

## 附錄三 媒材實驗

為了深入了解 CAD/CAM 新媒材於設計過程中的應用與媒材特性，本研究操作兩個媒材實驗分析歸納出現象，過程與分析結果簡述如下。

### 媒材實驗

#### 1. 不同媒材製作複雜形體之模型：手作模型及 CAD/CAM 模型

目的：探討 CAD/CAM 新媒材如何應用於設計早期階段，同時可以給予哪些設計輔助。

操作方法：觀察兩組設計：A 組-6 名熟悉手作模型設計者；B 組-6 名熟悉 CAD/CAM 模型設計者，應用手作與 CAD/CAM 不同媒材製作複雜形體實體模型的操作過程，之後進行訪談，再從訪談資料中分析出一些現象。

#### 2. 媒材限制之設計操作實驗

目的：為了探討每樣 CAD/CAM 數位媒材輔助設計的角色，請設計者分別利用不同的 CAD/CAM 技術：雷射切割及 RP 快速成型來操作設計過程，透過設計者分別以單一媒材作設計的過程中，分析出不同媒材輔助設計過程的特性。

受測者：4 名具有 5 年以上建築教育背景的建築系學生，熟悉 CAD/CAM 電腦操作。

操作方法：分別利用兩種 CAD/CAM 媒材：1.雷射切割 2.RP 快速成型來操作一個設計題目。設計時間為 4~8 小時。

### 實驗結果分析討論

#### 1. 不同媒材製作複雜形體模型之現象

從第一個模型製作實驗觀察結果，得到兩組不同媒材所製作的實體模型(圖 R3-1, R3-2)。

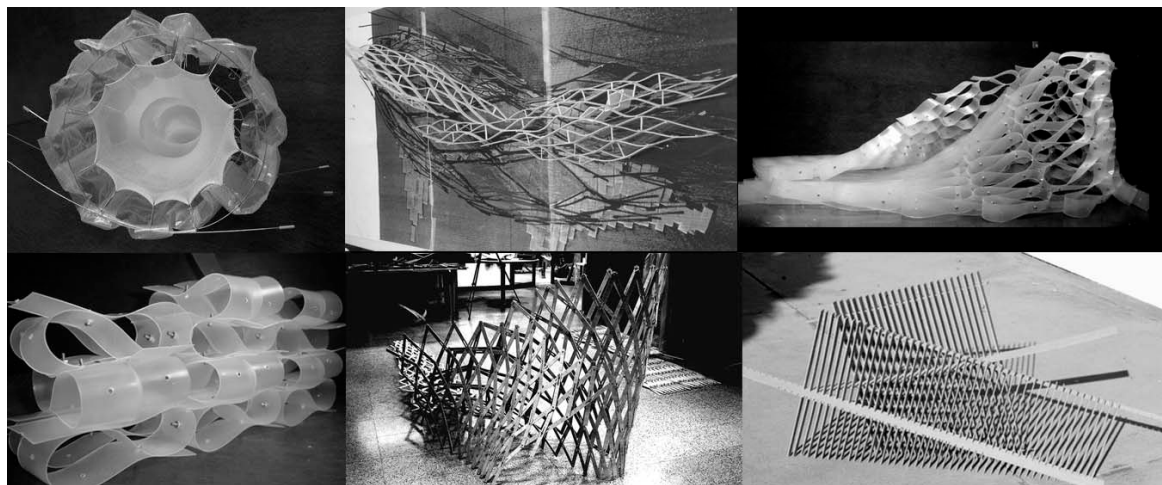


圖 R3-1 A 組-6 個手作模型

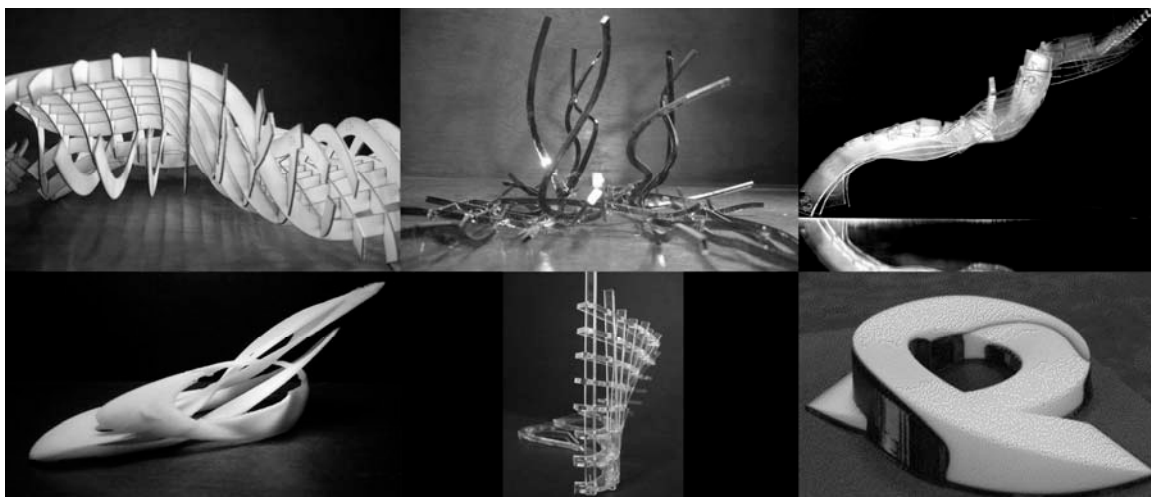


圖 R3-2 B 組—6 個 CAD/CAM 模型：

從兩組設計者所作的兩種不同媒材模型及經過訪談之後，歸納出以下幾個現象：

#### *製作困難度*

當形體太複雜時，許多手作模型的设计者開始會將原本的设计形體簡化，才得以做出；但 CAD/CAM 模型的设计者則比較不擔心複雜形體無法被製作。由此可知，在设计複雜形體時，手作模型比 CAD/CAM 模型的製作過程更困難。

#### *製作時間*

由於 CAD/CAM 設計是數位化過程，製作 CAD/CAM 模型時，设计者可以精確掌握製作的時間；相反的，手工製作模型的设计者必須花許多時間在解決不同材料的性質與製作方式，加上當形體複雜時更難以用以前慣用的製作方式來解決，無法預知製作需花費的時間而會做很久。因此在製作時間上，CAD/CAM 模型會比手作模型快速及更有效率。

#### *精準度*

即使設計形體再如何複雜，CAD/CAM 模型是直接由電腦 CAD 模型由 CAM 設備輸出，因此可以非常精準製作模型。然而，對於手作模型的设计者，在手工製作模型過程中，很難精確掌控形體的變化。

#### *材料特性*

從兩種媒材所作出的模型可以明顯看出，手作模型由較多不同的材料製成，如紙，木材，薄膜，塑膠，竹，鋼索等材料；而 CAD/CAM 模型被 CAM 設備所能輸出的材料所限制，只有少數兩三種材料可以製作，如雷射切割可用的紙板與壓克力及 RP 輸出 ABS 材質。设计者在手作模型時可以利用多種不同材料來做嘗試，從過程中可以更了解不同材料的特性及製作方式，但 CAD/CAM 模型對這方面的設計輔助就顯得很弱。

#### *比例尺寸關係*

對於手作模型的设计者，他們都無法精確說出所作模型的正确比例，因為製作複雜形體的模型經驗與以前傳統設計模型不同，製作過程已經更複雜，必須考慮太多問題而讓他們無法掌控模型的比例。反而對於數位化流程的 CAD/CAM 模型设计者，他們可以非常清楚製作的模型比例與精確的尺寸。

### 設計模糊性

在製作過程中，手作模型的设计者會邊做模型邊測試材料特性甚至邊修改設計，設計模糊性很高；但 CAD/CAM 模型具有比較明確製作流程，模型生產直接由電腦輸出，設計者只有在輸出後加以手工組裝，另外加上 CAM 輸出需要時間，當等待到模型完整輸出時，對於連續的設計過程已經產生間斷性，無法有連續的邊做邊改過程，因此對於設計模糊性較低。

### 結構方式

手作模型具有比較多機會可以嘗試不同材料結合與固定的結構方式，但真正製作時其結構方式卻不真實，因為設計者會直接用膠水來解決。而 CAD/CAM 模型製作過程比較偏向於真實建造方式，對於結構的掌握比手作模型高。

### 操作過程之空間呈現

在操作過程中，手作模型與 CAD/CAM 模型具有不同的空間呈現：手作模型主要是由 2D 的材料板(紙板，木材等)開始組裝成為可以呈現 3D 空間的模型。而 CAD/CAM 製作過程則尤其是 CNC 雷射切割的應用，是先由電腦的 3D CAD 模型進行拆解成 2D 元件，供 CAM 設備輸出，最後才將輸出的 2D 元件組裝成 3D 空間模型。操作過程的不同：

手作模型 : 2D (材料)-> 3D 模型

CAD/CAM 模型: 3D (cad)->2D(element)-> 3D 模型

## 2. 雷射切割與 RP 快速成型輔助設計過程之角色

四名受測者中，兩名利用雷射切割及另外兩名利用 RP 快速成型所作出的設計結果如圖 R3-3。

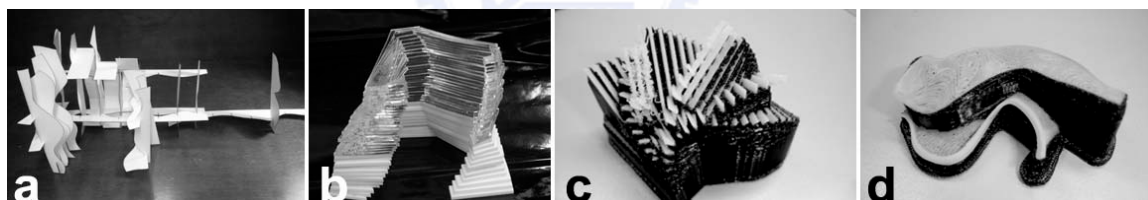


圖 R3-3 四名受測者所做的 CAD/CAM 模型

從四個模型可看出，都是形體複雜的設計，因此可以清楚得知 CAD/CAM 媒材有利於輔助自由形體設計。從設計者僅能使用單一媒材輔助設計操作過程及之後訪談結果，本研究得以瞭解這些媒材在輔助設計時的特性，另外也發現一些對於雷射切割及 RP 快速成型輔助設計過程時不同操作方式的可能性。以下分別整合出媒材特性。

**雷射切割。**此媒材為 CNC 減去法的其中一種技術，主要是以 2D 切割來製作。電腦中形體複雜的 3D CAD 模型，必須先拆解成 2D 的單元(骨架與表皮)，再轉成 2D 圖面由 laser cutter 輸出。接著，所輸出的 2D 單元再組裝成完整的 3D 實體模型。這個數位化過程非常精準，同時操作過程比較趨近於真實建造流程。使用此媒材可以輔助設計者對於設計「結構」上的思考。

**RP 快速成型。**此媒材的模型製作方式為 3D 建造過程。電腦中 3D 複雜形體的資料可以直接由 RP 設備接收，然後以分層方式建構出 3D 實體模型。這個數位化過程非常精準，同時設計者不需擔心複雜形體無法製造，不受製作過程的約束，因此設計形體可以更自由。這個媒材有利於輔助設計者對於設計「形體」的思考。

此外，限制媒材的設計過程讓設計者在過程盡量從限制中找尋新的可能性，發揮更有創意的輔助方法。為了解決媒材的限制或簡化繁瑣的步驟，設計者發展出一些新的操作方法，以下分析出每位設計者所改變的方法與新發現。

### 操作過程

受測者 A 使用雷射切割作設計，由於他在概念發展階段時需要很快從 CAD 模型製作出 CAM 模型來檢視，如果他依照雷射切割慣用輔助方式(先把 3D CAD 形體建完整後，拆解成 2D 元件輸出，再組裝)，他認為操作時間太長而會打斷概念設計階段的思考過程。因此他用另外的操作方式來解決，首先他於 CAD 軟體中先繪製許多自由形體平板，再將這些平板組裝，方法類似傳統手工製作模型的操作過程，但他卻是在電腦環境中操作(圖 R3-4a)。當他決定要輸出成實體模型時，只要將所組裝的平板攤平轉入 2D 軟體(圖 R3-4b)，即可馬上進行切割。這種操作過程讓他省去拆解分割 3D 形體的繁瑣操作過程。

### 模型呈現

受測者 B 使用雷射切割作設計，她於概念發展階段中比較希望探討設計的「形體」，但一般雷射切割的 2D 切割特性所製作的自由形體模型為骨架模型，主要表現出設計的結構性。為了解決媒材限制而達到她所要的設計模型呈現，她將 3D CAD 形體進行密集的斷面切割成 2D 資料(圖 R3-5)，再由雷射切割切割透明壓克力，最後將這些斷面堆疊起來，就可以從透明材質的模型中看出設計的「形體」，所組成的模型可表現出設計的量體感。

### 形體設計

受測者 C 使用 RP 作設計，由於 RP 可以直接將 CAD 模型輸出成 3D 模型，他不用擔心設計的形體過於複雜而無法製作實體模型，因此他嘗試了 CAD 軟體 MAYA 的自動衍生形體功能，製作出形體非常複雜的設計，最後直接從 RP 機器拿出所設計的實體模型(圖 R3-6)。

### 不預期發現

受測者 D 使用 RP 作設計，他習慣於概念發展階段中反覆檢視 CAD 設計模型及 CAM 實體模型。而會從檢視輸出的實體模型過程中，再回到 CAD 做修正。在他來回數位與實體模型過程中，他發現由 RP 設備(FDM 技術)所製作出的模型不只是有設計形體的材料(白色 abs 材質)，還會有為了在分層製作時支撐整個形體的支撐材料(咖啡色塑膠材質)，這些支撐材是直接由 RP 機器算出，對於設計者來說是一種不預期的發現，多了支撐材料的模型，會影響他對於設計所作的修正(圖 R3-7)。

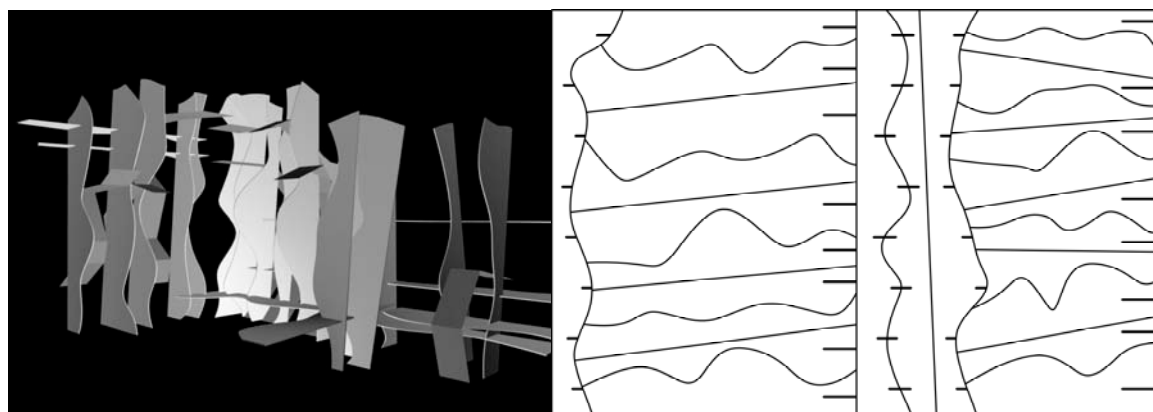


圖 R3-4 受測者 A a:電腦中操作平板組裝過程 b:將平板攤平成 2D 單元資料



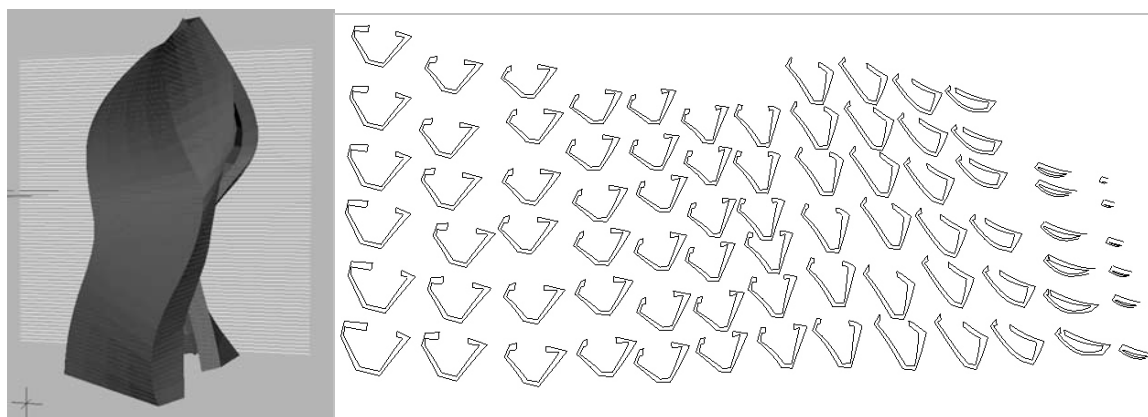


圖 R3-5 受測者 B 將 3D 形體切割成 2D 單元資料

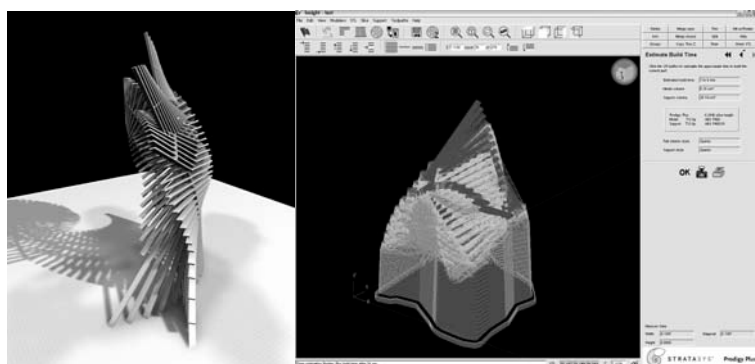


圖 R3-6 受測者 C 將複雜形體轉入 RP 設備軟體

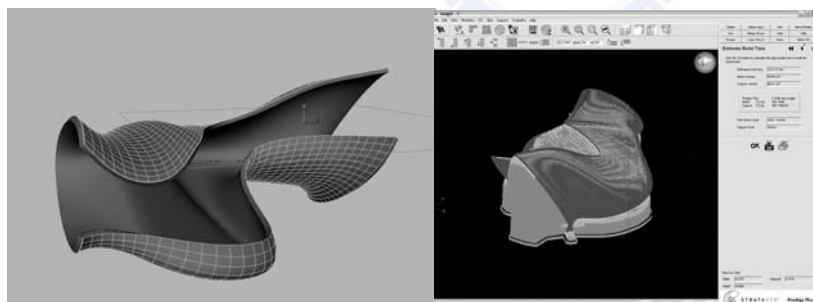


圖 R3-7 受測者 D 將複雜形體轉入 RP 設備軟體