

形體的自由化—東方書法與美學在數位構築中的初探

**Freedom of Form - The Oriental Calligraphy
and Aesthetics in Digital Fabrication**

研究生：葉育男

Student：Yu-nan Yeh

指導教授：劉育東

Advisor：Yu-Tung Liu

國立交通大學



A Thesis

Submitted to Graduated Institute of Architecture

College of Architecture

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Architecture

July 2006

Hsinchu, Taiwan

中華民國九十五年七月

在數位構築(Digital Fabrication)設計過程中，經常使用幾何學、流體力學和生物學的方法，結合雷射切割與RP探討與實驗自由形體的產生(Perez, 2004)，然而這樣操作方式也許在形體的探討上提供新的方式，但也許不夠全面，應該還有許多探討形體的方法等待開發實驗。本研究試圖從書法的美學角度出發，並透過操作雷射切割與RP的方式，來探討書法與自由形體之間的關係，除了理論模型的建立外，更試圖藉由數位和實體的方式來探討東方書法美學在空間和自由形體的構造以及模型。

書法藝術內在的深厚潛能，並不會隨著時代工具的演進或者是人們都不用毛筆書寫而減弱，被時代所淘汰，相反地在數位化工具當道的時代，反而更顯得彌足珍貴，目前許多新科技、新媒材的研究，往往藉助傳統文化而找到新的出路。有鑑於此，本研究除了提出東方美學中的書法在CAD/CAM上的運用有別於西方探討形體的方法外，並且希望透過問卷調查所分析的數據以及實作的分析結果，顯示書法在CAD/CAM上的美學價值。

本研究並非在建立一個終極模型或理論，而是透過問卷調查的數據統計與實作的模型分析來探討，在數位構築設計過程中自由形體的潛藏的可能性，並期望藉由理論結合模型操作的方式來呈現書法在自由形體中的美學價值。



When discussing and experimenting with the creation of free form (Santiago R. Perez, 2004), the Digital Fabrication process often makes use of geometric, fluid dynamic and biochemistry methods, combined with Laser Cutting and Rapid Prototyping. However, such an approach is still insufficiently comprehensive. This paper attempts to analyze the aesthetics and understanding of calligraphy and through Laser Cutting and Rapid Prototyping methods (Kolarevic, B. 2003), discuss the relationship between calligraphy and free form. In addition to establishing a theoretical model for cognition and analysis, we also attempt to use both Digital and Physical methods to probe the structure and model of space and free form in oriental calligraphic aesthetics.

The use of different materials at the conceptual stage, allows the designer to look at different variables in terms of his or her design behavior and visual considerations (Won, 1999). There are and three steps of two stages in this research: first step of first stage, proceed immersive writing toward calligraphy, experience the characteristics like abstract and wisdom, momentumthe in spirit and meaning of calligraphy, then proceed the analysis and conclusion in esthetics. Operationally, our experiment is divided into two stages: Step Two discusses the written points, lines, black, white methods of traditional calligraphy and uses collages, abstraction, sculpture, photograph and deconstructionist experimental methods. It analyzes spatial structure and shapes from the 2D without any computer assistance and then utilizes virtual and digital methods (3D modeling, scanning, pen-based system to analyze digital transformation methods and discuss the difference between traditional and digital media (Wassim Jabi, 2001). Stage two takes the results of three steps experimentation and analytical data and uses it to produce a model with Laser Cutting and Rapid Prototyping. The resulting prototype models are gradually reinterpreted and compared and the differences between them analyzed, resulting in the creation of a general theoretical model.

This paper is not established on any ultimate model or theory. Rather it we discuss the hidden possibilities for free shapes in the Digital Fabrication design process through an analysis of aesthetics and understanding. It is hoped that the combination of theory and model operation methods will make it possible to highlight the aesthetic value of calligraphy in terms of free form.



Key Words : Digital Fabrication, asthetics, CAD/CAM

謝 誌

感謝我的指導教授 Aleppo 老師，不論是論文或是論文以外的東西給予我相當的啓發、指正與肯定！並感謝君昊老師與唐玄輝老師在百忙之中，擔任我的口試老師...



目錄

第一章 導論	01
1.1 研究背景	01
1.2 研究問題與目的	01
1.3 研究架構	03
第二章 文獻回顧	04
2.1 CAD/CAM 系統歷史沿革	04
2.2 CAD/CAM 技術發展	04
2.3 CAD/CAM 應用於建築設計	07
2.4 書法的發展	09
2.5 書法與美學	11
第三章 書法取樣綜合問卷調查	16
3.1 書法取樣與分析	16
3.2 書法在 CAD /CAM 上與各類媒材間的分析	17
3.3 以書法看建築	18
3.4 以書法看其他媒材形式	19
3.5 結果	24
3.6 綜合比較	29
第四章 書法與媒材的實作	32
4.1 媒材特性測試	32
4.2 書法綜合媒材操作	33
4.3 CAD/CAM 新媒材實驗	35
4.3.1 實作一	36
4.3.2 實作二	38
4.3.3 實作三	39

第五章 結論	43
5.1 研究比較與討論	43
5.2 研究貢獻	43
5.3 研究限制	44
5.4 未來研究	44
文獻回顧	45
附錄一：表格	48
附錄二：受測者問卷	60
2.1 受測者 A	
2.2 受測者 B	



第一章 導論

1-1 研究背景

1960 年起，許多相關電腦輔助設計與製造 (Computer aided design/manufacturing, CAD/CAM) 的研究不斷地被討論 (Cater, 1973; Burry, 2002)，Frank O. Gehry 和 Toyo Ito 藉由 CAD/CAM 創造豐富的建築形貌、產生新的美學觀，於是形體空間的視覺化、自由化，使得電腦成為設計工具製造之後出現的最主要特徵。到了 1980 年代，CAM 發展出雷射切割 (Laser Cutting) 和快速成型機 (Rapid Prototyping, RP) 的技術，並為研究者和設計者在建築設計探討形體發展的過程中，成為新的數位媒材工具。

東方藝術的形式包括繪畫、舞蹈、工藝...等等，當中有一種媒材，有別於其他媒材形式，處在哲學和造型藝術之間，就是書法。比起哲學，書法更具體，充滿生活氣息；比起繪畫雕刻，書法更抽象、更空靈、更純粹。東方書法，若僅從純造型觀點中的結構秩序和氣勢變化來分析，必然只是美學上的意義 (Yao, 1993)。在認知方面 (Gombrich, 1998)；東西方對於書法在空間、形、色以及材質上，有著顯著的差異 (Xiong, 1999)，康丁斯基 (Kandinsky) 認為，線條的產生是由於「使點變成線的外力有許多種，線的不同也依這外力的數量和它們的關係而定」(吳瑪俐, 1995, p.47.)。在中國的造形藝術中，表達線條最具體的形式就是書法，而書法表達不僅是情感上徒手畫線自由運用的表現方式，且具有運動方向的特質，書法的結構來自一種造形的秩序和法則，正如自然美亦源於造形的秩序與法則，因此不必藉由自然來瞭解書法，應直接從書法本身認識和把握造型規律。

在數位構築 (Digital Fabrication) 設計過程中，經常使用幾何學、流體力學和生物學的方法，結合雷射切割與 RP 探討與實驗自由形體的產生 (Perez, 2004)，然而這樣操作方式也許在形體的探討上提供新的方式，但也許不夠全面，應該還有許多探討形體的方法等待開發實驗。本研究試圖從書法的美學角度出發，並透過操作雷射切割與 RP 的方式，來探討書法與自由形體之間的關係，除了理論模型的建立外，更試圖藉由數位和實體的方式來探討東方書法美學在空間和自由形體的關係以及透過初步模型的建立討論書法空間實際被建造的可能性。

1-2 研究問題與目的

從 Zaha Hardid 發表台中古根漢設計之時，我們已經知道自由形體的建造仰賴 CAD/CAM 新數位設計媒材的介入，因此在往後的建造上和輔助設計上，CAD/CAM 扮演

相當重要的角色，也極具影響力(Lindsey, 2001; Kolarevic, 2003; Oosterhuis et al., 2004; 李元榮, 2005)。回溯 CAD/CAM 濫觴之初，開始使用這項技術最早，也最具代表性的建築師，就是 Frank O. Gehry，他相繼地完成畢爾包古根漢美術館、迪士尼音樂廳...等等，以及近期完成的芝加哥千禧公園，再再地顯示出 CAD/CAM 對他在設計建築物形體的影響，一開始他利用 CAD/CAM 技術輔助設計與建造，其中西班牙巴塞隆納的“魚”，便是最早的案例。設計建造過程中，他將手工製造的初步模型透過掃描轉換到電腦中，再進行數位設計，並利用 RP 和電腦數位控制(CNC)技術產生模型來探討及檢視整個設計的空間形體，接著透過 CAD/CAM 來完成整個分析，其中包括：表面材質、結構、形體...等等。最後把實體建造出來(Lindsey, 2001)，從 1960 年以後，許多的工業設計、建築設計團隊和建築師；如 Greg Lynn、NOX、FOA、Toyo Ito...等等，也開始利用 CAD/CAM 技術來進行設計與建造過程；因此在國內外許多著名的建築科系也進行同樣的實驗操作，例如在紐澤西大學，利用課程的安排設計，讓學生透過幾個實驗的方式來探索數位元與類比的關係(Jabi, 2001)，在國內，交大建築研究所，除了課程的安排外，並在國內外運用 CAD/CAM 技術建造許多實際的案子。

從 Greg Lynn、Zaha Hardid 以及 Toyo Ito...等等的作品，顯示出利用 CAD/CAM 新媒材的輔助，除了在設計者在設計過程的討論外，更重要的是透過數位化操作的過程，可以讓設計者對於形體的掌握，可更加地自由化、不受限制，於是形體漸漸地從傳統幾何對稱造型的討論操作轉為液態化、有機化、變形、表面處理以及仿生演化概念所產生的自由形體(Leach, 2004; Perez, 2004)，這種方式演譯探討出來的形體，屬於形式可預視下的操作，缺少形而上的探討。西方美學講求“再現”與東方強調“天人合一”的寫意概念有分大的分際，在東方眾多藝術形式中，書法形式中非常地獨特，有別於雕塑、水墨畫、音樂、舞蹈，書法和音樂、舞蹈都具有起承轉合、周而復始的同構性質，在形式上，書法、音樂和舞蹈一樣，講究章法、節奏、旋律、對稱和呼應。其線條運行是封閉和靜止的，它具有延續性和動感，生命、活力、旋律、節奏、神韻、氣勢無不在動中呈現。

審美心理的作用，使人對線條形態產生不同的感覺，從國內學者(許玉芳, 2002)、(張景智, 2004)輔大應美研究所李孟鈴所作的對於書法的量表分析整理出來對線條感覺其中根據線條分別代表其感覺(Figure 1.2)。

直 線	安靜、冷靜、理性、堅強、有力		
曲 線	溫和、圓潤、流動、活潑、柔順、感性、喜悅、自由		
斜 線	激動刺激、不安定、動感、有力	粗重線	有力、頓拙
折 線	尖銳、憤怒、緊張、痛苦、不安	輕細線	纖細、敏銳、脆弱
水平線	穩定、單純、和平、安定、平靜、純潔		
垂直線	不安、危急、高尚、端莊、硬直、衝力		

Figure 1.2 線條感覺描述

我們把音樂、舞蹈也歸類於時間藝術之下，皆因它們是在時間中開展進行以至結束，許多人把書法與音樂舞蹈相提並論比較，其原因是，書法是世上唯一可以在時間中欣賞並完成的視覺藝術作品，這個特質在有書法以來便存在，至今不變。

書法藝術內在的深厚潛能，並不會隨著時代工具的演進或者是人們都不用毛筆書寫而減弱，被時代所淘汰，相反地在數位化工具當道的時代，反而更顯得彌足珍貴，目前許多新科技、新媒材的研究，往往藉助傳統文化而找到新的出路。有鑑於此，本研究除了提出東方美學中的書法在CAD/CAM上的運用有別於西方探討形體的方法外，並且希望透過問卷調查所分析的數據以及實作的分析結果，顯示書法在CAD/CAM上的美學價值。

1-3 研究架構

不同媒材的使用，讓設計者在構想發展階段的設計行為或視覺思考產生了變異 (Won, 1999)。在操作上分成兩個階段進行實驗操作：第一個階段採用問卷調查的方式進行實驗，第一階段分成三個步驟，第一個步驟從歷代書法中選取代表性體例，讓 30 位具有相關背景，其中包含各種領域 (藝術、視覺設計、建築、服裝設計、長期學習書法人士、曾經學習過書法人士) 的受測者進行問卷調查以及口頭訪問，並進行數據收集與分析，第二步驟依據第一步驟所設定的問卷格式對同一批受測者進行以書法看建築，並分成以 CAD/CAM 發展分期為前期的六個案例是對照組和後期六個實驗組為問卷的主題，並收集數據與分析，第三步驟則是讓所有受測者，根據不同媒材 (文學、繪畫、音樂和舞蹈) 形式進行問卷調查，同樣進行數據收集與分析，在第一階段將前述三個步驟所收集的數據進行最後比較分析，所得出的結果，將有助於第二階段的實作操作。

本研究的第二階段分成兩個步驟進行實驗操作：第一個步驟，針對書法進行沉浸式地書寫，並體悟書法精神涵義中所傳達的抽象、空靈、氣勢的特質，然後進行美學上的分析和歸納，並且探討傳統書法書寫點、線、黑、白的方式，並運用拼貼、抽象、雕塑、萎化以及解構的實驗方法企圖從 2D 中分析空間結構、形體。

進入第二個步驟，操作三個實際案例，透過虛擬和數位元方式 (3D 建模、掃描、筆式系統)，來分析轉換數位的方法和探討傳統媒材與數位媒材之間的差異性 (Jabi, 2001)。在第二階段的三個實作裡，選擇一個實作案例，透過雷射切割與 RP 來製作模型，並將所得的初步模型結果再一次地讓受測者接受口頭訪問，並進行分析討論，最後將所得之數種模型，逐一重新詮釋、比較，並且分析模型間的差異，而建立初步的理論模型。

本研究並非在建立一個終極模型或理論，而是透過問卷調查的數據統計與實作的模型分析來探討，在數位構築設計過程中自由形體的潛藏的可能性，並期望藉由理論結合模型操作的方式來呈現書法在自由形體中的美學價值。

第二章 文獻回顧

2-1 CAD/CAM 系統歷史沿革

CAD/CAM 的歷史發展大致上分為五個階段(詹仲豪, 2000), 分別是;

第一個階段在50年代, 這個時期, 發展交談式圖學 (Interactive computer graphic), 可將簡單的圖像呈現於顯示器的陰極射線管 (Cathode raytube, CRT), 而當初只是用來解決軍事方面的問題。

第二個階段約在60年代, 這個時期發展, 已經可讓使用者不必經程式設計的訓練, 可直接由使用者在電腦螢幕上使用光筆, 讓電腦感應光筆於螢幕上所在的位置而顯示使用之功能並以亮點呈現, 再將該點座標值儲存於記憶體內。因此開始有"Computer Aided Design, CAD"的用詞出現。

第三個階段約在70年代, 此時期所發展出的交談式電腦繪圖已能在較便宜的迷你電腦 (micro computer) 上執行, 並被工業界所採用, 而也使得CAD系統邁入了3D的線架構 (wire frame)。

第四個階段約在80年代, 此時期為了不同材料性質計算、有限元素模型的建立、不同型式自動化工具機的控制模式...等等, 而於致力發展CAD/CAM系統, 並以實體模型 (Solid modeling) 為主, 以因應未來工業在設計及製造上, 能走向整合與自動化的需求。

第五個階段約在90年代, 此時期講求3D混合(曲面+實體)參變數及人工智慧之CAD/CAM系統, 已是高度成熟的3D曲面製造及3D實體參變數穩定發展的時期。

2-2 CAD/CAM技術發展

最早CAD的技術應用, 從1963年由Sutherland所發展的Sketch Pad, 利用手寫板將紙和筆的傳統模式轉化成數位模式, 後來因為工業設計的需求, 除了1960年時發展的線架構外, 直到1970年發展了表面建模 (surface modeling), 並開始了“面”的構成方式, 而我們今日所使用的CAD系統是源自1960~1980年所發展的“非均勻有理樣條” (non-uniform rational B-spline, NURBS) 以及參數設計 (parametric)...等等。

1950年美國著手研究如何讓電腦自行控制機器, 這樣的方式稱為數值控制 (numerical control) 簡稱NC, 是後來才被稱為電腦數值控制 (computer numerical control,

CNC)。但是一直到1980 ~ 1990後，CAD被設計師廣泛的使用後，CAM才開始被運用在設計上。由於這些新工具的引入，形體的設計上沒有了限制後，便開始有許多的設計師在設計的一種種階段嘗試引用新的科技或媒材，甚至開發新的媒材如Gehry、Toyo Ito、UN Studio...等等。由於自由形體設計及建造上的對新科技及媒材的需求，加上近幾年來自由形體建築的經驗，使得原本在其他領域如工業設計 (Callicott, 2001, ; Sass, 2004)、汽車工業、航太...等應用的CAD/CAM科技 (Kolarevic, 2003)，也開始成爲建築中的一個專門討論形體建造發展的領域。

直到1990年代開始有建築師將這樣的方式引入建築，作爲製作模型的方式。而後的研究更是越來越多元，像是針對設計階段的中晚期，如何將設計的量體實體化，透過實體模型檢視設計，而非停留在電腦中，另外還有一部分研究新的組裝方式 (Gordon, 1988)；以及談到新媒材工具的研究 (Goldman and Zdepski, 1990; Simondetti, 2002)；由於建築的形體不再受限後，發現不論在單元製造生產階段，或是組裝階段，遠大於過去傳統建築所需要處理的資料量，爲解決這樣的問題，還有一部分研究便開始著手如何從建築設計到建造過程中，將可被標準化的步驟程式自動化 (Kvan and Kolarevic, 2002; Wang and Duarte, 2002)的研究。

RP

RP自80年代問世以來，同時推動了快速製造模型 (Rapid Tooling) 和快速製造 (Rapid Manufacturing) 的發展，90年代中末期是RP技術蓬勃發展的階段 (莫健華, 2001)

RP出現後，不但工業設計汽車設計的領域加以大量的運用。在自由形體建築設計建造與設計概念的探討上，這部分的著墨也是最多的，因爲RP材料本身具有一定的強度，以及其形體無限制，所以被大量的運用在模擬及研究新的組裝方式上，針對目前市面上RP各項條件優缺比較。

RP技術的各項比較

廠商	sony	3D system			stratasys	solidscap e	Z corp	Cubic Technologies
技術名稱	Stereolithography	Stereolithography	Wide area Thermal inkjet	Selective Laser Sintering	Fused Deposition Modeling	Single Jet Inkjet	Three Dimensional Printing	Laminated Object Manufacturing

簡稱	SLA	SLA	MJM	SLS	FDM	MM	3DP	LOM
最大工件尺寸 (英吋)	39x31x 20	20x20x 24	10x8x8	15x13x 18	24x20x24	12x6x9	20x24x 16	32x22x20
速度	非常好(使用雙加工光源,速度提升近兩倍)	普通	好	普通至 尚可	差	差	極佳	好
精度	非常好	非常好	好	好	尚可	極佳	尚可	尚可
表面的光滑度	非常好	非常好	尚可	尚可	尚可	極佳	尚可	尚可至差
系統價格 (美金)	約 \$219K- 800K	約 \$75K- 800K	約 \$50K	約 \$300K	約 \$25K- 300K	約 \$70K-80K	約 \$30K- 70K	約 \$120- 240K
材料價格 (美金)	約 \$75-110	約 \$75-110	約 \$100	約 \$30-60	約 \$115- 185	約 \$100		約 \$9
其它 (美金)				金屬 \$25-30 鑄造沙 \$5			澱粉類: \$0.35 / in ³ 石膏 類:\$0.60 / in ³	\$5-8 (紙張)
優點	*可建造出非常大的工件 *精度 *速度	*工件尺寸 *精度	*適合於辦公室使用	*精度 *材料	*適合於辦公室使用 *價錢 *材料	*精度 *表面光滑度 *辦公室使用	*速度 *辦公室使用 *價錢 *可彩色	*工件尺寸 *材料花費
缺點	*需後處理 *液體處理不易	*需後處理 *液體處理不易	*尺寸 *重量 *工件強度	*尺寸 *重量 *材料限制 *表面光滑度	*速度	*速度 *材料限制 *尺寸	*材料限制 *工件強度	*工件穩定度 *煙 *光滑度 *精度

Figure 2.1 Rapid Product Development Resource Centre, Industrial Centre, 黃奕順, 2003

FDM(Fused Deposition Modelling)	
廠牌	STRATASYS
型號	Prodigy Plus
最大輸出尺寸	203 x 203 x 305 mm
材料	ABS 塑膠
製作方式	原理類似擠顏料的方式一層一層，往上塑形，直至成品完成時，再將支撐材用溶劑清洗即可。



Figure 2.2 交大建築研究所設備

過去簡單的東西因為標準化，所以可以被大量的製造，而現在RP以及相關的週邊技術也讓自由形體開始標準化，所以相關於CAD/CAM 新媒材及技術研究，RP的應用及研究也是著墨最多的部分。例如德國的Streich 在1990年代，就利用了stereolithography，也就是早期的RP開始製作模型。另外在1997年Simondetti的研究中，就提到所謂的如何利用RP在早期的設計上。到了2002年Ryder 等人也開始跟進討論RP在建築設計上概念發展的相關運用。

2-3 CAD/CAM應用於建築設計

CAD/CAM 技術為數位構築過程的主要工具，可以將電腦中的數位元模型直接以數位元控制的操作方式輸出成不同比例的實體模型(設計討論所使用的不同比例小模型或這比例1:1的 mock-up)。這種電腦製作模型的方法(computer generated physical modeling) (Mitchell, 1998)，利用容易操作及編修的電腦數位元模型進行設計修改，再以數位元化的流程製作出實體模型，速度快且精準度高，解決了傳統手工製作實體模型繁瑣的操作方式急需耗費大量時間的問題，同時也可以滿足設計者依賴具有“空間性”的實體模型來檢視設計的整體或作為結構測試模型等的需求。

除此之外，CAD/CAM 技術還可以將3D的實體模型掃描轉成電腦數位元模型來進行編輯，實體模型與虛擬模型之間可以進行轉換與修改。數位建構的過程縫合了以往實體模型與虛擬模型之間轉換的差距，過程中結合了數位元模型與實體模型不同的特性，除了改變了過去設計過程中傳統實體模型的製作方式與步驟外，也增加了可以處理及製作複雜造型設計的機制，使非垂直水準或非幾何的自由形體設計更容易操作，甚至真實建造，以致產生不同的設計成果，如造型更解放的建築形體即出現新的建築語彙(Rosa, 2003)。

研究領域中的 Mark Burry、Larry Sass、Branko Kolarevic、Schodek & Bechthold 等人積極地在探討CAD/CAM 數位媒材在設計過程中所扮演角色，除了認為

CAD/CAM 技術將成爲未來新的建構方式外 (Mitchell, 1998; Kilian, 2003; Burry, 2004)，也針對此數位元建構流程做爲設計模型製作的新方法來討論 (Breen et al., 2003)，而這些都是目前在研究領域的焦點新課題。

Mark Burry (2004) 於 2000 年開始利用 CAD/CAM 新媒材的輔助來完成 1962 年高第逝世後沒有建造完成的巴塞隆納聖家堂 (Sagrada Familia)，他運用造船工業用的參數化軟體結合 RP 技術，重新設計與建造教堂翼部 35 公尺高的玫瑰窗戶 (Figure 2.3)。



Figure 2.3 Mark Burry, 2004.

因此很多研究開始著重於數位建構在設計過程，建築設計教育，建築設計實務界等方面的影響與發展 (Kolarevic, 2003; Cheng, 2004; Seely, 2004)，形體曲度的自由化與探討方式嚴然成爲當代建築討論的議題。

在1999年Bernhard Franken所設計建造完成BMW展示館的雛形是從“水滴”初期的設計概念發展而成，他透過電腦運算將水滴的抽象化概念輸入到電腦3D裡，藉由電腦中的“高斯分析”指令將形體的曲面最佳化，並且經由電腦工程師計算出結構所需的骨架和表皮的單元數量，將曲面運用水刀切割機切割出3500塊扁鐵作爲支撐形體的骨架和CNC milling開發出305片表面曲度不同的玻璃表皮，分別在工廠生產完成後再運送至現場組裝完成 (Figure 2.4)。



Figure 2.4 Bernhard Franken, BMW 展示館, 1999

建築專業領域希望把操作 CAD/CAM 技術的設計過程標準化，而促使 CAD/CAM 技術輔助建築設計與建造系統或軟體的開發。Frank Gehry 事務所利用 15 年對 CAD/CAM 技術輔助建築設計的經驗累積，從所設計的真实建築案例的實作中，整合出一套標準化的自由形體數位化設計與建造過程，並於 2002 年與其配合的工程公司一起成功推出整合式數位化導向建造之新技術，稱為 Gehry Technologies (GT)。Gehry Partners 除了在建築專業上大量應用 GT 輔助設計流程外，也配合一些學校的工作坊，讓建築系學生也有機會對新技術的瞭解與操作 (MIT WORKSHOP) (Figure 2.5)。



Figure 2.5 gehry_experience music 1995-2000

2-4 書法的發展

書法不僅是文字的載體，更是一種純粹審美的藝術形式，書法在視覺上的特點大致可以分為符號性、時間性、文化性、抒情性四種，當線條用於藝術形態呈現時，可以說是“筆”實際製造出來的記號；也可以說是以線條的組合製造出動態的韻律，而表現出我們的感

覺和想法(李孟鈴, 2004)。書法線條是透過書法創作者控制線條的速度、長度、寬度、時間與方向...等等,所創造出來的形式表現,較屬於個人沉浸式的書寫樣式,所以書法可說是一種線條的表現藝術,而不是只是擬像或是訊息的傳遞,更遑論某些字具有簡單美感的裝飾而已(蔡長盛, 1990),線條是書法構成的基本要素,線條是讓眼睛跟隨的記號,是視覺追蹤的路徑,做為藝術家的一種視覺工具而言,線條可說是最直接的表現方式,尤其東方與西方對線條的詮釋與表現手法上落差極大,線條亦成為東方藝術中最獨特的表現形式。

中國文字的基本造形是正方體,在眾家書法體例中,較能突破我們視覺經驗所認定的形體,就以草書而言,是較容易表現出來。其中草書中的狂草,除了在字形及大小極富變化外,並且在字與字之間間隔距離上,作了大幅度的變動,當書法創作者的主觀造形因素強時,每個人的變形方式也不一樣,也就是所謂“風格”的建立,因此字形的變化幾乎無法預測,字形的結構張力幾乎要從 2D 平面上狂奔而出,這可說是屬於空間運用與佈局的變化。南齊 謝赫在「古畫品錄」論畫之六法中說過以六各法則涵蓋中國書畫論,其中的五法皆談論繪畫,而六法中的「氣韻生動」,談的就是書法的精神意涵,而“氣”是眾家字體中重要的元素之一,特別在草書的書寫形式上,氣更是靈魂的表現,也是整篇書法最關鍵的中心(金學智, 1997),而狂草在表現上,創作者往往是充滿熱情,處在一種極度亢奮的狀態下完成的,我們可以從張旭和懷素的狂草書體上觀察出(Figure 2.6),其作品中的字與行已不明顯,看不出結構,時而一個單字結構的拉長而對拆成兩部分;時而兩三個字相連,似乎有時又組成一個字,如此字與字之間的實虛安排,時而緊密,時而開闊,在忽大忽小的變化中,形成了擴大、收縮、拉長或擠壓的力量,基於內在要求下造成了有定向之動勢,使我們產生了一種飛動的空間效果及充滿生命力的感覺。

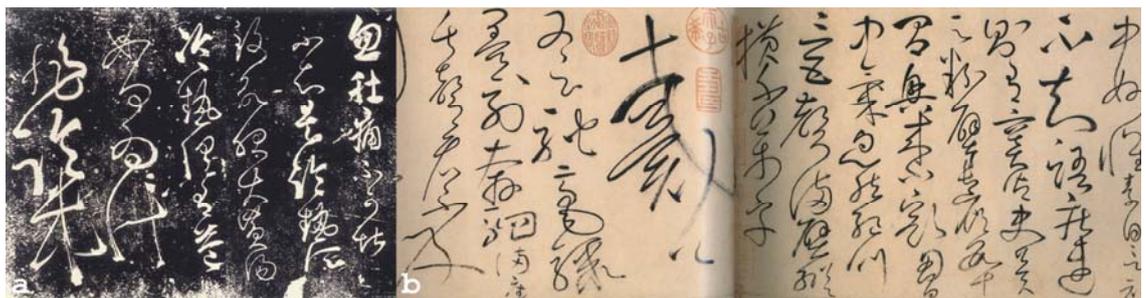


Figure 2.6 a. 張旭“肚痛帖”局部 b. 懷素“自敘帖”局部

書法的空間感是由生動變化的線條所構成的,由生動線條的節奏趨勢引起的空間感覺,如中國書法引起的空間感,名為力線律動所構成的空間境界,因此書法藝術的表現力,除了情感流露的表達外(李澤厚, 1986),更重要是來自線條豐富的結構變化,因有線條的方向性,即構成空間的意象。

空間形式是具體時間意象的直接呈現，即空間蘊含著一種內在的時間性，呈現為律動的節奏。筆鋒結構上的運動空間形式，包含了方圓、中側、轉折、提按及平動等內容(邱振中, 1995)。而文字的空間，即漢字象形、指事等構字法則所呈現的四方空間，這樣的空間法則是書法藝術所構成的基礎，所謂各種書體皆有其空間的表現形式，即篆、隸、楷、行、草等各體書法創作之空間規範，當然這些空間美學之規範是後設性的，但卻是書法學習過程中，由法度所表現之過程的重要內容(金開誠；王嶽川, 1996)。例如：篆書線條圓轉而略帶方意，字形修長、空間均衡，蘊含較肅穆莊嚴的氣息；隸書則線條渾厚雄強，字裡空間密和，呈現雄強穩定的效果；楷書的空間是疏朗的，其字裡空間的變化是較為均衡的，各字之間的距離是亦均等的，表現出平穩安舒的感覺；行書字裡空間的緊密與疏朗節奏是強烈的，字與字之間上下空間是緊密的，而左右空間則疏朗，形成上下一貫的縱向行氣，左右修飾線條開展指向虛無的空間，呈現左右橫勢的、伸張性的氣質；草書則線條連綿，行筆疾速而奔肆，有如龍蛇競走，結體空間富變化性(金學智, 1997)。

即使書法最終是以線性方式呈現，不論東西方所有的造型藝術，都以可視的形象因素所構成，形象因素的最小單元是“點”，“點”移動的軌跡為“線”，點與線的有機組合，構成書法，“線”移動的軌跡又形成“面”，點、線、面的有機組合，構成繪畫，“面”移動的軌跡，形成體積，於是又構成雕塑、工藝美術品以及建築等等，“點”是線條的起始，但一個點，沒有動向，既不朝水平面，也不往垂直向。它沒有向前或後的運動，只有集中張力(Figure 2.7) (吳瑪俐, 1985)。

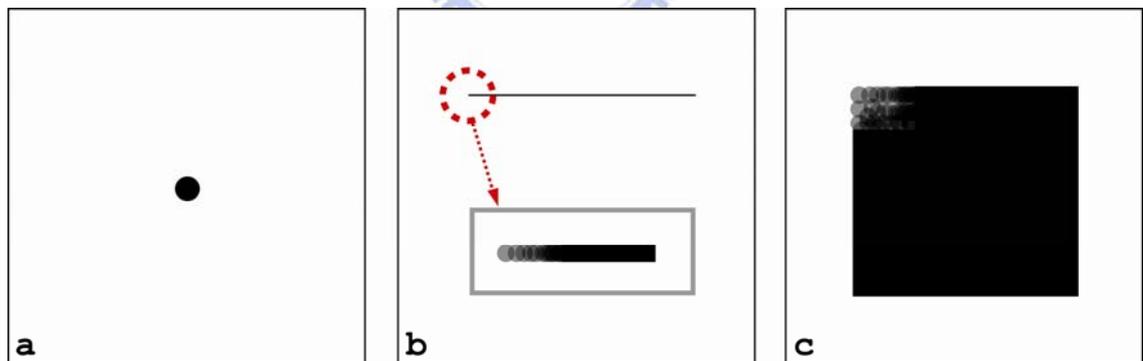


Figure 2.7 a.點 b.線 c.面的構成

2-5 美學中書法的角色

康德以形而上學的方式對於現代文化的貢獻，在於他把先驗主體性確立為認識（哲學）的基礎，從而確立了認識的主體性原則，康德認為，人類的理性能力及其形式是獨立於外在世界，先於經驗而存在的，即是“先驗認識”。先驗認識不依靠對客體的直觀感受，反而先驗地規定了它的客體(Kant, 1982)，正因為理性先驗地規定了客體，因此，「理

性源自於自然界普遍性的秩序」(康德, 1982 p96.)，認識的主體性原則，就是理性為自然立法的原則(Kant, 1982)。認識的先驗主體性原則的確立，在形而上學基礎上，把傳統“以主體符合於客體”的中心思想轉換成現代“以客體符合於主體”為主(肖鷹, 2005)。

海德格明白地指出，先驗想像力是最基本的，在這個重新制定形而上學基礎的工程中，本體論知識的內在可能性和形而上學整體的內在可能性都是建立在它之上的(Heidegger, 1990 p.88.)。先驗想像力是人類與生俱來最根本創造物體的一種機能，特別是“時間”和“空間”兩種直觀的形式而言，這兩者本身就是由先驗想像力構成的，根據線條發展的記載，東西方都可以追溯至洞穴時期的表現，線條正是人類不論溝通或創作而構成畫面最基本的元素，由於東西方美學藝術發展相異，線條的使用與詮釋，除了文本符號上的溝通外，東方經由創作者的表現，將書寫提升更高的藝術審美形式。

安海姆認為從結構中可以看出其表現性(expression embedded in structure)(李長俊, 1982)，而書法通過書寫的運筆、用墨、佈局、結構以及章法等等的造形美，來表現人的思想、氣質，進而達到美學的層次。它是實用性和審美性的表現藝術，游離於二度與三度空間(莊光白, 2001)。從書法論及符號學，卡西爾認為：「符號行為的進行，給予人類一切經驗材料以一定的秩序；科學在思想上給予秩序；道德在行為上給予秩序；藝術則在感覺現象和理解方面給予秩序」。(王秀雄, 1999)符號表現是存在於人類意識的基本功能，雖然這樣的功能對於理解科學結構固然不可缺少，但對於理解神話、宗教、藝術和歷史的結構更是同樣地重要。

書法的藝術創作表現，是透過書法形式符號來表現人類的思想情感。蘇珊·朗格認為藝術符號具有表現情感的功能，表現性是所有藝術的共同表徵，藝術的創造與一般物質產品的製造不同，它不是物質材料的綜合，而是藉著想像力和情感符號，創造出現存世界所沒有的，即新的「有意味的形式」，來表現人生的普遍情感。因此，書法藝術創造，實質上是一種藝術表現，它創造出現實的“幻象”或“虛象”。

根據完形心理學(Gestalt psychology)的研究，大腦中有一種電氣學，“力”的交互作用區(李長俊, 1982)，這個交互作用區並不受到我們在視網膜接收器上所發現到的區分所限制，它感應了來自眼睛的某一圖形，此圖形是是否被人所掌握，關鍵在於它是否提供了足夠的條件，讓力場產生積極的對應力，去區分圖形的各部分並結合為一個整體(Figure 2.8)(蔡長盛, 1984, p.188.)，而草書雖然形式表現上，無法立即辨識，但是由於文化符碼的意義，反而補足了人們觀看時的疏離感，但矛盾的是，這種疏離感反而造成了書法在形式上具有美學意義。

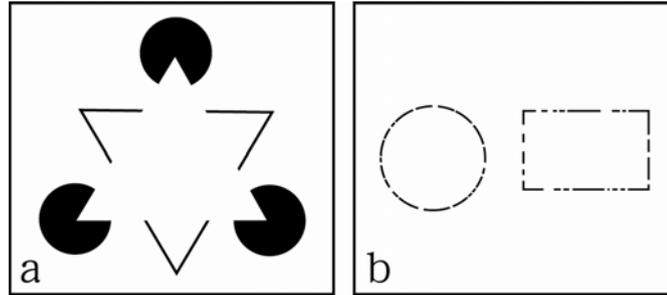


Figure 2.8 閉合律 Law of Closure

格式塔心理學的知覺觀念，是康德的先驗想像力和胡塞爾的本質直觀這兩個觀念在心理學領域的轉化物，它也是現代藝術哲學最重要的心理學基礎。它運用力場動力原理緩和了兩位哲學家的先驗主體性，但同時又為意識主體保留了在知覺組織中的創造可能和自由前提，Gombrich 正是在這個基礎上，建立了關於繪畫的創造心理學原理。

Gombrich 的出發點是反對“看”和“知”的區分方式，他認為“純淨之眼”是一個神話，他認為我們所看到的視覺世界的圖像，並不只是由物件投射在視網膜上的刺激圖樣規定的。視網膜的資訊被我們關於物件的“真實”樣式的知識所“修改”，“修改”的必然性在於“看”的主體是一個生命系統，這樣的系統衍生出人類根本的恐懼、慾望、猜測與期待，這樣的生命本能，常常使我們感受先於刺激，而 Gombrich 的藝術視覺心理學主張“看”是有期待的目的性活動，強調解釋的力量對於“看”的指導性作用，他認為：「一切看到都是解釋！」(Gombrich, 1956 pp.298-303.)。

Gombrich 對幻覺主義不太認同，他認為所有關於“看”這樣的生理反應到刺激腦部而產生的視覺影像都是解釋，這表示著藝術家的工作不單只是再現世界而已，而是使用藝術家所製造和掌握的影像來詮釋世界，從具體到幻覺主義，充其量只不過是對世界的一種解釋罷了，但是這種解釋是在對“純淨之眼”神話的傳統中所信任而發展起來的，伴隨著這個神話的被破除，幻覺主義藝術的傳統價值與這種詮釋的有效性都被徹底的消解了。由“看”的解釋性本質，否定幻覺主義作為一種對世界的詮釋以及客觀性，並不因此否定它曾經實現的“生動的相似性”價值，在王羲之完成蘭亭序後，不少的研究與坊間傳說王羲之是觀察“鵝”的生態所完成的。在傳統的幻覺藝術中，以透視法為基礎發展的技藝和法則，養成了創作者和觀眾共同合作從而實現這個“生動的相似性”的能力。(Gombrich, 1956) 反對幻覺主義，就是反對“再現”的藝術觀。Gombrich 認為在意義上，畫像並不是等同於再現。無論古代或者是現代藝術的形式，外在世界的再現都不是藝術家眼裡所看到的，更遑論是藝術家心中內在世界的再現(肖鷹, 2005)。

對於這兩個世界，藝術家都是用自己特有的手法進行解釋性的詮釋。(Gombrich, 1956) 幻覺主義所謂“再現”，本質上只是在一定傳統中的對形象的製作。Gombrich 認為：「畫像的源自於欲求生產的替代物」(Gombrich, 1956, p.370.)，然而書法最初的功能

設定，本就是傳遞思想和溝通的工具。替代物的有效性在於它與原物相同，也就是相近的功能性，而並非在於它與原物形象的相似性，在人類歷史上的第一幅畫不是作為一個具象寫實而製造的，具象寫實是畫像與對象物之間的對應關係的表現，它是以創作為基礎的，是創作風格化發展之後的產物。因為只有在一種風格的體系中，才可能存在“像”與“不像”的標準。因此，創作先於對應，創作決定了對應，形象製作的有效性以創作者和觀眾共同瞭解和接受的描繪風格為基礎和根據的。

Gombrich 關於繪畫心理學研究的結論是：「在藝術大師的論述下，藝術語言的成就並不是給藝術創作者一種創造現實幻象的能力，當形象變成了可見及透明的，我們得到了一種透視這個心靈的神祕領域的通道，並通過它學習運用新的眼光看這個外在世界」。(Gombrich, 1956, p.389.) 審美意識對藝術品作審美區別（抽象）的前提是，對日常生活的周遭世界的預設性。而胡塞爾也指出，康德的先驗哲學理論建立在一個未曾被質疑的生活世界的基礎上 (Husserl, 1970)。在這個世界被預先賦予了實在意義，一切存在物，即使是有生命的和精神性的事物，都明確地展示出它具有一種物體屬性，正是在這個被實體化的世界所提供的基礎上，所有被創造出現的藝術品皆被抽象為純粹審美，並且直觀的物件，以及一個可以被知覺展現的實在性的物體 (Husserl, 1970, pp.103-4.)。

胡塞爾的現象學認為，自然化客觀主義的幻象早已被事先預定的實體世界，而我們的生活世界是由根本性的意向性構成的，根本性的意向性，他詮釋為“精神”，精神是主體自我相互為他人存在和相互理解的共同意向性，它把自然統一在自己的領域中而成為完滿自足的視域。在我們欣賞觀看書法作品時，主客所產生的對話與意境是非常超現實的，觀賞者從書法作品中可以體會創作者運筆時的心境與情感，透過作品的閱讀似乎把時空拉回到當時創作者所書寫的狀態，然而生活世界本質性的意向性統一，否定了自然化的客觀主義對精神和自然、主體和客體的二元論區分。在真實生活世界中，所有“存在物”被給予主體化藉由通過意向性構成的世界視域，並且始終存在於這個視域中 (Gadamer, 1989, pp.245-7.)。

最終審美經驗現象學否定了傳統藝術的“模仿論”和“幻覺主義”；藝術模仿的前提是，真實已經被設定，並且以作為原形的姿態等待再現，真實世界被認為獨自地存在於那，與我們的審視和行動無關聯，一切事物都各得其所，被自然規律絕對地所規定住了，也就是說，假設藝術模仿或再現真實是有可能的，那真實本身就必須得是與人的存在，而無關的單純實在 (Husserl, 1970)。然而審美經驗現象學不同意這個由單純實在所組成的世界當中的真實性。它認為現實的真實性是被表現為一個世界的可能性，也就是人與世界統一的情感本質，而這個情感本質是通過審美經驗所表現出來的，並且同時規定表現有個性的主體和它的物件的本質特徵。至此，康德開始的現代藝術哲學的基礎性工程得到完成，這個完成，在存在的本體論前提下，一方面肯定了康德的藝術創造原則，另一方面卻否定了康德以主體和客體二元對立為前提的物(本身)觀念 (Kant, 1982)。

作為不可知的物(本身)的世界儼然不存在了，取而代之的是一個人必然存在於其中的真實的世界，這個世界在主體與客體合作的審美經驗中作為現實的可能(意義)而被表現出來。

審美經驗中，本質意義是內在於感性的，而感性的真實存在就是主體與物件相互作用的表現，也就是說以人(主體)和物(客體)為對應存在。表現，就是情感先驗構成主體與客體統一世界的活動，在這個世界中，具體的主體和它自己的世界共同存在於存在論與宇宙論相統一的本體論結構中。審美經驗通過表現，構成人與現實關係的世界，在這個世界主客時而清楚、時而模糊，模糊產生了一種美學上的意義，與清楚科學化的意義是不同的。

Parker(1855~1949)在「美學原理」中提到：線條暗示我們當我們身體沿著相似形式的路徑運動時的狀況，並且使我們依據這些運動的感覺來解釋它們，在想像之中，我們就沿著這些線條而運行。」(鄭淙賓, 2002) Parker 並舉出溜冰者或者跑步遇到急轉路線的情況為例，他們都知道這是一件極為困難的事，不過，假如他們是訓練有素的話，當他們克服了困難之際，困難反會為他們帶來許多樂趣，書法在一開始臨帖之時，對於空間結構與佈局的掌握並不是那末順遂，但在經過臨摹階段之後，一個好的書寫創作者，便開始突破中國字體正方的架構，進而衍生許多形體的字形，這也是所謂風格的創造，便能隨心所欲地運用線條(鄭淙賓, 2002)。

在書法字體結構中，任何一種不等邊的空間形式，都內含著某種張力，也都是具備有節奏感的空間，以一個字而言，一個格子便是一個空間；以一幅字而言，一張紙便是一個空間，而紙外的空間也稱畫外空間，就整體而言，書法是與環境和人所處的空間產生對應關係，然而書法平面形的立體感皆是由我們視覺的喜好而加以秩序化、簡潔化現象所造成的；若我們視覺的喜好秩序化現象與物理空間相違背時，我們對空間感的認識還是服從視覺的秩序化。從平面上的「歪形」能極有效地造出動勢，是因為我們的視覺有一種喜好秩序化、簡潔化的傾向，歪形所造成的空間感，皆由現今所看到的形與以前所看到的形，在相互作用下所產生的視覺記憶。

第三章 書法取樣綜合問卷調查

3.1 書法取樣與分析

中國文字起源，根據考據一般認為距今約 5000、6000 年左右在中國黃河中游的“仰韶文化時期”，世界上各民族的文字，概括起來有三大類型，即表形文字、表意文字、表音文字，漢字則是典型的以表形文字基礎上發展起來的表意文字，象形的造字方法則是把實物畫出來。不過畫圖更趨於簡單化、抽象化，成為突出實物特點的一種符號，代表一定的意義，有一定的讀音。我們的漢字，從圖畫、符號到創造、定型，由古文(甲骨文、金文)篆書，由篆而隸、草、行、行草、楷，各種形體逐漸形成。

分析各種體例中，取樣的標準，則選取較具代表性的字體。在商朝，甲骨文是當時盛行的文字，由於歷經時代的變遷，僅能從文獻中殘存的甲骨文選取，西周的金文亦是如此，而在秦朝統一中國以大、小篆文字發行，所以從諸多字帖中擇一討論，漢隸則選擇龍門石碑、草書名家以唐朝的張旭與懷素為代表，俗稱「顛張醉素」。

張旭以狂草聞名，他從擔夫爭道與公孫舞劍悟出筆法，其書矯健飛騰，變化莫測，也正是他個人生命的寫照，他意不在字，而是將生命中的思想感情用字的點畫傳達出來而已，這也正是中國書法藝術內涵中的最高境界；懷素其筆劃瘦勁，連綿一氣，極放縱之能事，與其狂放不羈之個性吻合，是用篆筆寫草書的典型代表。

談到行書，就屬王羲之，因為草、行、楷等新書體，由於王羲之的出現而達於極致，有「天下第一行書」之稱的「蘭亭序」便是出自於王羲之。書法上，王鐸是一位各體皆能、風格多樣的書法全才，不論是偉岸遒勁的大楷、高古樸厚的小楷書，還是他那飛騰跳躑的行草書，在晚明書壇上都應說是一流的，正書在王鐸作品中不多見，源自唐人而能自出胸襟。

此詩卷前半部分，無論是字的大小、結體、字畫、字距，皆給人一種奇特的感受。詩卷後半部分的行草在王鐸作品中則不乏見，章法變化豐富，行筆能放能收，整體感強，結體敬正莫測，點畫錯綜複雜，線條枯實互應，故其成就被人給予很高評價。

直到顏真卿出現，以篆筆入楷，造成異趣新風貌，楷書才又有了新的典範。顏真卿早年學習褚遂良，後得張旭草法。他改變了魏晉以來左緊右舒、右肩抬起的特點，以篆書端正的間架、左右對稱的原理入筆，方圓兼用，古今交融，開啓了楷書的新典範，有「第二書聖」之稱。所選的書法體例，在所處時代，皆屬一屬二代表性的作品之一，由於書法家太多，而本研究實驗，不在分析探討所有體例和風格，所以在取樣上，以該字體風格容易辨識為主。

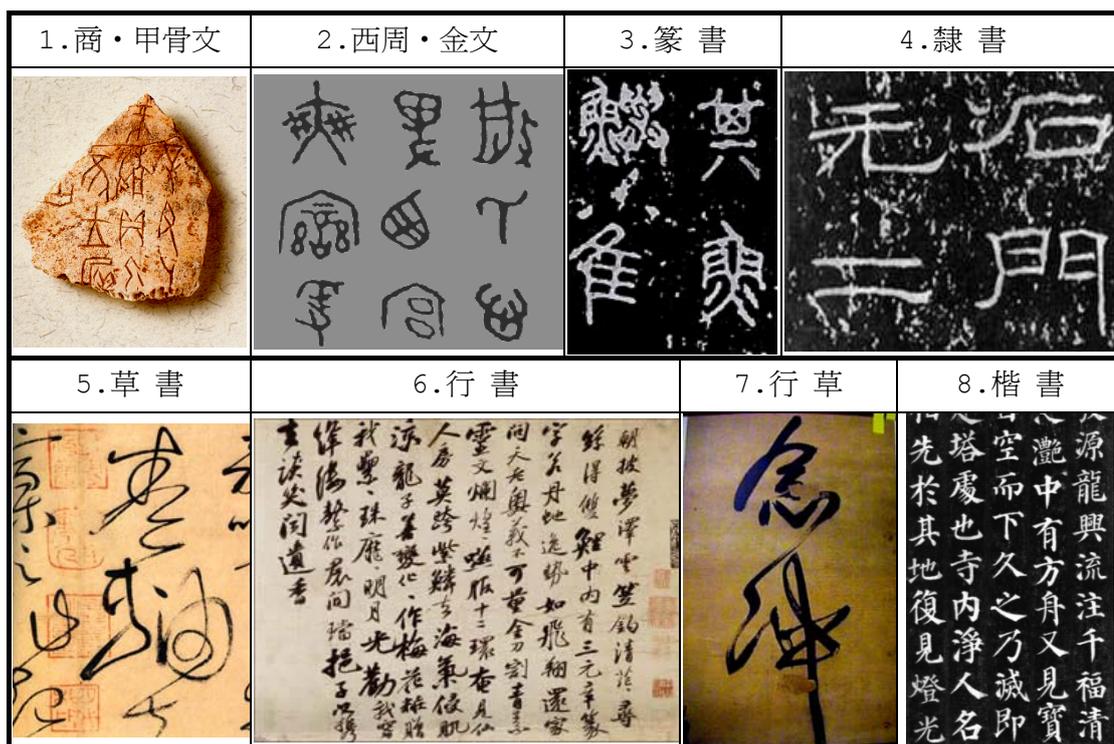


Figure 3.1 書法體例取樣

本節在 3.1 中，從以上的八種體例 (Figure 3.1)，製作問卷 (附錄 一) 檢視書法內在與外在因子，抽樣調查 30 位受訪者 (藝術、視覺設計、建築、服裝設計、長期學習書法人士、曾經學習過書法人士)。其目的透過數據分析，證明書法的空間性、時間性、結構、運動方向和節奏是存在的。

本節表格的因子分析採樣從張景智論文 (張景智, 2004) 以中國書法為空間造型探索之方法研究中採取部份關於書法的因子、國內學者以整理出對照表格 (許玉芳, 2002)、輔大應美研究所李孟鈴所作的對於書法的量表分析與 2D (平面繪畫、書法) 和 3D (雕塑、建築) 媒材經常探討關於畫面結構、空間結構的元素加以統整，得出本次實驗適合的表格分析 (附錄一)，而這個表格也同樣運用在本篇論文所有的分析調查。

3.2 書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析

建築的發展，自 70、80 年前與後是一個很大的分際，由於 CAD/CAM 技術的發展，建築型態的發展可以說徹底的被解構，形體方面也更加地自由，前後的建築型態因為技術發展導致形式上有很大的區別，特別是前期建築以垂直水平為主要的建築風貌，而後期偏重以曲線、流體為主。

從 70、80 發展至今的這些設計作品中，可以看出藉由 CAD/CAM 新媒材的輔助，讓設計過程數位化，可以更自由呈現出設計者的想法，因此設計者在設計的概念與作法上改變

了以往的思考模式，於是新的設計形體概念逐漸地趨向於液體狀、交疊、水滴狀、表面、動態、去物質化、仿生物之繁衍...等等的自由形體(Leach, 2004; Perez, 2004)。

但這樣的討論略嫌不足，本節利用問卷調查的方式來討論 CAD/CAM 與書法關係的建築，另一方面也將四種媒材(文學、繪畫、音樂、舞蹈)加入討論與書法的關係，其目的爲了比較書法在建築以及各類媒材之間的差異性，並且透過數據圖表的分析比較，得出“書法與建築”、“書法與各類媒材”之間的關聯性，以及影響程度的狀況。

3.3 以書法看建築

本節所選取的案例，爲普羅大眾所熟知的建築師及其作品，而這些作品經常地廣爲討論；在選取上，並無特定偏好某一建築師與風格，而是以 CAD/CAM 的歷史分期作爲選取的依據，然而建築風格在本節中不詳加討論。取樣方式分爲；前期(Figure 3.2)與後期(Figure 3.3)，而前、後期的分野是從 CAD/CAM 廣泛地被應用和數位媒材介入作爲準則。本節採對照組和實驗組；前期與後期各選擇六個著名案例；在對照組方面除了選取的六個案例，另外在選擇的案例都是在建築史上極具重要的作品，分別是；帕拉迪歐的作品、高地的建築、柯比意的廊香教堂、萊特的落水山莊、貝聿銘的羅浮宮以及北京的紫禁城，對照組的六個案例。

而後期案例的採樣爲；以 CAD/CAM 技術起始的 Frank O. Gehry 的古根漢美術館，加上以流體線性著稱 Zaha 的台中古根漢、Bernhard Franken 的 BMW 展示館、AleppoZone 的兩個設計案(大連設計案、青島設計案)以及交通大學建築研究所設計組，鍾均青的酒吧設計，在本節實驗組中所選取的案例中。

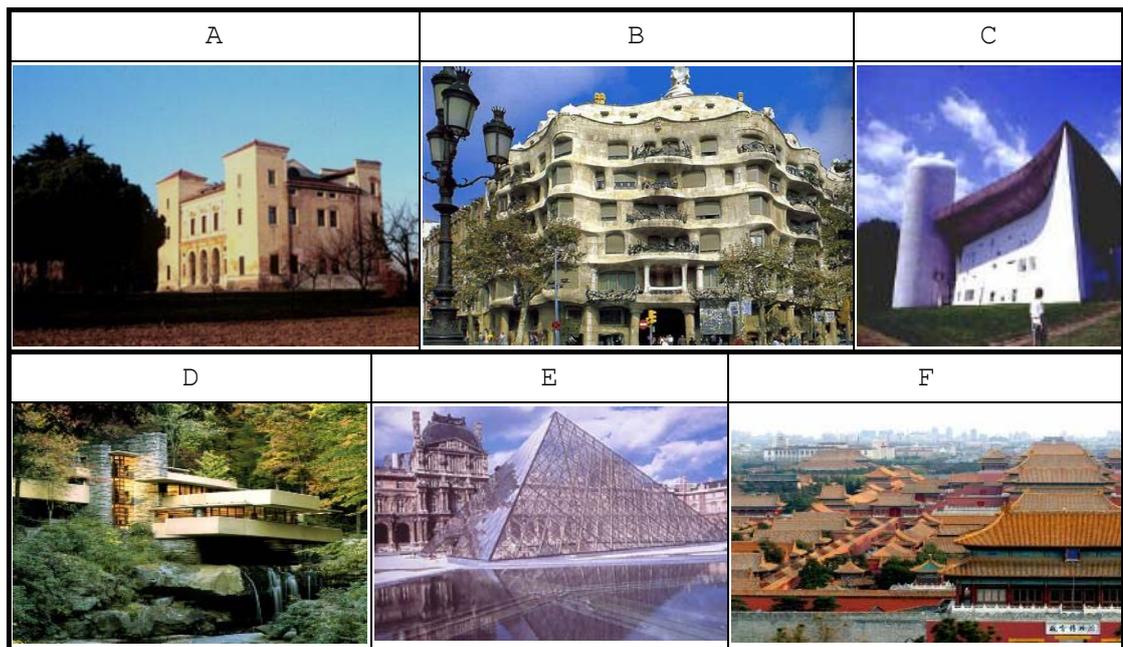


Figure 3.2 對照組(前期)

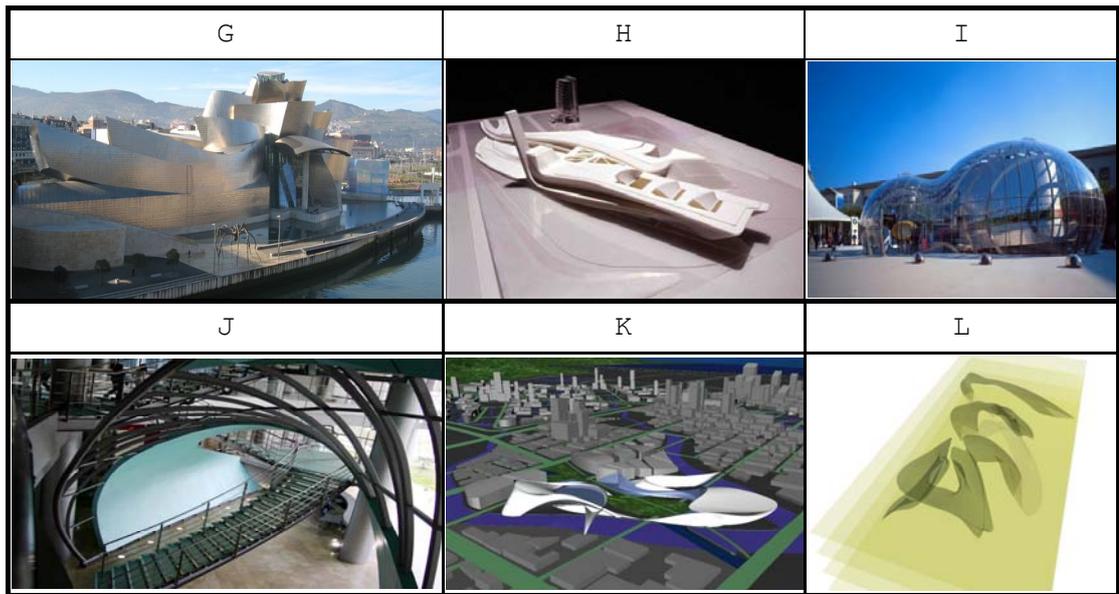


Figure 3.3 實驗組 (70 年代~當代)

本節從對照組與實驗組問卷收集的資料得知，在 1970 年前，世界各地的建築，即使在形體上有曲面的出現，但在數據中顯示出與 70 年以後，因 CAD/CAM 技術發展成熟，而在建築形體的發展，更加地自由化，有很大的分野；不單是構築工法上有很大的演進，外觀上更是以仿生、演化、有機流體的操作方式不斷地出現在地表上，尤其挑選的案例分析，發現其中有更多的因子與東方的書法，諸多相似之處，特別是在空間結構、線性變化以及曲面構成...等等。

3.4 以書法看其他媒材形式

本節在四種媒材 (文學、繪畫、音樂、舞蹈) 中的案例挑選，有幾項因素，皆因四種媒材在藝術文化中的特殊性，惟獨雕塑不列入討論，因為雕塑的空間性與建築相仿，為了明顯區別媒材的特殊性，所以選擇四種較為關鍵的媒材加入討論比較，而各類媒材與書法的關係分析，在這個階段，選取各類媒材較具代表性的作品，而各類媒材取樣的標準，則以普羅大眾廣為知曉的作品。例如文學；則選取金庸在倚天屠龍記中記載關於張三豐對於東晉 王羲之「喪亂帖」融合武功的一小段文字，由於金庸小說裡面的故事情節以及空間建構經常被影像視覺呈現，所以選之。在繪畫方面：在中國常言道，書畫不離家，所以在繪畫上選取了郭熙的早春圖 (Figure 3.4)，而早春圖是中國繪畫史上極具代表性的作品之一。

在音樂方面；許多人都認為貝多芬是古往今來最偉大的作曲家，他的作品如「田園交響曲」、「命運交響曲」...等等，廣為流傳。最後第四個媒材；舞蹈索取樣的是雲門舞集的「行草」，「行草」是一齣由書法汲取靈感的抒情舞作，雲門舞者舞出水墨的靈動，並利用數位科技在劇場再現王羲之，張旭，懷素等名家手跡，氣韻生動地與觀眾對談，另一方面

雲門的舞者群長期沉潛以太極導引、拳術、靜坐和書法臨寫中，以連綿不斷，呼吸有致的肢體，在有如宣紙的寺方天地中，舞出奔放流暢的書法樂章。取樣上，相對地也有代表性的問題，由於本節並非探討藝術史各類別的風格分析，所以取樣上，仍以容易辨識作品為主，而文學和繪畫，因作者是東方人以及加上研究的議題是重東方美學中書法價值的關係，所以在取樣上，自然會以自東方文化為主。

書法與文學

書法和文學藝術雖然在形式上有非常顯著的差異，但就創作途徑而言，書法和文學都是透過「字」來創作的藝術。字的空間結構和意涵，是書法和文學的重要組成部分，書法以藉由視覺美來呈現一種神韻、一種心境；而文學則是用內容來彰顯一種思想、一種觀念。書法是通過「字的結構」表現美；文學則是通過「字的含義」來表達美，二者皆在創作主旨、風格、法度、結構、藝術手法等方面都具有相通之處，且二者也都通過筆墨表達作者所思所感。

書法和文學在創作上主旨、內容、風格上較為接近，(鄭淙賓, 2002)，書法和文學都把握了人生的真境實相，體現了宇宙、人生的諸多感慨，包含了無可言傳的情結、無可表達的深思、無可解答的微妙，夾雜著創作者的人生體驗、所思所感，因而具有濃烈的人文色彩。再者，就藝術表現的手法而言，出色的書法和文學作品都做到了虛實並存的完美結合。

以書法來說，書法書寫的字，不僅要考慮到字的筆劃、結構、用墨...等等，還必須考慮到留白空間，而書法作品裡的留白，更是其書法構成的關鍵要素，就好比好的文學作品，會有起承轉合、輕重緩急，總是留許多想像地空間，而讀起來與欣賞書法而言更耐人尋味，作品也才具有生命力。

在所選取的作品，倚天屠龍記中，有一段描寫張三豐目睹余岱岩為奸人所傷，骨駭寸斷，嚴重殘疾，張三豐既傷心且憤怒，這種情緒都在內心抑鬱激盪著，某一天深夜他一時興起，在庭中憑空寫起了東晉 王羲之「喪亂帖」來。(金庸, 1961)

「張三豐寫了幾遍，長長歎了口氣，步到中庭，沉吟半晌，伸出手指，又寫起字來。這一次寫的字體又自不同。張翠山順著他手指的走勢看去，但看第一字是個「武」字，第二個寫了個「林」字，一路寫下來，共是二十四字，正是適才提到過的那幾句話：「武林至尊、寶刀屠龍。號令天下，莫敢不從。倚天不出，

誰與爭鋒？」想是張三豐正自琢磨這二十四個字中所含的深意，推想俞岱巖因何受傷？此事與倚天劍、屠龍刀這兩件傳說中的神兵利器到底有甚麼關連？只見他寫了一遍又是一遍，那二十四個字翻來覆去的書寫，筆劃越來越長，手勢卻越來越慢，到後來縱橫開闔，宛如施展拳腳一般。張翠山凝神觀看，心下又驚又喜，師父所寫的二十四個字合在一起，分明是套極高明的武功，每一字包含數招，便有數般變化。「龍」字和「鋒」字筆劃甚多，「刀」字和「下」字筆劃甚少，但筆劃多的不覺其繁，筆劃少的不見其陋，其縮也凝重，似尺蠖之屈，其縱也險勁，如狡兔之脫，淋漓酣暢，雄渾剛健，俊逸處如風飄，如雪舞，厚重處如虎蹲，如象步。張翠山於目眩神馳之際，隨即潛心記憶。這二十四個字中共有兩個「不」字，兩個「天」字，但兩字寫來形同而意不同，氣似而神不似，變化之妙，又是另具一功……」

書法與繪畫

從點線面的原理得知，一張繪畫的起始一定是由點與線所構成的，而原始繪畫往往都是以線為主的原始方式來表達認知和情感的，無論從中國美術新石器時代的彩陶紋樣、商、周銅器上的圖形符號、戰國時代的帛畫、東晉顧愷之的女史箴圖、唐以後的繪畫；還是歐洲史前洞穴壁畫(如西班牙北部Altamira 和法國南部Lascaux 所發現的壁畫)，文藝復興時期義大利三傑；達文西、米開朗基羅、拉斐爾，法國古典主義的安格爾到近代諸大師；如梵谷、畢卡索、康丁斯基、克利、傑克梅地等的繪畫、素描甚至雕塑，再再地顯示線條的表現早已與繪畫密不可分(鄭淙賓, 2002)。

中國水墨或是日本浮世繪所使用的線條，是屬於書法表現形式的線條，而西方繪畫中也有以類似各式書法的線所構成的抽象作品，例如美國畫家克萊因(Franz Kline, 1910-1962)，與法國斑瀆派藝術家蘇拉澤(Pierre Soulages, 生於1919)等等，皆使用線條作為表現方式。在南齊謝赫「古畫品錄」論畫之六法中，有說到：「一、氣韻生動，二、骨法用筆，三、應物象形，四、隨類賦彩，五、經營位置，六、傳移模寫」(曾培, 1992)。上述六法雖是論畫，但是除了「氣韻生動」之外，都跟繪畫有相當的關係，換言之，中國繪畫的基礎來自於書法，假如書法底子不深厚，繪畫境界很難精進。



Figure 3.4 北宋郭熙“早春圖”，紀元 1072 年
絹軸高 158.3 公分，台北故宮博物院 藏

書法與音樂

書法在書寫過程中像是一種音樂的藝術表現，書法由線條構成，而音樂是由音符，皆流動於作品之中。當書法家以時疾時徐、時緩時快的速度書寫，極富節奏性的運筆；或濃或淡、或乾或濕地在宣紙上書寫時，彷彿呈現了一首美麗的樂章。從藝術創作的過程來看，書法與音樂的創作路徑，具有某種程度上的雷同，書法書寫和音樂演出都是屬於一次完成性的作品，書法和音樂都具有起承轉合的同構性質；形式上，書法和音樂一樣，講究章法、節奏、旋律、對稱和呼應。其線條運行是封閉和靜上的，它具有延續性和動感，生命、活力、旋律、節奏、神韻、氣勢無不在動中呈現（金開誠；王嶽川，1996）。如書法家在創作之時，必須專心一致屏息以待，過程中氣韻流轉下需得一氣呵成，尚有一點干擾，終究會產生失敗；音樂演奏更是如此，只要一個音符演奏出錯，便前功盡棄。

黑格爾認為繪畫所呈現的是存在空間的面，而音樂則是取消了空間的面，將其化為流動在時間中的個別點，即一條線。正由於這一線條性，音樂才能表現出其更深的主觀性和特殊性，一種獨特的抒情美。音樂透過旋律來獲得其抒情的線條性，但書法與音樂不同

的是，它卻通過其線條來獲得其抒情的旋律性，兩種藝術表現手法雖然不同，但在精神向度卻是相同的。

在音樂中最基本的要素，是旋律與節奏。音樂上，時間能改變節奏的分節，空間則能改變旋律的形態，在不同的空間下音樂的多樣性是極其豐富的，因此音樂可以因為時間和空間而獲得改變了的形態，這樣一來，音樂就包括了屬於這個世界的基本範疇之時間與空間；換句話說，在意義上，世界就被涵括在音樂裡。宗白華先生說：「音樂尤能直接地啓示宇宙真體的內部和諧與節奏，而這生生的節奏是中國藝術的最後源泉。中國樂府失傳，詩人不能弦歌，乃將心靈的情韻表現於書法、畫法。書法尤為代替音樂的抽象藝術。」(宗白華, 1987, p.151.)

書法與舞蹈

在中國藝術中，舞的意義是十分重要的，而音樂的節奏與舞蹈的秩序又息息相關，在視覺上而言，舞的空間表現力，是具備時間性、運動感、節奏以及即時性的，其內部和諧與節奏，為其他藝術形式所無法比擬，所以在中國藝術的形式與節奏，以趨向於音樂的節奏狀態與舞蹈的表現肢體之美為最高境界。「人類這種最高的精神活動，藝術境界與哲理境界，誕生於一個最自由最充沛的深心的自我。這個充沛的自我，真力彌滿、萬象在旁、掉臂遊行、超脫自在，需要更廣闊的空間供他活動，於是“舞”便成為它最直接、最具體的自然流露，舞成為中國藝術境界的典型」(陳振濂, 1996, p.634.)。

書法藝術，運用筆墨的抑揚頓挫、疏密聚散、濃淡有致，充分表現了線的結構、流動狀態，同時也是一種傳遞情意和象徵的藝術，書法和舞蹈都是以視覺呈現、可直觀的、流動於空間的時空藝術，不同的是書法在2D，舞蹈則是在實體空間，但在流動上以及對空間的探索上有異曲同工之妙；以書法而言，創作者以線條創造視覺空間，企圖在有限的平面空間創造空間的深度，而舞蹈家則運用“肢體語言”來呈現人體與空間的關係。中國的學者們早已論及：「今按樂舞之妙，在乎進退屈伸，離合變態。若非變態，則舞不神，不神而欲感動鬼神難矣！」也就是在這個進退屈伸，離合變態中，舞蹈具備了和書法一樣窮流轉變化之妙的美感。

書法在快速時間節奏的展延，和實體空間中的連續延展，在瞬時間幾乎擁有一種類似舞蹈的生命力。蘇珊·朗格指出舞蹈創造了一種難以形容的、甚至是無形的力的形象，它注滿了一個完整、獨立的語彙，一個自己的世界。舞蹈是憑藉著身體的每各部份，不斷地進行旋轉、飛勁、姿態等動作表現源自內心深層與場域間的感受，然而書法則憑書法家手臂的以起伏之姿駕馭著筆鋒的引帶、提按、推拽等動作，表現同樣對人生的關懷。(陳振濂, 1996)



Figure 3.5 雲門舞集- 狂草

3.5 結果

從步驟 3.1 ~ 3.4 問卷調查的數據分析、綜合比較討論，結果顯示出，在幾個特定因子中，書法與建築、書法與文學、書法與繪畫、書法與音樂以及書法與舞蹈，相較之下，顯示出書法與建築的連結較為密切，而透過 CAD/CAM 製作的建築形式，比其他形式的媒材更接近書法的本質，而這樣初步討論的結果有助於第四章的實作與討論。

共有 30 位民眾接受本研究的採樣，而 30 位受測者在學習書法的年限，從無到有分了 1、1~3、3 年以上。其中包含各種領域 (藝術、視覺設計、建築、服裝設計、長期學習書法人士、曾經學習過書法人士)，進行 3.1 ~ 3.4 階段的問卷測試。

在 3.1 階段中，根據三十位受測者的問卷中，選取構成空間要素最關鍵的因子。第一部份內在因子，選取「時間性、運動感」、「空間感/3D」、「節奏、律動」、「氣脈相連」。第二部份外在因子，選取線條中的「曲線」、型態方面則選「線性結構、量體結構」

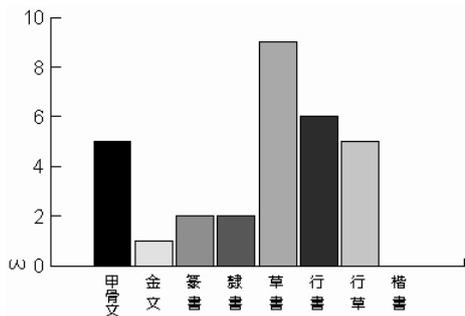


Figure 3.6 時間性、運動感

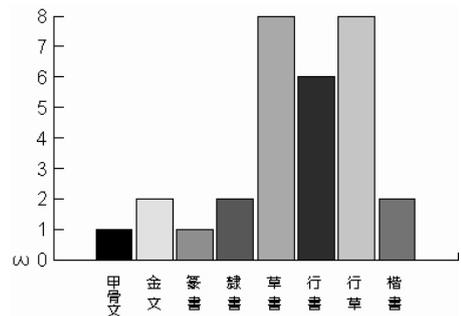


Figure 3.7 空間感/3D

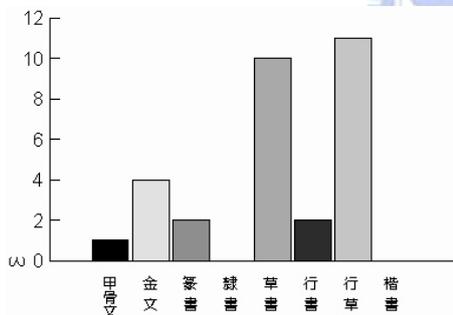


Figure 3.8 節奏、律動

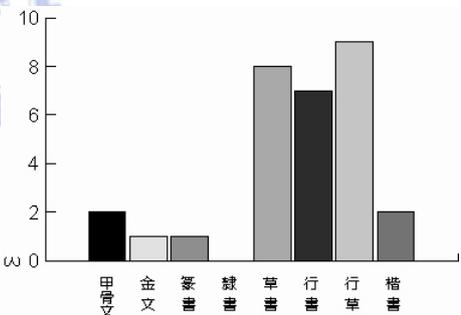


Figure 3.9 氣脈相連

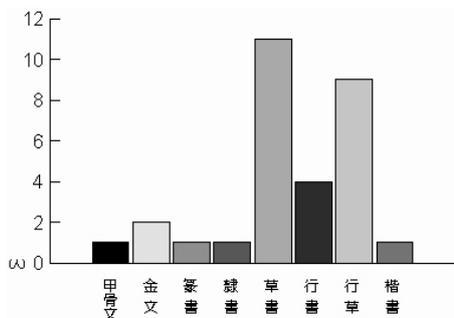


Figure 3.10 曲線

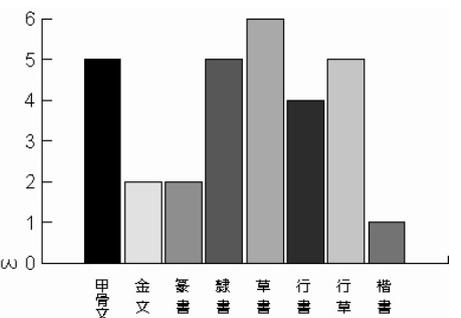


Figure 3.11 線性結構

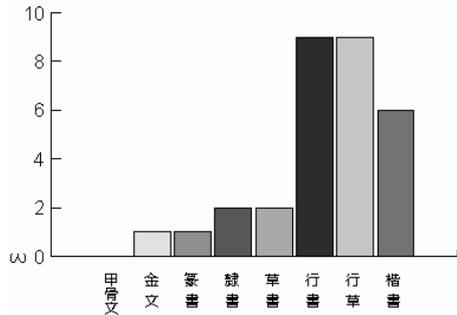


Figure 3.12 量體結構

以上的圖表從 (Figure 3.6) ~ (Figure 3.12) 逐一分析討論問卷的統計結果。在 (Figure 3.6) 中受測者認為甲骨文、草書、行書以及行草在時間性、運動感中最為顯著，而楷書幾乎沒有一位受測者認為具有以上的特性，至於金文、篆刻與隸書，則極少數的受測者認為具有上述的特質。在 (Figure 3.7) 中，讓所有受測者從挑選歷代書法字體中，用一種直觀的方式去擷取表現的符號，然後憑藉個人的空間經驗感知來判斷八種字體，哪一種空間較為強烈，換句話說，就是哪些字體具有 3D 的特性，草書、行書和草書在空間感因素中，約 22 位受測者最符合。

以律動、節奏 (Figure 3.8) 而言，隸書和楷書幾乎沒有一位受測者圈選，約 2/3 的受測者認為草書、行草節奏律動最佳，這樣的關係連帶影響氣脈相連因子 (Figure 3.9)，從數據顯示出與 Figure 3.8 結果差異不大，特別是在行書在 Figure 3.8 顯示出氣脈相連優於其他體例。在線性的大架構下，分曲線和線性結構，(Figure 3.10) 和 (Figure 3.11) 中依然標示著草書最能表現線條以及區先這樣特質的字體。

在最後量體結構中，以行書、行草和楷書為最多受測者選之，量體結構與線性結構是一相反形式表現，但是數據說明行書、行草不論在線性或者是量體都兼具而其他體例則偏向單一因子。從總體看來，所挑選的因子中，大部分的結果落在草書、行書和行草中，也就是說，七成的受測者認為這三種字體最能涵蓋上述所挑選的因子，其他的字體並不是不符合，只是在實驗中，所挑選的因子所符合的程度比較弱。

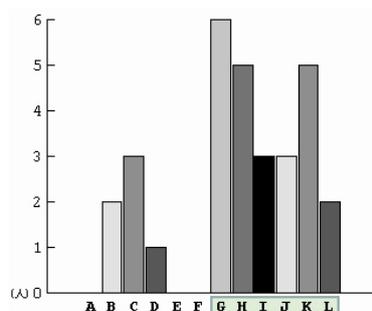


Figure 3.13 時間性、運動感

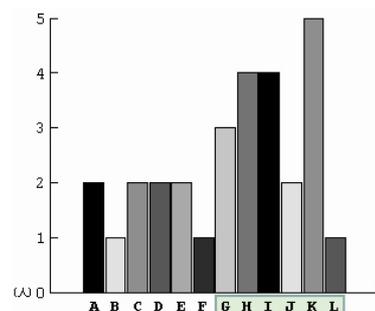


Figure 3.14 空間感/3D

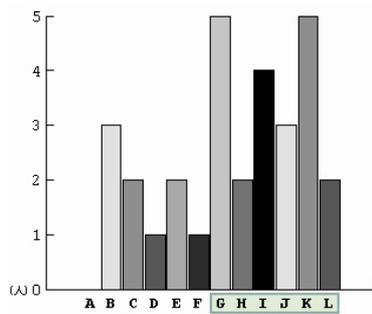


Figure 3.15 節奏、律動

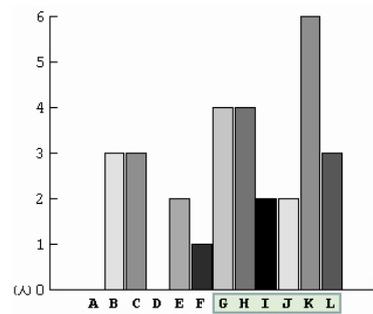


Figure 3.16 氣脈相連

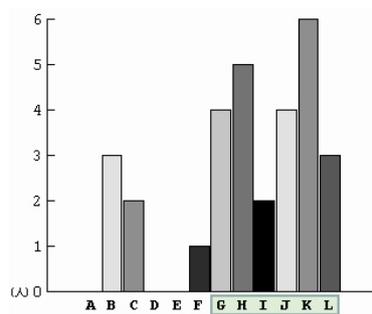


Figure 3.17 曲線

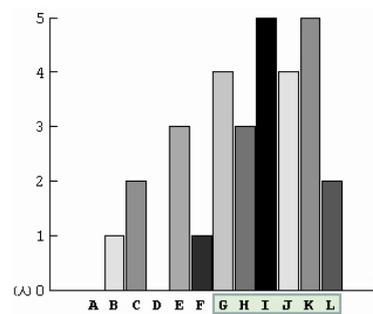


Figure 3.18 線性結構

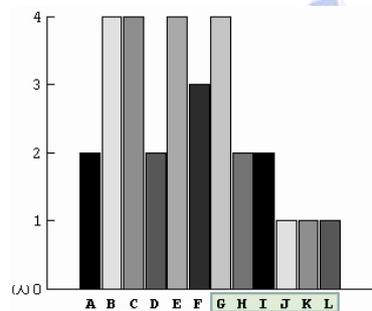


Figure 3.19 量體結構



本節的實驗選取了十二個最具典型的案例；其中分為對照組和實驗組，分組的因素，是以 CAD/CAM 的歷史分界來選取，大約是 70、80 年前與後。圖表 (Figure 3.13) ~ (Figure 3.19) 的 A~ L 分別代表所選取的 12 案例，A~F 為對照組，G~L 為實驗組，而 G~L 為實驗組特別框線，以利判讀數據分佈。

在這裡特別用兩個簇群來說明實驗的結果，在 (Figure 3.13) 明顯地知道受測者認為實驗組較具有時間性、運動感，再經口頭訪問中得知，會造成上述的特質，主要是因為實驗組的建築造型與對照組相較之下，來的變化大，並且具流線感。在空間感/3D 的部

份，雖然實驗組得到的結果多於對照組，但顯然地空間感對於過去或現代的建築來說，是沒有太大的影響，因為空間感是建築的基本屬性之一。

以節奏、律動來說，實驗組較為顯著，但是在對照組的 B 案中也讓受測者認為具有相同的特性。而氣脈相連中實驗組的 I、J 案例中相較於對照組 B、C 來的低，根據受測者口述，雖然 I 是新的構法，但在視覺造型上仍偏幾何造型，不太能感受出與氣脈相連的深層感覺，而 J 則是過於抽象無法感受。

在(Figure 3.17)曲線和(Figure 3.18)線性結構，大部分的受測者一致認為實驗組多數具有線性的結構，包括曲線、直線、不規則線...等等，但在對照組的 B、E 為特例，根據受測者的口述認為，這兩個案例的視覺性與實驗組和所問的問題也很接近，特別是 B。最後在量體結構(Figure 3.19)的部份，受測者 30 中約 19 人認為對照組所採樣的案例最具量體化。

根據以上的表格逐步分析的結果，可以得出初步的結論；實驗組與對照組間有顯著的差異，受測者多數認為實驗組(新構法建築)具有些特質是對照組較弱的特質，其中線條的因子來說，實驗組顯然優於對照組，「時間性、運動感」以及「節奏、律動」亦是如此。另一方面從其他媒材(包括：文學、繪畫、音樂與舞蹈)與書法的關係經問卷調查後以圖表分析：

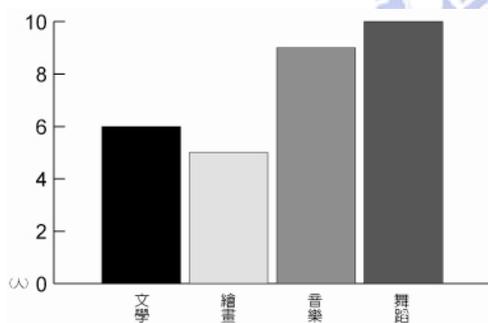


Figure 3.20 時間性、運動感

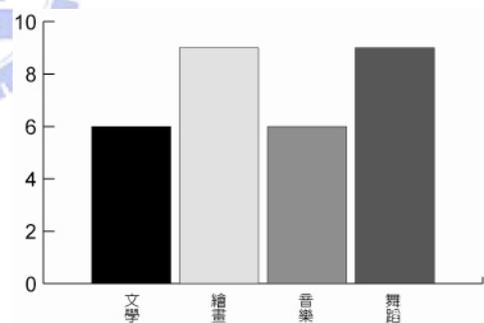


Figure 3.21 空間感/3D

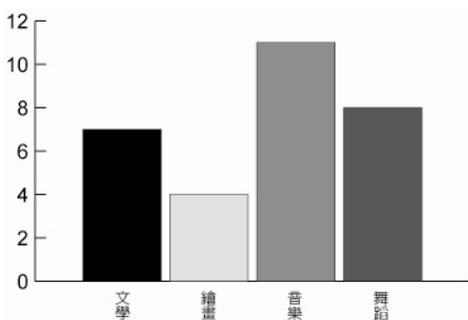


Figure 3.22 節奏、律動

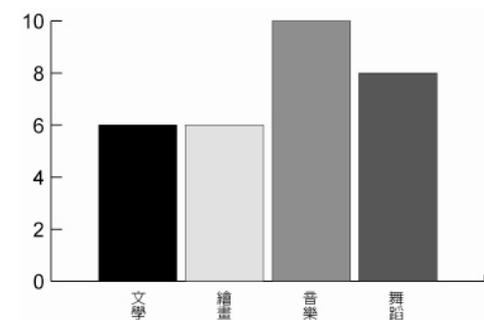


Figure 3.23 氣脈相連

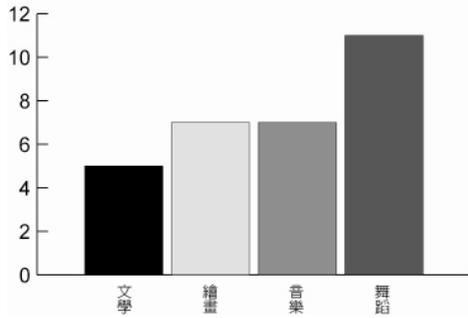


Figure 3.24 曲線

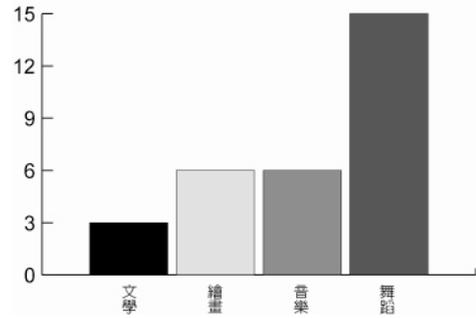


Figure 3.25 線性結構

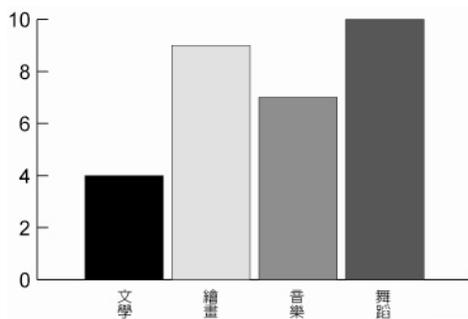


Figure 3.26 量體結構



3.6 綜合比較

本節的這個階段中，主要是分析書法與各類媒材之間的對應關係，在文學、繪畫、音樂以及舞蹈的文獻回顧中提到與書法之間的關聯與應用，在 3.4 問卷的最後一個階段，從問卷上發現，所設定的關鍵因素，在各類媒材間，並無顯著的差距，顯示出各類媒材本身與其它媒材間獨特且無法取代的獨特性。

從訪談中探究其差異性，受測者提到，四類所選擇的媒材中，以文學而言，在進行閱讀的同時，腦中意念會隨著文字所代表的符碼而及時地建構一幅完美且個人式的圖像，但隨著文字的流轉，意念並無法被定格或像攝影方式被建築起來，以繪畫而言雖然比起文字來說更加視覺化，文字的結構是顯而易見，相較於實體空間感而言，但仍是停留在 2D 的階段，而音樂與文學有點異曲同工之妙，不同的是，音樂屬於五感中的音感，透過音感再現空間，也能呈現空間感，但仍無法視覺化而且需要透過意念來轉換，這一點與文學相似，而雲門的一系列作品「行草、狂草」，不論在時間性、空間感、節奏以及曲線... 等等，都非常地符合其特性，從其表現形式中與書法的關連性，比文學、繪畫、音樂更加地契合且較為多數受測者認同，但在書法以圖像具體化呈現方式的關連性而言，顯然是不足的。

本節以上三階段的實驗，經由受測者取得數據結果，經過分析比較後，產生初步的結論，獲得資料有助下一階段的實作；第一個問卷調查中數據顯示在眾家字體中以行書、草書、行草最符合本次實驗的主題；在第二階段中，以 CAD/CAM 技術發展的分水嶺，各選擇的六個代表性的案例分成對照組與實驗組進行測驗，從問卷與訪談的結果得知，大多數的受測者認為透過 CAD/CAM 技術建造的新建築物，形體上、曲度上最自由，在實驗中所設定的因子中也最符合。

而從下列三個步驟的實驗圖形來看 (Figure 3.27 a.)，以「書法取樣統計」而言，明顯地看出在 210 總票數中，高達 70% 的人數認定草書、行草、草書在設定的因子中具最符合問卷設定的條件，其它的體例由於所佔比例太少，均混合圖形呈現，而這個步驟的取樣結果有助於第四章實作時，在眾家體例中如何選取較適當之體例為參考依據。到了第三章第二步驟則將建築分為以 CAD/CAM 建造技術分「對照組」和「實驗組」，這個階段中從 (Figure 3.27 b.) 圖表中可明顯地看出 68% 的受測者認為實驗組的建築形體樣態最接近書法分析中的關鍵因子，然而在這個步驟中的對照組，幾個案例特別讓受測者感到與實驗組相差無異，而這也顯示出形體自由化，始終為人類極於追求的目標之一。

在第三個步驟中，四類媒材 (文學、繪畫、音樂、舞蹈) 當中，沒有一項能如第一步驟與第二步驟的數據中，明顯地導向所設定的關鍵因子，在 (Figure 3.27 c.) 圖表中，各類媒材的數據分佈分別；文學佔 17%、繪畫佔 26%、音樂佔 23%、舞蹈佔 34%，沒有一項媒材是獲得超過五成以上的受測者所認定，但並不是代表該媒材依據問卷所設定的因子呈現不足的現象，而是這些媒材間具有無法以自身之外的媒材形式取代，而其特殊性，可從數據分佈可見，四類媒材中，又以舞蹈形式最具書法特性。

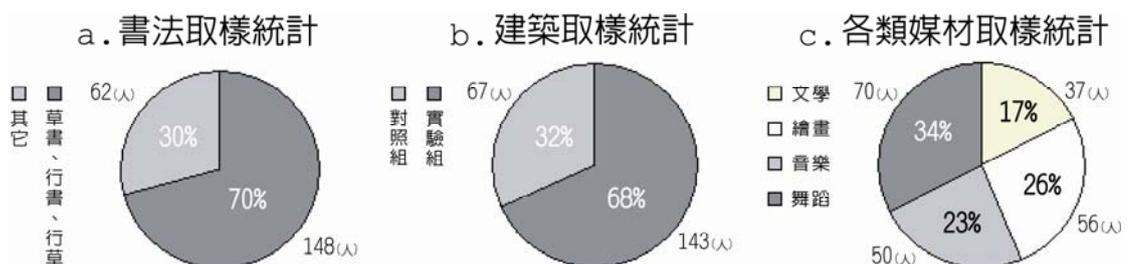


Figure 3.27 a. b. c.

在最後一個階段中，試著分析各類媒材間與本次實驗的差異與關連，實驗結果發現，媒材本身獨有的語彙與形式，是無法被取代，也就是說透過五感所呈現的藝術形式只能接近類比的狀態，並有對應關係。在經過三十位受測者實驗下且從實驗的結果所呈現的數據說明發現，書法與建築與 CAD/CAM 的關係，與各類媒材間的比較下最為密切。

基於本章的數據統計分析結果顯示出，書法與三種媒材的關係，在多數的受測者在問卷中認為書法形式的表現而言，建築曲面形體的呈現較符合接近書法的概念，呈現上也優於各類媒材(文學、繪畫、音樂、舞蹈)，歸納受測者口頭訪談結果發現，書法與建築在呈現上以視覺藝術形式所展現，不同於各類媒材的是，建築與書法可以做為藝術品實體形式而流傳下來，基於問卷的結果，書法在數位構築中的研究實驗是可被實驗操作討論的。



第四章 書法與媒材的實作

4.1 媒材特性測試

媒材限制

首先選定眾多書法派別中的行草書為本次測試的主題，根據 3.1 和 3.2 的數據分析，草書、行草以及行書的空間變化最符合自由形體的概念，也是論文所要探討的主題，然後再針對行草進行沉浸式地書寫，透過不斷地書寫，並體悟書法精神涵義中，所傳達的抽象、空靈、氣勢的特質，然後進行書法黑白空間結構佈局的分析。

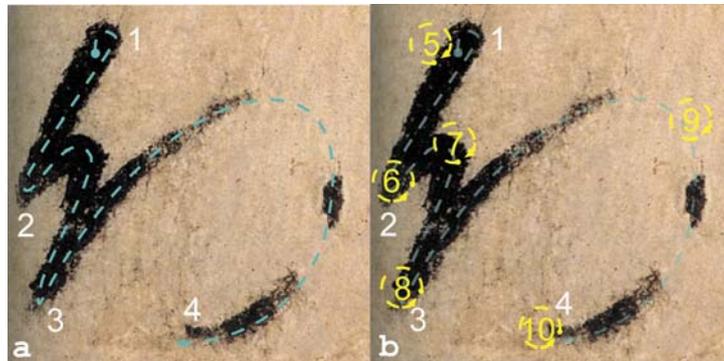


Figure 4.1 書法線條走勢 a.筆劃走勢 b.黃色部份為轉筆示意

從平面化看書法書寫起筆和收筆的走勢，是一個連續性線條。從 1 到 4 為運筆的關鍵。在 1 起筆時，先回筆鋒在落筆，此時從 1 到 2 的中間，執筆時，並無轉筆之動作。到 2 時，連續性轉筆，而 2~3 中間與 1~2 等同，在 3 的階段，再轉一次筆，直到 4 再回一次筆鋒。另外從 5 到 10 為轉筆的方向性。而運筆與轉筆之勢，也關注到呼吸強弱之勢，5~10 轉筆時氣較為收斂，在 1~2、2~4、3~4 運筆時，呼吸緩緩地吐出，而構成書法可以切割成三個層次；1. 線條符號 2. 呼吸法 3. 畫面構成

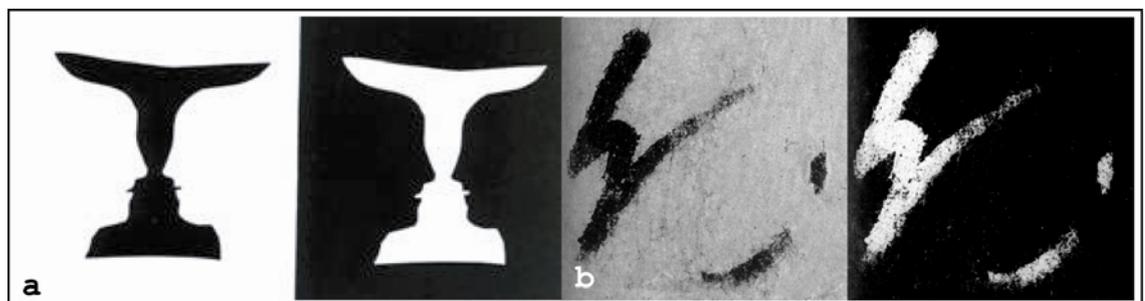


Figure 4.2 a.視覺心理學圖例說明 b.對照圖

在畫面構成方面，書法平面化結構常被二元劃分，即“虛”與“實”，而虛實的觀看，也只是著眼點的差異所著成，圖二左一黑色部份，被視為一個類似瓶子，而圖二左二黑色部分則被視為兩個人像，以圖二左一來說，若以黑色為實，則白色及為虛，左圖虛實共構下，仍只呈現 2D 平面化影像。而呼吸法，在於吐納與運筆結合呈現於紙上，呼吸與運筆之勢息息相關，從圖 4.34 的分析可知。

4.2 書法綜合媒材操作

媒材整合

這個階段，運用傳統的方式來操作，而不用任何的電腦輔助。探討傳統書法書寫點、線、黑、白的方式，將選定局部的字實驗，並透過剪貼、抽象以及解構的方法從 2D 平面中分析空間結構、形體。

書法與剪貼

選取一字帖，根據書寫運行的筆跡，利用刀片將字體的形，切割下來為完整線條，並嘗試讓線條筆劃在空間中具 3D 呈現，在透過相機將拉長線條的各種角度記錄下來，利用電腦繪圖將線條重製。



Figure 4.3 書法剪貼操作

書法與抽象

操作方法：將文字線條符號化，利用旋轉、鏡射、羽化、簡化改變對文字本身所象徵意義的認知，而成為一種不可辨識之有感線條，將選取的字帖在 Adobe Photoshop 軟體中，運用各種濾鏡的功能分析，從裡面不免發現，Adobe Photoshop 是一套處理 2D 圖形影像的軟體，在操作關於 3D 的探討時，不免顯得其限制和功能的不足。

從下列在的圖顯示在 Adobe Photoshop 操作中，並無法顯示 3D 空間的屬性，從圖型解讀依舊是 2D 的圖像呈現，雖然在 Adobe Photoshop 中許多指令具有 2D 的功能，但能無實質 3D 的效果，並且很多指令效果的操作導致原本書法的精神意涵消失。

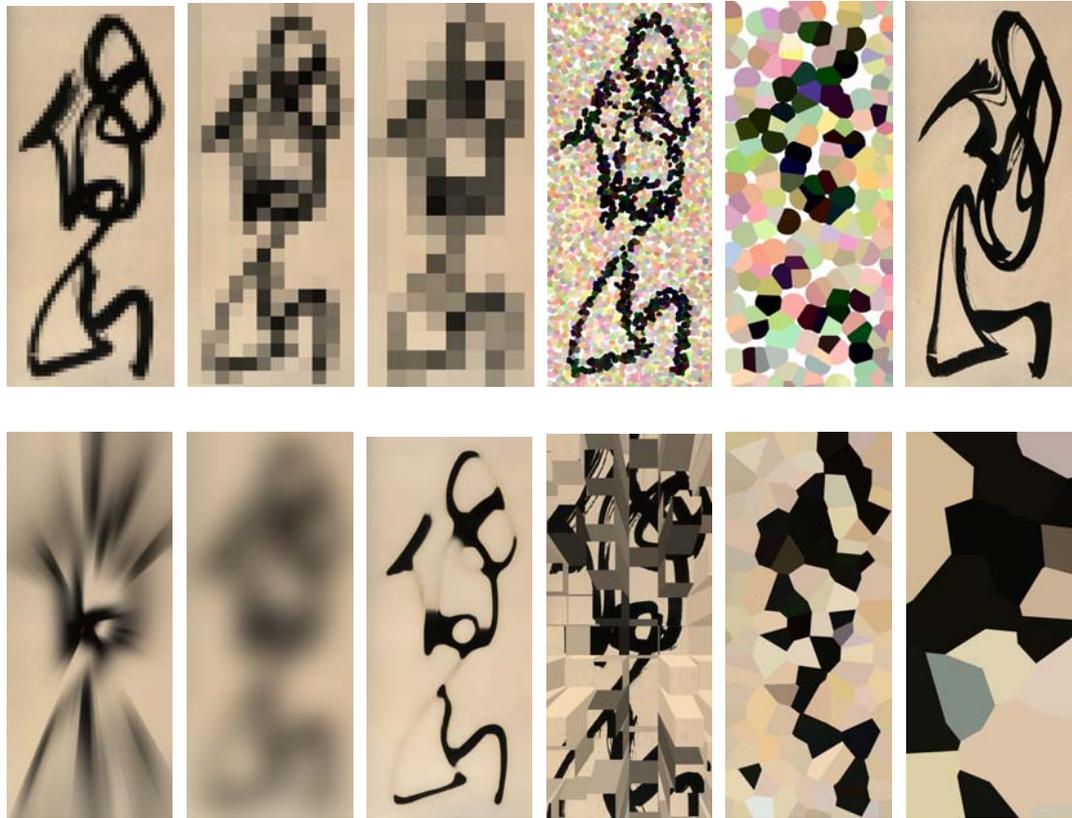


Figure 4.4 各種濾鏡測試

書法與流體

光的操作實驗，運用切片以及光線的投射來分析書法形體在空間中的關係 (Figure 4.5)，在 MAYA 將輸法運行的軌跡，用線條的方式呈現 (Figure 4.5 a)，描繪過程由於隨機方式，所以線條在空間中呈現高低落差，從測試角度看，具有空間感，與傳統書法呈現在紙面的效果截然不同，在立面圖觀看整體字型時，仍看出原始字型字意，第二步驟利用軟體的指令讓線條具有量體的結構 (Figure 4.5 b)，在虛擬空間中更清楚地看到實體的模擬，但這仍不是結果，進入到第三階段，將字體分成“直”或“橫”，分割為二十等分。

最後選擇 (Figure 4.5 c, d) 右，作為下一階段操作的目標。將電腦所得的虛擬模型透過雷射切割和壓克力呈現 (Figure 4.5 e, f, g)，並透過光線分析在 MAYA 操作立體書法所設計的二十個切片中，產生的關係，且在一次地記錄一片至四片組合甚至三片組成，根據光線流動所產生的關連性。經過分析比較，發現四片組成的切片在光線中最具

空間感，而這樣的結果，在“數位媒材與傳統媒材整合”階段中，再一次繪製，建立模型，也是這個階段實驗最終的成果呈現。

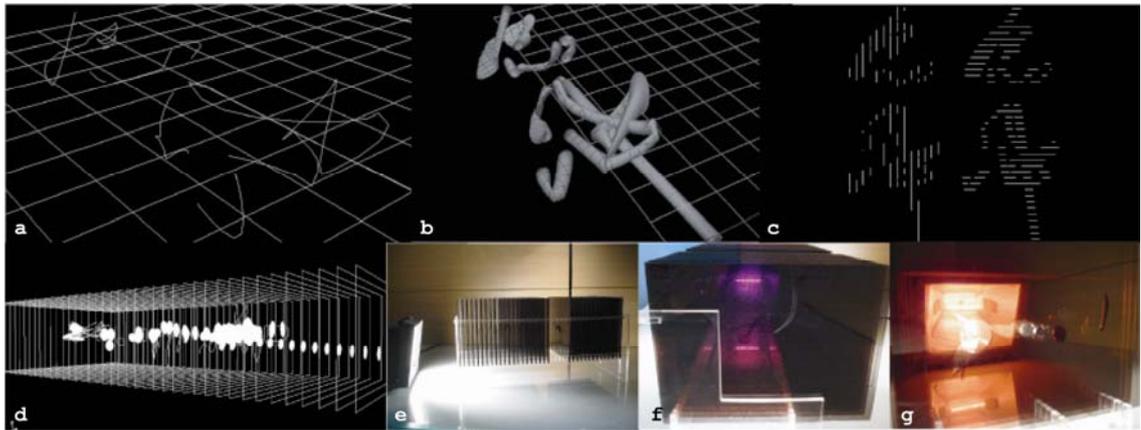


Figure 4.5 a,b,c,d,e,f,g 操作過程

媒材整合討論

本節分別運用了“剪貼”、“Photoshop”與“光線切片”重新詮釋轉譯書法空間的可能性，經過三種工具的實際操作，發現所實驗的書法仍停留在平面化的階段，以剪貼而言；將書法字體按照運行的軌跡剪下的線條，仍過度的抽象化。在 Photoshop 中雖然有些濾鏡效果可以將書法字型 3D 化、萎化、模糊化、幾何化...等等，但仍缺少 3D 的向度。最後一個實驗，運用光線切片處理書法的問題，在分析模型中可觀察出光現在切片中的流動變化，但最終仍得透過攝影記錄，綜和以上三種實驗方式，認為受限於工具的操作方式，無法將書法在空間中的變化呈現。

4.3 CAD/CAM 新媒材實驗

數位媒材與傳統媒材整合

本節進入第四個步驟透過虛擬和數位方式 (3D 建模、掃描、筆式系統)，來分析轉換數位的方法和探討傳統媒材與數位媒材之間的差異性。這個階段將透過 4.2 所實驗的傳統媒材的部份結果與數位元方式 (3D 建模、掃描、筆式系統) 來討論、並用操作，透過 RP 和雷射切割輸出，進行跨媒材間的討論。

本節在第四步驟的實作階段，選擇三個實作案例的創作設計過程進行討論，並且分成概念發想、資料收集、草圖繪製、傳統媒材與數位媒材間的操作、形體發展、初步模型建立、受測者訪談以及最後的結果分析，八個操作流程 (Figure 4.6)，並藉由流程的階段操作，可讓創作者以及受測者清楚地檢視在每一個階段中的取樣和分析過程，然而在

每一個階段中會詳述說明原由以及操作的細節，主要目的希望準確清楚地了解，書法在傳統媒材與數位媒材間轉換實作過程中所扮演的角色，以至於在操作時，不至於過度或不足的情形產生，三個實作最後會產生三個模型，最後經由受測者的口頭訪問，再一次地分析實作後所得出模型是否在概念上與意義上符合第三章所分析歸納出來的結論。

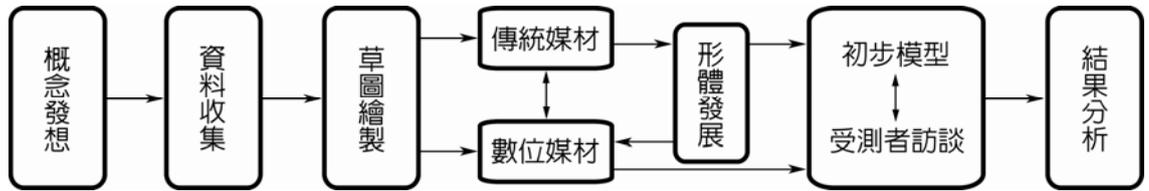


Figure 4.6 實作流程圖

4.3.1 實作一

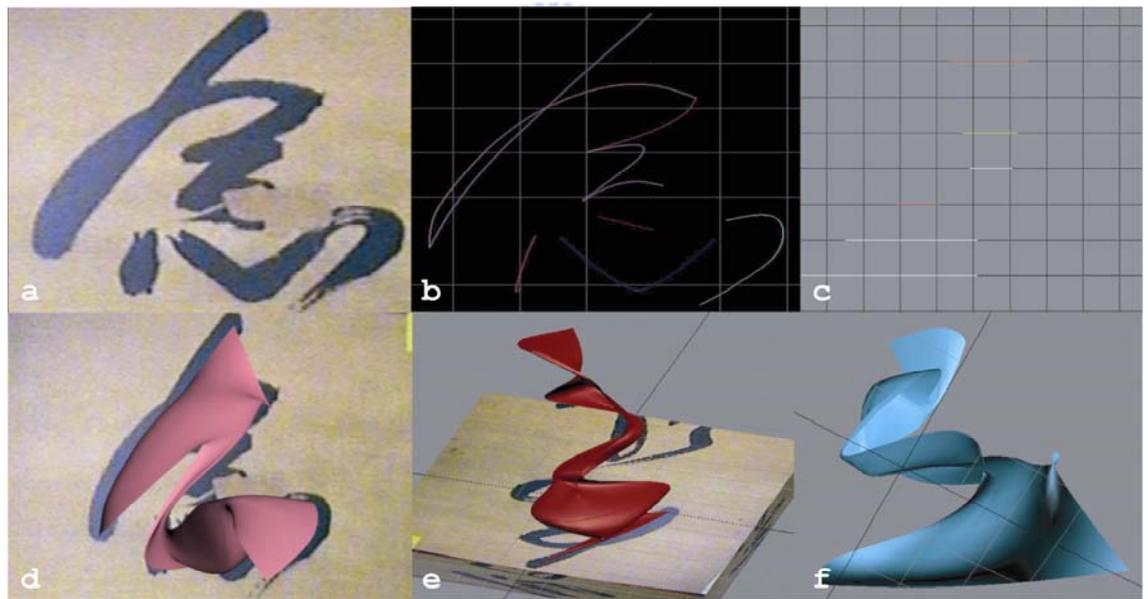


Figure 4.7 a. b. c. d. e. f.

操作過程

「念」為王鐸所寫，操作上：將王鐸的字透過 2D 掃描機輸入到電腦，並使用 3D 軟體 MAYA 進行設計操作。在操作前，分析筆劃走向，並使用 MAYA 裡面，線的功能，將「念」字，在 3D 的視窗中從新書寫一遍，由於在 3D 空間中，書寫的筆劃走向造成空間的錯置，從(Figure 4.7 c.)側面圖可以清楚得知，筆劃落在空間的位置，線條建構完畢，運用 MAYA 的指令，讓線條的起始點以及轉折點，產生「面」的狀態，從 3D 圖面的平面圖

與側視圖看為一量體且自由的形體。

在實作一，除了平面圖看的出來是跟念字有關的自由形體外，在三度空間形體已無法辨識為與書法的關連，成為一抽象化的形體，但其結構運動與書法概念相似，特別是在 MAYA 的操作中，某些隨機不確定的指令操作，讓原本對念字形體的意象，產生了新的意象空間。

在(Figure 4.5)中「書法與流體」的切片分析，從 20 個 section 選擇四個連續的切片，以及(Figure 4.7)數位模型的建立，再根據光線穿透流動，將四個連續切片的形體在 MAYA 軟體中建立模型(Figure 4.8)，由於所選擇的段落是屬於連續性的線條，所以在形體的產生上，不會造成突兀以及不連續的現象。

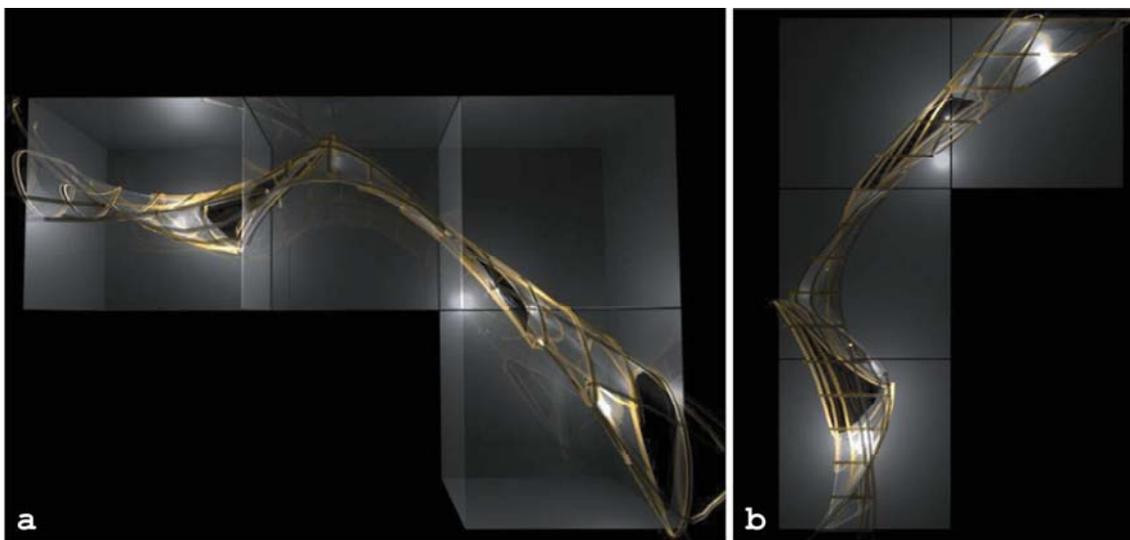


Figure 4.8 數位模型 a. b.

結果分析

實作一在建立模型前，透過多種方式分析書法，在初步設計階段，從 3.6 的分析，從草書、行草以及行書中任選一體例作為操作的素材，經過資料收集，選擇了明 王鐸的帖，並透過掃描機將字體儲存至電腦中，此時的字體仍是平面化的狀態，在第二階段則在 MAYA 軟體中，利用 3D 的特性來建構和設計在第一階段所存入電腦中 2D 平面影像的字帖在 MAYA 中建立初步的模型(Figure 4.5 a. b. c.)，但這樣的分析做法稍嫌薄弱不足，於是利用流體切片的分析將第二階段的模型進行第二次分析(Figure 4.5 d. e. f. g.)，並透過兩組模型的建立進行交叉分析比較(Figure 4.5) (Figure 4.8)，並經由受測者口頭訪問測試，兩組模型是否吻合書法因子，將近七成的受訪者認為兩組數位模型都具備書法的特性，於是在操作中不致於產生離題的現象。

最後第三階段中利用兩組模型整合討論以及 (Figure 4.5) 的模型切片得到 (Figure 4.8) 數位模型，也是最後的結果，透過受測者在一次的口頭訪問，近八成的人認為，要比第二階段時的兩組模型更加地具備書法的因子，特別是在形體方面，不那麼直接地呈現整個書法字體，而這種轉化的方式更加地接近書法的精神意涵，雖然擷取的部份已看不出書法的整體，但是受測者認為書法概念在實體空間上的呈現比起直接翻譯操作是最為關鍵的。

4.3.2 實作二

操作過程

從書法字體中，所選字體的體例，是根據綜合比較的結果選取，綜合比較中顯示「行書」、「行草」以及「草書」，最具代表性，選擇上並無個人喜好，隨機選取符合以上特質的書法體例，而以董陽孜的書法為實作三的操作體例，董陽孜的書體現代感非常濃厚，表現手法以跳脫傳統書法表現方式，但又不失書法精神，解放了書法形體，這樣的觀念、精神相當契合數位建築中自由形體所一直探討的觀點，在實作三除了形體的討論外，更進一步地透過 Laser Cutting 來討論，實際上建造的可能性。

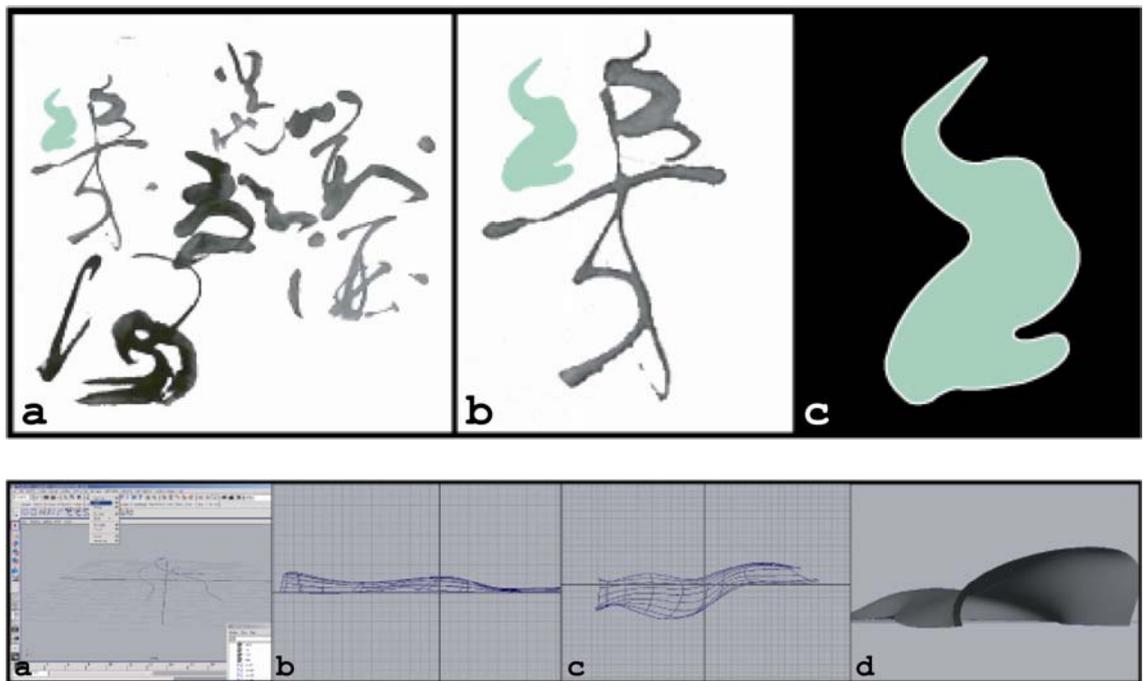


Figure 4.9 a. b. c.(上), a. b. c. d.(下)

從董陽孜的書體選取一篇，並選取其中一個字的局部做分析，於是選了「幾」字，於是將 (Figure 4.9 a. b. c.(上)) 單獨放大來操作，下一個階段則透過 MAYA 軟體建立模型，這裡面的操作概念分兩部份，第一運用三條線來做設計，接著透過三條線在空間

中的立體錯置而產生面。

第二部份利用 MAYA 軟體中一個特殊指令「LOFT」產生需要的面。透過這樣的方式產生一個形體在虛擬三度空間中，在實際建造前，將虛擬空間的模型透過所上的設備 RP 和 Laser cutting 將草模概念實體化，並利用跨軟體間的運用，將模型的骨架切割組合，而完成由壓克力組成的實體模型(Figure 4.10 g. h.)與 RP (Figure 4.10 i.)的輸出對應電腦中的虛擬模型，進行設計上、概念上以及建造上的討論(Figure 4.10)。

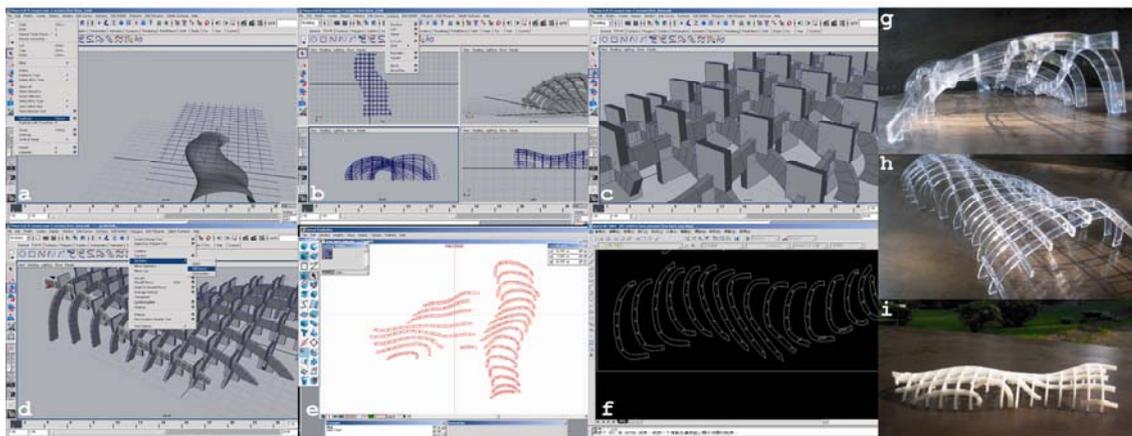


Figure 4.10 軟體骨架製作 a. b. c. d. e. f. 雷射切割骨架 g. h. RP 骨架 i.

結果分析

根據 3.6 綜合比較的討論，分析實作三所做的實驗，首先分三個階段；在第一個階段，根據受測者的數據統計顯示出，草書、行草、行書是本次實驗中得到的結果，所以再操作上這三種字體就擇一操作，所以本次實驗選擇了董陽孜的字體，並根據他的字體擷取部份來操作。第二個階段中，也是最重要，更是本次實驗操作最重要的階段，在概念想法上第一階段已完成發想，而這個階段主要是透過數位的手法來操作，並運用交大建築所的設備將虛擬空間的模型實體化，透過模型的建立，可反覆討論形體在美學上、視覺上的準確性，並可了解實際建造的可能性。

最後一個階段則是將模型展示讓所有受測者在進行一次口頭的訪問，更驗證所實作的模型，不論在概念上或實體上，都具備書法的概念。實際上再進行口頭訪問的狀況是，大約 80% 的受測者一致地認為，該模型不論在形體上或者是空間感都兼具書法的概念，而部份受測者則因為前階段問卷調查的關係，認為此次的模型與前述的案例，並無太大的區別。

4.3.3 實作三

操作過程

選取一塊基地，以台北市立美術館三樓口字型展場空間為設計主題 (Figure 4.11)，將書法概念透過數位化的分析操作與 CAD/CAM 的製作方式設計由交大建築所教授 劉育東老師策劃的「明日建築」，主題為「書法建築空間」。

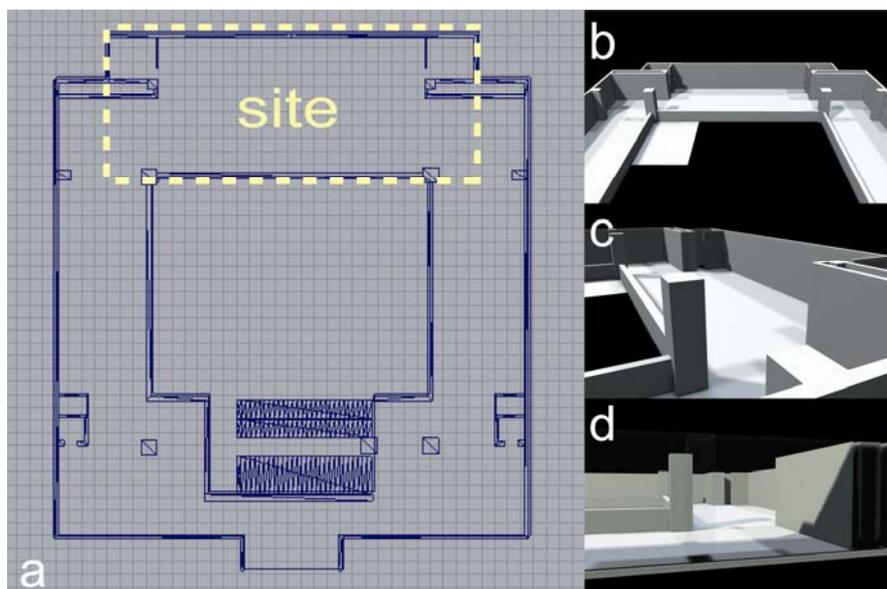


Figure 4.11 台北市立美術館三F展場空間示意圖 a. b. c. d.

第二階段開始對基地設計分析，在初期設計階段仍藉由傳統媒材紙和筆進行設計發想，在這個階段選擇了「氣韻生動」做為這次空間設計的主題，其中以“氣”為主，文獻中記載書法中的氣韻生動為其主體最重要的因子，是其他媒材無法取代之，特別書法長久以來探討除了字形意義的美學外，空靈、氣韻為書法最重要的因子，於是選擇了“氣”做為這次分析設計的主題，書法體例中諸家亦有代表的字體，但根據第三章 3.5 綜合比較顯示，行書、草書、行草最符合操作的主題。

這個階段，開始收集這三種字體，而特別選擇“氣”字做為實作的依據，並且經過比較以及口頭訪查受測者，約三分之二的受測者一致地選了明 王鐸的氣 (Figure 4.12 a.) 字做為這次的實作。將想法概念利用傳統媒材，紙與筆記錄下來，為初期的設計階段，在這個階段大量收集相關資料，並且不斷地草圖繪製，想法也隨著草圖的即時呈現而修改，在這個階段產生了幾個氣與空間的設計概念以及呈現方式，由於在 2D 的媒材上設計思考 3D 的形體，缺少了空間感以及多面向觀點，於是將 2D 多種視角圖面作初步概念發想的設計，下一階段將這個階段的想法利用數位媒材來執行探討。

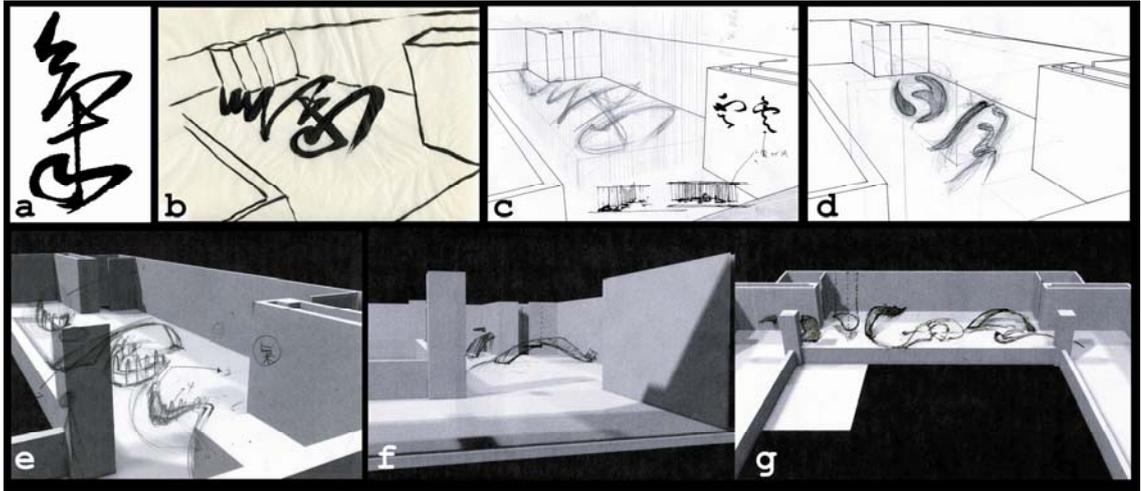


Figure 4.12 明 王鐸 a. 展場空間設計(傳統媒材) b. c. d. e. f. g. h.

將前一階段的概念發想進到 MAYA 的 3D 介面操作 (Figure 4.13 MAYA 軟體操作 a. b. c. d. e. f.)，第一步驟將氣字投影到基地上，第二步驟根據氣字運行的軌跡，描繪一遍，接下來根據呼吸法將所描繪的線條依照輕重緩急向上或向下拉，此時氣字線條在空間呈現高低落差並具有 3D 的向度，為了讓整個設計不致於抽象，甚至於無法辨識所選的字體。

接著將氣字的輪廓描繪呈現，(Figure 4.13 a. b. c.)，將前述所得的兩個線段並置在一起，根據展場的特性以及書法的特性，將書法分割為 12 個部份，每一個部分都依據呼吸法和運筆的走勢轉折而劃分 (Figure 4.13 d.)，分成的線段仍缺少 3D 的空間屬性。於是在 MAYA 軟體中，有一個「LOFT」的功能指令，讓所繪製的線條自動地產生區面 (Figure 4.13 e.)，從每一個線段構成的區面看來都是獨立而完整的形體，最後將分割形體的部份結合 (Figure 4.13 f.)。

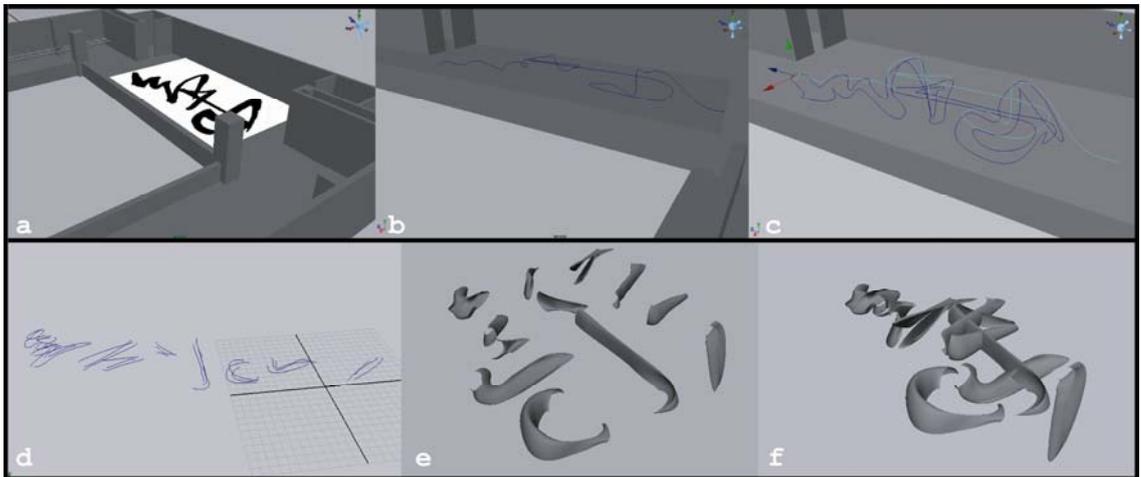


Figure 4.13 MAYA 軟體操作 a. b. c. d. e. f.

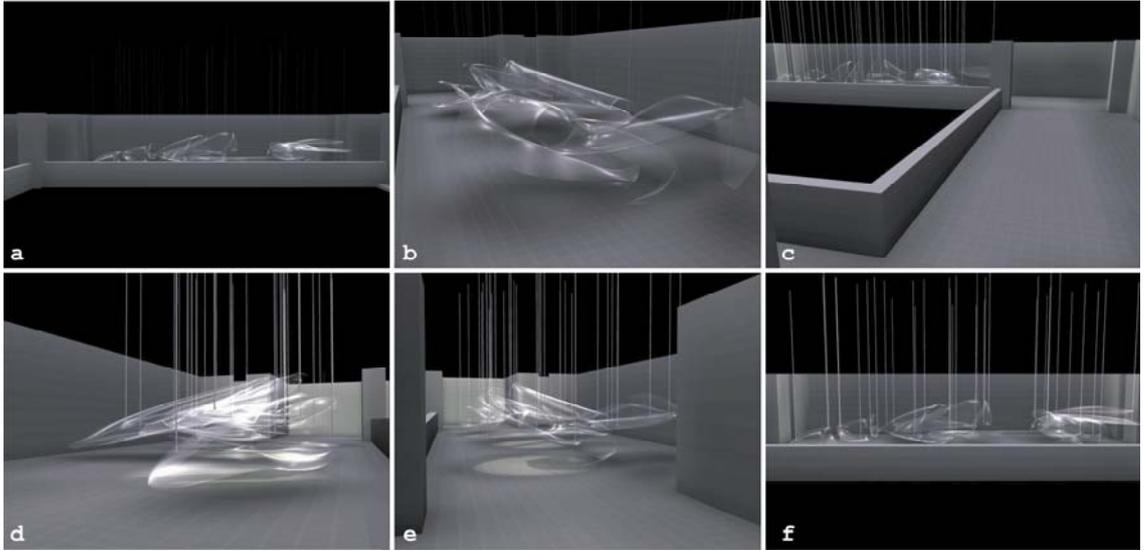


Figure 4.14 展場呈現形式模擬 a. b. c. d. e. f.

結果分析

根據 3.6 綜合比較的討論，分析實作四所做的實驗，可分成三個階段，首先在草書、行草、行書中選擇操作的體例範本，而實作四是根據主題性和美術館呈現所作的設計，在空間設計思考上以及實際展場空間有諸多的條件限制，以及呈現方式的考量。所以在第一個階段中，概念發想所執行的時間會比較長，也比較反覆。另一方面，並大量地收集相關資料、草圖繪製、展場空間研習...等等，目的為了將書法的空間概念完整地台北市立美術館呈現。

第二階段，將所有草圖繪製的概念分析，最後決定採用，荆浩所根據一位長者的說法而提出的繪畫中六個必備的條件及因素：氣(精神)、韻(韻律)、思(構思)、佈景、筆法以及墨色當中的「氣」，做為設計的主軸。根據場地的限制與特殊性，作者在本次設計中刻意將書法字體懸吊在展場空間中，而形體的選擇則是以透明材質為表現的手法，其目的是讓實體能更接近書法概念中最重要因子「氣」(精神)的表現，而非工法的展現手法。

最後透過展場模型的建立以及電腦運算下，將展場空間示意圖，利用 3D 的效果模擬呈現以及從 (Figure 4.14) 個各角度的示意圖，讓受測者再度進行口頭上的訪談，這次的訪談中發現，有將近 85% 的受測者認為，這次的主題操作符合書法的因子，並且在空間形式呈現上，認為詮釋「氣」在精神向度的表現上是準確地，而剩下的受測者並不全然否定這次實驗操作的結果，只是在口頭訪問中，對於書法的因子在這次的設計中，他們認為是較缺少的，然而不到 1% 的受測更認為，這樣的操作跟先前的做法沒有太大的差別。

第五章 結論

5.1 研究比較與討論

本研究從第三章的書法取樣到第四章的實作，在每一個階段中都找了受測者進行紙筆測驗以及口頭訪問，在第三章的幾個案例取樣分析中，透過數據的統計以及分析比較，驗證了一開始所提出問題的假設，然而在第三章的數據顯示，並非全面地接近問題的假設，但是仍接近八成的受測者認為書法在 CAD/CAM 上應用於建築比起其他各類媒材與書法的關係是較能獲得認同的，但仍有兩成多的受測者在測驗時，並未認同此一概念與想法，在某幾個設定的關鍵因子中，仍然認為書法與建築的關係頗為密切，而第三章幾個階段裡，依序獲得的數據統計，也再再地驗證了問題的提出，並透過階段性的問卷調查經過分析比較後所得的理論數據將輔助第四章書法在媒材上的實驗以及設計操作。

本研究在第四章書法與媒材間的操作分成兩個部分來討論，在第一個部份：首先選取單一字體進行書寫上的分析，並感受書法媒材的特性，在這個部份，除了解析字體上筆畫的走勢外，更重要的是透過不斷地書寫，體驗書法空靈、節奏以及氣韻的感覺，並利用傳統媒材的實驗測試，討論書法與其關係；而在第二部份則是將所測試的初步結果，利用數位媒材再進行實驗操作，在這個部分將得到初步數位模型，而這個結果必須得經由受測者再一次地口頭訪問，經過訪談結果顯示，竟高達八成五的受測者認為三個實作的數位模型以及利用交大建築所設備雷射切割與 RP 所輸出的實體模型，皆符合所設定的因子，比起第三章的統計數字高出一成五。

本研究經過從新詮釋、比較，並且分析實作模型，說明了書法在建築空間形體的自由化是符合現今自由形體所追求的曲度，並有別於西方探討形體衍生的方法。

5.2 研究貢獻

本研究提出書法透過美學以及實驗操作的分析來探討在數位構築設計過程中自由形體的潛在可能性。過程中透過問卷調查所得數據進行分析、比較、討論，進而建立書法在建築上以及各類媒材間的討論以及三個案例實作的實體模型，經過第三章的分析顯示書法形式與自由形體的關連性。

在第四章的媒材測試與實作，透過傳統媒材與數位媒材的分析所建立的模型，在次經由受測者認為具有高度的價值，並且認為書法在自由形體中的美學價值是存在的，而透過這種方式討論自由形體，本研究相信自由形體多樣風貌會更加地毫無拘限，並非只是停留在仿生、有機體、幾何學、流體力學、生物學以及數學運算...等等的探討。

在過去 CAD/CAM 的發展歷史上，屬於東方美學的討論研究是不足的，本研究冀望透過書法在美學上的分析討論與模型建立，能在 CAD/CAM 的發展上，建立屬於東方美學語彙而別於西方美學價值的建築形體。

5.3 研究限制

本研究書法就其形式上，是一種表現性很強的藝術形式，當在轉譯空間時，容易被其表面上的符號形式所限制，在第四章媒材與書法的實作中的三個階段，經常面臨表面線條的重製，於是在操作上必須得透過各種形式和實驗方法從新轉譯書法本身強烈的線條性格，轉譯的過程中，不免會產生過度轉譯而造成形體與書法難以辨識的問題產生，於是當初步模型建立的同時，本研究必須透過受測者的實證，才能確定操作方向以及方法是否有過度詮釋的事宜產生。

另一方面，在本研究中認為最難以表現，是書法在東方強調的空靈、飛動，在建築的應用上是相當難使用具體的形式去呈現，特別在第四階段實際書寫過程時，“空靈、飛動”與“氣韻生動”極難用實體來類比轉換，容易淪於符號表像式地操作，以至於需要轉化原本書法符號的意象。



5.4 未來研究

東西方美學觀原本就有認知上的差異，正因如此造成多元文化在各領域的間發展，在形式上有極大的差別，本研究未來將持續探討東方美學的元素來研究 CAD/CAM 在自由形體上的應用，而我也堅信從自身文化底蘊萃取其精神意涵，相信在建築歷史的發展，必能開創有別於西方美學價值的建築。

文獻回顧

- Beesley, P., Cheng. N.Y.-W. and Williamson, R.S. (eds.), 2004. FABRICATION: EXAMINING THE DIGITAL PRACTICE OF ARCHITECTURE, Cambridge.
- Carter J. 1973, Computers and the Architect. Series of four articles. Architects' Journal.
- E.H. Gombrich, 1956. Art and Illusion, Phaidon Press Ltd, London , pp298-303.
- E.H. Gombrich, 1956. Art and Illusion, Phaidon Press Ltd, London , p370.
- E. Husserl, 1970. The Crisis of European Sciences and Transcendental Phenomenology, trans. David Carr, Northwestern University Press, Evanston , pp103-4.
- Hans-Georg Gadamer, Truth and Method, trans. J. Weinsheimer and D. Marshall, The Crossroad Publishing Company, New York 1989 , pp 245-7.
- Immanuel Kant, 1982. Critique of Pure Reason, concise text, trans. Wolfgang Schwarz, Scientia Verlag Aalen, Darmstadt.
- Immanuel Kant, 1952. The Critique of Judgement, trans. J. C. Meredith, The Clarendon Press, Oxford , pp166-76.
- Immanuel Kant, 1952. The Critique of Judgement, trans. J. C. Meredith, The Clarendon Press, Oxford , p181.
- Hans-Georg Gadamer, 1989. Truth and Method, trans. J. Weinsheimer and D. Marshall, The Crossroad Publishing Company, New York , pp 245-7.
- Kolarevic, B. (2003). Digital Fabrication: From Digital to Material. In Connecting >>Crossroads of Digital Discourse, proceedings of the 2003 annual Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture, Indianapolis, Indiana, 54-55.
- Leach, N., Turnbull, D. and Williams, C. (eds). 2004. digital tectonics. Great Britain:Wiley-Academy.
- Li, Z.- H. 1996. A progress of Aesthetics, Sanmin bookstore published, ISBN 957-14-2261-3, Taipei.
- Li, Z.- H. 1996. Four phases of the Aesthetics., Sanmin bookstore published, ISBN 957-14-2492-7, Taipei.
- Lee, Y.-Z. 2005. A Study on the Process of Free Form Design and

- Construction. Graduate Institute of Architecture. Hsinchu: National Chiao Tung University.
- Lindsey, B. , 2001. Digital Gehry , Princeton, NJ: Princeton Architectural Press.
- Larry Sass, 2004. Rapid Prototyping Techniques for Building Program Study, CAADRIA 2004, Seoul Korea, pp. 655-670.
- Mark Burry. 2002. Rapid Prototyping, CAD/CAM and human factors. ELSEVIER. Automation in Construction 11, pp. 313-333.
- Mark Burry, 2004. THE SAGRADA FAMÍLIA - WEST TRANSEPT ROSE WINDOW, A RAPID PROTOTYPE, Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture , Cambridge, 14-19.
- Michael J. Ostwald. 2004. Freedom of Form: Ethics and Aesthetics in Digital Architecture. THE PHILOSOPHICAL FORUM Volume XXXV, No. 2.
- Martin Heidegger, 1990. Kant and the Problem of Metaphysics, trans. Richard Taft, Indiana University Press, Indianapolis.
- Oosterhuis, Kas, 2004. File to Factory and Real Time Behavior in Architecture, Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture 2004, 294-305.
- Perez, Santiago R., 2004. The Synthetic Sublime, Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture, 2004, 162-175.
- Seely, J. C. 2004. Digital fabrication in the architectural design process. Department of architecture: MIT.
- Wassim Jabi, 2001. Digital Tectonics: the intersection of the Physical and the virtual. ACADIA: Education. New Jersey Institute of Technology.
- Won, C. J. 1999. The comparison between visual thinking using computer and conventional media in the concept generation stages of design. In CAADRIA'99: Proceedings of The Forth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, eds. J. Gu and Z. Wei, 363-372. Shanghai: Shanghai S. T. L. Publishing.
- Wang, Yufei and Duarte José Pinto, 2002. Automatic generation and fabrication of designs, Automation in Construction 11 (3) (2002) pp. 291-302.
- Xiong, B.-M. 1999. The system of Galligraphy theory, Hsiung-Shih Art Book published, ISBN 957-8980-90-6, Taipei.
- Yao, Y.- W. 1993. Appreciation of the Aesthetics for three method,

- Kai Ming bookstore published, ISBN 957-636-640-2, Taipei
- 王秀雄, 1999. 美術心理學, 台北市立美術館, 台北.
- 金開誠.王嶽川, 1996. 中國書法文化大觀, 北京大學出版社, 北京, p.389.
- 金學智, 1997. 中國書法美學, 江蘇文藝出版社.
- 金 庸, 1961. 倚天屠龍記, 遠流, 台北.
- 張景智, 2004. 以書法為空間造形探索之方法研究, 雲林科技大學設計運算研究所.
- 宗白華, 1987. 美學與意境, 人民出版社, p.151.
- 肖 鷹, 2005. 從再現到存在, 現代西方創造性藝術觀的哲學闡釋, 文化研究網.
- 吳瑪俐譯, 1995. 藝術與藝術家論, 藝術家雜誌, 台北. p.47.
- 吳瑪俐譯, 1985. 點線面, 藝術圖書公司, 台北.
- 李澤厚, 1986. 美的歷程, 三民書局, 台北.
- 李長俊譯, 1982. 藝術與視覺心理學, 雄獅圖書, 台北.
- 李孟鈴, 2004. 書法照型之反映, 輔大應用美術研究所.
- 邱振中, 1995. 書法藝術與鑑賞, 亞太圖書出版, 台北.
- 莫健華. 劉傑.黃樹槐, 2001. 快速成形與快速制模技術的發展, 安徽省模具工業協會.
- 許玉芳, 2002. 書法線條中的情緒表現~以顏真卿、蘇東坡、徐渭為例, 屏東師範學院視覺藝術教育研究所.
- 陳振濂等 編, 1996. 書法學 上下冊, 臺北, 建宏出版社, p.634.
- 黑格爾, 1979. 美學, 中譯本, 商務印書館, P. 202.
- 康 德, 1982. 未來形而上學導論, 中譯本, 商務印書館, P.96.
- 黃奕順, 2003. 二階段成形之快速原型系統之設計, 國立成功大學/機械工程學系, p.003
- 曾 堉. 王寶連, 1992. 中國藝術史, 南天書局, 台北.
- 詹仲豪, 2000. CAM軟體應用於航太工業資料傳遞問題之探討, 淡江大學航空太空工程學系, p.008
- 鄭淙賓, 2001. 筆墨煙雲—論書法線條的表現性, 國立臺灣師範大學.
- 蔡長盛, 1990. 書法空間之研究, 易明企業有限公司出版, 新竹.
- <http://www.culstudies.com/rendanews/displaynews.asp?id=5369>
- <http://www.shiandci.net/sfys1.html>
- <http://www.3dsystems.com/>
- <http://www.xosimulation.com/index.html>
- <http://www.gehrytechnologies.com/>
- <http://mitpress2.mit.edu/e-journals/Leonardo/isast/articles/behrens.html>
- http://rpdrc.ic.polyu.edu.hk/content/rp_for_arch_short_guide_3.htm

附錄 一

書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析問卷調查

親愛的先生、小姐您好：

首先，感謝您協助此項問卷調查。這是一份關於『書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析』的學術性問卷，目的在於深入了解書法在各類媒材間的因子關係。

所有資料僅供學術分析使用，絕不對外公開，請您安心作答。

交通大學建築研究所 葉育男 敬啓

第一部份：個人基本資料

1. 請問您的性別？

男 女

2. 請問您的年齡？

19歲以下 20-25歲 26-30歲 31-35歲 36-40歲 41-45歲 46-50歲
51-55歲 56~60 61歲以上

3. 請問您的教育程度？

國中以下 高中/職 專科 大學 研究所以上

4. 請問您是否就讀相關科系？

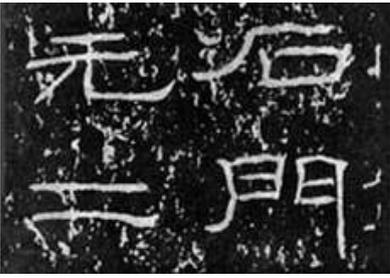
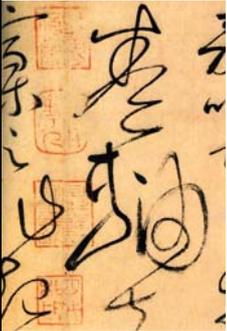
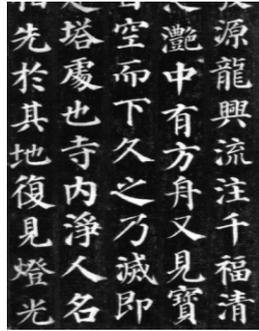
否 是 (藝術、視覺設計、建築、服裝設計)

5. 請問您是否學習過書法(幾年以上)？

否 是 (__ 1~3年 __ 3年以上)

第二部份：書法取樣與分析

從以下的八種體例，檢視書法內在與外在因子，根據下列八個體例，勾選所設計表格中每一個因子要素。

1. 商 • 甲骨文		2. 西周 • 金文		3. 篆書		4. 隸書							
													
5. 草書			6. 行書			7. 行草		8. 楷書					
													
						1	2	3	4	5	6	7	8
內在因子	時間性	有											
		運動感	無										
	空間感	2D											
		3D											
		無											
	節奏、律動、延展性	有											
無													
氣脈相連	連貫												
	不連貫												
外在因子	線條	直線：安靜、冷靜、理性、堅強、有力											
		曲線：溫和、圓潤、流動、活潑、柔順 感性、喜悅、自由											
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱											

		線性結構												
		量體結構												
		其它： ex. _____ —												
		幾何 ex. _____ —												
		抽象 ex. _____ —												
	具體化	說明：能利用各種形式完整地保留、以及轉換												



第四部份：以書法看其他媒材形式

依據下列所挑選四類媒材中，勾選所設計表格中每一個因子要素。

■ 文學

「張三豐寫了幾遍，長長歎了口氣，步到中庭，沉吟半晌，伸出手指，又寫起字來。這一次寫的字體又自不同。張翠山順著他手指的走勢看去，但看第一字是個「武」字，第二個寫了個「林」字，一路寫下來，共是二十四字，正是適才提到過的那幾句話：「武林至尊、寶刀屠龍。號令天下，莫敢不從。倚天不出，誰與爭鋒？」想是張三豐正自琢磨這二十四個字中所含的深意，推想俞岱巖因何受傷？此事與倚天劍、屠龍刀這兩件傳說中的神兵利器到底有甚麼關連？只見他寫了一遍又是一遍，那二十四個字翻來覆去的書寫，筆劃越來越長，手勢卻越來越慢，到後來縱橫開闔，宛如施展拳腳一般。張翠山凝神觀看，心下又驚又喜，師父所寫的二十四個字合在一起，分明是套極高明的武功，每一字包含數招，便有數般變化。「龍」字和「鋒」字筆劃甚多，「刀」字和「下」字筆劃甚少，但筆劃多的不覺其繁，筆劃少的不見其陋，其縮也凝重，似尺蠖之屈，其縱也險勁，如狡兔之脫，淋漓酣暢，雄渾剛健，俊逸處如風飄，如雪舞，厚重處如虎蹲，如象步。張翠山於目眩神馳之際，隨即潛心記憶。這二十四個字中共有兩個「不」字，兩個「天」字，但兩字寫來形同而意不同，氣似而神不似，變化之妙，又是另具一功……」

■ 繪畫



北宋郭熙「早春圖」，紀元 1072 年，絹軸高 158.3 公分，台北故宮博物院 藏

■ 音樂

書法在書寫過程中像是一種音樂的藝術表現，書法由線條構成，而音樂是由音符，皆流動於作品之中。當書法家以時疾時徐、時緩時快的速度書寫，極富節奏性的運筆；或濃或淡、或乾或濕地在宣紙上書寫時，彷彿呈現了一首美麗的樂章。從藝術創作的過程來看，書法與音樂的創作路徑，具有某種程度上的雷同，書法書寫和音樂演出都是屬於一次完成性的作品，書法和音樂都具有起承轉合的同構性質；形式上，書法和音樂一樣，講究章法、節奏、旋律、對稱和呼應。其線條運行是封閉和靜上的，它具有延續性和動感，生命、活力、旋律、節奏、神韻、氣勢無不在動中呈現（金開誠；王嶽川，1996）。如書法家在創作之時，必須專心一致屏息以待，過程中氣韻流轉下需得一氣呵成，尚有一點干擾，終究會產生失敗；音樂演奏更是如此，只要一個音符演奏出錯，便前功盡棄。

黑格爾認為繪畫所呈現的是存在空間的面，而音樂則是取消了空間的面，將其化為流動在時間中的個別點，即一條線。正由於這一線條性，音樂才能表現出其更深的主觀性和特殊性，一種獨特的抒情美。音樂透過旋律來獲得其抒情的線條性，但書法與音樂不同的是，它卻通過其線條來獲得其抒情的旋律性，兩種藝術表現手法雖然不同，但在精神向度卻是相同的。

在音樂中最基本的要素，是旋律與節奏。音樂上，時間能改變節奏的分節，空間則能改變旋律的形態，在不同的空間下音樂的多樣性是極其豐富的，因此音樂可以因為時間和空間而獲得改變了的形態，這樣一來，音樂就包括了屬於這個世界的基本範疇之時間與空間；換句話說，在意義上，世界就被涵括在音樂裡。宗白華先生說：「音樂尤能直接地啓示宇宙真體的內部和諧與節奏，而這生生的節奏是中國藝術的最後源泉。中國樂府失傳，詩人不能弦歌，乃將心靈的情韻表現於書法、畫法。書法尤為代替音樂的抽象藝術。」（宗白華，1987）

■ 舞蹈



雲門舞集—狂草 (擷取片段)

			文學 金庸	繪畫 郭熙	音樂 貝多芬	舞蹈 雲門
內在因子	時間性	有				
		運動感 無				
	空間感	2D				
		3D				
		無				
	節奏、律 動、延展 性	有				
		無				
	氣脈 相連	連貫				
不連貫						
外在因子	線 條	直線：安靜、冷靜、理性、堅強、有力				
		曲線：溫和、圓潤、流動、活潑、柔順、感性、喜悅、自由				
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱				
		粗重線：有力、頓拙				
		水平線：穩定、單純、和平、安定、平靜、純潔				
		垂直線：不安、危急、高尚、端莊、硬直、衝力				
		斜線：激動的刺激、不安定、動感、有力				
		折線：尖銳、憤怒、緊張、痛苦、不安				
		輕				
		重				
				緩		
急						
虛 實	平衡					
	對比					
形 態	奇正					
	疏密					
	違和					

		線性結構				
		量體結構				
		其它：ex. _____				
		幾何 ex. _____				
		抽象 ex. _____				
具體化	說明：能利用各種形式完整地 被保留、以及轉換。					



~問卷到此結束，非常感謝您的協助~

附錄 二

2.1 受測者 A 問卷

書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析問卷調查

親愛的先生、小姐您好：

首先，感謝您協助此項問卷調查。這是一份關於『書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析』的學術性問卷，目的在於深入了解書法在各類媒材間的因子關係。

所有資料僅供學術分析使用，絕不對外公開，請您安心作答。

交通大學建築研究所 葉育男 敬啓

第一部份：個人基本資料

1. 請問您的性別、姓名？

男 女 姓名：黃勁嘉



2. 請問您的年齡？

19歲以下 20-25歲 26-30歲 31-35歲 36-40歲 41-45歲 46-50歲
51-55歲 56~60 61歲以上

3. 請問您的教育程度？

國中以下 高中/職 專科 大學 研究所以上

4. 請問您是否就讀相關科系？(學校科系：實踐大學視覺傳達系)

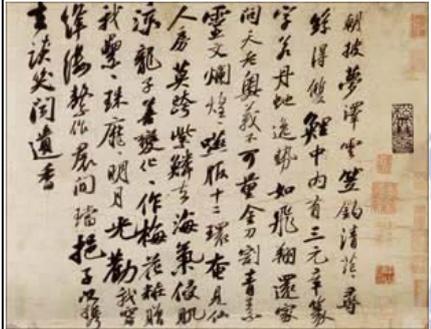
否 是(藝術、視覺設計、建築、服裝設計)

5. 請問您是否學習過書法(幾年以上)？

否 是 (1~3年 3年以上)

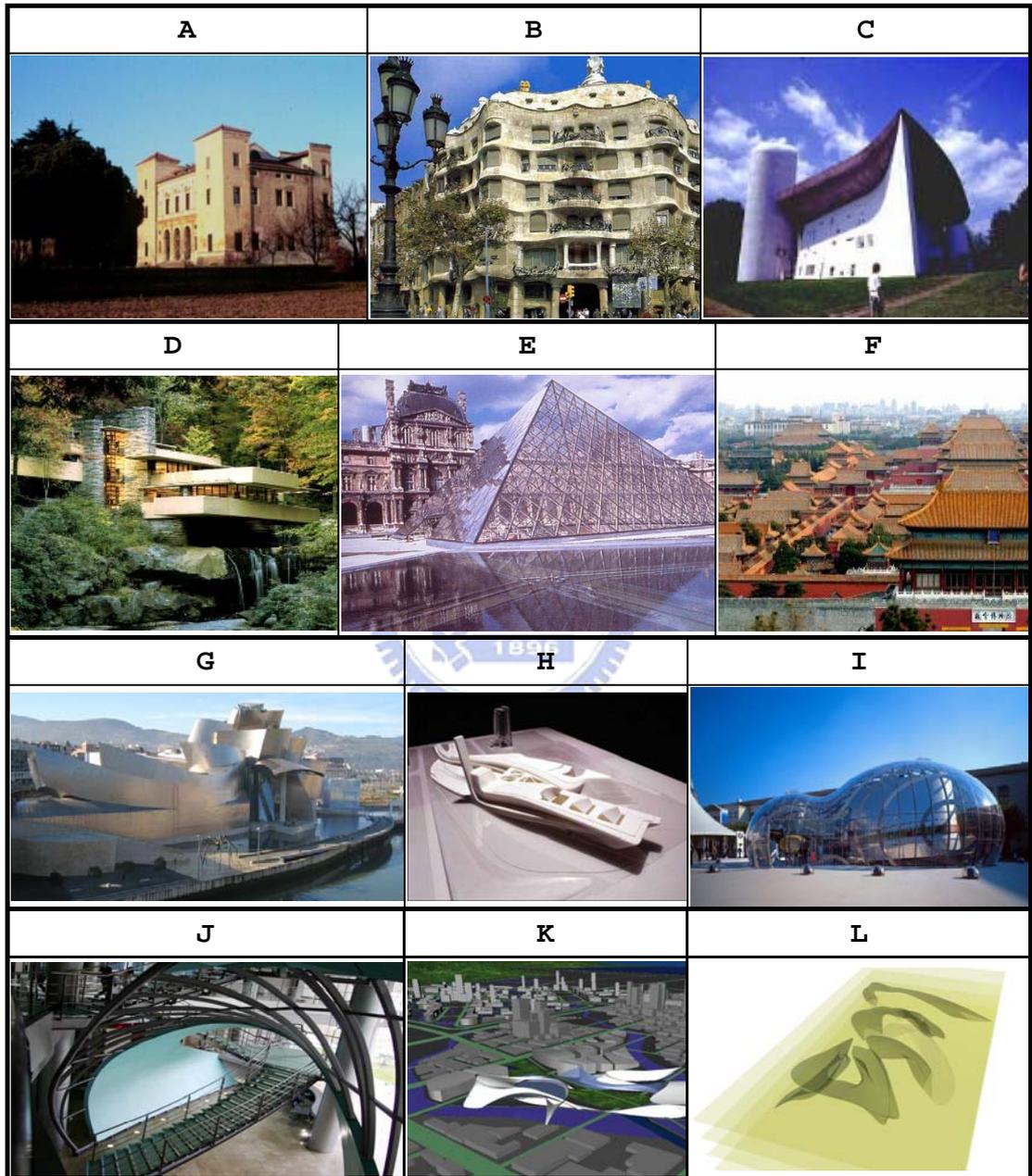
第二部份：書法取樣與分析

從以下的八種體例，檢視書法內在與外在因子，根據下列八個體例，勾選所設計表格中每一個因子要素。

1. 商 • 甲骨文		2. 西周 • 金文		3. 篆書		4. 隸書										
5. 草書		6. 行書				7. 行草		8. 楷書								
																
																
								1	2	3	4	5	6	7	8	
內在因子	時間性	有						•				•		•		
	運動感	無													•	
	空間感	2D		•		•		•		•						
		3D								•		•				
	無				•										•	
	節奏、律動、延展性	有				•										
無						•										
氣脈相連	連貫								•		•		•			
	不連貫						•									
外在因子	線條	直線：安靜、冷靜、理性、堅強、有力		•		•		•								
		曲線：溫和、圓潤、流動、活潑、柔順 感性、喜悅、自由				•				•		•		•		
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱		•				•								

第三部份：以書法看建築

分成對照組與實驗組，依據下列所挑選 12 個建築案例，勾選所設計表格中每一個因子要素。



			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
內在因子	時間性	有			●				●	●	●	●	●	●
		運動感	無				●							
	空間感	2D												
		3D		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

		對比		•	•					•	•	•	•	•	•
形態	奇正		•			•									
	疏密												•	•	
	違和									•					
	線性結構							•		•	•	•	•	•	•
	量體結構				•										
	其它： ex. _____ _____														
幾何	幾何 ex. _____ _____	•				•									
	抽象 ex. _____ _____		•	•						•	•	•	•	•	•
具體化	說明：能利用各種形式 完整地保留、 以及轉換														



第四部份：以書法看其他媒材形式

依據下列所挑選四類媒材中，勾選所設計表格中每一個因子要素。

■ 文學

「張三豐寫了幾遍，長長歎了口氣，步到中庭，沉吟半晌，伸出手指，又寫起字來。這一次寫的字體又自不同。張翠山順著他手指的走勢看去，但看第一字是個「武」字，第二個寫了個「林」字，一路寫下來，共是二十四字，正是適才提到過的那幾句話：「武林至尊、寶刀屠龍。號令天下，莫敢不從。倚天不出，誰與爭鋒？」想是張三豐正自琢磨這二十四個字中所含的深意，推想俞岱巖因何受傷？此事與倚天劍、屠龍刀這兩件傳說中的神兵利器到底有甚麼關連？只見他寫了一遍又是一遍，那二十四個字翻來覆去的書寫，筆劃越來越長，手勢卻越來越慢，到後來縱橫開闔，宛如施展拳腳一般。張翠山凝神觀看，心下又驚又喜，師父所寫的二十四個字合在一起，分明是套極高明的武功，每一字包含數招，便有數般變化。「龍」字和「鋒」字筆劃甚多，「刀」字和「下」字筆劃甚少，但筆劃多的不覺其繁，筆劃少的不見其陋，其縮也凝重，似尺蠖之屈，其縱也險勁，如狡兔之脫，淋漓酣暢，雄渾剛健，俊逸處如風飄，如雪舞，厚重處如虎蹲，如象步。張翠山於目眩神馳之際，隨即潛心記憶。這二十四個字中共有兩個「不」字，兩個「天」字，但兩字寫來形同而意不同，氣似而神不似，變化之妙，又是另具一功……」

■ 繪畫



北宋郭熙「早春圖」，紀元 1072 年，絹軸高 158.3 公分，台北故宮博物院 藏

■ 音樂

書法在書寫過程中像是一種音樂的藝術表現，書法由線條構成，而音樂是由音符，皆流動於作品之中。當書法家以時疾時徐、時緩時快的速度書寫，極富節奏性的運筆；或濃或淡、或乾或濕地在宣紙上書寫時，彷彿呈現了一首美麗的樂章。從藝術創作的過程來看，書法與音樂的創作路徑，具有某種程度上的雷同，書法書寫和音樂演出都是屬於一次完成性的作品，書法和音樂都具有起承轉合的同構性質；形式上，書法和音樂一樣，講究章法、節奏、旋律、對稱和呼應。其線條運行是封閉和靜上的，它具有延續性和動感，生命、活力、旋律、節奏、神韻、氣勢無不在動中呈現（金開誠；王嶽川，1996）。如書法家在創作之時，必須專心一致屏息以待，過程中氣韻流轉下需得一氣呵成，尚有一點干擾，終究會產生失敗；音樂演奏更是如此，只要一個音符演奏出錯，便前功盡棄。

黑格爾認為繪畫所呈現的是存在空間的面，而音樂則是取消了空間的面，將其化為流動在時間中的個別點，即一條線。正由於這一線條性，音樂才能表現出其更深的主觀性和特殊性，一種獨特的抒情美。音樂透過旋律來獲得其抒情的線條性，但書法與音樂不同的是，它卻通過其線條來獲得其抒情的旋律性，兩種藝術表現手法雖然不同，但在精神向度卻是相同的。

在音樂中最基本的要素，是旋律與節奏。音樂上，時間能改變節奏的分節，空間則能改變旋律的形態，在不同的空間下音樂的多樣性是極其豐富的，因此音樂可以因為時間和空間而獲得改變了的形態，這樣一來，音樂就包括了屬於這個世界的基本範疇之時間與空間；換句話說，在意義上，世界就被涵括在音樂裡。宗白華先生說：「音樂尤能直接地啓示宇宙真體的內部和諧與節奏，而這生生的節奏是中國藝術的最後源泉。中國樂府失傳，詩人不能弦歌，乃將心靈的情韻表現於書法、畫法。書法尤為代替音樂的抽象藝術。」（宗白華，1987）

■ 舞蹈



雲門舞集—狂草(擷取片段)

			文學 金庸	繪畫 郭熙	音樂 貝多芬	舞蹈 雲門
內在因子	時間性	有	●	●	●	●
		運動感 無				
	空間感	2D				
		3D	●	●	●	●
		無				
	節奏、律 動、延展 性	有	●	●	●	●
		無				
	氣脈 相連	連貫	●	●	●	●
不連貫						
外在因子	線 條	直線：安靜、冷靜、理性、堅 強、有力				
		曲線：溫和、圓潤、流動、活 潑、柔順、感性、喜悅、 自由		●	●	●
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱			●	
		粗重線：有力、頓拙			●	
		水平線：穩定、單純、和平、 安定、平靜、純潔				
		垂直線：不安、危急、高尚、 端莊、硬直、衝力				
		斜線：激動的刺激、不安定、 動感、有力		●		●
		折線：尖銳、憤怒、緊張、痛 苦、不安		●		●
		輕	●	●	●	●
		重	●	●	●	●
		緩	●	●	●	●
	急	●	●	●	●	
虛 實	平衡	●	●	●	●	
	對比	●	●	●	●	
形 態	奇正					
	疏密	●	●	●	●	
	違和					

		線性結構				•
		量體結構		•		
		其它：ex. _____				
		幾何 ex. _____				
		抽象 ex. _____			•	•
具體化	說明：能利用各種形式完整地 被保留、以及轉換。					



~問卷到此結束，非常感謝您的協助~

2.2 受測者 B 問卷

書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析問卷調查

親愛的先生、小姐您好：

首先，感謝您協助此項問卷調查。這是一份關於『書法在 CAD/CAM 上與各類媒材間的分析』的學術性問卷，目的在於深入了解書法在各類媒材間的因子關係。

所有資料僅供學術分析使用，絕不對外公開，請您安心作答。

交通大學建築研究所 葉育男 敬啓

第一部份：個人基本資料

1. 請問您的性別、姓名？

男 女 姓名：倪又安



2. 請問您的年齡？

19歲以下 20-25歲 26-30歲 31-35歲 36-40歲 41-45歲 46-50歲
51-55歲 56~60 61歲以上

3. 請問您的教育程度？

國中以下 高中/職 專科 大學 研究所以上

4. 請問您是否就讀相關科系？(學校科系：台北藝術大學造型研究所)

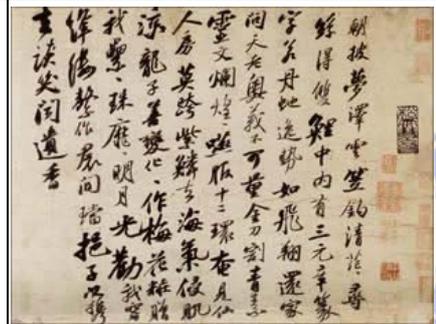
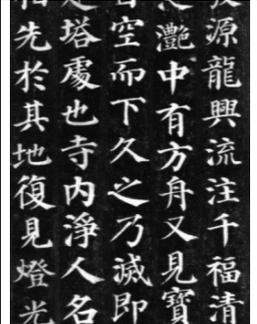
否 是(藝術、視覺設計、建築、服裝設計)

5. 請問您是否學習過書法(幾年以上)？

否 是 (1~3年 3年以上)

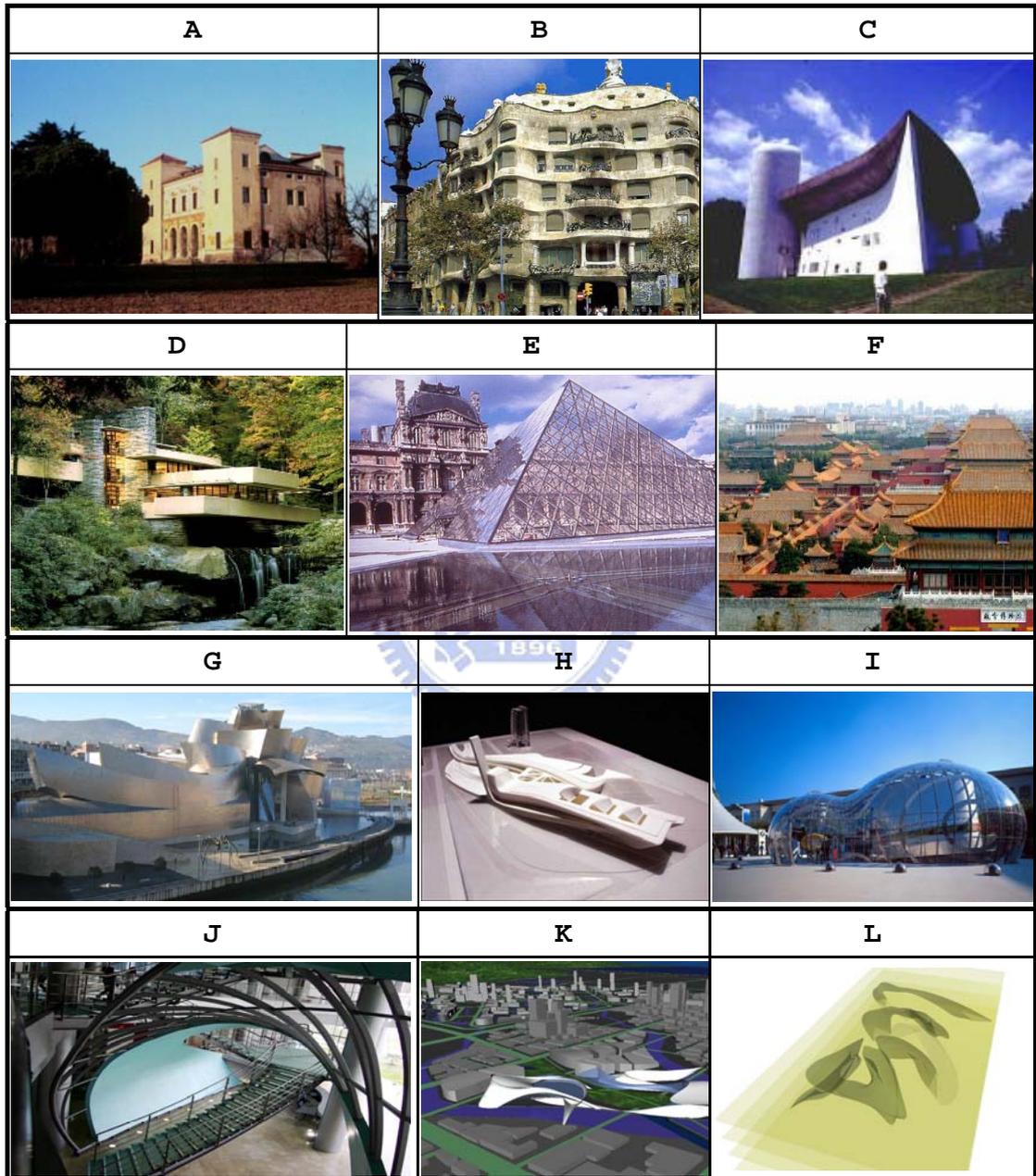
第二部份：書法取樣與分析

從以下的八種體例，檢視書法內在與外在因子，根據下列八個體例，勾選所設計表格中每一個因子要素。

1. 商 • 甲骨文		2. 西周 • 金文		3. 篆書		4. 隸書								
														
5. 草書		6. 行書				7. 行草		8. 楷書						
														
						1	2	3	4	5	6	7	8	
內在因子	時間性	有				•				•		•		
	運動感	無											•	
	空間感	2D				•	•	•	•					
		3D								•	•			
		無					•							•
	節奏、律動、延展性	有					•							
無							•							
氣脈相連	連貫								•	•	•			
	不連貫							•						
外在因子	線條	直線：安靜、冷靜、理性、堅強、有力				•		•	•					
		曲線：溫和、圓潤、流動、活潑、柔順 感性、喜悅、自由					•			•	•	•		
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱				•			•					

第三部份：以書法看建築

分成對照組與實驗組，依據下列所挑選 12 個建築案例，勾選所設計表格中每一個因子要素。



			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
內在因子	時間性	有			●				●	●	●	●	●	●
	運動感	無				●								
	空間感	2D												
		3D		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

		無														
	節奏、律動、延展性	有			•					•	•	•	•	•	•	
		無														
	氣脈相連	連貫			•					•	•	•	•	•	•	
		不連貫														
外在因子	線條	直線：安靜、冷靜、	•			•										
		曲線：理性、堅強、有力			•					•	•	•	•	•	•	
		曲線：溫和、圓潤、流動、活潑、柔順、感性、喜悅、自由			•					•	•	•	•	•	•	
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱					•					•				
		粗重線：有力、頓拙			•						•	•		•		
		水平線：穩定、單純、和平、安定、平靜、純潔	•				•									
		垂直線：不安、危急、高尚、端莊、硬直、衝力	•				•									
		斜線：激動的刺激、不安定、動感、有力		•							•	•				•
		折線：尖銳、憤怒、緊張、痛苦、不安									•		•	•		
		輕						•								
		重										•				
		緩	•													
				急										•	•	•
虛實	平衡	•				•										
	對比		•	•						•	•	•	•	•		
形態	奇正	•				•										

第四部份：以書法看其他媒材形式

依據下列所挑選四類媒材中，勾選所設計表格中每一個因子要素。

■ 文學

「張三豐寫了幾遍，長長歎了口氣，步到中庭，沉吟半晌，伸出手指，又寫起字來。這一次寫的字體又自不同。張翠山順著他手指的走勢看去，但看第一字是個「武」字，第二個寫了個「林」字，一路寫下來，共是二十四字，正是適才提到過的那幾句話：「武林至尊、寶刀屠龍。號令天下，莫敢不從。倚天不出，誰與爭鋒？」想是張三豐正自琢磨這二十四個字中所含的深意，推想俞岱巖因何受傷？此事與倚天劍、屠龍刀這兩件傳說中的神兵利器到底有甚麼關連？只見他寫了一遍又是一遍，那二十四個字翻來覆去的書寫，筆劃越來越長，手勢卻越來越慢，到後來縱橫開闔，宛如施展拳腳一般。張翠山凝神觀看，心下又驚又喜，師父所寫的二十四個字合在一起，分明是套極高明的武功，每一字包含數招，便有數般變化。「龍」字和「鋒」字筆劃甚多，「刀」字和「下」字筆劃甚少，但筆劃多的不覺其繁，筆劃少的不見其陋，其縮也凝重，似尺蠖之屈，其縱也險勁，如狡兔之脫，淋漓酣暢，雄渾剛健，俊逸處如風飄，如雪舞，厚重處如虎蹲，如象步。張翠山於目眩神馳之際，隨即潛心記憶。這二十四個字中共有兩個「不」字，兩個「天」字，但兩字寫來形同而意不同，氣似而神不似，變化之妙，又是另具一功……」

■ 繪畫



北宋郭熙「早春圖」，紀元 1072 年，絹軸高 158.3 公分，台北故宮博物院 藏

■ 音樂

書法在書寫過程中像是一種音樂的藝術表現，書法由線條構成，而音樂是由音符，皆流動於作品之中。當書法家以時疾時徐、時緩時快的速度書寫，極富節奏性的運筆；或濃或淡、或乾或濕地在宣紙上書寫時，彷彿呈現了一首美麗的樂章。從藝術創作的過程來看，書法與音樂的創作路徑，具有某種程度上的雷同，書法書寫和音樂演出都是屬於一次完成性的作品，書法和音樂都具有起承轉合的同構性質；形式上，書法和音樂一樣，講究章法、節奏、旋律、對稱和呼應。其線條運行是封閉和靜上的，它具有延續性和動感，生命、活力、旋律、節奏、神韻、氣勢無不在動中呈現（金開誠；王嶽川，1996）。如書法家在創作之時，必須專心一致屏息以待，過程中氣韻流轉下需得一氣呵成，尚有一點干擾，終究會產生失敗；音樂演奏更是如此，只要一個音符演奏出錯，便前功盡棄。

黑格爾認為繪畫所呈現的是存在空間的面，而音樂則是取消了空間的面，將其化為流動在時間中的個別點，即一條線，透過這一線條性，音樂才能表現出其更深的主觀性和特殊性，一種獨特的抒情美。音樂透過旋律來獲得其抒情的線條性，但書法與音樂不同的是，它卻通過其線條來獲得其抒情的旋律性，兩種藝術表現手法雖然不同，但在精神向度卻是相同的。

在音樂中最基本的要素，是旋律與節奏。音樂上，時間能改變節奏的分節，空間則能改變旋律的形態，在不同的空間下音樂的多樣性是極其豐富的，因此音樂可以因為時間和空間而獲得改變了的形態，這樣一來，音樂就包括了屬於這個世界的基本範疇之時間與空間；換句話說，在意義上，世界就被涵括在音樂裡。宗白華先生說：「音樂尤能直接地啓示宇宙真體的內部和諧與節奏，而這生生的節奏是中國藝術的最後源泉，中國樂府失傳，詩人不能弦歌，乃將心靈的情韻表現於書法、畫法。書法尤為代替音樂的抽象藝術。」（宗白華，1987）

■ 舞蹈



雲門舞集—狂草(擷取片段)

			文學 金庸	繪畫 郭熙	音樂 貝多芬	舞蹈 雲門
內在因子	時間性	有	●	●	●	●
		運動感 無				
	空間感	2D		●		
		3D	●		●	●
		無				
	節奏、律 動、延展 性	有	●	●	●	●
		無				
	氣脈 相連	連貫	●	●	●	●
		不連貫				
外在因子	線 條	直線：安靜、冷靜、理性、堅 強、有力				
		曲線：溫和、圓潤、流動、活 潑、柔順、感性、喜悅、 自由		●	●	●
		輕細線：纖細、敏銳、脆弱			●	
		粗重線：有力、頓拙			●	
		水平線：穩定、單純、和平、 安定、平靜、純潔				
		垂直線：不安、危急、高尚、 端莊、硬直、衝力				
		斜線：激動的刺激、不安定、 動感、有力		●		●
		折線：尖銳、憤怒、緊張、痛 苦、不安		●		●
		輕	●	●	●	●
		重	●	●	●	●
		緩	●	●	●	●
	急	●	●	●	●	
虛 實	平衡	●	●	●	●	
	對比	●	●	●	●	
形 態	奇正					
	疏密	●	●	●	●	
	違和					

		線性結構				•
		量體結構		•		
		其它：ex. _____				
		幾何 ex. _____				
		抽象 ex. _____			•	•
具體化	說明：能利用各種形式完整地 被保留、以及轉換。					



~問卷到此結束，非常感謝您的協助~