

國立交通大學  
應用藝術研究所碩士論文

## 聽覺節奏對視覺注意力的影響

### **The Effect of Audio Rhythm on Visual Attention**



研究生：陳雅靖

指導教授：陳一平 博士

中華民國九十三年八月

# 聲音節奏對視覺注意力的影響

學生：陳雅靖

指導教授：陳一平博士

國立交通大學應用藝術研究所視覺傳達組

## 摘 要

對於接收外在世界的訊息，視覺與聽覺是我們最主要且仰賴的感覺形式。隨著媒體業的蓬勃發展，視覺傳達媒體也逐漸趨向運用結合聲光效果的多媒體形式呈現，聲音可視為視覺設計的要素之一。因此，理解視覺與聽覺整合的知覺現象，以及如何讓聲音與影像能有最佳的配合成為設計者需思考的問題。本研究針對聲音節奏對於視覺注意力的影響進行實徵性的探討，我們假設在視聽刺激節奏一致的條件下，聲音節奏可引導觀者的視線，而將注意力投注在與聲音節奏呼應的影像上。根據上述假設，我們利用心理學實驗將視覺刺激以快速序列性的方式呈現（rapid serial visual presentation, RSVP），測量受視者於螢幕上某定點的視覺注意力，並且於螢幕上同時播放兩個節奏不同的 RSVP 序列形成雙重作業(dual task)。於作業中加入與其中一序列契合的聲音節奏，測量受試者於視聽覺訊息節奏同步與不同步 RSVP 作業的表現。

透過操弄視聽覺訊息節奏是否契合的變因，進而測量受試者投注於兩 RSVP 序列的注意力，以分析獲得的結果探討注意力引導與視聽覺整合的問題。實驗結果有兩個主要的發現：1.聽覺節奏能引導受試者注意節奏同步的視覺訊息。2.利用節奏的一致性能將視聽覺刺激整合，屬於基本層次的知覺現象。節奏可運用圖形的明暗、大小和音符的強弱、高低變化而形成。因此實驗結果應用於影音媒體的製作，我們可以思考如何使視覺媒體更富有節奏，並且利用畫面與聲音節奏的設計形成觀眾注意力的動線，或藉由同步的節奏讓語意矛盾、或無語意關聯的視聽覺元素產生連結，待觀者理解後產生諷刺幽默等情緒反應。

另外，於實驗中發現兩個特徵不同的聲音刺激，對視覺訊息注意力的影響程度不同，隱含視聽覺元素之間是可能存在契合的形式，如聲音的音高、音強與畫面的色相、明度能相互類比。這類更高層次的視聽知覺對應，有待未來更進一步的研究。

關鍵字：注意力；RSVP；跨官能整合；共感覺。



# The Effect of Audio Rhythm on Visual Attention

Student: Ya-Ching Chen

Advisor: I-Ping Chen

Institute of Applied Arts  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Vision and audition are the two major modalities we use to receive outside messages. There is evidence indicating that vision and audition do not function independently. A better understanding of the interaction between these two senses is of great value to a designer. The focus of our study is the effect of audio rhythm on visual attention. We hypothesize that if the visual and the auditory stimuli are synchronized, viewer can be cued by the auditory rhythm and would pay more attention to the synchronized visual event. The aim of this study is to test this hypothesis.

We used rapid serial visual presentation (RSVP) as a means to probe subjects' visual spatial attention on a given spot of the screen. Two RSVP streams of different rhythms were presented to the viewer on each trial. One of the RSVP stream is synchronized with an auditory stimulus while another is not. If the viewer's attention can be guided by the auditory rhythm, one would predict that the performance in the synchronized RSVP be better than that in another stream.

The results show that: 1. The auditory rhythm, while being task-irrelevant by itself, does cue subjects' attention to the synchronized visual event. 2. The power of cueing visual events is critically dependent upon the acoustic properties of the auditory stimulus. 3. Some rhythms are more potent than others in binding visual and auditory events. 4. As most viewers were not aware that one of the RSVP streams was synchronized to the auditory event, we believe the enhancement effect by synchronization occurs at an early, preconscious level.

Keywords: attention, RSVP, cross-modal integration, synaesthesia

## 誌 謝

寫這篇誌謝時回想起兩年前進入應藝所時的術科題目—誰是我生命中的恩人？我是否真懂得感恩？...還記當時急忙的在考試時間終止前將畫紙塗滿，而現在懷著有點不捨的心情慢慢的寫完這篇誌謝。

由於我大學所學的內容與藝術領域交集甚小，因此相當感謝陳一平老師與張恬君老師開放的態度，讓我有機會能進入應藝所學習。謝謝陳老師以廣泛的學識，引領我認識視覺藝術、音樂、心理學與生理學中的知識，並且詳盡的指導我完成這篇論文。感謝張老師在設計思想上的啓發與鼓勵，讓我更加確信對於設計的熱忱。也相當感謝莊明振老師、鄧怡莘老師、及諸位應藝所的老師們的教導，擴展我對設計領域的認識。另外，謝謝孫慶文老師對於論文詳細的指正與建議，使我的論文更加完整。

感謝我的父母容忍我大學畢業後不務正業的選擇不同的路。感謝眾姐姐們，雖然我回家次數越來越少，已從妹妹被列為遠房表妹，但每當回家時還是能感受到妳們的熱情與關心。感謝應藝所同學們，不吝分享你們的設計的經驗與技術，使我從門外漢逐漸能以設計謀生。感謝參與實驗的受試者，花費時間與精神完成實驗之外，也提供我諸多的實驗心得與建議。感謝翠如學姊耐心的當我論文的第一位讀者，細心修正與潤飾文字。感謝 Jimmie 與室友淑茵，與你們聊天是我一天中最輕鬆愉快的時刻。最後，感謝我生命中的恩人.....

誰是我生命中的恩人？

與兩年前進入應藝所時的答案相同.....

在我生命時光中的每個人，謝謝你們。

# 目 錄

中文摘要	.....	v
英文摘要	.....	v
誌謝	.....	v
目錄	.....	v
表目錄	.....	v
圖目錄	.....	v
第一章	緒論.....	1
1.1	研究動機.....	1
1.1.1	感覺共通的藝術.....	1
1.1.2	光交響樂與音樂繪畫.....	3
1.1.3	時間結構之一---視覺與聽覺的類比.....	14
1.1.4	時間結構之二---節奏.....	19
1.1.5	研究問題.....	20
1.2	研究問題.....	20
1.2.1	視覺傳播媒體的觀察.....	20
1.2.2	問題說明與假設.....	23
1.3	研究架構.....	24
第二章	文獻探討.....	25
2.1	感覺訊息傳遞與注意力.....	25
2.1.1	短期記憶容量有限.....	26
2.1.2	注意力的分配.....	29
2.1.3	訊息整合.....	31
2.2	視聽覺整合的相關研究.....	33
2.2.1	感覺相連症.....	33
2.2.2	跨感官整合.....	34

第三章	實驗方法.....	39
3.1	實驗假設與目的.....	39
3.2	實驗設計.....	39
3.2.1	節奏.....	39
3.2.2	視覺刺激.....	40
3.2.3	聽覺刺激.....	41
3.2.4	視聽覺刺激的配對方式.....	41
3.2.5	RSVP 作業.....	43
第四章	實驗.....	45
4.1	前置實驗.....	45
4.1.1	RSVP 作業節奏速度.....	45
4.1.2	實驗結果.....	45
4.1.3	前測實驗.....	46
4.1.4	前測結果.....	47
4.1.5	視覺與聽覺刺激的調整.....	50
4.1.6	實驗結果.....	51
4.2	正式實驗.....	53
4.2.1	實驗流程.....	53
4.2.2	實驗結果.....	54
第五章	綜合討論.....	56
5.1	實驗結果討論.....	56
5.1.1	聽覺節奏引導視覺注意力.....	56
5.1.2	補充實驗.....	56
5.1.3	聲音樣本比較.....	58
5.2	結果與應用.....	61

5.2.1	聽覺節奏引導視覺注意力.....	61
5.2.2	利用節奏將視聽元素整合.....	62
5.3	後續研究建議.....	64
5.3.1	視聽覺相似的知覺現象.....	65
5.3.2	電影中畫面與音樂的結構對應.....	69
參考文獻	.....	73
附 錄	.....	78



## 表 目 錄

附錄表 1	前測實驗：視聽節奏一致與不致.....	77
附錄表 2	前測實驗：視聽節奏一致與聲.....	78
附錄表 3	前測實驗 RSVP 節奏 1：視聽節奏一致與不一致.....	79
附錄表 4	前測實驗 RSVP 節奏 1：視聽節奏一致與無聲.....	80
附錄表 5	前測實驗 RSVP 節奏 2：視聽節奏一致與不一致.....	81
附錄表 6	前測實驗 RSVP 節奏 2：視聽節奏一致與無聲.....	82
附錄表 7	正式實驗：視聽節奏一致與不致.....	83
附錄表 8	正式實驗 RSVP 節奏 1：視聽節奏一致與不一致.....	84
附錄表 9	正式實驗 RSVP 節奏 2：視聽節奏一致與不一致.....	85



## 圖 目 錄

圖 1-1	A. Lentulov 描繪《The Poem of Fire – Prometheus》的情景.....	4
圖 1-2	Scriabin 光交響樂音調與色光的對應表.....	5
圖 1-3	Scriabin 的《The Poem of Fire – Prometheus》樂譜.....	6
圖 1-4	初期結構最簡單的色光樂器.....	6
圖 1-5	Chiurlionis 《Fugue》.....	8
圖 1-6	Chiurlionis 《The Sun Sonata—Allegro》.....	10
圖 1-7	Chiurlionis 《The Sun Sonata—Andante》.....	11
圖 1-8	Chiurlionis 《The Sun Sonata—Scherzo》.....	12
圖 1-9	Chiurlionis 《The Sun Sonata—Finale》.....	12
圖 1-10	《The Poem of Fire – Prometheus》於美國新天堂演出情景.....	15
圖 1-11	Judd 《Untitled》.....	16
圖 1-12	Louis 《Beta Nu》.....	16
圖 1-13	Philips Glass 《One + One》.....	17
圖 1-14	Philips Glass 《Music in Similar Motion》.....	17
圖 1-15	La Monte Young 《Composition1960 #7》.....	18
圖 1-16	Newman 《Voice of Fire》.....	19
圖 1-17	Chaplin 《大獨裁者》.....	21
圖 1-18	《聲寶家電-殺菌光冷氣-密閉篇》.....	21
圖 1-19	Jacque Tati 《胡洛先生的假期》.....	22
圖 1-20	研究架構.....	24
圖 2-1	以訊息處理系統說明實驗作業.....	25
圖 2-2	多感覺神經元與專化的單一感覺神經元.....	35
圖 2-3	視聽刺激同步時相關反應部位.....	37

圖 2-4	腦島、視丘、中腦上丘之間相互聯絡.....	37
圖 3-1	將單位時間劃分成 6 個空格.....	40
圖 3-2	節奏類型.....	40
圖 3-3	兩組視覺刺激.....	41
圖 3-4	視聽覺刺激的配對方式.....	42
圖 3-5	RSVP 作業流程圖.....	43
圖 3-6	兩 RSVP 序列形成雙重作業.....	44
圖 4-1	不同速度的節奏，RSVP 作業答對率.....	46
圖 4-2	六位受試者 RSVP 作業的回答的情形.....	48
圖 4-3	RSVP 序列為節奏 1 時，六位受試者的答對率.....	49
圖 4-4	RSVP 序列為節奏 2 時，六位受試者的答對率.....	49
圖 4-5	試驗 A：單一 RSVP 作業結果.....	51
圖 4-6	試驗 B：兩側序列圖形特徵相同的 RSVP 作業結果.....	51
圖 4-7	試驗 C：延長實驗一 RSVP 序列的結果.....	52
圖 4-8	上述三組 RSVP 作業結果的比較.....	52
圖 4-9	六位受試者 RSVP 作業的回答的情形.....	54
圖 4-10	畫面中 RSVP 序列為節奏 1 時，六位受試者的作業情形.....	55
圖 4-11	畫面中 RSVP 序列為節奏 2 時，六位受試者的作業情形.....	55
圖 5-1	McGurk effect.....	58
圖 5-2	前測實驗單音的頻譜圖.....	59
圖 5-3	正式實驗單音的頻譜圖.....	60
圖 5-4	能量擊發時間對聽知覺影響.....	60
圖 5-5	前測實驗與正式實驗節奏 1 頻譜圖.....	61
圖 5-6	《萬花嬉春》.....	62
圖 5-7	《Super Mario Reloaded 》畫面類似由方塊構成.....	63
圖 5-8	多感官的知覺系統.....	65

圖 5-9	完形心理學---好的連續性.....	67
圖 5-10	完形心理學---接近性.....	67
圖 5-11	各種感官有最契合的外在形式.....	68
圖 5-12	簡單結構與心像的對應.....	68
圖 5-13	《亞歷山大·涅夫斯基》畫面與聲音結構嚴格的形式對應.....	69
圖 5-14	《追殺比爾 2》.....	70
圖 5-15	《鑼鼓喧天》.....	71
圖 5-16	《Permutations》.....	72
圖 5-17	以相同的鼓聲計算出不同的圖形.....	72
圖 5-18	《羅生門》.....	72



# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

探索過去的藝術發展，不難發現結合聲音與影像的多媒體創作思想一直深植在藝術的各種面貌之中。這種企圖特別是在 19 世紀末、20 世紀初的音樂、繪畫、文學藝術的發展最為明顯，當時各領域的藝術家皆欲跳脫傳統的藝術形式尋求更廣闊的表現空間，而發展出融合各種感官(synaesthesia)的藝術概念，促成結合繪畫、詩與音樂的各種實驗性藝術出現。引人好奇的是，畫家如何將音樂的感受畫出？音樂家如何譜寫出視覺性的樂曲？他們如何結合聽覺與視覺的感受？由於當時藝術媒材的限制，他們結合不同感官的作品中，呈現交互連結的多感官刺激大多需要知識理解或語意連結。由於科技的發展，今日可以運用錄像、錄音媒體、電腦處理…等方式以更直接的視覺、聽覺多感官刺激傳達給觀者。近年來視覺傳達媒體也傾向運用結合聲光效果的多媒體形式表現，聲音可視為視覺設計的要素之一，因此如何將視覺、聽覺做良好的搭配成為視覺傳達設計者需思考的問題，也引發我探究聽覺和視覺如何相互影響的興趣。由於融合視覺與聽覺的藝術表現形式相當廣泛，本文只針對視聽覺節奏的配合，整理相關論文與設計實驗探討。以下分三部分內容說明研究動機與問題：

1. 介紹過去結合多種感官，強調共感覺的藝術作品。
2. 由觀察藝術作品，說明為何探討視覺與聽覺節奏的問題。
3. 藉由電影與廣告視覺傳播媒體的觀察說明本研究問題。

### 1.1.1 感覺共通的藝術

19 末、20 世紀初的藝術受到當時的社會文化、科學發展、各種藝術、哲學思想的影響，藝術創作的題材由對外部自然的描寫轉向表現人本身內在的自我意識，也強調藝術創作不是來自模仿而必須具有獨創性。相對於古典藝術，現代藝術在各種藝術領域突破涇渭分明的類別概念，使各領域的藝術家打破傳統

的藝術思維尋求新的藝術表現，法國詩人Baudelaire著名的詩集《Les Fleurs du mal》中的《Correspondences》討論現代文化的藝術類別與各類藝術融合(fusion)的觀念。《Correspondences》揭示自然萬物應和關係論述各種美感經驗的交融，包括色、聲、香、觸等感覺，也談論到不同感官知覺間的相互聯結，他認為感官知覺有相互對應的關連。

Nature is a temple of living pillars  
where often words emerge, confused and dim;  
and man goes through this forest, with familiar  
eyes of symbols always watching him.

Like prolonged echoes mingling far away  
in a unity tenebrous and profound,  
vast as the night and as the limpid day,  
perfumes, sounds, and colors correspond.

節錄《Correspondences》(Baudelaire, 1857)



Baudelaire 的詩作受到浪漫派繪畫與音樂影響，而印象主義畫家 Manet、Cezanne 與 Gauguin，則深受 Baudelaire 美學的啟發，追求音樂性的色彩與感覺 (Godfrey, 2001)，若以音樂的角度觀看印象派繪畫，畫家力圖表現捕捉瞬間的光線，以色彩展現光的流動。“瞬間”與“流動”等視覺意象正如同音樂的特性瞬間即逝，並且隨時間的行進恍若音符之間的變化流動。而後，印象主義繪畫也影響了作曲界形成印象派音樂，印象派畫家不著重於具體精細的描繪，而強調光影微妙變化所帶來的主觀感受，Debussy 受印象畫派畫作的影響與啟發，其音樂風格迥異於傳統講究優美的旋律或完整樂曲架構的主要訴求，而追求一種聲音色彩瞬間變化所產生的音響效果。因此他的音樂在旋律架構上強調器樂音色與合聲效果，給人一種朦朧的印象。

當時的藝術發展很清楚的看到文學、繪畫與音樂不同感官藝術之間的交互影響。而繪畫與音樂，雖然構成的元素在物理上性質截然不同，但藉由藝術家

接收各類型官能的感受再抒發，視覺與聽覺之間的感受似乎是互通的，例如印象派音樂家爲了表達對於印象派繪畫朦朧的視覺感受，而創作出旋律朦朧的聽覺感受。視覺與聽覺兩種不同的知覺是如何相互影響？以什麼模式相互類比？這是藝術家自身獨有的感覺或是人類共通的感受？以下以俄國作曲家 Scriabin 光交響樂與立陶宛作曲家 Chiurlionis 音樂繪畫，介紹視覺與聽覺相互類比的綜合藝術。

### 1.1.2 光交響樂與音樂繪畫

19 世紀末許多藝術家受到 Wagner 所提倡的總體藝術(Gesamtkunstwerk)的思想所影響，認爲音樂、繪畫各種形式的藝術可以結合在同一作品或演出中表現，尤其於俄國此理論被 Kandinsky, Rossine 等人，稱之爲“Positive Sense”(Vanechkina, 1994)。結合音樂與繪畫的總體藝術中，Scriabin 與 Chiurlionis 經常被比較與討論，這一類研究稱爲 Scriabin – Chiurlionis，指 Scriabin 的光交響樂(light-symphony)是將音樂視覺化呈現的代表；Chiurlionis 的音樂繪畫(musical painting)則爲繪畫表現音樂的代表。兩人的表現手法雖然不同，但創作出音樂景象(music vision) 的理念相同。他們的藝術思想、對於外在世界的感受甚至藝術作品皆有許多共同點與相呼應之處，他們的音樂作品都受到 Chopin、Bach、以及 Wagner 的影響。而視覺藝術的表現則明顯可見 Wagner 的總體藝術概念。

Scriabin 與 Chiurlionis 都是傑出的音樂家，並且擁有多方面的藝術天份。Scriabin 不只是位作曲家、演奏家也是一位詩人，喜愛將詩的哲學思想融入他的音樂創作，從他的表演方式可將他視爲光的畫家。Chiurlionis 畢業於華沙與萊比錫音樂學校和華沙藝術學校，創作出 200 多首樂曲與許多畫作，他同時也是詩人。Scriabin 和 Chiurlionis 都曾強烈的表達出對象徵主義藝術的喜愛，他們的創作概念企圖以音樂藝術表達人類內在精神與宇宙結合的境界。作品表現方法則聯合不同形式的感覺，如呈現音樂的視覺感受，試圖做出可以“看到”音樂的形狀和顏色的效果。



圖 1-1 1918 年 A. Lentulov 描繪《The Poem of Fire – Prometheus》的情景。

Scriabin利用各種裝置同時演奏音樂與色光，聲與光綜合展現將藝術連成一體。他有意識的設計規劃將音樂視覺化，他的作品《The Poem of Fire – Prometheus》，這首曲子除了有編制龐大的管弦樂、鋼琴獨奏、無詞合唱之外，根據音樂的時間結構使各種色光交織出如圖畫般的美感，可看到與音樂對應的視覺形態。他的創作概念是演奏場所內隨不同音高投射出相應的彩色光芒，而最後的高潮則是由繽紛的彩色合成的強烈白色光芒，以視覺的色光將聽眾帶到如進入神境的音樂體驗境界(參見圖 1-1、圖 1-10)。Scriabin並非隨性的將聲音具體化 (sound embodiment)，將樂譜中和弦與調性與色光有系統的對應，而將音樂中視覺化的呈現 (Bowers, 1995 ; Galeyev & Vanechkina, 2001 )(參見圖 1-2)。

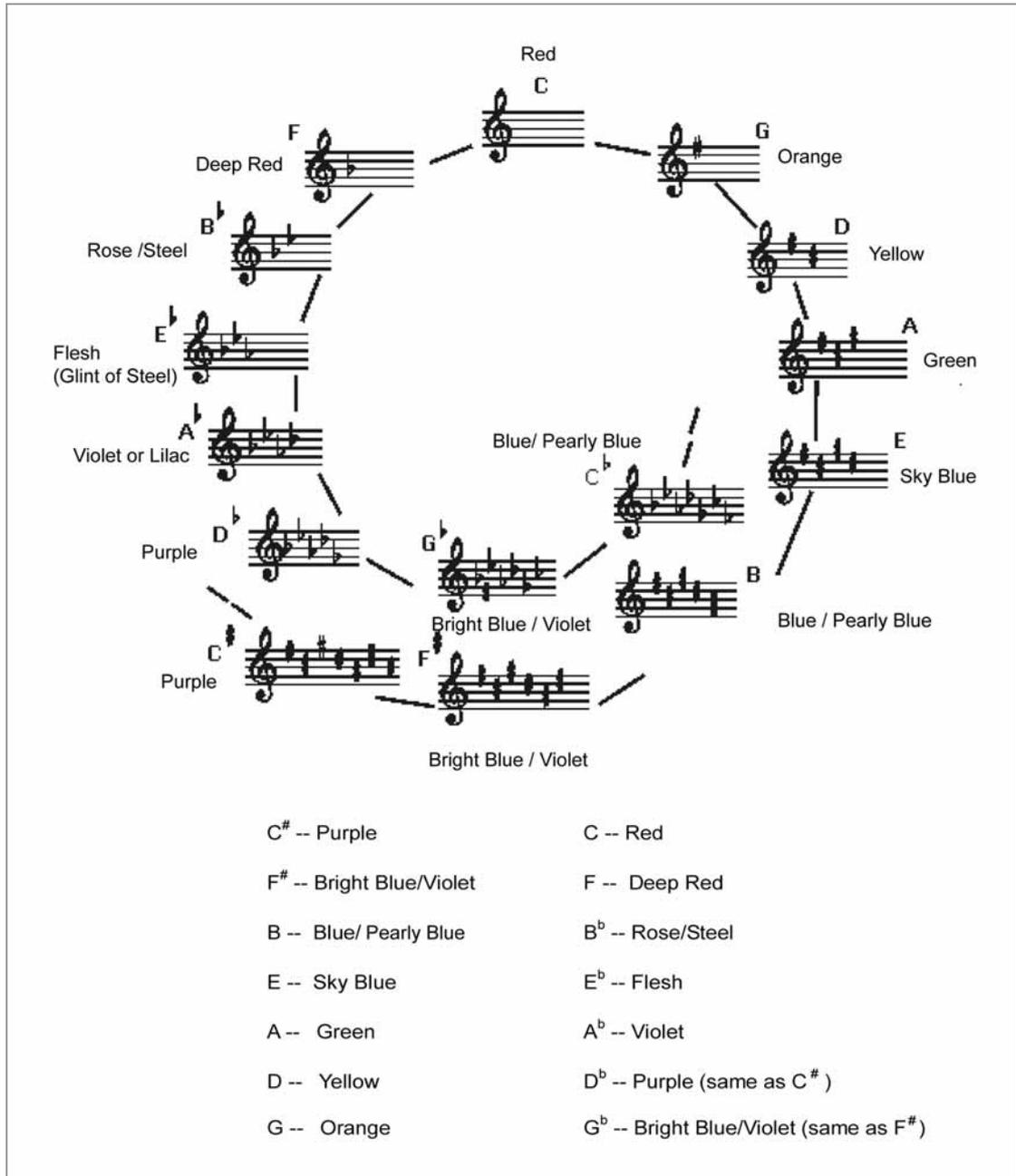


圖 1-2 Scriabin 光交響樂音調與色光的對應表(The Key-Color Scheme)。



圖 1-3 Scriabin 的《The Poem of Fire – Prometheus》樂譜，第一行的 Luce 指“光” (Light)。由樂譜也可看出音樂視覺化的光節奏與音樂節奏的一致性。



圖 1-4 初期結構最簡單的色光樂器(light instrument)。Scriabin 藉此裝置發展出新的藝術表現形式。

另一位將音樂視覺化的音樂家 Chiurlionis，在繪畫與音樂的領域都展露出他的才華，充分的表現出對於兩種藝術的感受，他早期的繪畫作品就可看出他將音樂表現於繪畫中的特點。他將音樂與繪畫兩種藝術形式結合的概念明確地形成後，後期的作品以更一致與適切的方式將音樂以繪畫方式表現出。

Chiurlionis 的綜合藝術概念很明確的從《Fugue》(參見圖 1-5)這幅作品表

現出。介紹《Fugue》之前，先簡單的敘述音樂中賦格曲(Fugue)的結構，賦格曲可視為是將一首輪唱曲加以延展。"Fugue"這個詞源自拉丁文 Fuga，意思是"逃跑"。如同童謠的輪唱一樣，賦格曲裡的各個聲部，不管是人聲或器樂聲，聽起來都好像在互相追逐逃跑，賦格曲的主旋律為主題 (theme)，主題的陳述與再陳述，輪流交替，以一或二個旋律對位而成。賦格曲大致分為三部：呈示部、發展部、再現部。在呈示部時，第一個聲部將整首賦格曲為主題的主旋律清晰而且毫無裝飾地陳述出來，在第一聲部差不多把主題陳述完畢，準備將發展與主題對位的旋律(稱為對句)時，第二個聲部便開始在次呈現主題與對位(稱為答句)，其主題可為一個相關連但不相同的調。當所有的聲部都陳述過之後，賦格曲便進入發展部。這時候各聲部獨立地，也同一時間將原來的主題和對句變奏。在比較複雜的賦格曲裡，作曲者有時會將主題的時間拉長或縮短，或將主題轉位把它倒過來寫。到了再現部，有些作曲家會用密接應和的方法縮短聲部間的時間距離，讓各聲部聽起來好像一個趕上了另一個(Stein, 1979)。大略瞭解賦格曲結構後，下面以此結構介紹 Chiurlionis 的《Fugue》(參見圖 1-5)。



圖 1-5 Chiurlionis，《Fugue》，1907，蛋彩畫

Chiurlionis 國家紀念館藏

畫作中可見作者意圖表現出如同音樂般的流動時間感。當視線水平的掃視過這幅畫，自然的形成賦格曲裡的多聲部。而視線由下往上移動時，畫面明確的分成三個部分，類比為賦格曲的呈示部、發展部、再現部。畫面的底部為賦格曲的呈示部，以杉木代表主題，杉木顏色較深、形體較大的使它在畫中最醒目表現出音樂中主題的支配性，杉木後高低起伏層疊的山峰彩度較低的綠色輪廓為賦格曲式中與主題對位的旋律。當視線漸漸往上移動，呈示部的畫面漸漸改變至展開部與呈示部深綠色山峰輪廓相似但色彩明度變高，色調的變化對應出音樂的展開部中通常為加強樂曲的調性將主題所做的轉調。另外，於展開部中可見杉木穿插於其中，如同主題的再敘述，左下方不完整的杉木類比賦格曲式中第一個聲部位主題陳述完以前，第二個聲部主題提前進入與樂曲的特點。視線繼續往上移動，山峰輪廓逐漸隱沒在背景中，Chiurlionis 以大面積畫作與高明度色調細微的變化，營造如音樂般緩慢的流動的影像。畫面的上端如水面

的分界線為再現部，其上排列的杉木與山峰和倒影如音樂中多聲部主題與答句之間密集的應和。而杉木的水中倒影與現實生活中不相同，並非垂直鏡射而是位移錯置，如同賦格曲中再現部的結構，作曲者將主題轉位將它倒過來寫，主題與主題轉位的旋律交錯出現，讓各聲部的主題層疊追趕。賦格曲是 Chiurlionis 喜愛的音樂形式，也是深具結構秩序的音樂形式之一，Chiurlionis 將賦格曲的形式轉以繪畫的方式表現，並非形而上的音樂感受抒發，於畫作中可看出音樂曲式與繪畫結構上有密切的關係。

除賦格曲外，Chiurlionis 許多作品為奏鳴曲式(Sonata)的繪畫如《The Spring Sonata》、《The Sea Sonata》。在此以 1907 年的《The Sun Sonata》說明 Chiurlionis 的奏鳴曲繪畫，同樣先簡單的介紹奏鳴曲曲式，最初的奏鳴曲曲式只有一個主題，後來作曲家喜歡將主題在不同的調上再現，以求對比；之後，為了增加對比的效果，作曲家將再現的主題逐漸演變為以另一個性格迥異的第二主題，也就形成了奏鳴曲的主題與附屬主題，奏鳴曲曲式是以對比為基本法則確立起來。人們按這個原則寫出一個樂章後，又把這種原則擴張到樂章與樂章之間，形成快、慢、快三個樂章，有些作曲家會在第二與第三樂章插入一段小步舞曲或詼諧曲，使奏鳴曲變成四個樂章的形式(吳斌，1997；修海林 等，2002；Stein, 1979)。由於奏鳴曲強調兩個互相衝突的主題，並且可利用聲部之間或樂章之間製造對比的特點，Chiurlionis 喜歡藉此曲式表現出現實情感的矛盾、衝突以及具有更大的緊張、對比度。《The Sun Sonata》包含四幅系列繪畫，標題分別為：快板 (Allegro)、行板(Andante)、詼諧曲 (Scherzo)、終曲 (Finale)。可清楚的看出《The Sun Sonata》類比於四個樂章的奏鳴曲結構，內容也可看出奏鳴曲式的特點，強調主題的對比與調性的對比。



圖 1-6 Chiurlionis，《The Sun Sonata—Allegro》，1907，蛋彩畫，63x58.8 cm

Chiurlionis 國家紀念館藏

第一幅畫《The Sun Sonata—Allegro》(參見圖 1-6)畫中由下往上可分成三部分，如同奏鳴曲的快板結構分成三個部分——呈示部、發展部、再現部。呈示部描繪兩個主要的影像：太陽與城堡，前者為音樂的主要主題，後者為附屬主題。畫中黃與藍的色相對比如同奏鳴曲兩個主題的調性對比。發展部與再現部於畫面中的比例如同音樂中發展部的樂段為再現部的兩倍。另外，再現部將兩主題再次呈現，兩主題必需統一於同一調上即樂曲的主調，可從畫的中間部分看出兩主題的顏色逐漸融合於黃色的主調中。

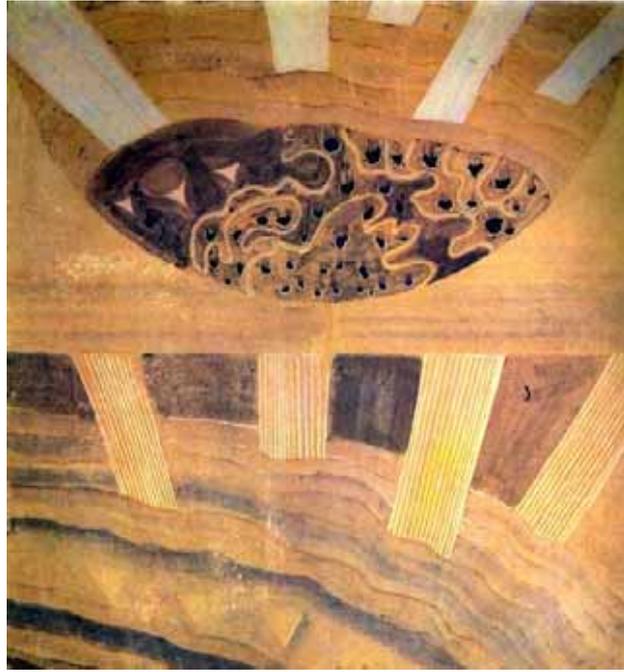


圖 1-7 Chiurlionis，《The Sun Sonata—Andante》，1907，蛋彩畫，63.2x58.4 cm  
Chiurlionis 國家紀念館藏

第二幅畫《The Sun Sonata—Andante》(參見圖 1-7)，類比為奏鳴曲中的第二樂章，主要與前後兩樂章(在此為第一樂章與第四樂章)在畫面營造的氣氛和色調皆形成對比，如此樂章的黃色調與一、四樂章(圖 1-6、圖 1-9)藍色調形成對比。此樂章類似變奏曲的結構，變奏的方法種類繁多其中包括：主題音樂節奏的變換與主題音形的變換，畫中寬闊的光束，如同主題音樂節奏的變換，表現行板較慢的節奏。圖上部以曲線描繪太陽光，不同於第一樂章的直線光束，如同變奏曲中主題音形的變換。



圖 1-8 Chiurlionis，《The Sun Sonata—Scherzo》，1907，蛋彩畫，60.2x56.6 cm  
Chiurlionis 國家紀念館藏

第三幅畫《The Sun Sonata—Scherzo》(參見圖 1-8)，如同四樂章奏鳴曲曲式插入的詼諧曲，這幅畫可見詼諧曲講求通常韻律生動、節奏靈活的特點。

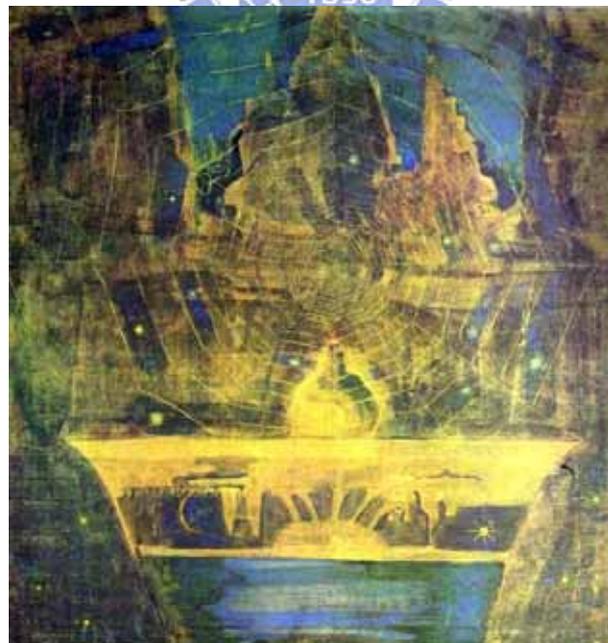


圖 1-9 Chiurlionis，《The Sun Sonata—Finale》，1907，蛋彩畫，60.2x56.6 cm  
Chiurlionis 國家紀念館藏

第四幅畫《The Sun Sonata—Finale》(參見圖 1-9)，為奏鳴曲中的第四樂章，以迴旋曲(rondo)的形式結尾，畫的中央有一倒置的鐘，鐘舌上纏繞著蜘蛛絲，如同迴旋曲中一個主題重複之間，加上不同的連接段間隔，鐘的邊緣如同奏鳴曲終曲的再現，鐘緣的右方可辨識出第一樂章的太陽、城堡與花括線記號；中間為第二樂章的光束；左邊第三樂章的蜿蜒曲線，隱約可見前三樂章的景象濃縮於此。

觀察 Scriabin 與 Chiurlionis 的作品可看出兩者皆是將音樂元素：音高、音強、音色轉化成繪畫的元素：形狀、色彩、材質。如 Scriabin 的《The Poem of Fire – Prometheus》，將音樂中不同的音形、音高、音強以不同形狀、色相、強弱的色光表現；Chiurlionis 將音樂主題的音形以不同的形狀物件表現，如《Fugue》中的杉木、《The Sun Sonata》的太陽與城堡，奏鳴曲中主題與附屬主題對比的陽性調與陰性調以黃與藍對比色調表現。對於如何將音樂感受具象化，Kandinsky 認為藝術家並非無目的描繪出眼見的形，而是描繪物透露出的內容，是一種精神性，而音樂更是可以直接予人精神上的感受。例如如我們形容一幅畫作很莊嚴、很活潑或很沉靜一般，對於音樂也可產生相同感覺 (Kandinsky, 1952)。

Kandinsky 所說的類似感受是藉由相同的語義將視覺與聽覺聯結，如 Chiurlionis 於《Fugue》中將主題音形的反轉以物體於水中倒影的反轉表現；《The Sun Sonata》以黃色調與藍色調表現音樂中的陽性調與陰性調的對比，如同色彩學上形容這兩個色調為對比色。另外，如詼諧曲式講求靈活的節奏與《The Sun Sonata—Scherzo》畫中予人活潑的韻律感相似。

兩種類型的藝術結合，除了語義的連結外也源於作者深厚的音樂知識背景，尤其是 Chiurlionis 的音樂繪畫，若過去無學習樂理或聆聽古典音樂的欣賞者，難以聽出他畫中的聲音。我們也從 Chiurlionis 音樂結構轉化為繪畫結構的概念，推論兩種不同感官的藝術，具有相似的時間結構而類比。

### 1.1.3 時間結構之一---視覺與聽覺的類比

Chiurlionis 的音樂繪畫中的確令人難以直接感受其內含的音樂性，這並非否定 Chiurlionis 的以繪畫表現音樂的手法，相反的我個人相當贊同他的表達概念。繪畫難以直觀其中的音樂性，是由於我們接收靜態視覺訊息的方式與聽覺訊息的方式不同，接收方式在此並非指音樂與繪畫接收訊息的器官不同，而是指接受訊息時序上之平行與序列的不同。我們可以同一時間平行地掃視靜態繪畫中的多個訊息為平行接收，但聽覺只能序列性的接收聽覺訊息。Chiurlionis 的音樂繪畫中，視覺元素不會隨時間轉移而變化，而真正的音樂會隨時間變化或消失，因此難以感受到繪畫的聽覺性。

然而，Chiurlionis 有意識的將音樂建構於繪畫中。視覺上，我們雖然可以平行的接收來自畫面各處的視覺訊息，但由於注意力資源有限，我們並不能看到畫面呈現的所有細節。Chiurlionis 的作品正是藉由眼睛掃視畫面空間的過程營造聽覺不可缺的時間向度。如《Fugue》將畫面切分成三個部分，或《The Sun Sonata》分成四幅畫再各切分成若干部分，當序列性的觀看一系列畫作時，畫與畫之間明顯鋪陳出時間的行進方向，再由單幅畫的視覺動線，由下往上觀看畫中的呈示部、發展部、再現部。或凝視某一局部中的兩個影像重疊與對比(如主題與對位的形狀與色彩間的對比)，形成樂曲中多部聲音的重疊與對比，兩對比影像之間的注意力切換如同音樂兩聲部旋律的動勢。由上述分析可知 Chiurlionis 將音樂曲式的時間結構轉化成繪畫的空間結構，利用眼睛對於排列於空間中的視覺元素序列掃視，空間的移動產生聽覺的時間移動，將視覺與聽覺兩種感官連結。眼睛掃視畫面產生的時間感和圖像間的動勢較隱晦，若利用今日的繪畫媒材，Chiurlionis 的概念可用動畫表現，更能呈現《Fugue》表現賦格曲的層疊追趕，與《The Sun Sonata》表現奏鳴曲各樂章對比的觀念。而 Scriabin 《The Poem of Fire – Prometheus》視聽覺相似的時間結構可從樂譜(參見圖 1-3)中色光與音符的同步變化看出，與光繪畫不同點在於《The Poem of Fire – Prometheus》的光為色相動態變化並且會隨時間消失，視聽覺訊息皆以序列的

方式呈現，1969 年耶魯交響樂團依 Scriabin 編寫曲調與色彩對應的樂譜重新詮釋《The Poem of Fire – Prometheus》受到觀眾熱烈的迴響，於 1971 年再一次演出(如圖 1- 10)可見這樣的表達方式能引起觀眾的共鳴。



圖 1- 10 1971 年《The Poem of Fire – Prometheus》於美國新天堂(New Heaven) 演出情景。  
D. Moserie 指揮耶魯交響樂團，燈光由 R. Gould 演出。

上述兩位音樂家雖然以不同的方式將音樂視覺化，但他們的作品都可看出視覺元素與聽覺元素安排於相似的時間結構。另外，在極簡主義藝術中也可觀察到相似的透過時間結構將音樂與繪畫作類比的手法。「極簡主義音樂」(minimalist music)受視覺藝術上「極簡主義」(Minimal Art)表現形態與創作概念的主題影響，「極簡主義音樂」的特色在於固定的節奏脈動、明確的調性以及簡短模型的不斷重複。如極簡主義藝術家Judd的《Untitled》(參見圖 1-11) 和Louis的《Beta Nu》(見圖 1-12)。《Untitled》以相同規格的塊體為單位形，以固定間距排列而成；《Beta Nu》以顏料流動形成相似的線條，他也以顏料的流動表現音樂般的韻律節奏。與上述視覺藝術對應的極簡主義音樂，如Philip Glass的音樂風格，他認為西方音樂將時間不斷切分成許多小單位，而相反的印度音樂是由小單位組織、裝飾而成，不同的風格由這些小單位不同的結構形成，因此音樂化簡為由這些基本的小單位重複而成。他的極簡音樂作品可看出這個概念，作品以小的

旋律細胞 (rhythmic cells) 構成，透過這些小細胞的組合和分離來譜曲，如《One + One》只以兩個旋律細胞組合和分離而成，演奏時依樂譜敲打桌面，以麥克風收音通過擴大機以喇叭播放。另一個作品《Music in Similar Motion》也可見到明確的極簡主義風格，此樂曲只有結構簡單且重複的上行音，從樂譜中約略可以看出極簡主義音樂的特點 (參見圖 1-13、圖 1-14)( Mertens, 1983)。



圖 1- 11 Judd，〈Untitled〉，1985 銅、塑膠玻璃，294 x 66 x 61cm  
收藏者不詳



圖 1- 12 Louis，〈Beta Nu〉，1960 壓克力顏料 259 x 701 cm  
澳洲國家藝廊藏

Any table-top is amplified by means of a contact Mike, amplifier and speaker.

The player performs 1+1 by tapping the table-top with his fingers or knuckles.

The following two rhythmic units are the building blocks of 1+1:

a)  and b) 

1+1 is realized by combining the above two units in continuous, regular arithmetic progressions. Examples of some simple combinations are:

1)  etc.

2)  etc.

3)  etc.

The tempo is fast.

The length is determined by the player.

圖 1-13 《One + One》。Philips Glass 於 1968 年的作品，此樂曲只以兩個旋律細胞構成，見圖中央的標記 a.)、b.) 的音符。



圖 1-14 《Music in Similar Motion》。Philip Glass 於 1969 年的作品，樂譜中只有節奏結構簡單，且不斷重複的上行音。

「極簡主義音樂」音樂代表人物La Monte Young的作品《Composition 1960 #7》(參見圖 1-15)全曲只同時發響相距純五度的音B與 F#，譜上標明「持續很長的時間」(Gann, 1993; Mertens, 1983)，以極簡主義藝術家Barnett Newman的《Voice of Fire》(參見圖 1-16)比較兩種感官的極簡藝術。兩作品構成的元素分別為同時發響相距純五度的音，與紅藍相間的色塊；聽到持續很長的時間如同持續接受色光刺激。看似無變化的聲音與畫面，在時間行進中我們的心理感受並非一層不變。《Composition 1960 #7》同時發響相距純五度的音最初聽起來為單調的音，但持續一段時間後聽者逐漸受環境中聲音的影響，感受到的已不是最初的聲音，在兩音之間產生動勢。《Voice of Fire》中巨大的畫面上平塗強烈鮮明色塊，利用色塊交界的線，引導視線不向中央集中而向外擴充，達到色面更寬廣的效用，形成持續性的動力，觀者感受也隨之變化(Torres & Kamhi, 2000)。上述兩作品元素型態不同，但時間架構式相似，目的都是讓觀者感受最存粹的音與色，極簡主義藝術家的目的並非呈現表象的音與色，而是強調欣賞者在音與色之中產生的心理感受。上述的作品，不僅觀察出音樂與視覺藝術之間有相似的時間結構，也可看出不同型態的藝術不斷地相互影響。

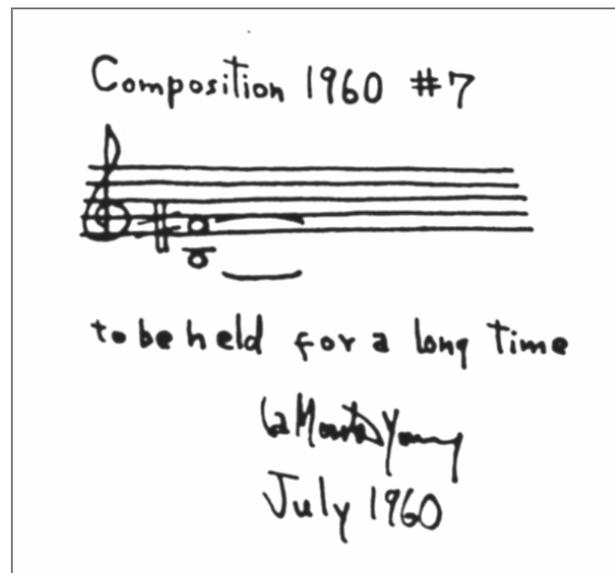


圖 1-15 《Composition 1960 #7》。La Monte Young 的極簡音樂作品，樂譜只有同時發響相距純五度的音 B 與 F#，並標明「持續很長的時間」。



圖 1- 16 Newman , 《Voice of Fire》, 1967 , 壓克力顏料 , 543 x 243 cm  
加拿大國家藝廊藏



#### 1.1.4 時間結構之二---節奏

我們再以音樂結構說明時間結構，音樂最小的結構單位為音形(**figure**)，其中包含了節奏(**rhythm**)和音程(**interval**)，由小的結構逐步構成大的結構，如音形→樂句→樂段→樂曲、樂章(Stein, 1979)。由音形來看，音樂可視為音符排列於在時間中，形成的架構就是節奏(**rhythm**)。每個音符具有不同的音高、音強、音色，安排於節奏中的兩聲音元素之間形成了音符的變化。過去音樂心理學曾提出時間與音高、音色、以及響度的知覺皆有關(Butler, 1992)。對於音高，辨識不同音高有其各別的最短時間需求，Meyer-Eppler (1945)的研究顯示能感受到 100Hz 的音高需要的時間約為 45ms，人耳較敏感的音高 2000Hz，需要的時間最短約為 13ms；對於音色，擊發出聲音的快慢對於音色有決定性的影響；對於響度，聲音的出現需要一段時間才能達到我們心理最大音量，感覺聲音衰退至無聲相同也需要時間(Békésy, 1929 ; Steudel, 1933)。由此可知聲音依附於時間之中，而節奏標記了時間的行進。Stein 曾任美國聖保羅大學音樂學院主任，他

認為節奏是音樂內最基本的要素，缺少它則音樂就不能存在。樂曲或樂節缺乏和聲、對位、甚至沒有曲調(如打擊樂器的演奏)都是可能的，但沒有任何音樂去掉節奏而還能存在 (Stein, 1979)。音樂是時間的藝術，要了解作曲者的意旨需在一段時間內聆聽，和欣賞繪畫藝術不同，一幅畫能在瞬間被理解畫的各個部分也可以用任意的次序觀察，但卻不能以此方法聆聽音樂。藉由他的論述再次說明聽覺在時間上的限制，音樂大體上是隨時間變化與以序列方式呈現，視覺元素如果配合此限制可使視聽元素被解讀的方式較相似。時間結構就是節奏，因此本論文探討的視聽刺激之相似時間結構，亦即同步的視聽節奏呈現。

## 1.2 研究問題

### 1.2.1 視覺傳播媒體的觀察

與過去的視覺媒體不同，視覺傳達媒體不再限制於畫布，畫面產生的音效不需經由想像而是真實的呈現，讓觀者更直接聽到畫面中的聲音。視覺傳達媒體的音效也藉由影音同步的設計，引導觀者注意畫面部份物件。以Chaplin的電影為例，在《大獨裁者》(The Great Dictator, 1940)(參見圖 1-17)他飾演一位理髮師，一段替顧客修理鬍子的劇情中，Chaplin肢體動作的節奏，逐漸與背景音樂匈牙利舞曲一致，他的動作與音樂無語意上的連結，藉由動作與音樂節奏的一致性，音樂不再是襯景的音樂，也不會和劇情中被理髮的顧客產生連結，而是引導視覺注意Chaplin的肢體動作，顯得誇張與滑稽，也因此加強了人物的視覺效果。廣告中也有相似的例子，以《聲寶家電-殺菌光冷氣-密閉篇》(參見圖 1-18)為例，廣告主旨是能冷氣能殺死空氣中的細菌，廣告中以不斷跳動的數字譬喻空氣中肉眼看不見的細菌不斷增加。廣告開始播放時，我們的視覺注意力擺放在畫面中比例較大且移動的人物，但隨背景音樂出現快節奏的聲音，我們自然將視線移至畫面較下方快節奏變化的小數字。在上述二例中，Chaplin的動作和廣告中的數字與聲音不具任何語義上的連結，但為什麼我們能藉由聲音而

知其所指？觀察影音的結構，音樂節奏在電影中與人物動作一致，廣告中與數字變化的節奏一致，因此推測我們視覺動線可能與節奏同步的聲音有關。



圖 1-17 《大獨裁者》。Chaplin 利用音樂節奏加強肢體動作的表現。



圖 1-18 《聲寶家電-殺菌光冷氣-密閉篇》。隨背景音樂出現快節奏的聲音，我們自然將視線移至畫面較下方快節奏變化的小數字。

另外，電影中常見以聲音節奏引導觀者視覺注意力的設計手法，在聲音設計上，由於我們的注意力資源有限，因此我們並不會毫無選擇注意到所有的聲音訊息，如在安靜的教室中與人交談，談話結束後“安靜”的教室其實充滿著豐富的聲音如走廊的腳步聲、風聲等等，但我們的耳朵只選擇重要的訊息，所以這些聲音在與人交談時被忽略。也因此電影中對於環境聲音處理並非用麥克風收音就完成，由於麥克風缺少了人聽覺路徑上的聲音過濾器，導演通常會依劇情所需選擇性過濾其他不重要的聲音，創造另一個聲音。電影中的聲音都隱含著導演以聲音引導注意力的目的。Jacques Tati 導演的《胡洛先生的假期》(Mr. Hulot's Holiday, 1953)(參見圖 1-19)，遊客在旅館大廳的片段中，畫面前景是幾位低聲聊天、玩牌的旅客，後景是正在打乒乓球的胡洛先生。導演藉乒乓球的

聲音線索，引導觀眾注意到背景的胡洛先生。之後，乒乓球的聲音漸漸消失，觀眾視線又回到畫面前景低聲玩牌的旅客上。此例可見，導演藉由乒乓球規律的節奏與低聲說話的兩種節奏，引導觀眾的視覺注意力於前後景之間切換 ( Bordwell & Thompson, 2001 )。因此胡洛先生雖然在後景，但打球動作與乒乓球聲音節奏一致，讓觀眾很快就能將視線從前景切換至後景。以節奏的形式來看，乒乓球節奏屬於簡單且規律的節奏，容易與其他的聲音節奏區分。若導演改變劇情，讓胡洛先生從事其他節奏細微或節奏不規律的活動，聲音節奏與玩牌者說話的聲音節奏區辨性小，則對於視線引導的效果可能較小。



圖 1-19 《胡洛先生的假期》乒乓球規律的節奏與低聲說話的兩種節奏，引導觀眾的視覺注意力於前後景之間切換。

### 1.2.2 問題說明與假設

構成畫面與聲音的元素相當複雜，形成的心理感受也因人而異，因此本論文所討論的視聽覺「整合」，並非過去藝術強調的音樂與繪畫統一的精神性，需要知識的理解或相同的語意連結，而是較狹義的指感官上如何將聲音歸結到畫面某一物件，促使視聽元素整合為一組物件。

過去藝術家將共通的心理感覺以不同感官藝術呈現，從分析音樂與繪畫的作品形式，觀察到音樂的時間結構與繪畫的空間結構有密切關係，也發現靜態視覺藝術與音樂難以直觀地產生連結，可能與元素於時間中是否具有動勢有關。以今日的視覺媒材我們能將視覺藝術同樣的以時間的結構表現，動態序列性播放視覺與聽覺元素，使接收聽覺與視覺訊息的方式較接近。再加入對於影音傳播媒體的觀察與過去視聽覺相關研究(見第二章文獻探討)，本論文假設視覺與聽覺元素能產生聯結和視聽節奏的一致性有關。總結我們的觀察，本文研究問題為：聲音節奏對於引導視覺注意力的影響。

最初以欣賞者的角度觀察過去藝術家對於創作的作品與藝術理念，使我對於視聽覺的共感產生好奇，而後實際參與幾項影音多媒體的製作，再以創作者的角度審視這個問題，開始思考作品如何藉由人類共同的心理知覺，將自我的感受傳達給他人。本文探討視聽覺如何產生聯結，不僅是對於兩種感覺交互影響感到好奇，也是對於自我與人如何感知這個世界感到好奇。達成傳達的目的需基於人類共通的知覺，因此本論文藉由知覺心理學實驗方法進行研究與討論。

### 1.3 研究架構

本文主要探討聲音節奏對於視覺注意力的影響，藉由對過去視聽媒體的觀察，我們假設在節奏一致的條件下，聽覺節奏可引導注意力投注在節奏一致的視覺訊息上。對於上述假設主要利用心理學實驗的方法進行探討，並整理相關的文獻支持這項假設。實驗方面，以快速呈現序列視覺刺激( rapid serial visual presentation, RSVP)，測量聲音節奏對視覺注意力的影響。文獻探討方面，整理過去對於訊息處理、注意力、視聽整合等研究說明實驗設計與結果。最後綜合實驗結果與相關文獻進行分析與論述，本論文研究整體架構如圖 1-20 所示。

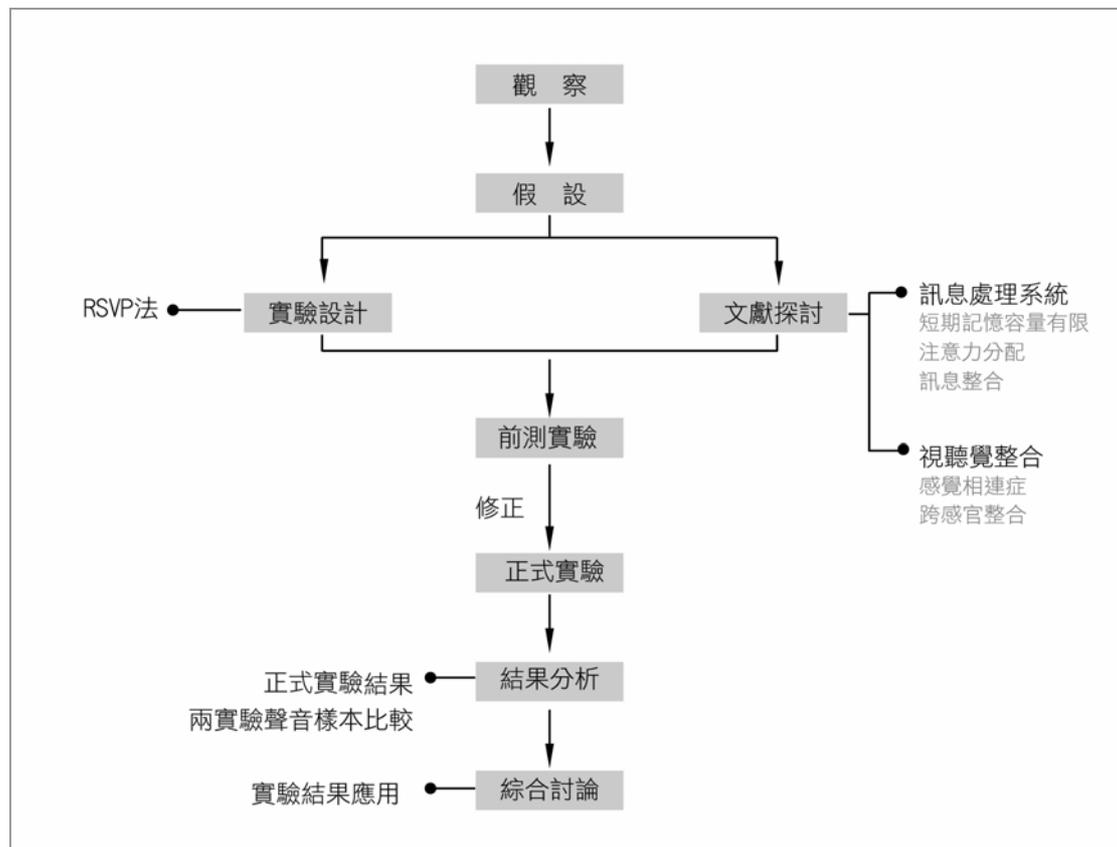


圖 1-20 研究架構。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 感覺訊息傳遞與注意力

實驗目的在測量聽覺節奏使同步的視覺刺激注意力較高，因此利用注意力資源有限的理論實驗設計的理念。參考過去研究者(Card et al., 1983；Kieras & Meyer, 1997)提出人類資訊處理類比電腦系統的模型，說明受試者於本實驗作業的認知處理過程中訊息處理與注意力等相關問題(參見圖 2-1)。實驗目的在測量聽覺節奏是否能使同步的視覺刺激吸引到較多注意力，因此利用注意力資源有限的理論設計實驗，於下一段落詳加說明。

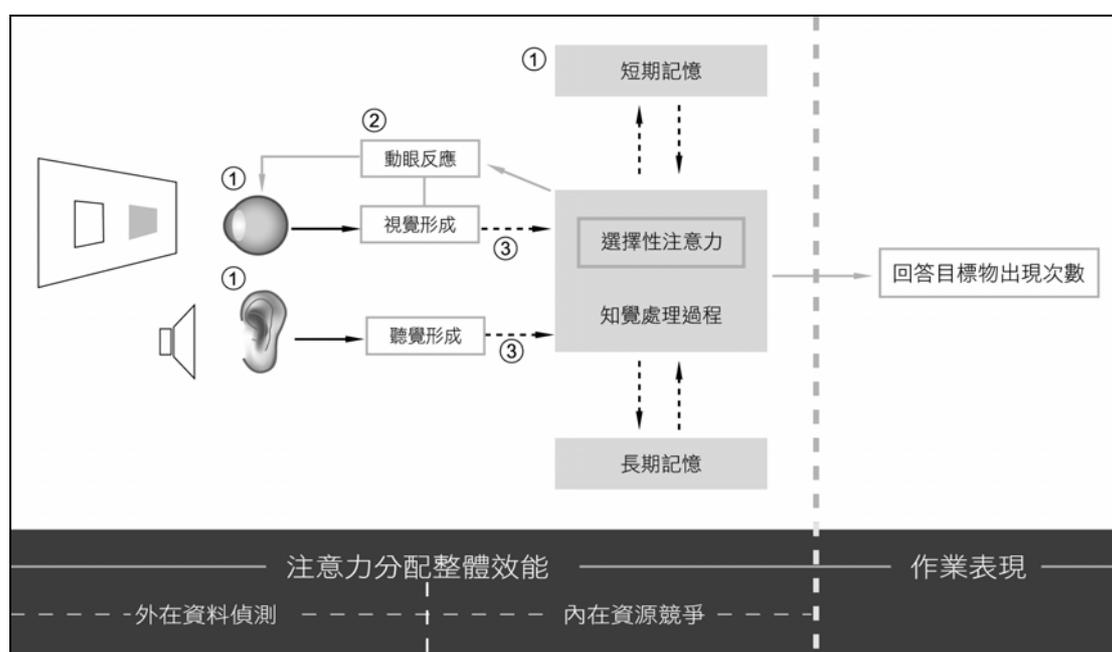


圖 2-1 以訊息處理系統說明實驗作業。

- ① 視覺與聽覺刺激輸入與暫存—短期記憶容量有限問題。
- ② 注意力資源有限—視覺選擇性注意力問題。
- ③ 多種訊息管道的競爭—視聽訊息整合問題。

整合的訊息使外在刺激較容易偵測，內在訊息處理所需的資源較少，使注意力資源分配產生的效能較未整合的訊息高、實驗作業的表現較佳。實驗假設視聽節奏一致的刺激能整合，則預測受試者在該情況的 RSVP 作業表現較好。

## 2.1.1 短期記憶容量有限

### 視覺與聽覺

關於我們如何將外在的聲波與光波轉換成聽覺和視覺的問題，19 世紀初提出三色論的英國學者 Thomas Young 推論色光形成色感覺的機制，他認為網膜中的神經感受粒子有種類不同，各以其固定的方式振動，藉由各種粒子的振動出現適當色光，因此根據哪一粒子的振動，大腦就知道眼睛感受到哪一種色光，他認為藉由外界的光波與聲波的性質傳至大腦，而可以產生我們所謂的感覺。外界的光波與聲波是刺激各神經的誘因，藉由此誘因使得外界的光波與聲波性質完全相異的神經產生興奮感。這種想法到了生理學家 Johannes，他將生理學予以體系化，他的學說被稱為「特殊神經能量論」。根據此理論，之所以會產生視覺或聽覺並非是光波或聲波經神經傳達至中樞，而是個體接受光波或聲波的外在刺激，視覺神經和聽覺神經產生固有的興奮作用，此作用傳達至腦有了感覺。而這種感覺是因產生興奮的神經而有所差異，但並非是因產生神經興奮的誘因種類(光波或音波)不同所致。所謂「能量」是只各神經的固定性質，Johannes 將視、聽、嗅、味、觸的五感官比喻為五種能量。

現今我們進一步瞭解各種感覺是如何形成，光波與聲波為外來的刺激訊息，兩者物理性質完全不同，我們不同感覺的受器(receptors)如網膜上的感光細胞(photo receptors)與耳蝸的毛細胞(hair cells)，它們也各自對不同種類的刺激敏感，看似完全不同的兩種訊息一旦進入神經的傳導都化為電脈衝(nerve impulse)。電脈衝為神經細胞膜電位改變產生的少量的電能，也就是 Johannes 所稱的「能量」，但並無視覺與聽覺的類別，也就是我們的感覺器官將不同的訊號(光波、聲波)轉化成為大腦可以處理的相同訊號(電脈衝)。所有的感覺進入大腦，都是透過神經細胞激發釋放神經傳導物(neurotransmitter)，像骨牌效應一樣地傳遞神經衝動，形成何種感覺則視哪一些神經元(neurons)被刺激。

在正常的大腦中，傳進來的電脈衝遵循著熟習的舊路，從感覺器官走到大

腦某個專化的皮質區。當刺激經過大腦時，分成許多不同的支流，被大腦中不同的神經迴路組織進行平行的處理。有些迴路將訊號傳入皮質，另一些迴路將訊號傳入邊緣系統。進入視覺皮質區則形成視覺，進入聽覺皮質區則形成聽覺。每一種感官的皮質區由許多更小的區域所構成，例如視覺皮質有不同的專區處理顏色、線條、動作；聽覺皮質處理音高、音強等等。一旦訊息裝配完成，便送往較大的視覺聯合皮質(visual association cortex)或聽覺聯合皮質(auditory association cortex)使感覺訊息與適當的認知訊息相結合，視覺與聽覺在聯合皮質組合進入意識界；另外，傳入邊緣系統(limbic system)的訊號會帶出一種情緒，將聽覺元素轉變成音樂、視覺元素轉變成繪畫 (Carter, 1998)。由各種專化感覺的路徑我們可知，視覺與聽覺為各種特徵的訊息群化(group)而成，如觀看一幅畫是將各種視覺特徵，如形狀、色彩、以及紋理組合成我們可辨識的整體。完形心理學對於視覺元素如何比為物件的群化有相當大量的研究，也有學者將音樂的形成類比為視覺物件的組合，以完形理論說明知覺現象 (Scholl, 2001)。另外，由神經生理學與解剖學的研究，視覺與聽覺之間有相互聯絡訊息的管道(見 2.2 視聽覺整合相關研究)，視覺與聽覺並非完全區隔開來的感覺，因此我們假設外在的視覺元素與聽覺元素，雖然轉變為不同型態的感覺訊息，但依舊具有能整合成組的可能。

### 短期記憶容量有限

由訊息傳遞的過程來看，外在刺激經由各個受器傳至大腦，再由大腦詮釋產生辨識的作用。過去許多研究探討我們如何接收、保存與傳遞訊息，圍繞在我們四周的外界刺激並非等我們知覺分析完畢後才消失。若許多刺激與事件在我們還來不及處理他們之前就消失了，我們如何知覺外在的世界？過去的學者提出兩種可能性：其一，尚未完成的訊息處理因刺激的消失而中止，留下無數殘破不全的訊息處理。另一個可能性為刺激雖然很快的出現又消失，但邊緣器官仍能暫時保留這些訊息一段時間，以提供中央系統能進一步分析其意義。為了探討這兩種可能性，在過去視覺注意力的研究以速示器(tachistoscope)呈現時

間(exposure duration)在 50 毫秒或更短的時間，觀察網膜本身在消失後能保留多少訊息。於 Sperling(1960) 的研究裡中混雜字母與數字 3x3 矩陣排列，每次刺激出現 50 毫秒呈現給觀者，請受試者報告全部的項目或指定項目，觀察視網膜訊息的保留量，受試者在刺激消失後若馬上回答，幾乎能報告出 9 個項目，實驗結果認為視覺的訊息能暫時保留於網膜，Neisser(1967)稱之為影像記憶(iconic memory)。Darwin、Turvey 與 Crowder(1972) 於聽覺系統重複 Sperling 的研究，將視覺矩陣以三個聲道分別序列播放三組字母與數字，請受試者報告所看到的項目或指定項目，得到的結果與視覺有一致的發現，受試者於刺激消失時能報告出刺激項目，Neisser 稱之為回聲記憶(echoic memory)。上述實驗說明了邊緣器官將這些快速出現又消失訊息暫時保留一段時間，這個階段稱為訊息登錄(sensory register)，這類訊息稱為感覺訊息(sensory information)，感覺訊息保留的時間相當短暫，只有幾秒或幾毫秒，進入短期記憶(short-term memory)後，感覺訊息可保留較長一段時間幾秒至 1、2 分鐘提供我們作業，然而短期記憶的容量是有限的 (Anderson et al.,1997)，我們的感官所接收到的刺激並不全部轉化成知覺，這個選擇的過程為注意力。Broadbent(1958)提出，他認為來自外界的訊息是大量的，而人的神經中樞處理能力則是有限的，於是出現瓶頸(bottleneck)，為避免系統超載，需要過濾器加以調節，選擇少量訊息進入分析階段，再進一步被辨識和儲存，此過濾器模型說明了注意的選擇功能。

本論文以聽覺節奏影響視覺注意力的實驗設計，參考過去的實驗，將視覺刺激以快速序列性的方式呈現 (RSVP)，每一刺激持續時間(duration)為 50ms，畫面中兩序列各 9 個物件，受試者必須於 3.6 秒內呈現的 18 個物件中辨識目標物出現的次數 (參見 4.1.5)，短時間大量的視覺訊息輸入並且呈現於視野左右兩側，造成注意力資源的競爭。早期注意力的理論著重於討論選擇的機制在知覺分析之前或之後，但不論何種注意力模型，都是以認知系統的處理能力或資源有限作為出發點，這種想法最早由 Broadbent 提出，他的濾器模型也充分表現出資源有限的思想，但早期注意力的理論傾向於討論注意過濾器在訊息處理系

統中物體辨識之前或之後，並未對有限的訊息處理資源具體說明。因此從 1970 年代開始，心理學家已開始避開選擇過濾器於訊息處理系統的位置，而著重於注意力能量有限當作注意機制解釋注意力。

### 2.1.2 注意力的分配

#### 注意力的選擇性

本論文實驗利用左右兩側序列呈現視覺訊息，造成注意力視覺空間選擇性，因此注意力需分配於畫面兩側。由過去解剖學與生理學上的研究，讓我們知道眼睛只能看清楚視野中投射於視網膜中央小窩附近的區域，稱為有效的視野範圍(usable field of view 簡稱 UFOV)，光刺激視神經而興奮產生化學的變化，經由視覺神經路徑傳至視丘最後才到達視覺皮質，於視覺皮質中形成我們所見的畫面。然而，我們不能同時各別對焦於左右兩側的物體上，為了提供各種視覺細胞訊息，我們的眼睛會不斷的移動，掃視(scan)所見的物體。視網膜中央小窩以外的視覺細胞，接收刺激的敏銳度逐漸下降，但這些細胞對於周圍視野(peripheral vision)很重要，他們容易偵測移動的物體或光線而轉移注意力(Pettersson,1999)。由上述可知對於注意到某物可能有兩種情形：1.我們的視線先移動凝視某物，而提高我們的注意。2.某物先引起我們的注意，而使我們轉移視線。無論何種情形，於訊息處理的過程中眼睛的移動與注意力分配有密切的關聯。本論文實驗藉此概念，將需要注意力的兩 RSVP 作業，分置於畫面左右兩側，造成注意力必須分配的情況，其中一序列節奏與聲音節奏同步，進而比較視聽節奏同步與不同步作業注意力分配情形。

#### 注意力分配整體的效益

過去的研究者將有限的注意力概念化一種可分配的處理能量，依照作業的需求靈活的分配到訊息處理的過程中。Norman 與 Bobrow(Norman & Bobrow, 1975)有限能量分配至作業的處理過程分為二類：1.受限於資源 (resource-limited process)：此「資源」指心力(psychological effort)，如短期記憶容量，訊息處

理時理解、組塊(chunk)能力、訊息傳遞管道(channels)等運作來源(圖 2-1 黑色虛線箭頭)。當作業受到資源分配的限制，獲得較多的資源作業的表現較好。另外，對於資源需求小的作業，分配少量資源即可有好的表現。

2. 受限於資料 (data-limited)：「資料」指外在的訊息(圖 2-1 黑色實線箭頭)，當作業受到資料的限制，如訊息的凸顯程度過低或是難以記憶，即使分配到較多的注意力資源，也難以偵測。若訊息的凸顯性越高，分配少量注意力即可偵測到，反之亦然。

由上述可知注意力的高低除了與人內在投注資源的程度有關之外，也與外在資料之特性有關。因此提高對某訊息的注意力，並非只從人主動分配資源的多寡來評斷，也包括少量資源即可偵測到訊息，因此注意力高低應以注意力分配整體的效能來評估，注意力整體的效能可從作業的表現觀察。以上述綜合二類作業處理過程，來說明本論文實驗設計：

#### 1. 資源限定方面：

本論文實驗作業藉由視覺與聽覺訊息的輸入造成傳遞管道資源的競爭，與受試者需從大量短暫序列訊息辨識出目標物，造成短期記憶容量的問題，也因此需要分配資源有限的資源。若兩 **RSVP** 作業相比，作業表現較好者，表示獲得較多注意力資源，或對於注意力資源耗費較小。

#### 2. 資料限定方面：

本實驗避免資料限定，使受試者受限於資料不易辨識呈現的訊息，投注再多的注意力也無法提高作業的表現，而測量不出受試者注意力分配的情形（亦即發生地板效應）。因此於實驗前測先測量 **RSVP** 作業中，視覺刺激適當的呈現時間 (duration)和序列的節奏，以避免刺激出現的時間過短、序列節奏過快，造成作業困難度過高，而測量不出節奏同步與不同步時注意力能量分配的差異性。視聽節奏同步與不同步 **RSVP** 作業中，作業表現較佳者，表示資料凸顯性高，花費少量的注意力即可辨識。本實驗假設基於訊息的整合，使作業處理的注意力能量分配效能較未整合的訊息高。因此也藉由注意力作業的表現來討論節奏一致的視覺與聽覺訊息整合的可能性。

### 2.1.3 訊息整合

本論文實驗設計中，我們假設在聲音節奏的影響下，視覺上節奏與其同步與節奏不同步的 RSVP 作業，前者視聽訊息有類似的時間結構，而可整合為一組，對於訊息處理的過程注意力能量分配的效益高，較容易辨識 RSVP 序列中的視覺刺激是否為目標物，因此作業表現較佳。也就是若視聽節奏同步刺激能整合為一組，處理整合過的視聽訊息，注意力分配的整體效能較高，以下說明整合訊息與處理效能的關係，與視聽訊息整合的推論：

#### 一.處理整合的訊息，注意力分配的整體效能較高

訊息處理作業中，內在資源需求較少，與外在資料容易被注意，都使分配到的注意力效益較高，也因此作業的表現較好。下面以注意力能量中的資源限定與資料限定，說明本論文實驗兩 RSVP 序列中視聽訊息整合的一方，作業表現較好的推論(參見圖 2-1)：



##### 1. 資源限定方面：

在作業的處理過程中，視覺與聽覺刺激為整合的訊息與不整合的訊息相比，前者無不同訊息管道競爭的問題，作業時需暫存的短期記憶容量需求也較小，整體來看對於有限資源需求較少。因此實驗中兩序列中整合的視聽訊息，作業表現較好。

##### 2. 資料限定方面：

視覺與聽覺刺激為整合的訊息與不整合的訊息相比，前者視覺與聽覺刺激互為線索，因此整合的訊息花費較少注意力即可偵測到，因此作業表現較好。

#### 二.節奏同步視覺與聽覺刺激能整合為一組

先前對於感覺訊息的形成的說明，我們可知視覺與聽覺訊息並非以其物理性區分為完全不同的物件，二者都是以電脈衝的形式傳遞，因此兩種刺激有整合的可能性。而外在的訊息也多以複合的感覺存在，如一朵花就包含了視覺與

嗅覺的訊息。視聽覺刺激的整合可譬喻為複合視覺與聽覺的物件。過去完形心理學家將以視覺訊息以物件群化原則，說明視知覺如何結構而成，近期一些心理學家也將看不見的聲音類比為物件，如 Bregman 將聲音以物件結構的方式，說明我們所對聲音得知覺現象，和一些聽覺與視覺相似的心理感受(Bregman, 1990)。我們藉此概念將視覺序列與聽覺序列皆視為有結構的物件，並且推論因時間結構的相似，將序列拆解成多個時間切分點，節奏一致的視覺與聽覺具有時間的一致性，節奏不一致則否。節奏一致的視覺元素與聽覺元素群化為一體，而能減少注意力所花費的資源。

將外部世界不同形式的感覺整合形成聯合的感覺，使各種不同形態的感覺線索整合成為同一知覺事件，是大腦基本且重要的功能，促進我們處理訊息的能力。日常生活中，多種感覺訊息的事件與一個物體包含了多種感覺訊息在時間和空間上同時發生，藉由時間的一致性或空間的一致性，形成感覺交互作用和整合的機制，並且整合的機制較依賴時間的一致性做為判斷(Bushara et al., 2001)。例如：腹語效應(ventriloquist effect)，觀看腹語表演時觀眾對於聲音來源的方向，受到同步的戲偶嘴形變化影響，因此觀者不認為聲音源自說話者的方向，而認為是方向完全不同的戲偶發出來的，因此。由於處理訊息的資源有限，神經整合不同通訊管道(channel)的訊息，而允許一些空間矛盾的感覺線索形成來自同一事件的知覺(Bertelson & Radeau, 1981)。戲偶嘴形變化的視覺刺激與聲音同步，因此觀者將聲音組合於戲偶上，也引導觀者視覺注意力於戲偶的方向，由此例子可看出雖然視覺與聽覺訊息來自不一致的空間方位。但在時間一致的條件下仍被視為同一事件，如同本實驗假設一致的視聽覺節奏影響視覺空間注意力。腹語作用的效應與本實驗對於視聽覺整合的假設相同：1. 由於處理訊息的資源有限，將時間一致不同視聽管道的的訊息整合。2. 同步的聲音影響視覺注意力的方向。

## 2.2 視聽覺整合的相關研究

感覺從邊緣受器接收刺激經過許多中繼站才傳至大腦產生感覺，感覺神經路徑從周邊神經至腦幹後，從延髓、橋腦、中腦、視丘最後才到達大腦，傳導的路徑中越往高級的感覺處理層次「一對一」的特性逐漸消失。周邊神經系統與脊髓屬於較低層的感覺傳導，他們的主要目的是「傳導」。而腦幹以上的中樞神經系統，感覺的「認知」與「調節」的功能更重要，感覺路徑的排列不再規則。並且愈往上層越多協調性的神經進入此系統，所以感覺神經愈往上傳，初級的「專一性」就愈來愈不明顯(王署君，1998)。瞭解中樞神經系的特性，我們更能理解不同感官整合可能性。

### 2.2.1 感覺相連症

感覺相連症 (Synaesthesia) 為各種感官相連的現象，是少數人特有的知覺能力與本文所探討的視聽整合現象並不相同，在此提出是為說明視覺與聽覺除了根據提取共同記憶或相同語意的連結因素產生連結之外，也有生理上的因素使視聽覺不需經過思考意識而整合。

感覺相連症又稱為「聯合感覺」或「共同感覺」，這個字源於希臘文  $syn = together + aesthesis = perception$ ，意思為「知覺混合」，也就是說接受到某種感官的刺激，可以自發的引起另一種甚至多種感覺，各種感覺包括觸覺、味覺、聽覺、視覺和嗅覺是混合在一起的，他們能夠聽見顏色，品嚐到物品的形狀，也就是感覺相連症患者可以看見「聲音」、聞到「視覺」，每一種感覺的混合都被曾報告過。如聽到升 C 音符，眼睛呈現天空的藍色，每個音符都可以引發不同的色彩；看著音文字母，每一個字母都都以不同的味道呈現。過去曾有一段很長的時間科學家們忽略了對感覺相連的研究，認為感覺相連的並非是自發性的，認為可能只是因為某些人特別長於比喻，充滿想像力，甚或只是童年記憶

的延伸。但已有越來越多的證據顯示，感覺相連是與生俱來的。利用正子放射攝影 (Position Emission Tomography, PET)，可以看到感覺相連者處理感覺的方式，與一般人確實有顯著的不同，例如當他們聽到字時，除大腦聽覺皮質外，腦中處理視覺皮質也會被活化，血流量增加，正常人只有聽覺皮質活化而已，顯示這些感覺相連現象是天生的，而非後天環境所能影響。關於感覺相連症的起因並未確定，感官相連症的人視覺活化的部位與聽覺皮質區很靠近，顯示這些人的視覺經驗可能來自波及效應，即聽覺皮質神經活化時帶動旁邊視覺神經的活化，因此產生視覺效應。此外，Cytowic (1989) 提出的「原型」理論，是目前較被接受的一種解釋，他發現當人們發現感覺相連時，整個皮質活動低於一般人，但邊緣系統的血流量增加。這種感覺處理的型態和嬰兒很相似，顯示感覺相連症可能是皮質下處理 (subcortical processing) 感覺認知的原型。任何刺激，不論是光波、聲波或分子，都可製造出多重感官的經驗，主要由邊緣系統處理這些訊息而產生。在嬰兒期我們用此方法感受外界訊息，但隨我們成長發育皮質逐漸專化發展，各種刺激即被強制分類，使每一種刺激以專化的感覺管道處理。雖然感覺相連症為少數人的知覺現象，但我們也藉此了解整合不同型態的感覺與皮質下處理路徑，特別是與邊緣系統有關。

### 2.2.2 跨感官整合

解剖學和電生理學動物實驗中，藉由各種專化感覺刺激與生理紀錄資料，將腦部依功能性劃分成各大感覺區，也造成如幽靈般出現的跨感官問題，如視覺刺激引起視覺皮質區之外的反應 (Roskies, 1999)。換句話說，為何不同的感官線索能整合成一個多感官物件，是活化分布各處的神經元 (neurons)，再連結形成複合的感覺？過去解剖學與動物實驗中，曾證實腦中許多部位的神經細胞，能將各種感覺系統輸入的訊息整合，這些部位稱為多感覺區 (multisensory areas) (King & Hartline, 1999)。然而，多感覺區與人類跨感官知覺行為有關的證據相當的少。因此，Ettlinger 與 Wilson (1990) 提出在刺激同步出現時，各種專化的皮質區會產生連結，他們推論藉由訊息傳輸至皮質下轉運站 (subcortical

relay station) 如間腦 (claustrum)，於反向傳輸至大腦各區域的皮層時產生連結；或經由高級皮質區之間的回饋作用連結 (feedback from higher cortical areas)。

多感覺神經元(multisensory cells)對整合的訊息具有專一性，例如由動物實驗得知的多感覺神經元—中腦上丘(superior colliculus)神經元，以視覺與聽覺刺激出現的時間差由短到長測試神經元的反應。多感覺神經元在視聽刺激時間一致的產生反應較高，而對視聽刺激時間差大的感覺刺激反應低(參見圖 2-2)；另外，視覺或聽覺專化的感覺神經元，在兩刺激時間差距大時反應較高，對視聽刺激時間一致的產生反應較低 (King & Paimer, 1985; Meredith & Stein, 1996; Meredith et al., 1987)。由此實驗可知視聽訊息被視為一個多感覺訊息、或兩個單感覺訊息，與時間的一致性有密切的關係。另外，我們也可觀察到視聽刺激被視為整合訊息時，由多感覺神經元處理訊息；視為兩個單訊息處理時，分別由視覺與聽覺神經處理訊息，因此有不同通訊管道衝突的問題，較耗費訊息處理的資源。

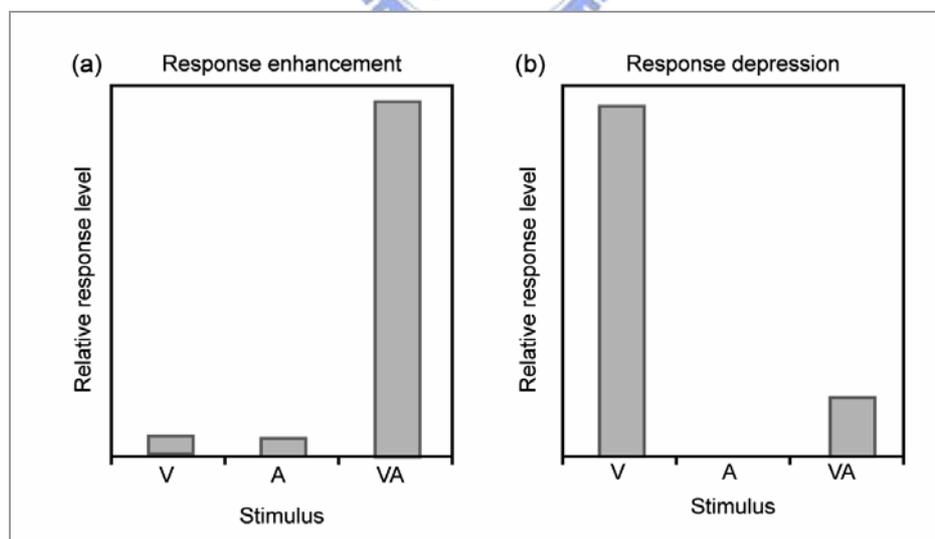


圖 2-2 多感覺神經元與專化的單一感覺神經元。

(a) 多感覺神經元對於時間一致的視聽刺激產生較高的反應。(b) 此圖為視覺刺激在聽覺刺激前，兩刺激時間差大，多感覺神經元對於此刺激反應較低，而單一感覺的視神經元反應較高。

(摘自 King & Calvert, 2001)

由近期的腦部造影技術的發展，將動物實驗發現的多感覺區，以功能性磁共振造影(functional magnetic resonance imaging, fMRI)進行人類腦部多感覺區的探測。結果也認為人類在進行需要多重感官的作業時，可能會降低單一專化感覺區的反應，而多重感覺區反應會越來越顯著(Bremmer et al.,2001)。然而動物研究中也發現以多感覺神經元區隔出的多感覺區，某些部位也對單一感覺刺激有反應，因此以腦部攝影偵測多感覺區，需再扣除對實驗單一視覺、聽覺刺激反應重疊的區域，並且於視聽刺激無時間差→時間差大時，與作業相關路徑的血流量應有顯著的變化。

對於我們如何將各方的感覺訊號視為同一來源，受時間的一致、空間的一致、或語義相同…等因素影響。日常生活的談話就是視聽覺整合最普遍的例子，雖然其中包含複雜的語義連結，但若將複雜的視覺表情，和細微的語音時間結構簡化為簡單的視聽刺激，如單音與色光，Lewkowicz (2000) 認為時間的一致性提供這類刺激重要整合線索，使視聽刺激整合為多感覺物件。Bushara等人以簡單結構的視聽刺激，探討視聽刺激的時間一致性對多重感覺整合的影響。運用正子放射攝影(PET)觀察訊息於腦部反應的路徑，證明多重感覺刺激同步出現(onset)是訊息整合的關鍵。實驗以單音為聽覺刺激，圓形的色點為視覺刺激。藉由視聽覺刺激從無時間差→時間差距大，大腦皮質血流量由多→少探測到的多感覺區域，主要反應部位為腦島 (insular)，其次相關部位為頂葉後側 (posterior parietal regions)、額葉(prefrontal regions)(參見圖 2-3)。另外，影像顯示腦島、後視丘(posterior thalamus)、中腦上丘(superior colliculus)之間相互聯絡(參見圖 2-4)，並且隨作業進行血流量有不同的變化。由過去電生理學與解剖實驗已知，大腦皮質之間的聯絡路徑中腦島皮質從多條平行路徑，接收來自聽覺皮質、後頂葉、額葉的視覺或聽覺訊息；而視聽訊息自邊緣器官上傳至腦幹後的路徑，中腦上丘經視丘的下皮質路徑再傳至腦島。這些部位的功能，頂葉與額葉的聯合皮質整合各種訊息與更複雜層次的行為，如溝通、學習有密切的關係；中腦頂蓋上丘與下丘為聽到聲音眼球與頭部會向聲音來源轉動的神經路

徑。因此Bushara等人推論視聽整合的路徑中，腦島與中腦頂蓋系統聯絡時，視覺與聽覺同時進入中腦頂蓋—視丘—腦島路徑(tecto-thalamo-insular pathways)而交互影響，過去以電生理學實驗得知視覺與聽覺都可以此路徑傳達訊息，此路徑類似傳達訊息至邊緣系統的皮質下路徑，與形成對視聽覺刺激前意識知覺的反射行為有關。他們藉此推測中腦頂蓋—視丘—腦島路徑為將同時產生的視聽覺訊息整合，為訊息皮質處理過程(cortical processing)的早期，之後與其他主要感覺皮質和附近的聯合皮質聯絡，共同處理訊息(Bushara et al.,2001; Barr & Kiernan, 1972)。因此從生理研究提出的論證，說明簡單結構的視聽刺激藉由時間一致整合的可能性，支持本實驗藉由視聽覺節奏的一致整合的假設，進而引導視覺注意力。

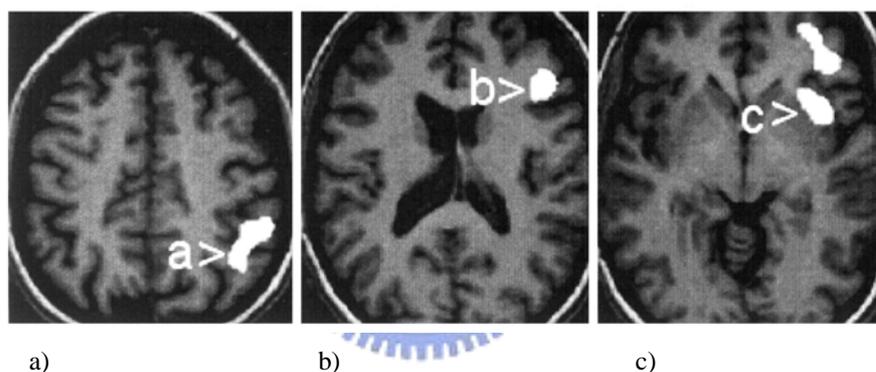


圖 2-3 視聽刺激同步時相關反應部位。 a)頂葉、b) 額葉、c) 腦島。

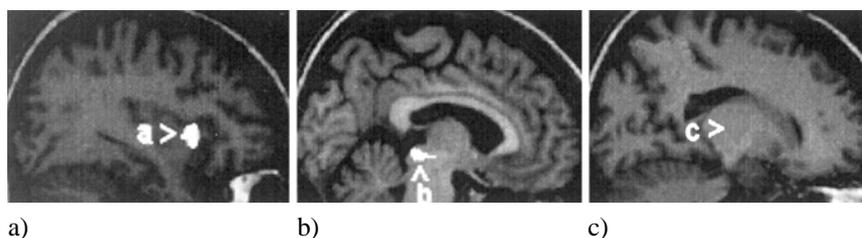


圖 2-4 腦島、視丘、中腦上丘之間相互聯絡。 a) 腦島。b)視丘。c)中腦上丘。

(摘自 Bushara et al.,2001)

我們對生活中的感受，由各種感覺訊息組合而成，非單一的感覺形態。如用眼睛和耳朵接收訊息，之後協調與整合來自各種感覺系統的訊息，提供我們對環境有整體的認知，也引導注意力和主導我們的活動。各種感覺訊息由中樞

神經系統整合我們從各個感覺器官接收的訊息，使我們能探知、定位和辨識各種外在刺激，並且做最立即的反應。我們大多仰賴視覺與聽覺器官接收外界的各種訊息，因此視聽覺的整合是我們能生存於大環境中基本且重要的能力。由演化上來看視聽覺的整合的必要性，Allman (2000) 對於人類視覺的演化曾提到，靈長目於視覺演化的兩大特徵是：眼睛正面前視和皮質視覺區範圍變大。其中正面前視縮小視野範圍，但是靈長目可藉兩眼像差形成的深度視覺，測量出相對距離捕捉獵物。另一重要功能是能破解偽裝，獵取以保護色躲藏於環境中之獵物，這種偽裝用單眼難以察覺，但綜合雙眼所得到的影像有助偵測獵物。靈長目演化的正面視覺幫助捕食獵物，但也需付出代價。大部分的哺乳類都有近乎全景的視野，但靈長目在這方面就受到限制。因此需藉由其他的感覺線索輔助偵測獵物，有些原猴能利用耳朵對於空間的定位，因而可以敏銳地分辨出聲音來源，使他注意到視野以外的獵物，藉由聽覺輔助引導視覺注意力。也由於兩側視野的偵測能力下降，靈長目需藉助視聽的整合的功能躲避掠食者。

Hillstorm 與 Yantis (1994)對於注意力的研究，他們認為不是動態物體本身引起注意，而是視覺範圍內突然出現新的物體引起注意力。Ware (2000)也贊同這個論點，他認為我們本來就身處於的充滿動態的環境而不受困擾，如四周搖曳的樹和不斷移動的人。於石器時代，男人在洞穴外專心的製造斧頭，或女人在草原上採集植物的根以食用，一些突然移動的物體可能是具攻擊性的動物，因此注意視線四週突然出現的物體是基於生存的需求。也因為我們並非注意視線四周所有移動的物體，所以需借助聽覺的線索使我們提高對視野外物體的偵測，聽到不熟習的聲音我們可以注意到是否有緩慢移動的掠食者向我們靠近，這也表示聲音的訊號使我們同一時間預期有某物出現，可以幫助我們採取攻擊或逃跑的反應。無論是聲音刺激使我們同時聯想到某種獵物或聲音刺激預期攻擊性動物的出現，都表現出聽覺刺激與視覺刺激的連結有時間一致的關係，這種同時性使聲音有助於我們對於各種視覺訊息的選擇性，而能及時採取行動或處理緊急的事件，視聽覺的相互配合有助於演化上的生存。

## 第三章 實驗方法

### 3.1 實驗假設與目的

實驗假設基於：視聽節奏的一致性能將視聽覺兩種不同型態的刺激整合為整體，若畫面中呈現兩種不同節奏的視覺刺激，與同時播放的聽覺節奏一致者較節奏不一致者容易被觀者注意。實驗過程以螢幕呈現兩個節奏不同的 RSVP 作業，並同時隨機播放兩種聲音節奏，藉此測量受視者對刺激的視覺注意力。若藉由聲音節奏的操弄，受試者在節奏同步的 RSVP 作業表現較節奏不同步者好，則我們認為聽覺節奏可影響視覺注意力。

### 3.2 實驗設計

實驗作業以快速呈現視覺刺激(RSVP)的方式，測量受試者的注意力。每一次嘗試(trial)以兩 RSVP 作業形成雙重作業 (dual task)，受試者必須同時監控兩個指定目標物出現的次數，在一次嘗試進行的過程中，螢幕上呈現兩節奏不同的 RSVP 序列，目標物不定期於兩序列中出現，並隨機播放兩種聲音節奏，以比較不同視聽條件下受試者作業的情形。以下分別說明：實驗的兩種節奏、視覺刺激、聽覺刺激視聽覺配對方式以及 RSVP 作業。

#### 3.2.1 節奏

在單位時間內劃分 6 個空格，選擇其中的 3 格填上視覺或聽覺刺激，以刺激的有無形成節奏。在 20 種排列組合中，最後採用結構簡單並且可明顯區分的節奏 1 與節奏 2 (參見圖 3-1)。將單位時間視為樂譜中的小節，重複單位小節即產生節奏 (參見圖 3-2)。

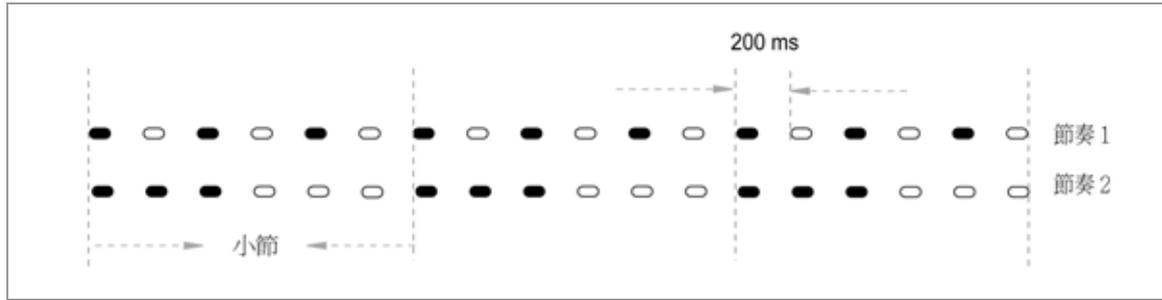


圖 3-1 將單位時間劃分成 6 個空格。黑點表示填入視覺或聽覺刺激、白點表示無任何刺激，在將單位時間複製形成明確的節奏。本實驗以刺激間隔時間 = 200ms 為節奏速度(見 4.1.1 RSVP 作業速度)。

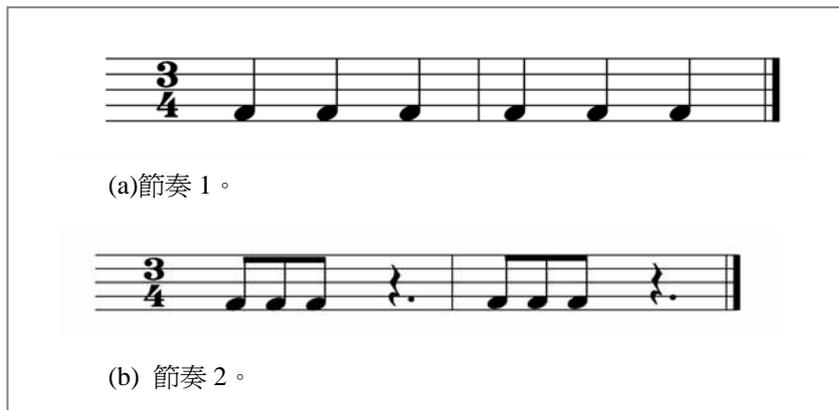


圖 3-2 節奏類型(a)節奏 1。(b)節奏 2。實驗一為兩小節六拍的節奏，也就是每一 RSVP 序列中呈現 6 個視覺刺激。

### 3.2.2 視覺刺激

作業中兩RSVP序列以兩種圖形特徵呈現：色相與線條的走向，分為色相組：紅、黃、綠、藍的色塊；以及線條組：水平、垂直、向左斜、向右斜線圖(參見圖 3-3)。圖像大小為  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ ，兩序列圖像中心距畫面中心線 3.5 cm，於黑色的背景上呈現以圖像的出現與消失形成節奏(參見圖 3-6)，每個視覺刺激持續時間為 50 ms。為了排除連續播放相同的圖形，影響受試者對目標物出現次數的判斷(如刺激序列為：紅→紅→藍→綠，容易將兩次紅色刺激視為一次)，因此RSVP序列中同一圖形不連續呈現二次。

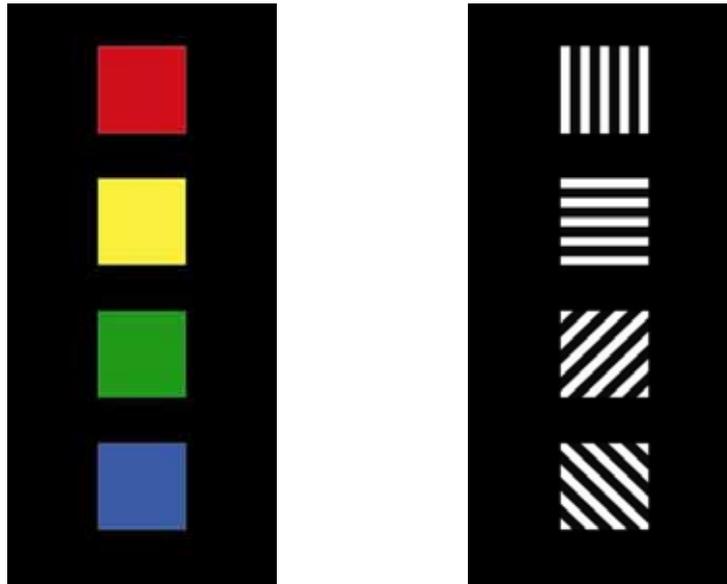


圖 3-3 兩組視覺刺激。以不同的圖形特徵分為色相組：包括紅、黃、綠、藍的色塊；以及線條組：水平、垂直、向左斜、向右斜的線圖。

### 3.2.3 聽覺刺激

由於本實驗著重於聲音節奏對視覺的影響，不討論聲音音色造成視覺的聯想或與視覺與聽覺之間的語意的聯想，因此選擇較中性的聲音為聽覺刺激，避免如敲門聲、腳步聲、樂器聲等擬聲。在實驗者製作的 9 個聲音樣本中以節奏 1 與節奏 2 製作聽覺刺激，並與已製作好的視覺動畫同步撥放，請 5 位受訪者給予意見。參考受訪者的意見選擇 791Hz、78 Db 的聲音樣本製作為聽覺刺激，單一聲音從出現至消失共 50ms，以耳機雙耳撥放。

### 3.2.4 視聽覺刺激的配對方式

為避免受試者注意力受到空間因素影響，以及圖形特徵所導致的注意力差異性，本實驗隨機分配兩種節奏於畫面位置與圖形特徵：

- 一. 避免受試者注意力受空間位置的影響：將視覺畫面分成左右兩側，節奏 1 與節奏 2 的 RSVP 作業隨機分配於畫面左右，若左邊為節奏 1，右邊則為節奏 2。

二. 避免受試者受圖形特徵的影響: 節奏 1 與節奏 2 視覺刺激隨機以色塊或線圖隨呈現, 且節奏圖形特徵不同, 若節奏 1 為色塊序列, 節奏 2 則為線圖序列。

上述的方式將產生 4 種位置與特徵的配對方法。為了增加嘗試的次數, 4 種配對以不同的目標物和序列中出現機率不同各製作 3 個動畫, 實驗包含 12 個不同的動畫。每一次嘗試從 12 個動畫與 3 種聲音(無聲、節奏 1、節奏 2)隨機選取, 因此每一組試驗包含 36 個不同的視聽配對(圖 3-4)。受試者重複進行 30 組試驗, 每一組試驗隨機安排 36 個視聽配對的播放順序。

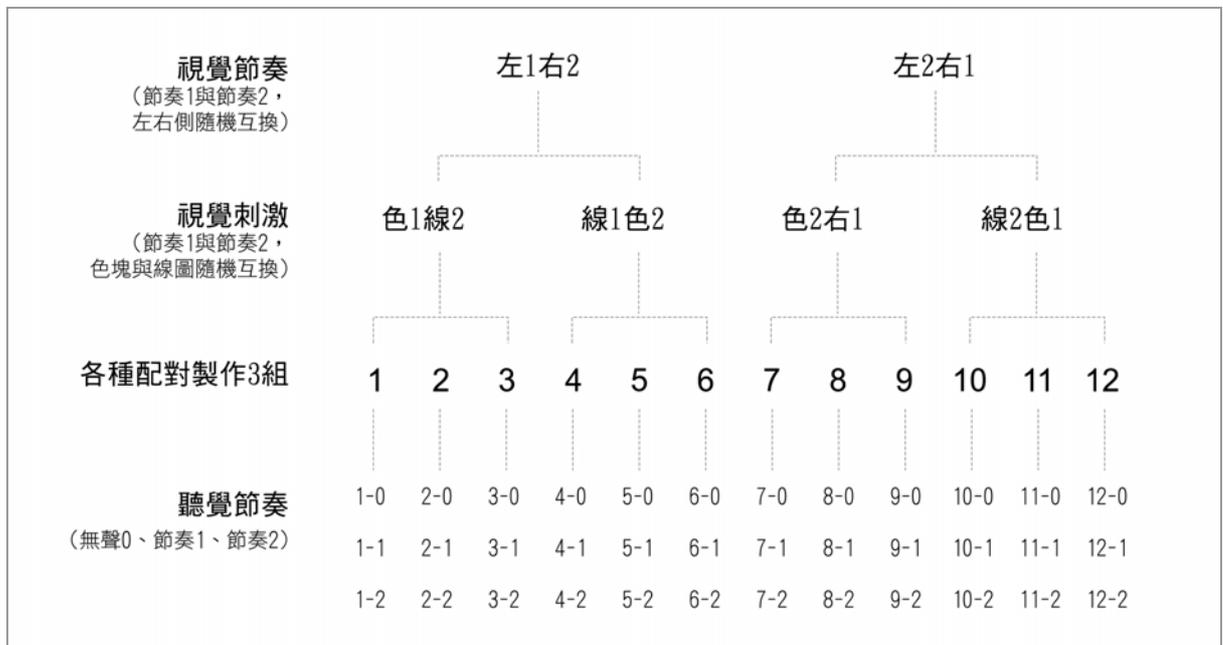


圖 3-4 視聽覺刺激的配對方式。視覺刺激, 節奏 1 與節奏 2 隨機分配到左右兩側, (左 1 右 2 或左 2 右 1), 視覺刺激的節奏 1 與節奏 2 隨機分配圖形特徵 (色 1 線 2 或線 1 色 2)。這 4 種配對各製作 3 組視覺動畫, 視覺刺激共有 12 組動畫(編號 1~12)。聽覺刺激, 分為無聲、節奏 1、節奏 2 三種聽覺刺激(編號 0、1、2)。視覺與聽覺刺激一共有 36 種配對。圖中最下方的號碼表示是聽刺激的配對方式, 如編號 1-2 表示畫面左側為節奏 1 的色塊序列, 右側為節奏 2 的線圖序列, 搭配節奏 2 的聲音。

### 3.2.5 RSVP 作業

運用心理學實驗法中，於畫面中某一定點快速呈現序列刺激的方式(RSVP)，測量螢幕上某個定點的視覺注意力集中程度(參見圖 3-5)。如圖所示於畫面某一定點呈現目標字母 R，待受試者辨識目標字母後，同一位置快速呈現一串字母序列，請受試者回答出現字母 R 出現的次數，以受試者回答反應快慢、正確程度為此定點視覺空間注意力的指標。本實驗運用兩種節奏的 RSVP 序列置於畫面左右兩側，形成雙重作業 (參見圖 3-6)，在無任何條件的影響下，受試者投注於畫面兩定點的注意力應該無程度上的差異。因此本實驗加入聲音節奏，使聽覺節奏與其中一側的 RSVP 序列節奏一致，並與另一側序列的節奏不一致，藉以測量聲音節奏對於視覺注意力的影響。實驗作業流程如下：作業開始時給予受試者目標物，待受試者看清目標物後按下對話框中的 OK，左右分別依兩節奏各快速呈現一連串的視覺刺激，最後請受試者回答目標物出現的次數 (參見圖 3-6)。RSVP 作業注意力較高的一側，受試者回報目標物次數的正確率較高，藉此測量受試者的視覺注意力是否能被聽覺刺激的節奏影響，而集中於視聽節奏一致那一側的刺激。由於最初的實驗設計所呈現的結果並非如預期的假設 (見 4.1.4 前測結果)，經過實驗設計的檢討後，再次進行實驗，下面分別以「前測實驗」與「正式實驗」說明。

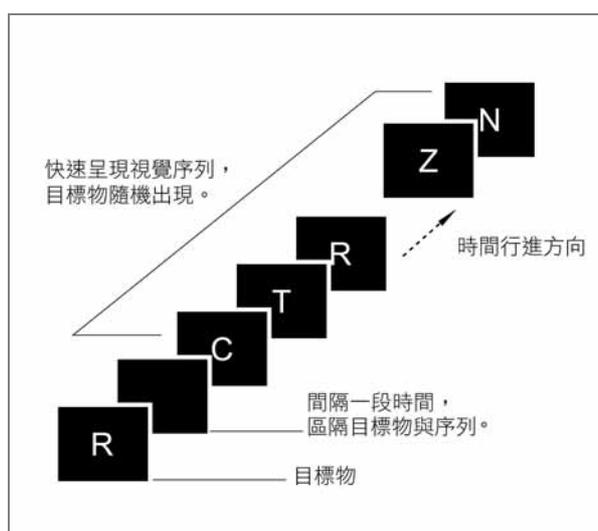
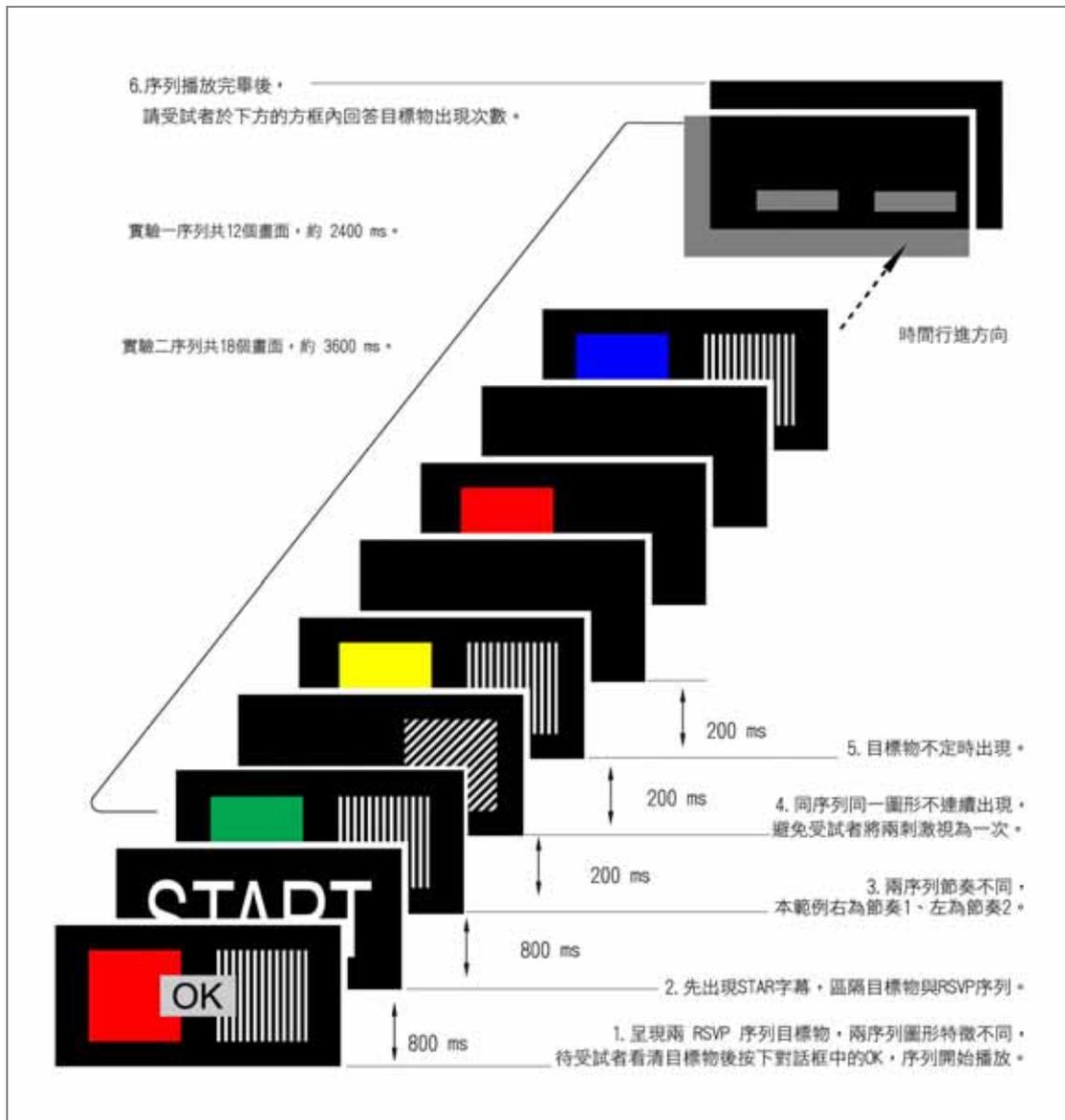


圖 3-5 RSVP 作業流程圖。



**圖 3-6** 兩 RSVP 序列形成雙重作業(dual task)。請受試者回報的目標物，如圖為紅色色塊與直線的線圖，受試者準備好時按下 OK。之後出現 start 字幕，為目標物與視覺序列間的緩衝，避免目標物影響序列第一個畫面的判斷。兩序列以不同的節奏呈現視覺刺激。最後請受試者於畫面下方的框內，回答目標物出現的次數。

## 第四章 實驗

### 4.1 前置實驗

#### 4.1.1 RSVP 作業節奏速度

RSVP 的特色是以快速呈現序列視覺刺激的方法測量注意力，實驗中若序列的節奏速度過快造成圖形特徵不易被辨識，即使受試者投注再多的注意力也無法提高作業表現，因此也無法比較出不同的聽覺節奏條件下視覺注意力之差異。前測目的為找出適當的序列節奏速度，使刺激在能被辨識的前提下，仍維持適當的作業困難度，讓受試者需花費注意力辨識目標物出現次數。難度適中的 RSVP 可有效測量出兩種不同節奏序列中，投注較多注意力的一方，其反應的正確率較高。

#### 受試者

前測共有四位受試者 HW、JC、MI、MO 參與。二位女性、二位男性，年齡介於二十至三十歲，視聽覺正常，每位受試者共進行 5 組不同節奏速度的 RSVP 作業，每組包含 36 次嘗試，2 次嘗試之間受試者可自行休息。

#### 4.1.2 實驗結果

測試 5 種 RSVP 序列節奏速度，以單位時間劃分的 6 個間隔 (圖 3-1)，每格的時間單位由快到慢分別為：100ms、150ms、200ms、250ms、300ms，每位受試者各種速度進行 36 次嘗試，每種速度的答對率以四人加總的 144 次嘗試為分母，以答對率接近 75% 作為題目難易適中的標準。實驗結果為間隔 200ms 的節奏速度最接近 75% 答對率。視聽節奏一致與不一致答對率分別是：節奏 1 為 79%、70%；節奏 2 為 73% 與 68%，在此速度下節奏一致與不一致的答對率差異也較其他速度大 (參見圖 4-1)，表示以此速度較能看出受試者兩種條件下的表現差異。透過此實驗，正式實驗以節奏以間隔時間 200ms 做為 RSVP 作業的播放速度。

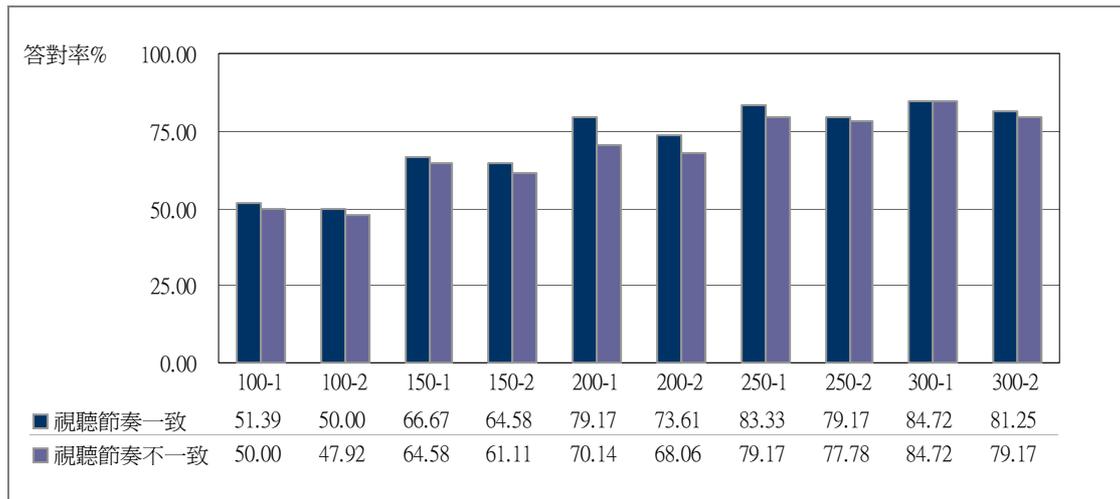


圖 4-1 不同速度的節奏，RSVP 作業答對率。X 軸編號前為節奏速度，後為節奏類型，如 100-1 間隔時間=100ms 的節奏 1，以此類推。Y 軸為 RSVP 作業答對率四位受試者加總的答對率，其中間隔時間=200ms 答對率接近 75%，並且節奏一致與不一致答對率差距最大。

#### 4.1.3 前測實驗

前測實驗除了探討視聽節奏之效果外，亦附帶探討聲音的有無對於視覺注意力之影響。實驗每一次嘗試包含兩節奏不同的 RSVP 序列，每一組包含 36 次嘗試，分成 30 組進行，操縱變因為三種不同聽覺條件：無聲、節奏 1、節奏 2，作業的答對率以每位受試者在三種聲音條件下，各進行 360 次嘗試中答對的題數計算。以聽覺刺激的不同分成兩部分說明實驗目的與假設：

##### 一. 視聽節奏是否同步，對視覺注意力的影響：

實驗操縱變因為視聽節奏 1 與節奏 2，於兩序列節奏的 RSVP 作業中，辨識目標物出現次數的正確率。實驗預期視聽節奏同步的 RSVP 作業答對率將比不同步者高。

##### 二. 節奏的有無對視覺注意力的影響：

實驗操縱變因為節奏的有無，由於本實驗關心的是視聽整合的條件，因此僅比較聽覺節奏一致與無聲的條件下對 RSVP 作業影響。實驗最初是基於節奏是否一致而設計，因此無預期節奏的有無對作業的影響。

## 受試者

實驗共有六位受試者參與。二位女性、四位男性，年齡介於二十至三十歲，視聽覺正常。每位受試者共計 1080 次嘗試，一次嘗試約 3 秒，2 次嘗試之間受試者可自行休息。

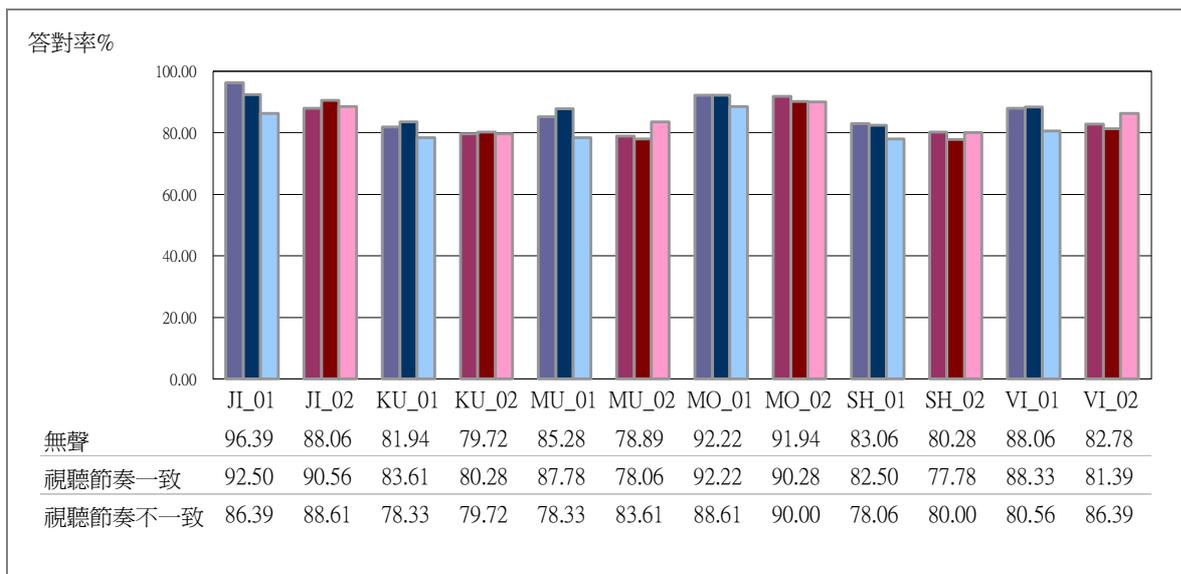
### 4.1.4 前測結果

#### 一. 聽覺節奏同步與否對視覺注意力的影響：

比較受試者間視聽覺節奏影響答對率高低的情況，當 RSVP 序列為節奏 1 時，六位受試者對視聽節奏一致的答對率皆較不一致時高；而當視覺序列為節奏 2 時答對率並不符合預期的結果，其中三位受試者 JI、KU、MO 在節奏 1 的條件下表現較節奏 2 時好，表示視聽節奏不一致時答對率反而比節奏一致時高。綜合 RSVP 序列為節奏 1 與節奏 2 的結果，以雙因子變異數分析(2-Way ANOVA)視聽節奏一致是否較不一致的答對率高，結果為視聽節奏對 RSVP 答對率並無顯著影響 ( $p = 0.13$ ) (參見圖 4-2)。

#### 二. 聲音的有無，對視覺注意力的影響：

比較六位受試者聽覺在節奏一致與無聲的情況下對 RSVP 作業之表現(參見圖 4-2)。當視覺序列為節奏 1，比較聽覺節奏 1 與無聲情況的答對率，並無一致的情況，JI 於視聽覺一致時答對率較高，MO 無差別，其他四位無聲時答對率較高；當視覺序列為節奏 2，比較聽覺節奏 2 與無聲情況的答對率，也無一致的情況，JI、MI、VI 視聽覺一致時答對率較高，其他三位無聲時答對率較高。以雙因子變異數分析節奏 1 和節奏 2 的結果，比較視聽節奏一致與無聲的對作業的影響，結果呈現無顯著影響( $p = 0.63$ ) (參見圖 4-2)。



**圖 4-2** 六位受試者在一致與不一致的視聽節奏下，RSVP 作業的回答的情形。X 軸標記受視者與視覺節奏的情形，-01 與-02 分別代表視覺節奏 1、2，每組長條圖分由左至右的別為無聲、視聽節奏一致、視聽節奏不一致的情形。Y 軸為 RSVP 作業中的答對率，三種聲音各進行 360 次嘗試。綜合分析 RSVP 節奏 1 與節奏 2 的情形，視聽節奏一致與不一致，對於 RSVP 作業無顯著的影響( $p = 0.13$ )(參見附錄表 1)。另一方面，探討有聲與無聲對注意力的影響，將無聲與視聽節奏一致的答對率做雙因子變異數分析，結果也呈現此變因對 RSVP 作業的注意力無顯著的影響( $p = 0.63$ )(參見附錄表 2)。

雖然綜合分析 RSVP 序列為節奏 1、節奏 2 的結果，視聽節奏是否一致對於作業並無影響。但單獨觀察 RSVP 序列為節奏 1 的結果(參見圖 4-3)，六位受試者視聽節奏一致答對率皆較不一致者高。因此進一步分析 RSVP 節奏 1 時的情況，分析結果為作業的答對率視聽節奏一致時較不一致高，有統計上的差異( $p = 0.0009$ )。可得知在 RSVP 序列為節奏 1 時，聽覺節奏能提高對於同步的視覺的注意力。而不論 RSVP 作業為節奏 1 或節奏 2，同步聽覺節奏的影響幾乎與無聲的情況相同(參見圖 4-3、圖 4-4)，因此推測是由於聽覺刺激不夠明顯，造成實驗結果與預期有差距。檢討前測實驗的結果(見 5.1.3 聲音樣本比較)，調整聽覺刺激與視覺刺激後再次進行實驗。

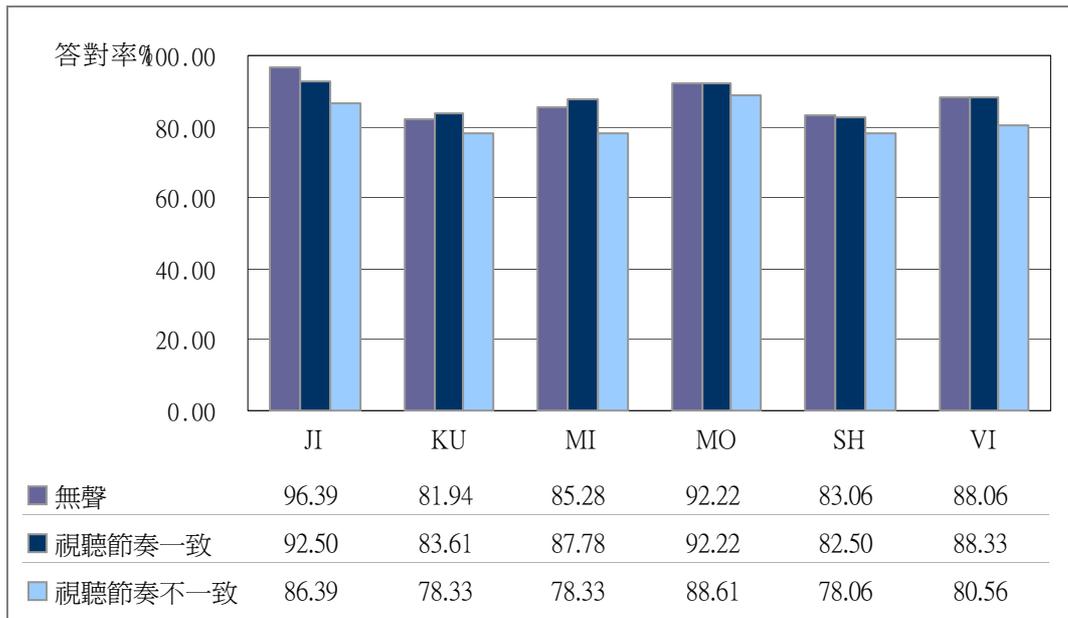


圖 4-3 RSVP 序列為節奏 1 時，六位受試者的答對率。X 軸標記受試者與視聽節奏的情形，每組長條圖由左至右聽覺刺激為無聲、節奏 1、節奏 2，Y 軸為 RSVP 作業中的答對率。由圖中可看出於視聽節奏一致的 RSVP 作業答對率較不一致者高 ( $p = 0.0009$ ) (參見附錄表 3)。另外以視聽節奏一致與無聲的情況作比較，對於作業答對率無影響 ( $p = 1$ ) (參見附錄表 4)。

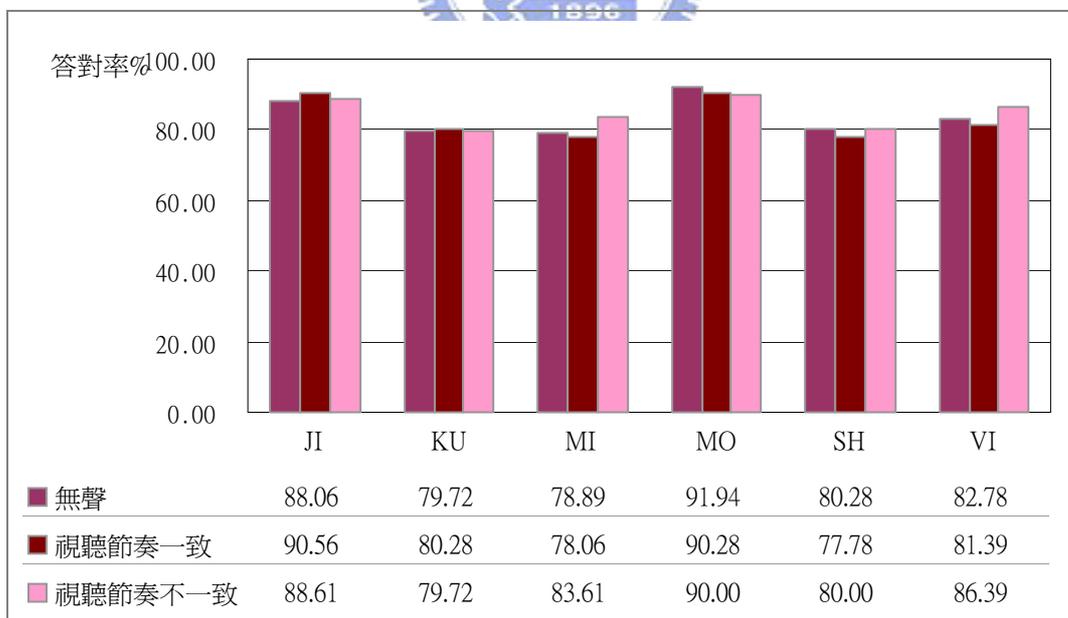


圖 4-4 RSVP 序列為節奏 2 時，六位受試者的答對率。X 軸標記受試者與視聽節奏的情形，每組長條圖由左至右聽覺刺激為無聲、節奏 1、節奏 2，Y 軸為 RSVP 作業中的答對率。由圖中可看出於視聽節奏是否一致，對於作業答對率無影響 ( $p = 0.24$ ) (參見附錄表 5)。另外以視聽節奏一致與無聲的情況作比較，對於作業答對率無影響 ( $p = 0.48$ ) (參見附錄表 6)。

#### 4.1.5 視覺與聽覺刺激的調整

檢討前測實驗的結果，我們推測前測實驗的聽覺刺激不夠明顯，造成實驗結果與預期有差距，因此以新的聲音樣本 43 Hz、77 Db(見 5.1.3 聲音樣本比較)再次進行實驗。另外，前測實驗的結果答對率偏高，表示作業的困難度過低，不易測出注意資源分配的情況，因此也難以比較出受試者於兩作業的差異性。因此於正式實驗前的測試驗其他視覺刺激呈現方法，以提高作業的困難度，分為下列三組：

一. 試驗 A：單一 RSVP 作業，延長序列。

每一次嘗試中只出現一個色塊或線圖的 RSVP 序列，減少視覺作業注意力的需求，以增加對聽覺刺激的注意力。為維持 RSVP 作業適當的困難度，在序列長度從 6 拍延長為 12 拍，增加辨識物的數量(參見圖 4-5)。

二. 試驗 B：左右兩側的 RSVP 作業序列圖形特徵相同。

RSVP 序列長度維持 6 拍，與前測實驗的差別在於 RSVP 作業兩序列，在同一次的嘗試中左右皆為色塊或均為線圖，兩序列圖形相同特徵增加辨識目標物的困難度(參見圖 4-6)。

三. 試驗 C：與前測實驗 RSVP 作業相同，僅延長 RSVP 序列。

與前測實驗呈現與配對的方法皆相同，僅延長 RSVP 長度為 9 拍，增加辨識物的數量以提高作業困難度 (參見圖 4-7)。

#### 受試者

前測共有五位受試者 MA、NO、OC、VC、VI 參與。二位女性、三位男性，年齡介於二十至三十歲，視聽覺正常，每位受試者共進行 3 組不同 RSVP 作業，每組包含 12 次嘗試，2 次嘗試之間受視者可自行休息。

#### 4.1.6 實驗結果

試驗 A：單一 RSVP 作業

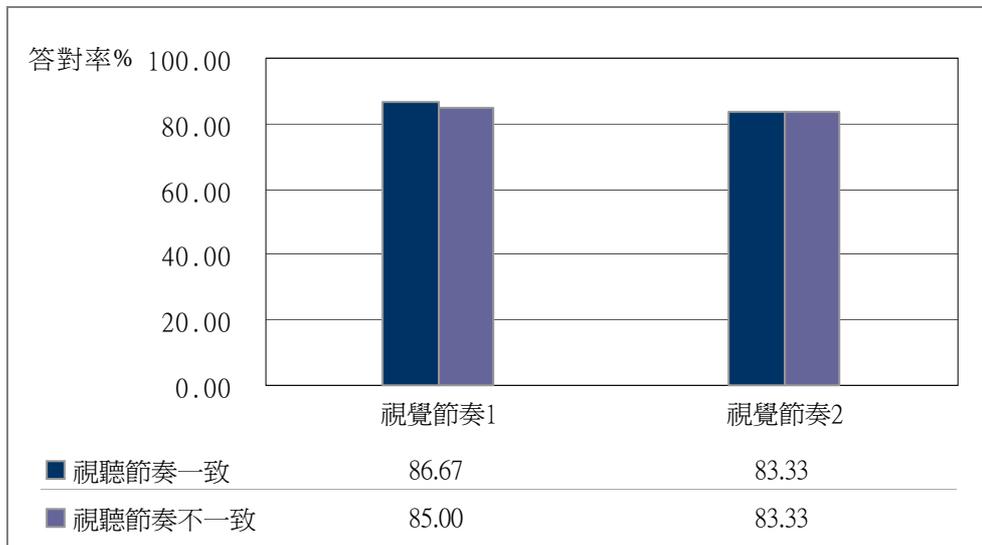


圖 4-5 試驗 A：單一 RSVP 作業結果。X 軸標示 RSVP 序列節奏的情形，每組長條圖深色為視聽節奏一致、淺色為視聽節奏不一致的答對率。Y 軸標示五位前測受試者 RSVP 作業中加總 60 次嘗試的答對率。視聽節奏一致與不一致，序列節奏 1 時答對率分別為 86%、85%；節奏 2 時答對率皆為 83%。答對率高且視聽結果一致與不一致答對率差距不大。

試驗 B：左右兩側的 RSVP 作業序列圖形特徵相同

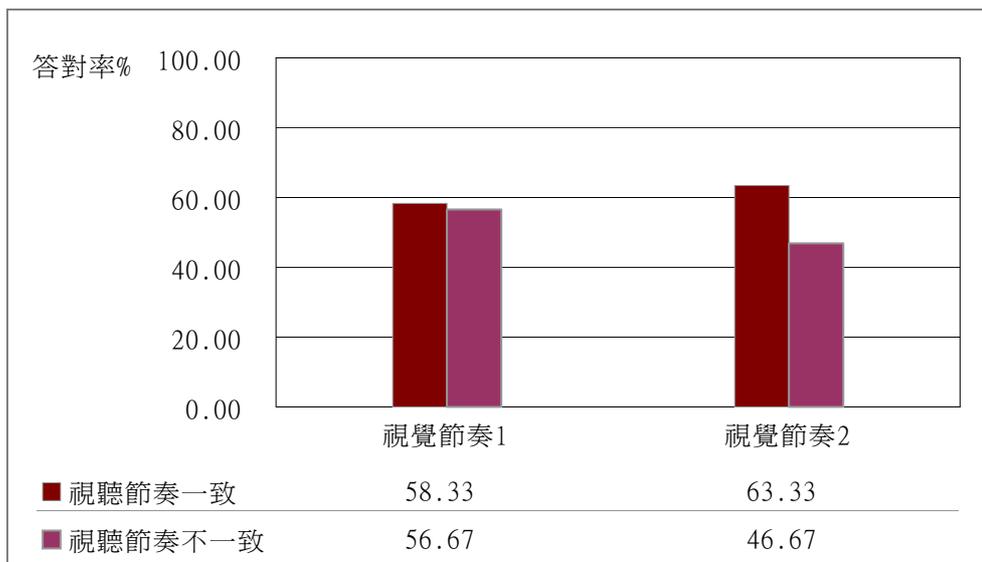


圖 4-6 試驗 B：兩側序列圖形特徵相同的 RSVP 作業結果。視聽節奏一致與不一致，序列節奏 1 時答對率分別為 58%、56%；節奏 2 時答對率分別為 63%、46%。RSVP 序列為節奏 1 時，視聽覺是否一致的答對率差距不大。

試驗 C：延長實驗一 RSVP 序列

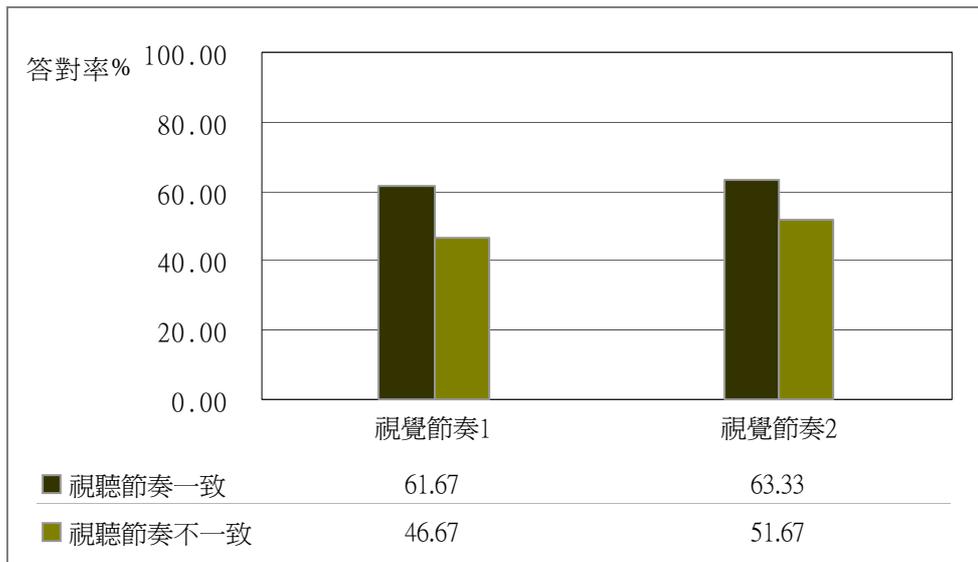


圖 4-7 試驗 C：延長前測實驗 RSVP 序列的結果。視聽節奏一致與不一致，序列節奏 1 時答對率分別為 61%、46%；節奏 2 時答對率分別為 63%、51%。視聽覺是否一致的答對率差異較前兩組試驗大。

三組視覺刺激呈現方法的比較

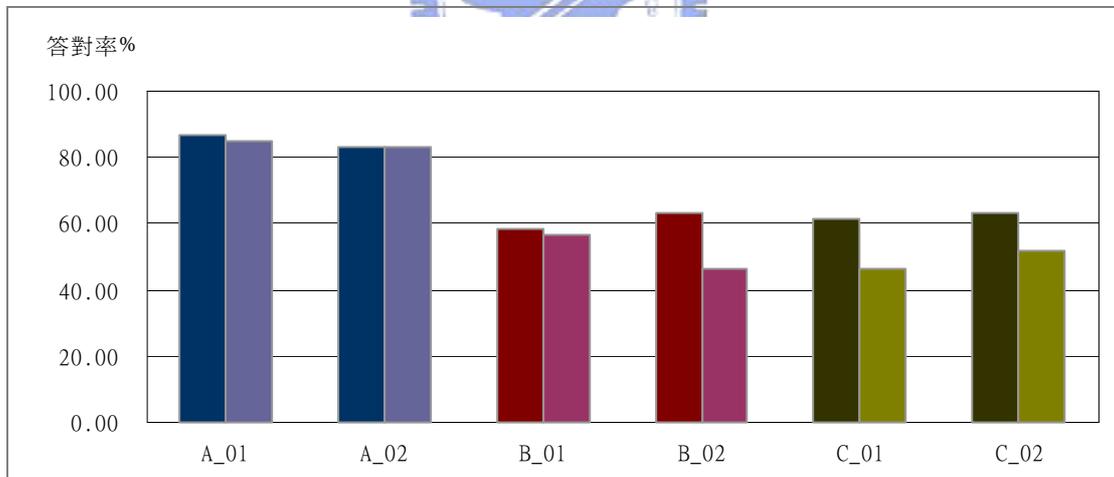


圖 4-8 上述三組 RSVP 作業結果的比較。X 軸標示三種視覺刺激呈現方式，試驗 A：單一 RSVP 序列、試驗 B：兩側序列圖形特徵相同、試驗 C：延長前測實驗 RSVP 序列。\_01、\_02 分別代表節奏 1、節奏 2。每組長條圖深色為視聽節奏一致的情況、淺色為不一致。比較節奏一致與不一致的答對率，試驗 C 差距最大，表示試驗 C 作業呈現方法較能比出視聽節奏是否一致對於作業的影響。

如圖 4-8 所示，三組進行比較試驗 A 答對率最高，表示作業困難度最低，而且視聽節奏是否一致造成的答對率差異最小。表示單一 RSVP 序列的作業難度過低，並且難以比較聲音節奏是否影響 RSVP 作業。試驗 B 答對率低，實驗中受試者反應容易將圖形特徵相同兩序左右混淆，答對率並非僅受聲音節奏影響，因此不採用此呈現方式。試驗 C 答對率差距最大，表示聲音節奏對於 RSVP 作業影響差異較大，因此正式實驗的視覺刺激採用 C 組的方式呈現，僅延長前測實驗 RSVP 序列長度增加作業困難度。

## 4.2. 正式實驗

### 4.2.1 實驗流程

前測實驗的結果答對率偏高，表示作業的困難度過低，可能與視覺刺激的變化性不大，而造成受試者對於 RSVP 作業產生學習效應有關，因此修改前測實驗視聽覺刺激的配對方式，增加正式實驗 RSVP 作業目標物的變化性。前測實驗為 36 種視聽配對，重複試驗 30 次，由於目標物的變化性小，受試者可能會產生學習效應預測目標物出現的次數，因此兩 RSVP 作業答對率皆提高並且差異性不大。因此正式實驗以 60 個不同的動畫每次隨機選 12 個為一組試驗，選過者不再選，以增加視覺刺激的變化性，避免學習效應。上述方法選取 6 次增加目標物的變化性，共進行 30 組試驗。

### 受試者

實驗共有六位受試者參與。二位女性、四位男性，年齡介於二十至三十歲，視聽覺正常。每位受試者共計 720 次嘗試，一次嘗試約 5 秒，2 次嘗試之間受試者可自行休息。

#### 4.2.2 實驗結果

實驗過程中每次嘗試包含兩 RSVP 作業，因此每位受試者於 4 種不同的視聽條件各進行 360 次嘗試。綜合分析 RSVP 序列為節奏 1、節奏 2 的結果，視聽節奏一致時受試者答題的正確率皆比不一致時高( $p = 0.00002$ ) (參見圖 4-9)，表示受試者在辨識兩節奏不同 RSVP 序列目標物時，聲音節奏一致的情況下較容易被觀者注意，因此答題的正確率較高。此結果支持我們的假設，而且受試者間的差異不明顯( $p = 0.17$ )，並且分別觀察節奏 1(參見圖 4-10)與節奏 2(參見圖 4-11)皆可得到類似的結果。

#### 視聽節奏是否一致與 RSVP 作業情形

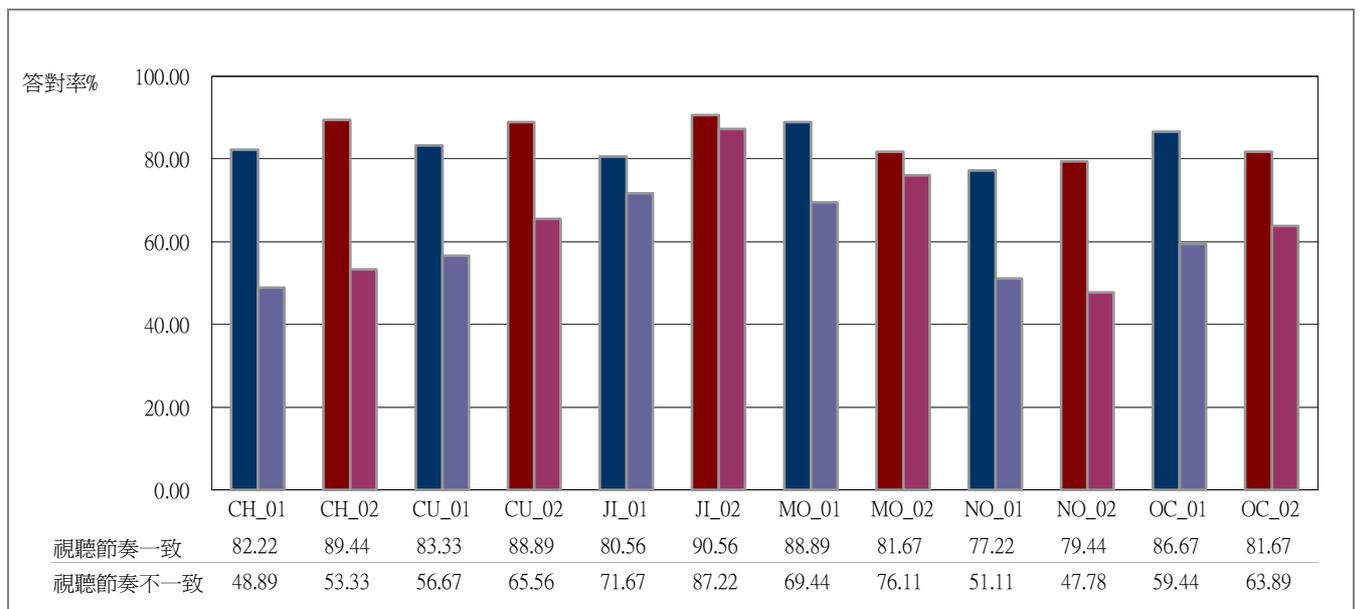


圖 4-9 六位受試者 RSVP 作業的回答的情形。X 軸標記受試者 RSVP 序列節奏，-01、-02 的長條圖分別為 RSVP 序列節奏 1、節奏 2，深色為視聽節奏一致、淺色為視聽節奏不一致。Y 軸為 RSVP 作業中的答對率，六位受試者視聽覺節奏一致的答對率皆高於不一致的情況，統計分析的結果為( $p = 0.00002$ )，並且無受試者之間的差異( $p = 0.17$ )。(參見附錄表 7)

### 聲音節奏對 RSVP 序列節奏 1 作業的影響

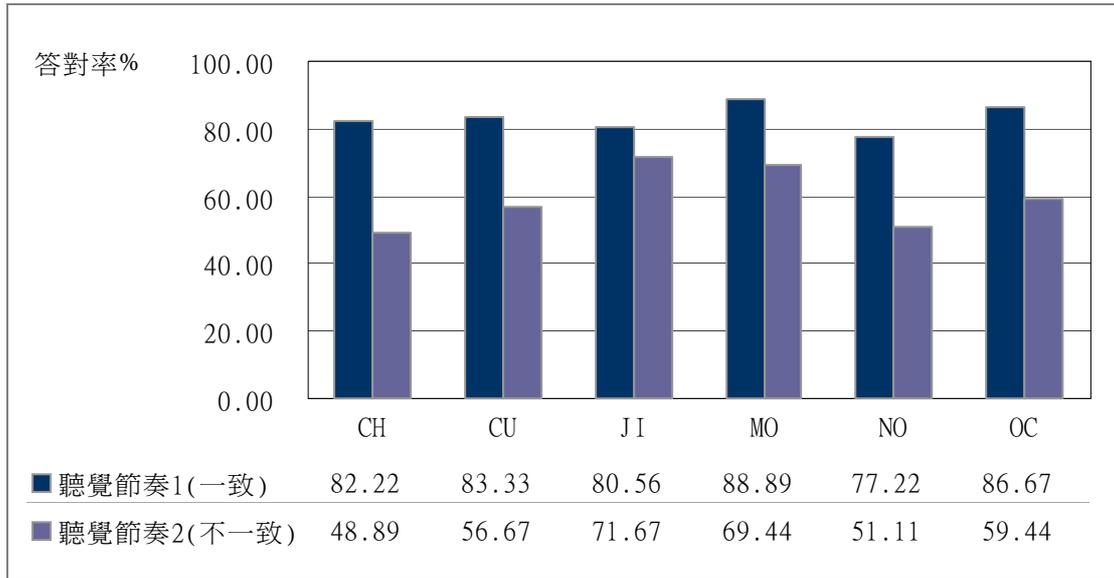


圖 4-10 畫面中 RSVP 序列為節奏 1 時，六位受試者的作業情形。長條圖中深色為聽覺節奏 1、淺色為聽覺節奏 2，亦即深色長條代表一致；淺色代表不一致的情況。Y 軸為 RSVP 作業中的答對率，由圖中可看出於視聽節奏一致的答對率較不一致者高 ( $p = 0.001$ )。並且無受試者之間的差性 ( $p = 0.24$ ) (參見附錄表 8)。

### 聲音節奏對 RSVP 序列節奏 2 作業的影響

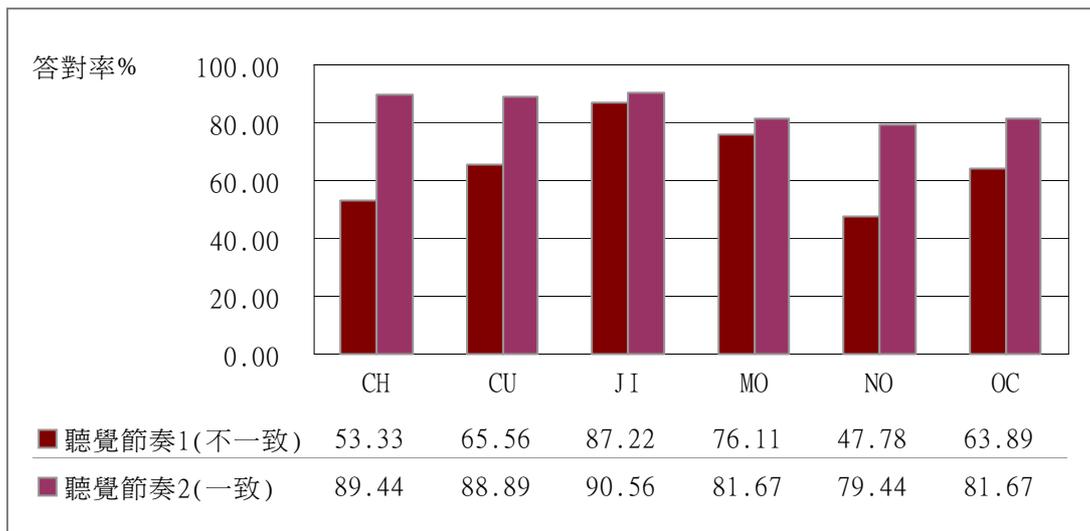


圖 4-11 畫面中 RSVP 序列為節奏 2 時，六位受試者的作業情形。長條圖中深色為聽覺節奏 1、淺色為聽覺節奏 2，亦即深色長條代表一致；淺色代表不一致的情況。Y 軸為 RSVP 作業中的答對率，由圖中可看出於視聽節奏一致的答對率較不一致者高 ( $p = 0.01$ )。受試者間的差異性小 ( $p = 0.30$ ) (參見附錄表 9)。

## 第五章 綜合討論

### 5.1 實驗結果討論

#### 5.1.1 聽覺節奏引導視覺注意力

正式實驗結果為：得到受試者在聲音節奏的影響下，進行兩個不同視覺節奏的 RSVP 作業，其中視聽節奏一致的反應正確率較高，這表示聲音節奏能引導受試者將注意力投注在節奏同步的視覺刺激上，獲得較佳的 RSVP 表現。也因此本實驗能藉著操弄節奏的一致性，使視覺與聽覺互相提供線索進而整合，達到引導注意力的目的。

由於本實驗所用的刺激為結構簡單的聲音與圖形，與 Bushara 在視聽整合實驗所用的刺激相似（見 2.2.2 跨感官整合），因此本研究結果傾向支持 Bushara 的觀點，認為結構簡單並且無語義關聯的視聽刺激，藉由時間的一致性使兩種感官整合。另外，Bushara 也提出以時間一致性整合視聽覺的機制，發生在皮質處理過程的早期，屬於視覺與聽覺訊息意識形成前的反射行為。對於此論點，我們想了解本實驗以節奏的一致性使視聽覺整合，是否是節奏意識形成前的反應？因此我們將正式實驗的配對方式稍作修改，調查實驗進行時受試者的節奏知覺，由於並非完整的實驗設計因此置於此章做為補充。

#### 5.1.2 補充實驗

##### 實驗目的：

瞭解受試者在進行 RSVP 作業時，對聲音節奏的知覺意識。

##### 實驗假設：

若節奏一致性所導致的視聽覺整合，是意識到節奏前的反應，那麼實驗進行時受試者不會對刺激的節奏產生明確印象。

### 實驗設計：

- 1.實驗組：修改正式實驗配對方式，每次嘗試的視覺刺激序列色塊皆為節奏 1，線圖皆為節奏 2，每組試驗每組試驗包含 12 次嘗試，共進行 2 組試驗，兩聲音節奏隨機安排次序。於試驗後請受試者再聽一次聽節奏 1，並詢問受試者認為此節奏為色塊或線圖序列的節奏？或是聲音與影像間並無固定的配對？
- 2.對照組：為了解實驗作業的視聽節奏一致與不一致是否容易辨識，請受試者觀看與實驗組相同的試驗，並指出畫面中視聽節奏一致的序列。

### 實驗結果：

於實驗組中，受試者 6 人皆無法回答聲音節奏與色塊或線圖序列的節奏契合，受試者認為作業進行時他們明確的聽到節奏，但並無注意節奏的形式；而於對照組中，受試者能立即的指出色塊序列為節奏 1，線圖序列為節奏 2。透過簡單的實驗可知受試者在進行作業時並無意識到明確的節奏結構，也因此我們可推論正式實驗以節奏一致性將視聽元素整合，是屬於較基本層次的知覺反應。藉由這個補充實驗可協助作更進一步的推論，受試者並非先對節奏產生意識，再「判斷」節奏一致的視聽刺激屬於是同一組，而是未先形成節奏意識，反射性的將節奏相同的視聽刺激整合在一起。過去的研究也曾探討視聽刺激於時間一致的條件下，兩刺激整合在意識形成前的知覺現象，如 McGurk 效應(McGurk effect) (McGurk & MacDonald, 1976)，此效應為同一時間給予受試者音節 /ba/ 的聽覺刺激，與音節唇形 /ga/ 的視覺刺激，實驗結果受試者回報聽到的音節為 /da/。可見在語音意識 /ba/ 形成前，已將視覺與聽覺訊息整合，再將此複合訊息傳輸至較高層次的認知處理，因此將語音/ba/被辨識為/da/ (圖 5-1)，此實驗說明，藉由時間一致性整合的視聽覺訊息在語音辨識前形成。因此在影音媒體製作上，我們能利用同步的視聽節奏將語意矛盾、或是無關聯的聲音與畫面連結 (參見 5.2.2)。

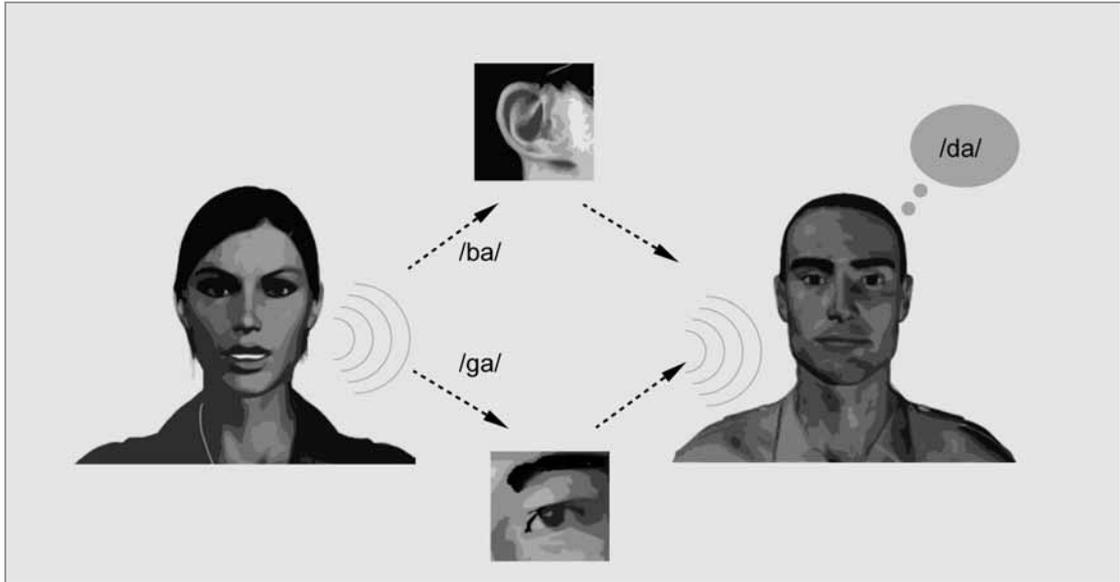
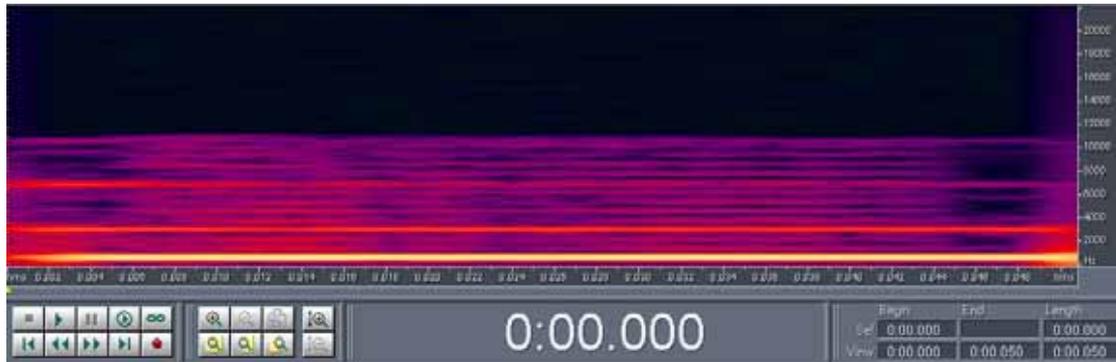


圖 5-1 McGurk effect。說話者的脣形為 /ga/，但配上音節 /ba/ 的聲音，聽者回報的聲音為 /da/。  
(摘自 King & Calvert 2001)

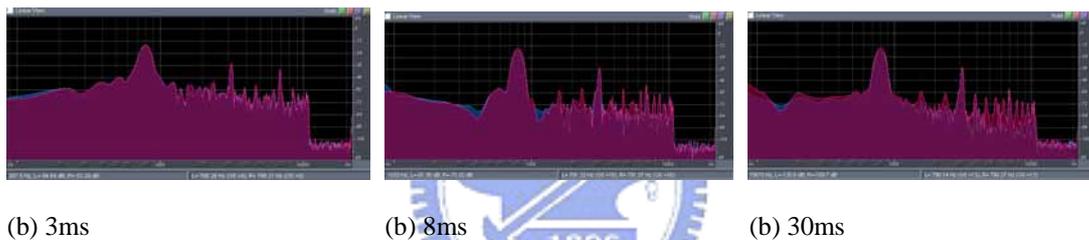
### 5.1.3 聲音樣本比較

前測實驗的聽覺刺激對受試者影響過低，使視聽節奏一致的 RSVP 作業答對率並不如預期中所假設的，應較節奏不一致者高。以頻譜圖分析比較前測實驗與正式實驗的聲音樣本，兩單音的持續時間皆為 50ms。由頻譜圖的分析中可見前測實驗的單音於時間內並無強弱的變化（參見圖 5-2），正式實驗的單音有明顯的強弱變化（參見圖 5-3）。對兩者的差別，參考 Stanley 與 Hallowell (Stanley & Hallowell, 1983) 對於聲音能量擊發(onset)的時間對聽知覺影響所做的實驗。實驗中發現若單音 30ms 內振幅維持穩定的值，則形成音高(tone)；若振幅急遽起伏，則形成脈動音(impulses) (參見圖 5-4)。他們原意是為了解說音樂中複雜音的形成，若兩音符出現的時間間隔短，在一定的範圍內音波重疊的區域較大，加成的聲波振幅維持穩定的值，形成另一個較高的頻率，若頻率在聽神經偵測的範圍之內則形成音高意識；若兩音波重疊區域小，加成的聲波振幅急遽起伏，形成如脈動般的拍打聲 (beats)。應用他們對聲音能量擊發時間與聽知覺的分析，前測實驗的聲音節奏如同段續的短音 (圖 5-5 (a))；正式實驗的節奏類似力度變化大的脈動音 (圖 5-5 (b))。比較兩節奏形成的韻律感，後者形成的節奏有強弱變化，對聽者的影響較大。另外，以視聽刺激的形式來看，短暫的

視覺刺激切換於黑色背景時類似光的閃爍，與正式實驗的脈動音相比，兩者能量的擊發都是在短時間內有急驟的變化，引起的知覺感受較相似，因此正式實驗的節奏對受試者影響較前測實驗大。



(a) 0~50 ms 前測實驗單音各時間點頻率與能量分布。



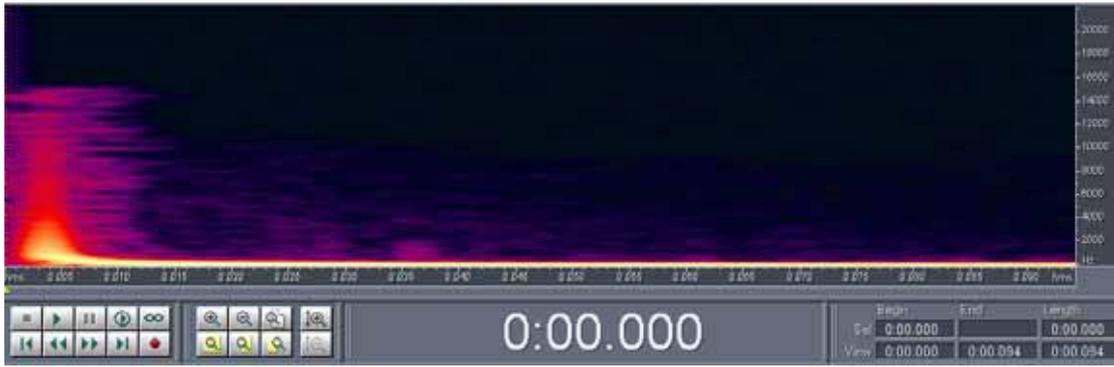
(b) 3ms

(b) 8ms

(b) 30ms

圖 5-2 前測實驗單音的頻譜圖。

(a) X 軸為時間軸，Y 軸為頻率，顏色表示各頻率能量分布，顏色愈亮表示能量愈高，圖中可見單音於 50 ms 中，聲音強度無明顯變化。(b) (c) (d) 單音於 3 個時間點的頻率強度分佈。X 軸標示頻率，Y 軸標示振幅，面積大小表示聲音的能量，圖中可見前測實驗單音從 3ms→30ms 能量無太大變化。



(a) 0~50 ms 正式實驗單音各時間點頻率與能量分布。



(b) 3ms

(c) 8ms

(d) 30ms

圖 5-3 正式實驗單音的頻譜圖。

(a) 圖中可見單音於 3~8 ms，聲音強度急遽變化，也代表聲音能量擊發的時間短。(b) (c) (d) 單音於 3 個時間點的頻率強度分佈。X 軸標示頻率，Y 軸標示振幅，面積大小表示聲音的能量，圖中可見正式實驗單音從 3ms→30ms 能量變化大。

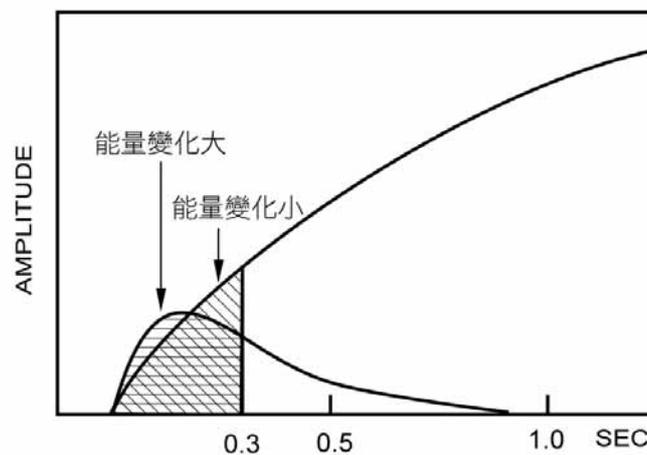
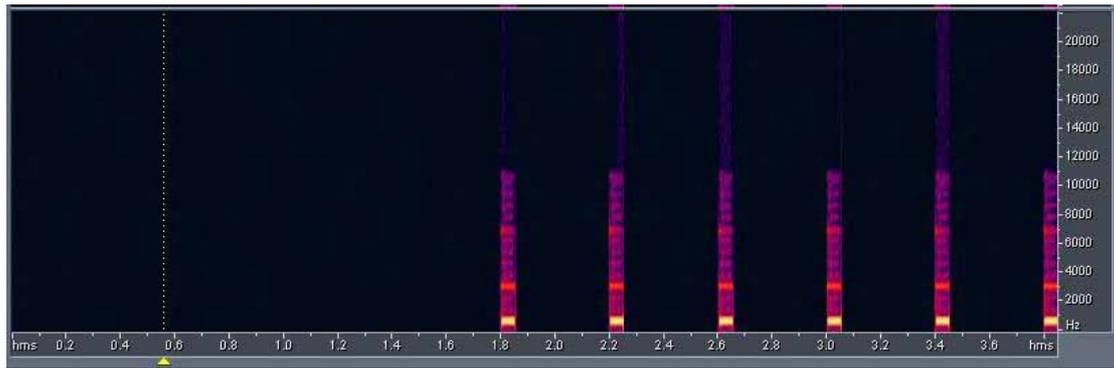
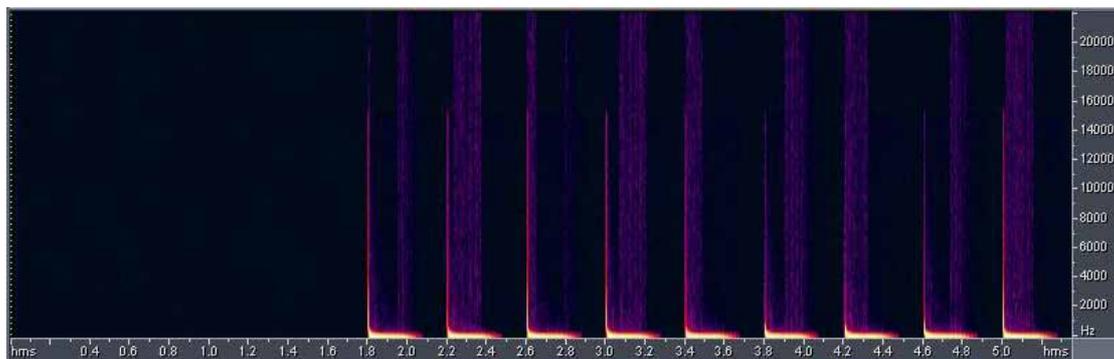


圖 5-4 能量擊發時間對聽知覺影響。X 軸為時間軸，Y 軸為聲音能量，30ms 內能量變化小則形成為音高意識，能量變化大則形成為脈動音。(摘自 Stanley & Hallowell, 1983)



(a) 前測實驗節奏 1



(b) 正式實驗節奏 1。

圖 5-5 「前測實驗」與「正式實驗」節奏 1 頻譜圖。(a) 前測實驗節奏，每一單音無明顯強弱的變化，類似段續的短音；(b) 正式實驗節奏，每一單音振幅變化大，形成如脈動的聲音，具有強弱變化，形成的節奏感較強。

## 5.2 結果與應用

### 5.2.1 聽覺節奏引導視覺注意力

本實驗所得到的結果，聲音節奏可引導觀者的視覺注意力，可將此知覺反應應用於視聽媒體中聲音與畫面的設計。如第一章緒論所提到的，利用同步節奏使觀眾將聲音歸結到畫面某一物件，引導視覺注意力。可加強視覺效果，或引導觀眾的視覺注意力於前後景之間切換(參見 1.2.1 視覺傳播媒體的觀察)。另外，由補充實驗(參見 5.1.2)，可知時間一致性的視聽整合屬於意識前的反應。電影聲音與影像的設計也可利用此特點，使觀眾意識到聲音與畫面的語意矛盾之前，將節奏同步的聲音與影像整合，整合的訊息經較高層次的理解後，使觀眾理解與產生情緒，以下舉例說明。

### 5.2.2 利用節奏將視聽元素整合

電影《萬花嬉春》(Singin' in the rain, 1952)，以 1930 年代有聲電影發展初期為劇情背景，當時電影的影像與聲音並非記錄於同一磁帶上，而是放映機與留聲機分開錄製。劇中主角剛完成他的第一部有聲電影，在試映會時由於放映機短暫故障但留聲機仍繼續播放，使 Lina 與男爵的聲音與畫面恰巧錯置。導演藉由人物頭部的動作與聲音節奏的一致，使我們將 Lina 略帶撒嬌的聲音與大鬍子男爵連結，男爵粗獷的聲音與 Lina 連結，他們的頭部動作(搖頭 / 點頭)與對話(yes / no) 是不合邏輯的、語音的辨識與人物形象的連結是矛盾的，如圖 5-6 我們仍能理解劇情而不認為對話中的低沉聲音(Yes)仍為男爵發出，而同一時間 Lina 做搖頭的动作。此例說明藉由節奏的一致，觀眾不需先分析對白與人物頭部動作之間的意涵，而能反射性的將節奏同步的視聽刺激整合，待我們理解語意矛盾的衝突而形成諷刺幽默的心理感受。



圖 5-6 《萬花嬉春》。利用同步的節奏，將不合邏輯的頭部動作與對話連結。

另外，也可藉由節奏整合而無語義關聯的視聽元素，如短篇動畫《Super Mario Reloaded》作者將《駭客任務：重裝上陣》(Matrix Reloaded, 2003) 電影中的人物以動畫表現，畫面如同解析度過低的動畫，人物由極為簡單的方塊組合而成，人物的肢體動作與細微的面部表情皆以方塊的移動與變形構成，使動畫看起來像是多個方塊同時在畫面上變動。在這些變化節奏不同的方塊中，如何讓觀眾了解哪一個角色正在說話？由於對白本身具有節奏，人物嘴巴的方塊配合此節奏變化，因此畫面雖然以多個動態方塊構成 (如圖 5-7)，但我們還是能將聲音與變動節奏一致的方塊連結，進而理解人物角色對白的安排。



圖 5-7 《 Super Mario Reloaded 》畫面類似由方塊構成。

總合我們所得到的結果，藉由同步的節奏將視聽訊息整合，可引導觀眾的視線，而這樣的視聽整合屬於較低層次的知覺連結，是相當基礎的一種跨感官現象。對於視聽元素之間產生高層次的知覺連結，如色相與音高、亮度與音強等之間的對應，則有待進一步研究。以下幾點建議，提供對於視聽整合有興趣的研究者參考。

### 5.3 後續研究建議

節奏可利用視覺或聽覺的元素形成，例如運用圖形的明暗、大小或聲音的強弱、高低之間的變化而產生。節奏也與情緒的引發有相當大的關聯，例如快節奏令人緊張、慢節奏令人輕鬆，規律的節奏與自由的節奏也予人不同的感受。而節奏也形成結構（見 1.1.4 時間結構之二---節奏）。因此推測視聽覺之間高層次的知覺連結，是否並非視聽元素之間的直接對應，而是視聽時間結構之間的對應？如視聽覺之間的類比並非黑色等於低音、白色等於高音，而是如黑色漸變為白色類似低音漸變為高音。元素在結構之中變化也影響兩種感官的類比，例如黑色漸變為白色與低音漸變為高音感覺相似，而難以與低音快速切換為高音感覺相似。也因此假設高層次的知覺連結與視聽元素的結構有密切的關係。

對於視聽元素結構與共通感覺的關係，Galeyev (1993) 提出多感官的知覺系統的模型(System of multisensorial perception) (參見圖 5-8)。其中具有雙重感官的 homo-perceptor (H-P)將視覺與聽覺、客觀結構與主觀感覺交織連結，Galeyev 所稱的 H-P 應該是神經生理學所說的多感覺神經元，由神經生理學上的研究可以理解模型中的垂直軸向，視覺與聽覺可藉由多感覺神經元整合（見圖 5-8 垂直軸）。但對於水平軸向中，視聽元素的外在結構以多感覺神經元為媒介形成共通的內在感覺，則有待更多的證據支持。不過此模型可看出 Galeyev 也認為視覺與聽覺具有共通的形式(如圖 5-8 方格 8)，並且其結構與視聽覺共通的精神性有相當大的關係（如圖 5-8 方格 7）。對於視聽結構高層次的知覺連結，座標中客觀的左端是我們能整理與探討，因此高層次的知覺研究可兩方面著手：一、視聽覺相似的知覺現象(如圖 5-8 方格 5、6)，二、電影中畫面與音樂對應的形式結構（如圖 5-8 方格 8），說明如下。

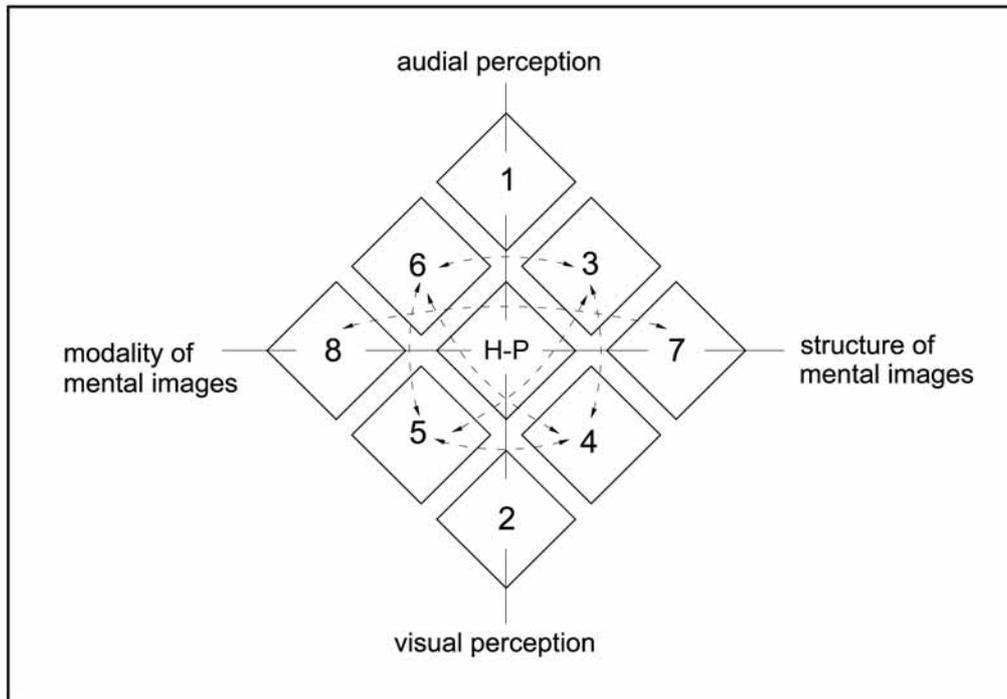


圖 5-8 多感官的知覺系統。X 軸表示視覺與聽覺的外在結構與內在感覺連結，Y 軸表示視覺與聽覺的知覺連結。座標上的方格分別代表：1.聽知覺；2.視知覺；3.大腦聽覺形式(modality)；4.大腦視覺形式；5.視知覺的結構；6.聽知覺的結構；7. 視聽覺共通的心象；8.視聽覺共通的形式結構。方格之間交互關聯，其中 3-4、3-5、4-6 的連結形成共感覺與跨感官整合。(摘自 Galejev, 1993)

### 5.3.1 視聽覺相似的知覺現象

過去心理學實驗曾將視覺與聽覺類似的知覺現象作相互類比，如 Shu 等人 (1993) 等人探討視覺的後效反應(After effect)在聽覺上是否也具有類似的情況。一般常見的視覺後效如互補色的現象，如眼睛盯著紅色的圓點，持續一段時間後看白色的牆壁，會出現綠色的圓點。他們的實驗中，首先給予受試者 1000 Hz → 2000Hz 頻率上升變化的聽覺刺激每秒 2 次，持續一段時間使受試者聽覺疲勞，再給予一段各包含各頻率無音高變化的白色噪音，請受試者判斷於白色噪音中聽到的聲音為上升或下降音，受試者皆表示聽到得到頻率下降的音。另外，他們也以 2000Hz → 1000 Hz 下降音做實驗得到一致的結果，受試者皆表示聽到得到頻率上升的音。此實驗支持聽覺有類似視覺後效的結果，可知視聽覺有相似的知覺現象。另外，後效反應在不同類型的視覺現象都可觀察到，如運動後

效：眼睛持續看往某一方向移動的物體，之後再看一個靜止物體，形成物體往反方向移動的知覺，其他類似的視覺後效包括：視覺深度、曲線、斜線、明度等。若音高的聽覺後效與多種視覺後效產生的知覺相似，則可說明視聽覺之間的類比並非視聽元素直接類比，而是結構的類比。

對於知覺組織的形成，完形心理學對於我們如何將視覺元素組織成圖形、聽覺元素組織成聲音均有豐富的研究。因此也許可藉由兩種感官相似的群化法則找出視聽覺外在結構與內在感覺的關係。如完形理論中提到是我們辨識物件 (objects) 的特徵、重複性與遮蔽物 (occlusion) 形成好的連續，使我們能追蹤移動的物件，即使物件消失一段時間或是改變某些特徵我們仍能辨識出物件，而不致於認為移動的物件是出現時間與空間不同的兩個物件。如圖 5-9 我們藉由辨識白色方塊的顏色與形狀，即使方塊被遮蔽一段時間或改變大小 (參見圖 5-9 右圖)，我們能將小方塊視為同一移動的物件 (Scholl & Pylyshyn, 1999)。此理論也可說明聽覺現象，例如我們聽音樂時突然出現巨大噪音，即使噪音掩蓋音樂一段時間，噪音消失後旋律的音高已改變，由於我們可辨識出遮蔽物 (噪音)，並且能區分旋律與噪音的音色不同，所以我們不會認為消失一段時間的旋律是中斷的，並且能將噪音前後的聲音組織成連續的旋律。類比兩種感官知覺現象，我們可知對於特徵、重複性、與遮蔽物等屬於結構性的知覺，才是使我們將視覺物件與聽覺物件對應的因素。

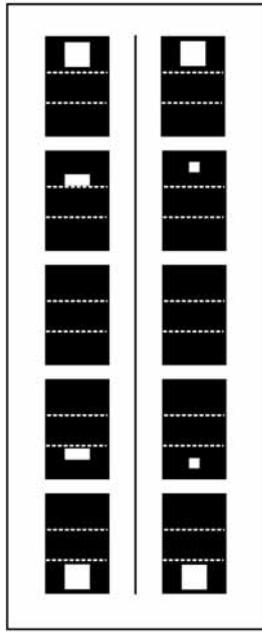


圖 5-9

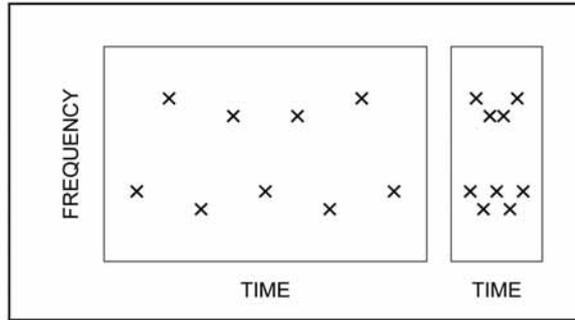


圖 5-10

圖 5-9 完形心理學---好的連續性。為連續的動畫，我們能將圖中的白色方塊視為一個移動的物件，即使如第三格動畫消失一段時間，或是如右圖改變方塊大小，而不會將時間空間不同的方塊視為兩個不同的物件。(摘自 Scholl & Pylyshyn, 1999)

圖 5-10 完形心理學---接近性。將視覺空間對應頻率空間，如右圖空間距離的點接近性群化為兩群；在聲音上，頻率接近的音群化為兩群。(摘自 Bregman, 1990)

對於視覺與聽覺形式結構的類比，Bregman 於《Auditory Scene Analysis》(Bregman, 1990)有深入且合理的論述，其中以視覺的完形法則分析音樂的知覺現象，例如距離相近的物體群化成組，他運用此群化法則將視覺空間比擬為聲音的頻率空間，說明聲音頻率接近性的群化，如慢速彈奏音符形成斷續的音符，但相同音符快速彈奏則音頻率的接近性使音符群化為兩組，形成音高不同的兩條旋律線 (參見圖 5-10)。我們從 Bregman 的論述也可觀察結構對應的視聽元素是否具有類比的視聽知覺？如圖 5-10 左圖分散的點與斷續出現的音符，圖 5-10 右圖距離相近的點群化兩條線與頻率相近的音符群化兩旋律，相似的結構是否與相似的知覺有關。

另外，在視覺上簡單的結構與主觀複雜的心象也有對應性，如圖 5-11 的結構在 David Lean 導演的《齊瓦哥醫生》(Doctor Zhivago, 1965)可見到類似的結構運用，片中音樂為進行曲時鏡頭的設計上大多以直線構圖，出現主題曲《Somewhere my love》的華爾滋舞曲時畫面以雪地上蜿蜒的軌跡構圖（參見圖 5-12）。畫面的構圖如同將圖 5-11 簡單的線結構複雜化。電影的聲音與畫面的結構映射導演的心象，也因此我們可以反過來分析電影的聲音與畫面，探討是否視覺與聽覺具有互通的知覺結構。

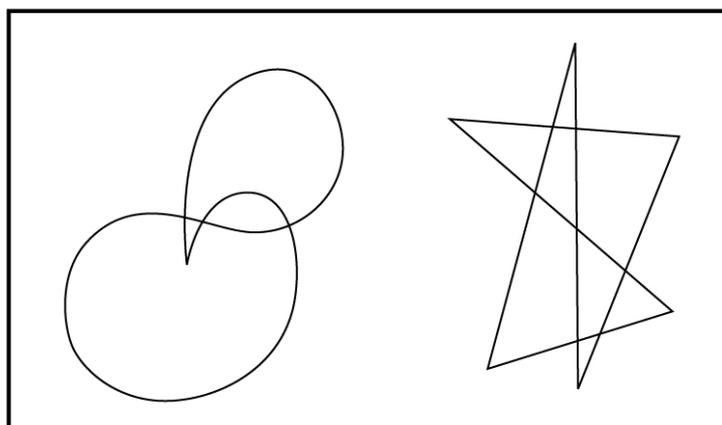


圖 5-11 各種感官有最契合的外在形式。圖中兩種線結構可對應於聽覺上的華爾滋舞曲與進行曲，也可類比為觸覺上的柔軟與尖硬，並且大多數人有相同的對應。(摘自 Galejev, 1993)



圖 5-12 簡單結構與心象的對應。《齊瓦哥醫生》(a) 華爾滋舞曲出現時，畫面為曲線構圖；(b)進行曲出現時，畫面為直線構圖。如同將圖 5-11 的簡單結構複雜化。

### 5.3.2 電影中畫面與音樂的結構對應

Eisenstein 的電影理論中，認為同時呈現結構相似的聲音與畫面可加強劇情的張力，於《亞歷山大·涅夫斯基》(Alexander Nevsky,1938)(參見圖 5-13)可見到嚴格的形式對應，他利用人大多由左向右的動態掃視畫面的特點，請 Prokofiev 根據預先設計好的鏡頭編寫電影配樂，電影冰上戰役的場景中，單音配合旗子或人物而出現；旋律配合背景的輪廓；音調配合色調由明到暗。於第 5 個畫面急遽下降的旋律與畫面險峻的山崖有交融對應之感，也引發戰前的令人恐懼緊張的張力。但其他的畫面這樣的形式契合並不奏效。他忽略了是觀眾並非絕對由左向右掃視畫面，而也並非等速的掃視畫面，也因此聲音與畫面的節奏並不契合。雖然如此，大部分的評論者都贊同 Eisenstein 於《亞歷山大·涅夫斯基》中，對於畫面具有音樂結構與節奏的分析，也可觀察到他對於聲音與影像具有契合形式的理念 (Prendergast, 1992)。

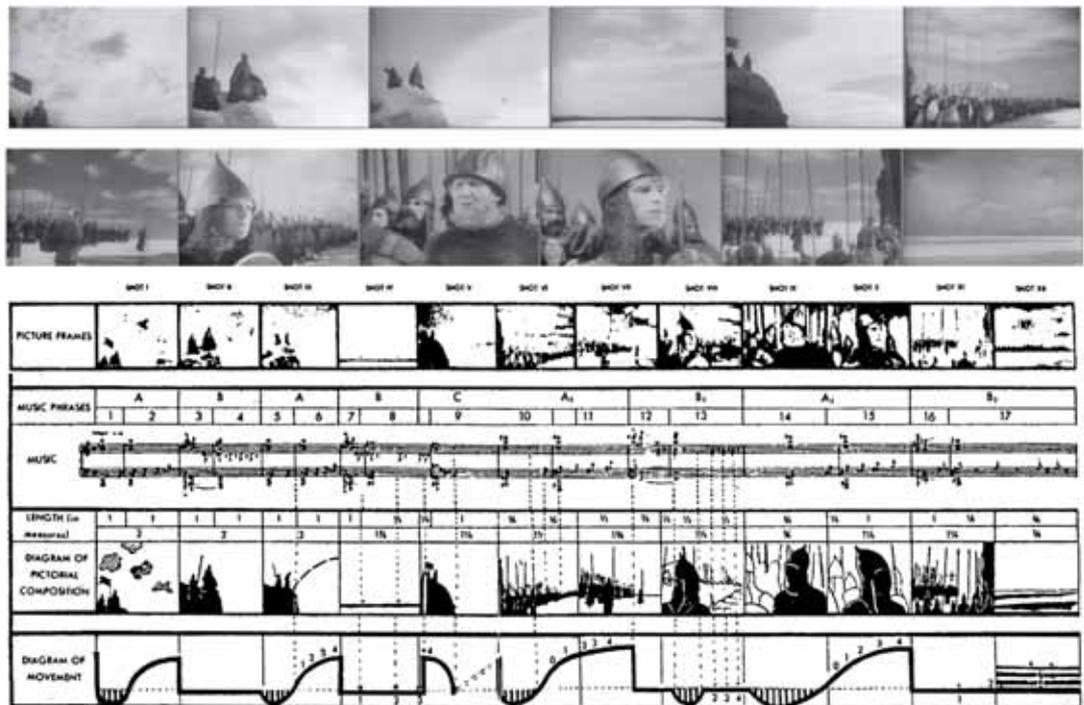


圖 5-13 《亞歷山大·涅夫斯基》畫面與聲音結構嚴格的形式對應。

( 摘自 Prendergast, 1992)

聲音與畫面外在形式契合度是否與加成或減弱視聽感受有關？由近期上映的兩部電影《追殺比爾 2》(Kill Bill Vol.2, 2004)與《鑼鼓喧天》(Drumline, 2002)來說明。兩部電影不約而同的使用了Rimsky Korsakov的《大黃蜂進行曲》(Flight of the bumblebee)，這首曲子以快節奏的半音階模仿大黃蜂飛行時嗡嗡的振翅聲，以大小音量的變化形成有如一群蜜蜂不斷在身旁盤旋的視覺效果。從兩部片運用此音樂的目的不同，可比較出形式不同的聲音與畫面搭配，可造成感官上加成與減弱的效果。在《追殺比爾 2》中鄔瑪舒曼為復仇，遠從美國至東京追殺黑色會老大，場景為鄔瑪的重型機車與黑色會老大的禮車飛馳於公路上，以大黃蜂進行曲為配樂帶有進攻之意，配合《大黃蜂進行曲》急速彈奏的 16 分音符，導演以設計路燈投射於黑色禮車形成急速流洩的光點，與路面上不斷變動的放射線營造出聲音與畫面速度感 (圖 5-14)。而同一首曲目於《鑼鼓喧天》中，劇中亞特蘭大學樂隊在年度校際競賽，指導老師為展現技巧選擇《大黃蜂進行曲》做為競賽曲目，但並未引起觀眾與評審熱烈的迴響，導演為了表現這是個不出色的演出而需削弱音樂張力，在畫面的形式上以固定的長鏡頭運鏡，雖然表現了樂隊的龐大，但整個畫面無明顯動勢 (圖 5-15)。《大黃蜂進行曲》的音樂結構形成聽覺上的速度感，電影的畫面結構如何加成或減弱聲音的效果？分析電影音樂與畫面結構也許我們能找出兩種感官外在形式結構的關係。



圖 5-14 《追殺比爾 2》以燈光和線條快速的變化營造《大黃蜂進行曲》的速度感。



圖 5-15 《鑼鼓喧天》畫面構成的元素 2 動勢不大，削弱《大黃蜂進行曲》的速度感。

1968 年 Whitney 曾以音樂結構與平面結構形式作量化的轉換，製作 10 分鐘的電影《Permutations》(圖 5-16)。參考他的概念應用於影像與聲音的結構的分析，電影的畫面可以利用輔助線找出簡化的結構，而聲音可以利用程式設計，將聲音的振幅、頻率與圖形的色相、形狀等特徵相互對應，不同的對應方式與參數調整計算出不同型態的頻譜圖(圖 5-17)，連續的運算可看到聲音的動態結構，電影畫面簡化的結構與聲音運算出圖形相比較，雖然我們對於構成聲音和影像的知覺並非如此簡化，聽覺與視覺的關係也並非如頻譜圖，直接將音波與光波物理性質的轉化。但這些量化的結構，也許能分析出兩種感官的形式是否有對應之處。以下以黑澤民的《羅生門》(1950)為例，這部電影以陽光穿射森林、暴風、閃電、鼓音及歌聲交織而成，片中描述樵夫進入森的片段中，陽光穿透樹葉形成閃爍的光點，此時音樂搭配節奏契合的鼓點(參見圖 5-18)，閃爍的光點與鼓點是否有結構對應的關係？若將鼓聲計算出的圖形與《羅生門》的畫面構圖相互對照，聲音與畫面之間是否有相似的形式結構(圖 5-17、圖 5-18)。電影中根據畫面設計配樂，或根據音樂設計畫面的例子相當豐富，並且電影也是導演、配樂師、攝影師、剪接師…眾人的心象映射，可藉此分析視覺與聽覺是否具有對應的知覺結構。

找出視覺與聽覺形式的關係，並非建立一個法則，而是我們若能找出視覺與聽覺的對應形式與外在結構與內在感覺之間的軸度，則可藉由視覺與聽覺之間一致、和諧、對比的關係創作反映出心象的作品。

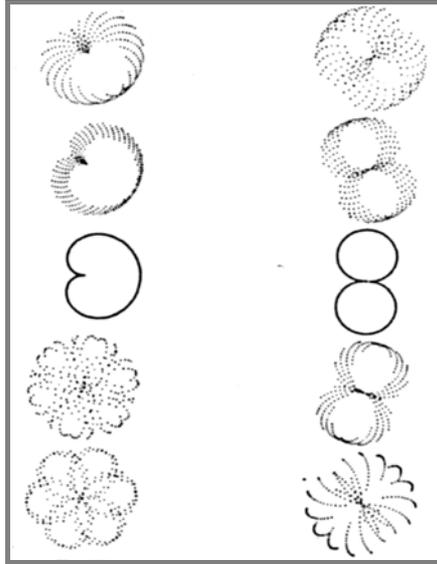


圖 5-16 《Permutations》。音樂結構與平面結構形式作量化的轉換，製作 10 分鐘的電影。

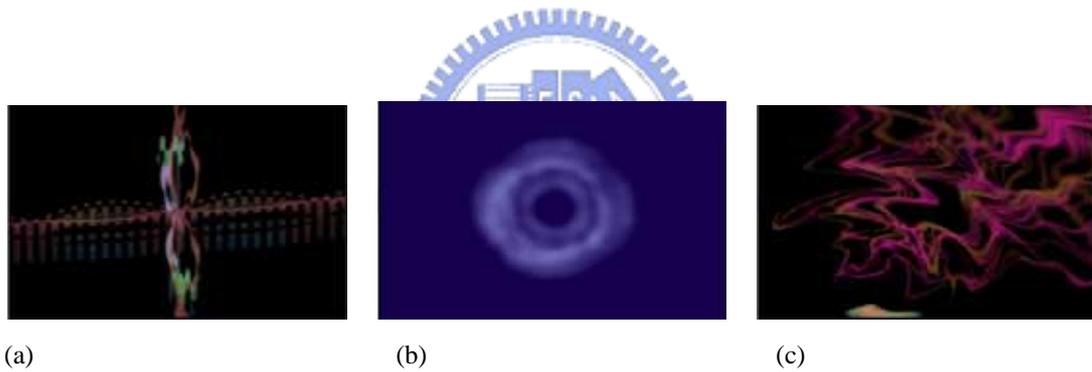


圖 5-17 以相同的鼓聲計算出不同的圖形。



圖 5-18 《羅生門》。光點形成節奏與鼓聲對應，光點的形式與圖 5-17 (b) 運算鼓聲的圖形有相似的結構。

## 參考文獻

中文部分

- Barr M.L. & Kiernan J.A. (1972) *The Human Nervous System An Anatomical Viewpoint, 6th.*, USA: J.B. Lippincott Company. 徐淑媛、陳金山譯 (1995), *巴氏神經解剖學 第六版*, 台北：藝軒出版社。
- Carter, R. (1998) *Mapping the Mind*. 洪蘭譯(2002), *大腦的秘密檔案*, 台北：遠流出版社。
- Baudelaire (1857) *Les Fleurs du mal*. 莫渝譯 (1985), *惡之華*, 台北：志文出版社。
- Kandinsky (1952) *Über das Geistige in der Kunst*. Germany: Gerd Hatje, Stuttgart. 吳瑪俐譯 (1955), *藝術家的精神性*, 台灣：藝術家出版社。
- 王署君 (1998) 宋秉文等著, *神經生物學淺談*, 台北：台灣書店。
- 吳斌 (1997) 陳朗主編, *世界藝術三百題*, 台北：建宏出版社。
- 修海林等著 (2002) *西方音樂欣賞*, 台北：五南出版社。

## 參考文獻

### 英文部分

- Allman, J.M. (2000) *Evolving Brains*. NY: Scientific American Library.
- Anderson, J.R., Matessa, M., & Lebiere, C. (1997) ACT-R: A theory of higher-level cognition and its relation to visual attention. *Human-Computer Interaction* 12: 439-462.
- Békésy, G.V. (1929) Zur Theorie des Hörens. *Physikalische Zeitung*, 30, 118ff.
- Bertelson, P. & Radeau, M. (1981) Cross-modal bias and perceptual fusion with auditory-visual spatial discordance. *Percept Psychophys* 29:578-584
- Bordwell, D. & Thompson, K. (2001) *Film art :an introduction*. 6th ed. NY: McGraw Hill.
- Bowers, F. (1995) Poem of Ecstasy and Prometheus: Poem of Fire, in full score. A.. *Scriabin*. New York: Dover Publ., Inc., 1995, p.114
- Bregman, A.S. (1990) *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Broadbent, D.E. (1958) *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Bushara, K.O., Grafmanand J., & Hallett, M. (2001) Neural correlates of auditory-visual stimulus onset asynchrony detection. *The Journal of Neuroscience*, January 1, 21(1):300-304
- Butler, D. (1992) *The Musician's Guide to Perception and Cognition*. NY: Schirmer Books.
- Card, S.K., Moran, T.P., & Newell, A. (1983) *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- Cytowic, R.E. (1989) *Synesthesia: A Union of the Senses*. NY: Springer Verlag.
- Darwin, C.J., Turvey, M.T., & Crowder, R.G. (1972). An auditory analogue of the Sperling partial report procedur: Evidence for brief auditory storage. *Cognitive psychology*, 3,255-267.
- Ettlinger, G. & Wilson, W.A. (1990) Cross-modal performance: behavioral process, phylogenetic cosiderations and neural machannisms.*Behav Brain Res*, 40:169-192.
- Galeyev, B. & Vanechkina, I. (2001) Was Scriabin a synaesthete? *Leonardo*, V. 34, No. 4, pp. 357-361.

- Galeyev, B. (1993) Synesthesia and musical space. *Leonardo*, V.26, No. 1, pp.76-78.
- Gann, K. (1993) La Monte Young's the well-tuned piano, *Perspectives of New Music*, V. 31, No. 1
- Godfrey, S. (2001). Strangers in the park: Manet, Baudelaire, and Lamusique aux Tuileries, in  
*Baudelaire and the poetics of modernity*, ed. by Ward P.A., USA: Vanderbilt University  
 Press.
- Hillstrom, A.P. & Yantis, S. (1994). Visual attention and motion capture. *Perception and  
 Psychophysics* 55(4): 399-411.
- Kieras, D.E. & Meyer, D.E. (1997) An overview of EPIC architecture for cognition and performance  
 with application to human-computer interaction. *Human-Computer Interaction* 12:  
 391-438.
- King, A.J. & Calvert, G. A. (2001) Multisensory integration: perceptual grouping by eye and ear.  
*Current Biology*, 11: R322-R325.
- King, A.J. & Hartline, P.H. (1999) Multisensory convergence. in *Encyclopedia of Neuroscience*.  
 Edited by Adelman G, Smith BH. 2nd edition. Amsterdam: Elsevier Science, 1236-1240.
- King, A.J. & Palmer, A.R. (1985) Integration of visual and auditory information in bimodal neurons  
 in the guinea-pig superior colliculus. *Exp Brain Res*, 60:492-500.
- Lewkowicz, D.J. (2000) The development of intersensory temporal perception: epigenic systems /  
 limitations view. *Psychol Bull*, 126:281-308.
- McGurk, H. & MacDonald, J. (1976) Hearing lips and seeing voice. *Nature* 264: 764- 784.
- Meredith, M.A. & Stein, B.E. (1996) Spatial determinants of multisensory integration in cat superior  
 colliculus neurons. *J Neurophysiol*, 75:1843-1857.
- Meredith, M.A., Nemitz, J.W., & Stein, B.E. (1987): Determination of multisensory integration in  
 superior colliculus neurons. I. Temporal factors. *J Neurosci*, 7:3215-3229.
- Mertens, W. (1983) American minimal music: La Monte Young, Terry Riley, Steve Reich, Philip Glass  
 & trans. by Hautekiet, J., London :Kahn & Averill.

- Meyer-Eppler, W. (1954) Mathematische-akustische Grundlagen der elektrischen Klang-Komposition. *Technische Hausmitteilungen des Nordwestdeutschen Rundfunks*, 6, 29-39. English trans. By H.A.G. Nathan, The Mathematical-Acoustical Fundamentals of Electrical Sound Composition, *Technical Translation TT-608*, Nation Reserch Council of Canada.
- Neisser, U. (1967) *Cognitive psychology*, New York: Appleton-Century-Crofts.
- Norman, D.A. & Bobrow, D.G. (1975) On data-limited and resource-limited Process. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Pettersson, R. (1999) Attention –an information design perspective. International Institute for Information Design (IIID), Vienna, Austria, 1999.
- Prendergast, R.M. (1992) *Film music: a neglected art: a critical study of music in films*. NY: Norton & Company.
- Roskies, A.L. (1999) The binding problem. *Neuron* 1999,24:7-9.
- Scholl, B.J. & Pylyshyn, Z.W. (1999) Tracking multiple items through occlusion: cues to visual objecthood. *Cognitive Psychology*, 38, 259-290.
- Scholl, B.J. (2001) Objects and attention: the state of the art. *Cognition*, 80, 1- 46.
- Sperling, G. (1960) The information available in brief visual perception. *Psychological Monographs*, 74, No.498.
- Stanley S.S. & Hallowell D. (1983) *Hearing its psychology and physiology*, pp. 155-159. USA: American institute of physics.
- Stein, L. (1979) *Structure & style: the study and analysis of musical forms*. Princeton, NJ: Summy-Birchard Music.
- Stedel, U. (1933)Über Empfindungen und Messung der Lautstärke. *Zeitschrift für Hochfrequenz Technik und Electrotechnik*, 41,116ff.
- Shu, Z. J., Swindale, N. V., & Cynader M.S. (1993) Spectral motion produces an auditory after-effect. *Nature*, Vol.364: 721-723.

Torres, L. & Kamhi, M.M. (2000) *What Art Is: The Esthetic Theory of Ayn Rand*. UAS: Open Court Publishing Company.

Vanechkina, I. (1994) Musical graphics as an instrument for musicologists and educators. *Leonardo*, Vol.27, No. 5, pp. 437-439.

Ware, C. (2000) *Information visualization: perception for design*. San Francisco: Morgan Kaufman.



## 附 錄

### 實驗數據雙因子變異數分析(2-Way ANOVA)

附錄表 1 前測實驗：視聽節奏一致與不一致

摘要	個數	總和	平均	變異數
JI_01	2	644	322	242
JI_02	2	645	322.5	24.5
KU_01	2	583	291.5	180.5
KU_02	2	576	288	2
MU_01	2	598	299	578
MU_02	2	582	291	200
MO_01	2	651	325.5	84.5
MO_02	2	649	324.5	0.5
SH_01	2	578	289	128
SH_02	2	568	284	32
VI_01	2	608	304	392
VI_02	2	604	302	162
視聽節奏一致	12	3691	307.5833	385.9015
視聽節奏不一致	12	3595	299.5833	269.1742

#### ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	5563.833	11	505.803	3.388449	0.027243	2.817927
欄	384	1	384	2.572473	0.137041	4.844338
錯誤	1642	11	149.2727			
總和	7589.833	23				

附錄表 2 前測實驗：視聽節奏一致與無聲

摘要	個數	總和	平均	變異數
JI_01	2	680	340	98
JI_02	2	643	321.5	40.5
KU_01	2	596	298	18
KU_02	2	576	288	2
MU_01	2	623	311.5	40.5
MU_02	2	565	282.5	4.5
MO_01	2	664	332	0
MO_02	2	656	328	18
SH_01	2	596	298	2
SH_02	2	569	284.5	40.5
VI_01	2	635	317.5	0.5
VI_02	2	591	295.5	12.5
視聽節奏一致	12	3691	307.5833	385.9015
無聲	12	3703	308.5833	410.2652

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	8486.833	11	771.5303	31.31673	1.07E-06	2.817927
欄	6	1	6	0.243542	0.631364	4.844338
錯誤	271	11	24.63636			
總和	8763.833	23				

附錄表 3 前測實驗 RSVP 節奏 1：視聽節奏一致與不一致

摘要	個數	總和	平均	變異數
JI	2	644	322	242
KU	2	583	291.5	180.5
MU	2	598	299	578
MO	2	651	325.5	84.5
SH	2	578	289	128
VI	2	608	304	392
視聽節奏一致	6	1897	316.1667	226.9667
視聽節奏不一致	6	1765	294.1667	277.3667

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	2368.667	5	473.7333	15.48148	0.00461	5.050339
欄	1452	1	1452	47.45098	0.000987	6.607877
錯誤	153	5	30.6			
總和	3973.667	11				

附錄表 4 前測實驗 RSVP 節奏 1：視聽節奏一致與無聲

摘要	個數	總和	平均	變異數
JI	2	680	340	98
KU	2	596	298	18
MU	2	623	311.5	40.5
MO	2	664	332	0
SH	2	596	298	2
VI	2	635	317.5	0.5
視聽節奏一致	6	1897	316.1667	226.9667
無聲	6	1897	316.1667	405.7667

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	3004.667	5	600.9333	18.89727	0.002912	5.050339
欄	0	1	0	0	1	6.607877
錯誤	159	5	31.8			
總和	3163.667	11				

附錄表 5 前測實驗 RSVP 節奏 2：視聽節奏一致與不一致

摘要	個數	總和	平均	變異數
JI	2	645	322.5	24.5
KU	2	576	288	2
MU	2	582	291	200
MO	2	649	324.5	0.5
SH	2	568	284	32
VI	2	604	302	162
視聽節奏一致	6	1794	299	445.2
視聽節奏不一致	6	1830	305	244.4

ANOVA						
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	3135	5	627	10.01597	0.012199	5.050339
欄	108	1	108	1.72524	0.24606	6.607877
錯誤	313	5	62.6			
總和	3556	11				

附錄表 6 前測實驗 RSVP 節奏 2：視聽節奏一致與無聲

摘要	個數	總和	平均	變異數
JI	2	643	321.5	40.5
KU	2	576	288	2
MU	2	565	282.5	4.5
MO	2	656	328	18
SH	2	569	284.5	40.5
VI	2	591	295.5	12.5
視聽節奏一致	6	1794	299	445.2
無聲	6	1806	301	358.8

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	3914	5	782.8	36.92453	0.000596	5.050339
欄	12	1	12	0.566038	0.485727	6.607877
錯誤	106	5	21.2			
總和	4032	11				

附錄表 7 正式實驗：視聽節奏一致與不一致

摘要	個數	總和	平均	變異數
CH_01	2	472	236	7200
CH_02	2	514	257	8450
CU_01	2	504	252	4608
CU_02	2	556	278	3528
JI_01	2	548	274	512
JI_02	2	640	320	72
MO_01	2	570	285	2450
MO_02	2	568	284	200
NO_01	2	462	231	4418
NO_02	2	458	229	6498
OC_01	2	526	263	4802
OC_02	2	524	262	2048
視聽節奏一致	12	3638	303.1667	259.2424
視聽節奏不一致	12	2704	225.3333	1883.879

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	15136.5	11	1376.045	1.793885	0.173382	2.817927
欄	36348.17	1	36348.17	47.38537	2.64E-05	4.844338
錯誤	8437.833	11	767.0758			
總和	59922.5	23				

附錄表 8 正式實驗 RSVP 節奏 1：視聽節奏一致與不一致

摘要	個數	總和	平均	變異數
CH	2	472	236	7200
CU	2	504	252	4608
JI	2	548	274	512
MO	2	570	285	2450
NO	2	462	231	4418
OC	2	526	263	4802
視聽節奏一致	6	1796	299.3333	228.2667
視聽節奏不一致	6	1286	214.3333	1135.067

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	4501.667	5	900.3333	1.944564	0.241502	5.050339
欄	21675	1	21675	46.81425	0.001018	6.607877
錯誤	2315	5	463			
總和	28491.67	11				

附錄表 9 正式實驗 RSVP 節奏 2：視聽節奏一致與不一致

摘要	個數	總和	平均	變異數
CH	2	514	257	8450
CU	2	556	278	3528
JI	2	640	320	72
MO	2	568	284	200
NO	2	458	229	6498
OC	2	524	262	2048
視聽節奏一致	6	1842	307	306.8
視聽節奏不一致	6	1418	236.3333	2719.067

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
列	9314.667	5	1862.933	1.601926	0.308846	5.050339
欄	14981.33	1	14981.33	12.88237	0.015721	6.607877
錯誤	5814.667	5	1162.933			
總和	30110.67	11				