結相關記憶與藉由純視覺所聯想到的畫面是不同的，那些記憶的狀態有時停留在靜態的影像或空間，有時則浮現動態的場所或活動的內容。

從認知心理的層面，根據記憶內容的不同分為形像記憶、語義記憶、情緒記憶與動作記憶（王滿堂，2004）。作者發現，單純以視覺主導進行設計思考時，設計者能憶起的記憶均較屬於形像記憶，結果通常呈現的是設計者根據眼前所能看見的形狀直接與腦海中的形象記憶作圖像的類比而已；然而，若設計者有了觸覺的輔助，設計者在接觸媒材時，適當的觸覺經驗能誘發腦海中潛藏的情緒記憶與動作記憶，譬如受測者在概念模型發展的過程中聯想到黏土的柔軟觸感如同小時候在摸海星的感覺，或者是在製作紙版模型時，類比連結到自己在堆沙堡的動作狀態...等。隨著靜態或動態的畫面的重現，在設計過程中試圖將腦海中不同的記憶內容與概念做組合、連結與互動，進而能誘發更多的靈感與想法，讓設計者進一步的發展設計構想。

5-2 研究貢獻

建築設計發展至今，設計者利用媒材工具的用途已不僅止於呈現最後的設計結果，事實上，更多新媒材工具發展融於設計思考或輔助設計的層次均已有相當的躍進。然而作者也希望提醒出設計過程中除視覺行為以外的影響因子，期待有共識者共同努力。

本研究所探討的主題期望貢獻有三點：

(1) 強調出必要的觸覺行為可幫助新手累積設計經驗：

本研究提出一鮮少人重視能影響設計發展的因子「觸覺」，並描述出於設計過程中輔助設計者實作概念模型所需的觸覺經驗，以激發更多不同的學術研究與新想法。

人的學習動作可分為「反射動作」與「思考性動作」，思考性動作越熟練越接近反射性動作，但是在精益求精的過程仍必須有思考性動作；而複雜的反射動作，在不熟練之前常是含有思考性動作的（林金盾，2004）。因此，同時有觸覺與視覺的感官運作，能讓新手有更多選擇性且連續性的抽象思考學習歷程，其實質的操作行為也能較將注意力放在思考性的動作，而非將自我訓練能操作媒材工具至一種熟悉的反射性動作的重點上，進而在設計的操作上有所幫助。

(2) 建議出數位媒材應具備的觸覺特性以能更適切地輔助設計發展：

由本研究結果證實在構想發展階段，設計者若能有部分的觸覺經驗伴隨著視覺行為輔助，設計者可以更順利的發展概念模型。因此，本研究並非要倡導以傳統媒材製作模型的好處，而是希望建議發展中的輔助設計的數位媒材工具應具備部分的數位觸覺特性，以幫助設計者能直覺性地發展型體。

(3) 提供人機介面設計對於觸覺感的程度模擬

作者從研究結果中分析出設計者單憑視覺以及同時能有觸覺與視覺時其能知覺

空間的程度上差異，以此可提出初步對如何讓設計者感受到不同空間知覺的認知，供人機介面的設計上可以得到有進一步的突破

5-3 研究限制

本研究中所探討的媒材工具主要為黏土、紙版與 RP，事實上仍有許多不同的媒材工具可以運用，再者，本研究所進行的三個認知實驗中，由於所指定的實驗媒材特性及受測者設計習慣的不同，相信受測者在操作時會有時間長短不一的結果。不過然而當我們質疑這些問題與限制時，也正是研究課題產生的來源。本研究也願意接受必要性的限制因素，以期探討出更多不同的現象，幫助設計者在設計過程中，輔助設計思考下傳達出設計新意及創造力。

5-4 後續研究

形體的造型設計一直是設計過程中很重要的一環。許多建構 3D Model 的工具或軟體的確能讓設計進行得更精確且快速，在指令功能與介面上亦有許多研究不斷地持續開發中；然而，作者認為，數位媒材發展的下一階段應更集中於設計者真正所需求的親切的操作環境，而不僅止於著重工具或軟體所具備的強大功能上。因此，作者在此提供幾個方向作為後續研究的發展：

(1) 將觸覺感官單獨提出作更深入的探討

本研究中利用純視覺與當視覺與觸覺同時存在的角度初步比較出觸覺在概念模型中的現象，但作者認為若能將觸覺感官獨立提出探討，將能更清楚的了解到觸覺中相關因子與輔助設計的密切關係，期待後續做更進一步的研究。

(2) 探討其他知覺與感覺在設計過程中所產生的現象

本研究中發現觸覺能輔助設計者有較連續性的思考行為與動作，其誘發的記憶內容也與視覺不同，然而觸覺僅為人類感官的其中一種，期盼未來能有機會進一步探討其他

知覺與感覺在設計過程中所產生的現象。

(3) 探討觸覺中空間知覺與觸覺因子的對應關係

本研究利用四種空間知覺來探討設計者知覺空間的程度，將來期許能更深入地探討到觸覺中的空間知覺與觸覺因子的對應關係為何，甚至可延伸子題了解觸覺與手勢對應的準則。

(4) 開發讓設計者能更直覺性的發展形體造型的介面

站在數位媒材工具的立足點上，作者認為亦有機會以觸覺經驗為基礎，模擬設計者製作實體模型時的觸覺經驗，開發讓設計者能更直覺性的發展形體造型的介面（Interface），使得設計者能順利專注地從事思考性的操作行為上。

(5) 融合至沉浸式虛擬實境（Virtual Reality）平台研究中

作者深信這樣的研究可延續至正持續開發進行的沉浸式虛擬實境（Virtual Reality）平台研究中，以輔助設計者更能體驗到數位媒材在虛擬實境環境所模擬出的觸覺感受中，提供設計者有更多不同選擇性的觸感，進而讓設計者連續性的設計思考與情境記憶輔助發展設計。