

第四章、研究方法與步驟

本研究主要採用實驗問卷量測，在進行了多次的小規模前測後，得到許多受測者回饋，把回饋經驗融入實驗中，讓實驗過程更完整。本章除了說明實驗過程中的方法與步驟，並根據第三章軟體分析的部分，將聲音的特性做分解，找出聲音物理特性對於人感知部分的相關資訊，將聲音物理資訊以數值的方式呈現，利用得知的數值做統計上的分析，以更客觀地將聲音物理性質與人類感知做聯結，也將無形的聲音特質數值化，以便後續的發展與的應用。

4.1 聲音認知實驗規劃

在實驗器材設備準備妥當後，進行聲音感性知覺實驗。在正式實驗之前，經過三次前測，以收集受測者的回饋反應，藉此修正實驗設計，使實驗更趨合理與可行。在經過多次前測之修正後，以最後修正的實驗設計與流程進行實驗。

4.1.1 實驗流程

實驗環境的佈置能第一印象的引導受測者行爲，良好的環境與週全的準備，都能讓受測者心無旁騖的進行實驗。

進行前測或是正式實驗時，都必須依循著相同操作流程，讓前測與正式實驗的過程有一致性，讓受測者對於實驗流程熟悉而專心受測。

實驗過程中，可從中觀察受測者對於實驗的反應與耐心程度等，作為重要的回饋資訊。

圖 4.1 為實驗流程，流程中分為三個階段。

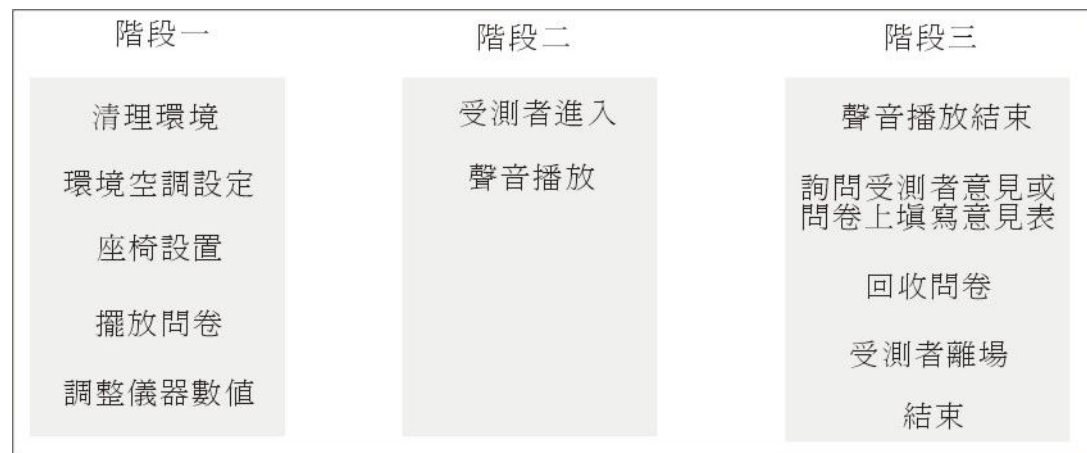


圖 4.1，實驗流程

階段一

整理四周環境整潔，並且在實驗開始前將室內空調開啓，調整空調之功能，將空調產生的聲音降低，減低對於聆聽的干擾。將受測者的位子事先固定擺置妥當，並且將問卷放置在每個正確桌子上，引導受測者自然而然的在限定的位子上坐下，在正確的方位上接受實驗。等一切安置妥當，接著調整實驗中的儀器，設定好相同的數值，讓播放的條件相同。

階段二

請受測者依序進入聆聽室，並在規定的位子上就坐，帶領閱讀問卷注意事項，並且示範播放程序與作答的時間快慢，讓受測者能先了解到實驗聲音播放的速度，等待就緒即播放聲音樣本。在 45 分鐘實驗的過程，研究者安靜的坐在聆聽室中，在第五題形容詞語彙時，將中場詢問是否需要休息，以防止受測者疲勞現象產生。

階段三

聲音樣本播放結束後，詢問受測者對於實驗的建議與看法，對於實驗過程能做立即性的調整。之後，回收問卷並且發放小禮物，即結束實驗。

4.1.2 實驗前測

掌握上述基本的實驗流程，本研究接者進行多次小規模前測，從中修正實驗模型，提高實驗準確度。

第一次前測：

受測人數：10 人

聲音樣本數：20 個

形容詞語彙：20 個

實驗環境與方式：以受測者方便為主，將聲音樣本與問卷以電子檔案方式傳送，請受測者自行按照問卷解說進行實驗。聲音為 wav 檔格式，使用 Windows Media Player 軟體播放，結束後在將資料回傳。

經驗回饋：

(優點)

- * 將聲音轉檔以電子檔案方式傳送，能快速的多人各自同時進行實驗。
- * 受測者的族群較為廣大。
- * 受測者時間安排彈性高，接受受測意願高。

(缺點)

- * 因為利用網路傳送檔案，檔案格式必須壓縮以便提高傳輸的速度，波形採樣極有可能因此失真。
- * 在使用各自不同的播放硬體，聲音的品質難以掌握，聆聽的感覺亦會受到影響。
- * 實驗環境條件不齊，影響的變數過多。
- * 過多的形容詞與聲音樣本數，在沒有人監督與激勵的狀態下，受測者容易失去耐心而導致隨意填寫問卷。
- * 形容詞語彙解讀有所困難時，無專家在旁加以解釋。

第一次前測後導正：

- * 聲音樣本數的進一步掌握。
- * 形容詞語彙過多，進一步篩選選出較有代表性的。
- * 實驗環境的統一，降低外在因素干擾。
- * 播放器材進一步要求，以提高聲音品質的傳達。



第二次前測：

受測人數：7 人

聲音樣本數：45 個

形容詞語彙：10 個(與第一次前測所使用的形容詞有部分不同)

實驗環境：實驗時間為下午時段，地點為聆聽室，以相同的設備器材播放聲音樣本，受測者在一定的時間內，在相同環境條件下填寫形容詞語彙量表問卷。

經驗回饋：

(優點)

- * 在有隔音牆設備的聆聽室進行實驗，達到良好的聆聽環境。
- * 專業播音器材，優越的將聲音真實的呈現，讓每個受測者能接收到相同品質的聲音。
- * 形容詞語彙減少，降低受測者的不耐心。



(缺點)

- * 下午時段周圍聲音過多，容易影響聆聽室內部實驗。
- * 受測者參與實驗的時間配合度較難掌握。
- * 聲音樣本數過多，易造成作答上的遺漏。
- * 受測者能感到實驗數量過於龐大。
- * 部分形容詞語彙無法與金屬敲擊聲做完整的聯結。

第二次前測後導正：

- * 將實驗盡量改在晚上時段進行，降低外在環境噪音的干擾。
- * 再度篩選較有鑑別度之聲音樣本。
- * 歸納統計出顯著性較高的形容詞語彙，使用高顯著形容詞，讓受測者容易解讀含意。

第三次前測：

受測人數：5 人

聲音樣本數：40 個(從第二次前測中篩選不適當聲音樣本)

形容詞語彙：10 個(從第二次前測中修改部分形容詞)

實驗環境：實驗時間為晚上時段，地點為聆聽室，以相同的設備器材播放聲音樣本，受測者在一定的時間內，在相同環境條件下填寫形容詞語彙量表問卷。

經驗回饋：

(優點)

- * 聲音樣本與形容詞語彙數量合宜，不超出受測者耐心範圍。
- * 晚上時段無外在環境噪音，讓受測者能專心於實驗聲音的聆聽。
- * 相同設備下，保持每個受測者聆聽的品質。

(缺點)

- * 聲音的播放速度的合適性因人而異，應找出適合的播放速度。
- * 聲音樣本數過多，聆聽上容易產生順序上的錯誤。
- * 問卷上欄位數過多而容易混淆，造成問卷空白或是號碼樣本填錯的事件。
- * 由於多次重複聆聽而對聲音樣本產生記憶性。

第三次前測後導正：

- * 問卷格式以十個樣本數為一單位，中間以空白空間以茲區分。
- * 調整每個聲音之間的空白間距(1.5~2 秒)，讓聆聽過程更順暢。
- * 以亂數方式隨機播放聲音樣本，避免受測者因對於重複的聲音有記憶性而失去敏銳度。
- * 以五個聲音樣本為單位，中間將會有提示下一個播放聲音樣本的號碼，如：「一到五」、「五到十」…。
- * 播放聲音前先給予三個樣本聲音聆聽，讓受測者習慣播放速度。

- * 依據前後左右喇叭的播放方位與距離，選擇出適合聆聽之座位，以便控制相同的聆聽環境因素。
- * 考量受測者耐心度，斟酌調整實驗時間長度。

經由前三次的小規模前測後，將受測者意見回饋，逐步修正實驗方始與程序，進而著手進行正式的實驗。

4.1.3 實驗總修正

經由三次前測實驗整體修正要點如下：

- * 實驗時段為傍晚。
- * 實驗地點為聆聽室(第三章有聆聽室空間詳細介紹)。
- * 統一播放器材設備(第三章有設備規格詳細介紹)。
- * 規定受測者座位，控制聲音播放時傳達的方位。
- * 每個聲音樣本間隔 1.5 秒播放，每五個聲音為一單位，中間有提示下一個單位號碼個數，以便掌握進度。
- * 十組形容詞進行中的聲音樣本順序，以隨機播放，避免因對於聲音的熟悉感而失去敏感度。
- * 進行實驗前，先帶領受測者解讀各形容詞語彙，以確保大家都能明確感受到形容詞的意義。
- * 可依照受測者狀況，於實驗中間給予休息時間。
- * 嚴禁實驗過程有外界人事物打擾。

4.2 聲音物理屬性分析

為進一步探討聲音意象感受與聲音構成的關係，本研究將每個聲音解析，以讓聲音的物理屬性能與受測者感性意象做聯結。

4.2.1 波形分類

本研究最初廣泛收集 140 個金屬敲擊聲(其中包含 40 至 50 個榔頭敲擊聲)，經專家從中篩選出 80 個聲音。在第二章文獻探討中指出，波形大約為音色、音質的表現型態。一般人較能以音色作為分類的第一動作，因此本研究請交大音樂所兩位碩士班同學，以人耳聽覺的方式將 80 個聲音依的音色(波形)作分類。

首先，依照波形分六類組：「三角形」、「突增三角形」、「漣漪形」、「多邊形」、「橢圓形」、「其他」，在由專家小組針對 80 個聲音依其波形進行歸類。再從此六類組中篩選出 40 個鑑別度較高的聲音作為樣本，最後為：

「三角形」19 個、「急漸三角形」22 個、「漣漪形」8 個、「多邊形」14 個、「橢圓形」8 個、「其他」9 個。

(由於類組名稱為研究者自行命名，將在後續呈現圖示以助了解。)

在每一類組中的聲音，雖然擁有較為相近的波形，但是在聽覺上，仍會因其他因素的影響，而造成不同的聽覺感受。也就是說波形並不能完全涵蓋聽覺的感受。在下一階段，我們將 40 個樣本再依照受測者給予的形容詞評價分數再次進行歸類，並進一步分析各類群的相關性。

圖 4.2 「三角形」波形、圖 4.3 「急漸三角形」波形、圖 4.4 「漣漪形」波形、
圖 4.5 「多邊形」波形、圖 4.6 「橢圓形」波形、圖 4.7 「其他」波形、
(40 個聲音樣本之波形圖，參照附件四)

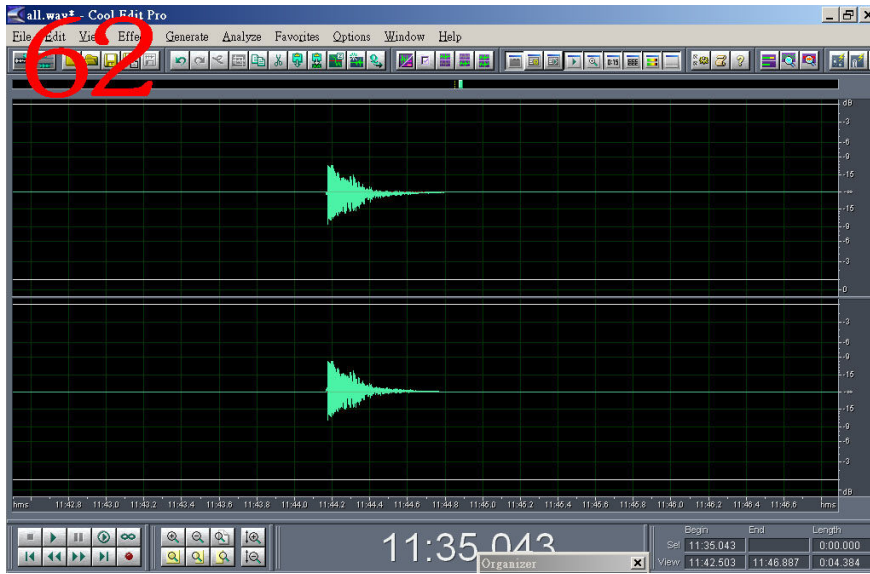


圖 4.2,「三角形」波形

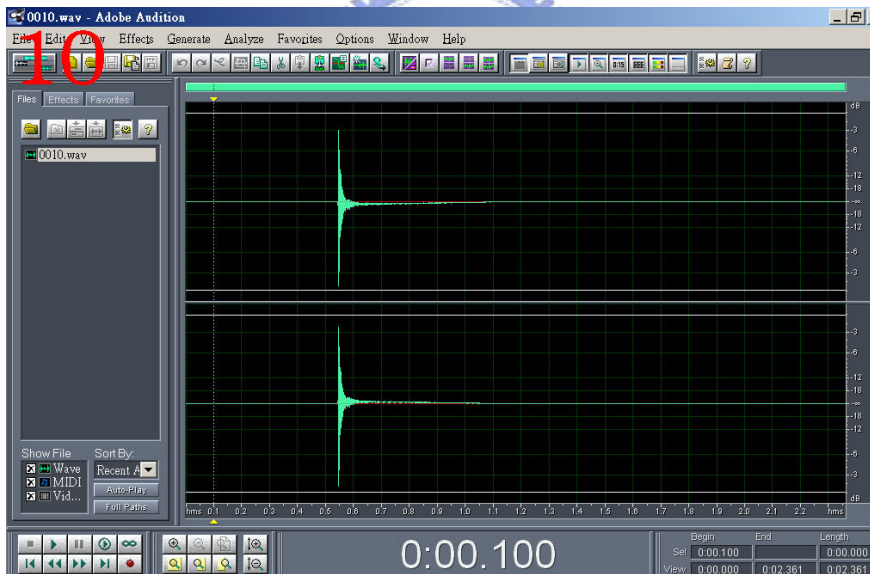


圖 4.3,「急漸三角形」波形

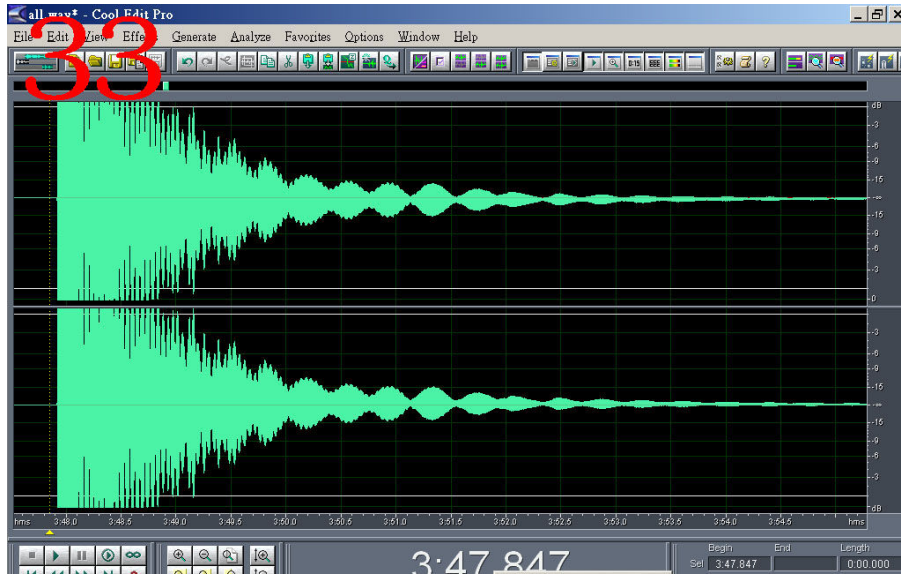


圖 4.4,「漣漪形」波形

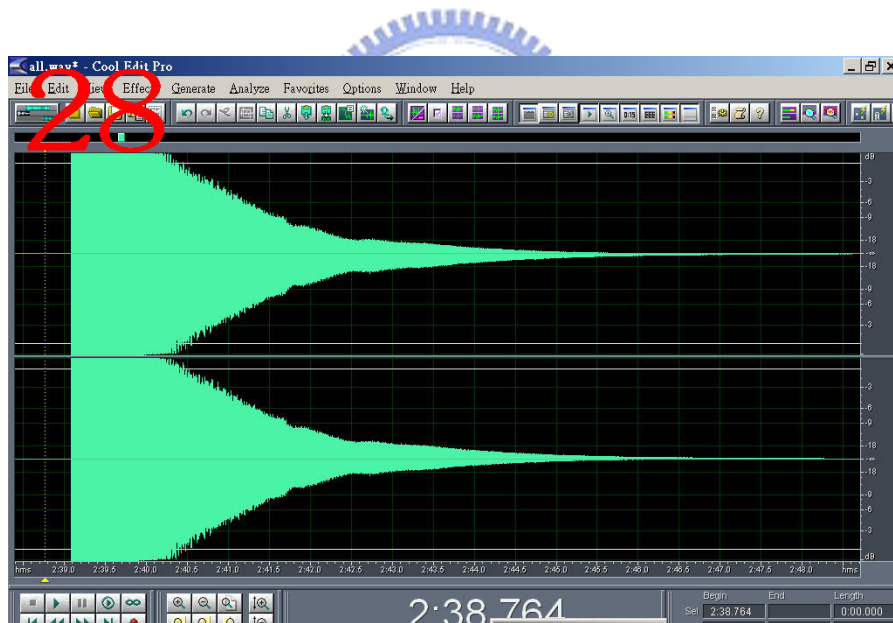


圖 4.5,「多邊形」波形

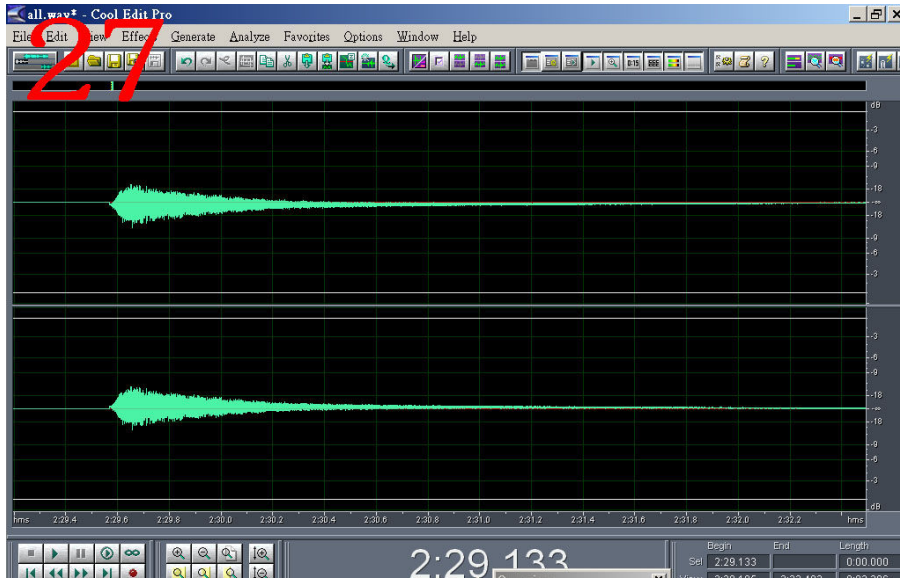


圖 4.6,「橢圓形」波形

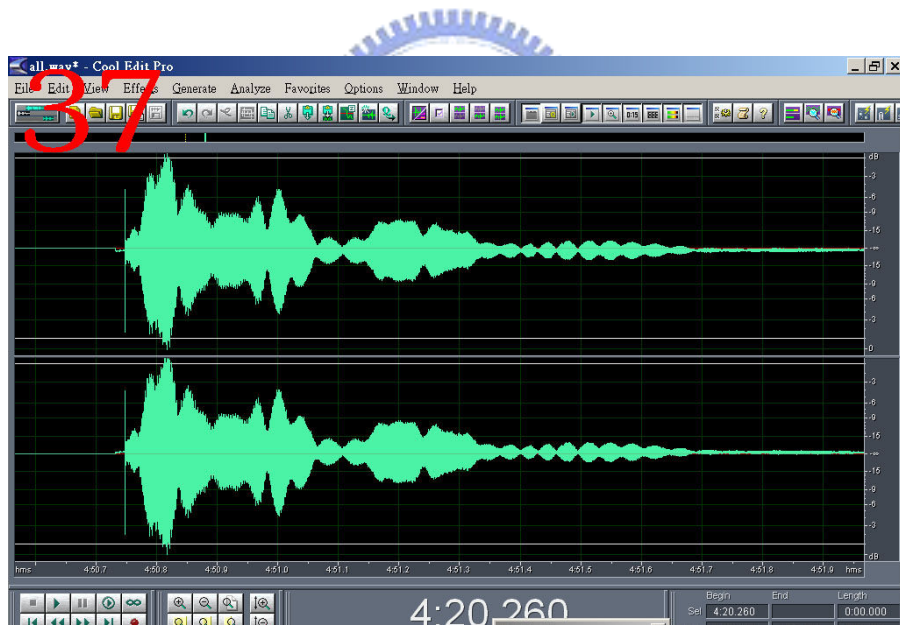


圖 4.7,「其他」波形

4.2.2 重要的聲音物理屬性

根據文獻與聲學物理學的探討，聲音的最主要構成，也是對人類聽覺感知最明顯的特徵為：頻率(音高)、振幅(音量)、波形(音色)、時間(旋律)。除了針對這四項基本的重要特徵外，本研究在與聲音解析專家(交大電信所博士班江同學)的討論下，進一步找出了更多可能影響聽覺感受的聲音物理特質，以期能更周全地描繪影響人音感的所有聲音物理特質。以下分別為本研究所歸納之重要聲音物理屬性的介紹。

(1) 總時間(sec)

原始聲音經過處理，把環境背景雜音消除後，從聲音一開始的波形起伏開始紀錄，到最後音量衰減為零，整個過程的時間為總時間。時間以秒為單位。

(2) 總音量(dB)

音量是個累積形式而成的能量，從一開始到最後能量消退，總時間內所累積的能量稱之為總音量。單位為分貝(dB)。



(3) 最高音量(dB)

在總時間內，音量的累積過程中，分貝數值的最高點的音量為最高音量。單位為分貝(dB)。

(4) 共振點數

物質藉由撞擊動作會產生本質上的震動，震動的行為會使周圍空氣分子擠壓而改變其密度大小，音波藉由空氣分子作為介質，將此震動傳動，即造成聲波傳遞。單一共振點為較簡單的單音波傳遞，而當音波有數個共振點數，其所產生的音波將會相互消長。隨著共振點能量大小，最後所呈現的聲波會不盡相同；給人的感覺也就會隨波形不同而異。

(5) 主要共振點數

共振點數的多寡，代表物件的產生震動部位的多寡。在眾多共振點中，往往能量較大的共振點，較能決定最終的波形型態。因此，本實驗將探討能量較高的幾個主要共振點數，分析其是否對於整體波形有所影響。從圖 4.8 中從能量的分布看出共振點數。

(6) 主次共振點能量面積比

藉由分析軟體能將波形圖轉換為色彩能量圖，從色彩的表示可得知共振點的能量大小(白色為能量最強，接著為黃色、橘色、紅色、紫色及黑色，黑色)。因此可以得知最主要能量產生的共振點數為多少，並可由色彩的面積，求得主次共振點數的面積比，了解主次之間的影響。圖 4.8 為共振點數之能量面積。

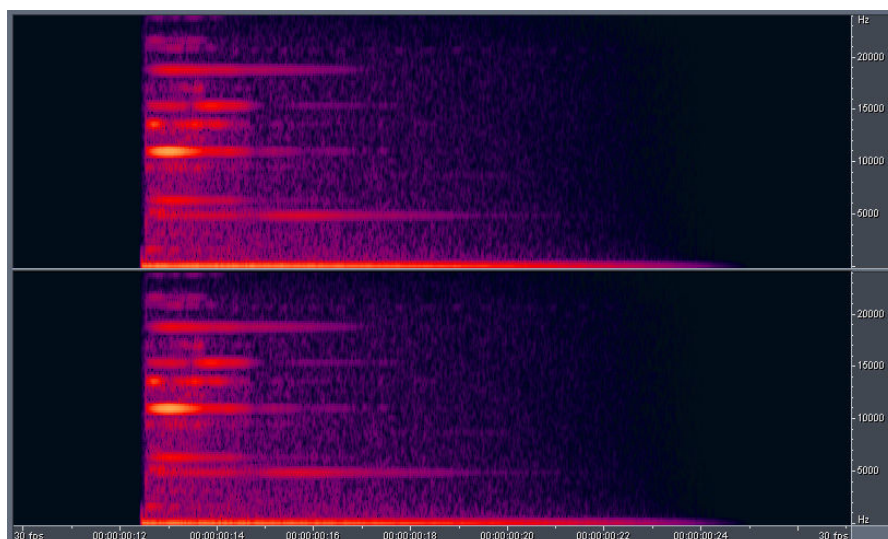


圖 4.8，彩色頻譜圖

(7) 主頻率(Hz)

在彩色頻譜圖中，能量最高與共振時間最長者定義為主頻率。

(8) 次頻率(Hz)

在彩色頻譜圖中，能量次高與共振時間為次長者定義為次頻率。

(9) 倍頻關係

在主次頻率之間若有倍頻(整數倍)關係，在聲音的特質上就較為和諧，能給人舒服的感覺，好比音樂上的和絃音。所謂的倍頻如：400Hz 與 800Hz、200Hz 與 2000Hz 為具倍頻關係。

(10) 主次頻率間距(Hz)

以能量強弱區分出主次頻率後，計算其間的頻率間距，以探討此間距之大小對於聽覺感知是否有影響。

依照上述歸納的特質，本實驗將針對受測的每一個聲音分析，將無形的聲音以數據化的方式呈現，以作為歸類與篩選動作的依據。從音色(波形)分類的六群中(「三角形」、「突增三角形」、「漣漪形」、「多邊形」、「橢圓形」、「其他」)，又可依照此物理特質進一步的分類，例如：頻率高低、共振點數多寡、主次頻率間距等等，將類組逐漸的細分，並且與實驗數據做統計分析，找出聲音物理特質與人類聽覺感知的相關性。聲音特質與人類聽覺感知關係之分析，將在第五章詳細說明。表 4.1 為其中一例，受測聲音樣本，依上述特質分析所得的數值。附件四為物理屬性數值表。

表 4.1，受測 40 個聲音樣本之物理屬性數值表(其中一例)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	總分貝(dB)	總時間(Sec)	最高分貝(dB)	共振點數	主要共振點數	共振點能量面積比	主頻率(Hz)	次頻率(Hz)	倍頻關係	主、次頻率間	
26											
27											
28											
29	漣漪8										
30	44	-36.12	9.087	-15.88	2	1		200		有	
31	107	-27.81	3.279	-0.77	4	4	0.461	3000	5000	有	2000
32	109	-22.18	1.772	-0.495	4	2	0.363	4000	7000	有	3000
33	130	-18.53	3.689	-0.265	1	面	面	low	低面	面	面
34											
35											
36	多邊14										
37	28	-11.02	9.269	-0.435	6	5	1.016	3000	1000	有	2000
38	38	-15.8	2.626	0.015	15	2	0.5	3000	8000	有	5000
39	49	-19.03	2.736	0.02	6	4	0.96	500	2000,4000,6000	有	1.5 3.5 5.5K
40	75	-6.68	0.335	0.015	9	1				有	
41	84	-13.39	0.39	0.01	7	多	條	1000	中條	有	條
42	87	-10.85	0.707	0.015	9	多	條	500	中條	有	條
43	97	-13.01	0.802	0.005	3	多	面	2000	中高面	面	面
44											
45											
46	橢圓8										
47	27	-33.41	3.404	-12.59	4	2	1.54	5000	3000	有	2000
48	30	-36.95	3.184	-16.515	3	3	10.5:4.5:3.5		7500 10000	有	5 7.5
49	93	-38.22	0.272	-19.63	6	5	0.8	11000	13500	無	2500
50	114	-20.79	0.324	-0.055	1	2	0.6	500	2500	無	2000
51											

4.3 正式實驗

在經過 4.1.3 實驗總修正後，即進行正式的實驗。

正式實驗使用的 10 個形容詞量尺分別為：乾淨的、壓迫的、優雅的、輕快的、呆版的、清脆的、震撼的、不安的、連續的、厚實的，聲音樣本數則有 40 個，其聲音特性如表。本實驗共有 30 位受測者參與，受測者為建築所、音樂所、語言所、土木所、電機所、應用藝術所之研究生，年齡範圍 24~28 歲，平均年齡約為 25 歲。

4.4 實驗方法與步驟

本研究先將 30 個受測者對每聲音在每一形容詞的評價值與以平均(其聲音特性如表 4.1 所示)，在初步的依此評價平均值做因子分析，藉由因子分析得到的因子得分的分群，在看各群在因子空間的分布，進而對照各群之間的共通物理屬性。

接者，以因子得分為依變項，以聲音的物理屬性數值為因變項，進行回歸分析。可得知何種物理屬性對於依變項最具有影響。

第五章、實驗分析與驗證

經過了第四章的實驗步驟與方法說明，本文將詳細的把實驗結果進行分析。本實驗以 40 個聲音樣本(1/5 樣本數為榔頭金屬敲擊聲)作為實驗刺激，10 個形容詞語彙為量尺，要求 30 位受測者聆聽聲音樣本，進行 SD 評量，針對量表得到的數值，進一步的作統計分析。首先將聲音樣本在每個形容詞量表得到的受測者平均數值，進行形容詞語彙的因子分析。再由各聲音樣本的因子得分去探討其在意象空間的分佈關係。之後，以迴歸推導出聲音構成要素與每個意象語彙關係的方程式。

5.1 形容詞分析

在第三章文獻中，我們從 Henver's adjective circle 形容詞中選出了 10 組聲音形容詞彙，在經過了正式的實驗後，獲得 30 組受測者對於形容詞意象量表的實驗數據，可將形容詞數據做進一步的歸類與分析。



5.1.1 聲音意象的因子分析

10 組意象形容詞組，經 Windows 版 SPSS10.0 統計軟體，做資料縮減之因子分析，可找出每個意象形容詞中潛在的特質，並將其濃縮成較精簡的因子變數群。因子萃取的方式以「主成分」分析將形容詞群集。以特徵值(eigenvalue) > 1 為萃取標準，共有三個因子被選入。再以 varimax 法將所得結果做適合旋轉後，可得如表 5.1 之結果。

轉軸後的成分矩陣中可看出，因子一成分依照得分高低有：「輕快」、「清脆」、「連續」、「乾淨」、「厚實」；因子二有「不安」、「震撼」、「壓迫」、「優雅」；因子三有「呆板」。

表5.1，轉軸後的成分矩陣

	成分		
	1	2	3
輕快	.917	-.289	.109
清脆	.883	-.241	-.224
連續	-.847	.322	-.213
乾淨	.793	-.503	.07549
厚實	-.695	-.218	.339
不安	-.111	.933	.01317
震撼	-.347	.826	-.08170
壓迫	-.09356	.738	-.09082
優雅	.411	-.710	-.505
呆板	.03404	-.05497	.957

因子一的解釋量為52.422%

因子二的解釋量為17.311%

因子三的解釋量為13.527%

總變異量為83.260%

從總變異量中，可以看出各因子可以解釋的程度，因子一的解釋量為 52.422%，因子二累積後的解釋量為 69.733%，最後累積到了因子三後，解釋量已高達 83.260%，表示萃取出三個因子有八成三的解釋量。

5.1.2 因子命名

在因子成分矩陣圖中，同一個因子裡，每個形容詞數值都有正負值的出現，表示因子解釋中的意義正值與負值為相反，如因子一中的輕快為.917、清脆為.883、乾淨為.793、連續為-.847、厚實為-.695，若在因子一命名為「時間性」因子，正數值解讀為時間較為短促，則連續與厚實為時間較為攏長，藉由數值的正負值或是數值的大小就可以了解在因子中的解釋含意（正負）與強度（取絕對值）。

因此首先要找出因子之間潛在的相關性，並以此命名，進而才能解釋因子得分的含意。

因子一中輕快(.917)、清脆(.883)、乾淨(.793)、連續(-.847)、厚實(-.695)的形容詞可命名為「時間性」因子。從其命名中可推測出，因子得分為正值者表示使用者的感覺為輕快、清脆、乾淨的，在聽覺上的感受是較為正向的感覺，可能會造成使用者有喜歡感覺或是有較高的接受度；相對的負值的形容詞為讓受測者感覺到連續(-.847)與厚實(-.695)的意象，時間上的感覺較為攏長。

因子二中的不安(.933)、震撼(.826)、壓迫(.738)形容詞較屬於在描述人類情緒方面，可命名為「情緒性」因子。可以從命名中推測出，因子得分為正值時，聲音的屬性會帶給人的感覺為不安、震撼、壓迫，能大略的看出聲音特質的音量會較偏向中高以上；優雅(-.710)形容詞在因子二裡為負值，與正值的意象比較下，可解釋出優雅給人的感覺為安心、柔和與舒服的感覺，在聲音的音量會偏向中小聲。

因子三中的形容詞為呆板(.957)，可命名為「質地性」因子，呆板給予的感覺為不活潑，聲音的質地較為混濁，甚至聲音會有不協調與唐突的感覺，可能在音色的結構上不和諧，而產生呆板的感覺，因此以「質地性」因子命名。

5.1.3 因子得分

在因子分析中已將形容詞群集為三個因子，經過統計計算可得到 40 個聲音樣本在各三個因子中的得分值，再藉由因子得分做進一步的相關後續分析。表 5.2 因子得分。經過資料的縮減，之後可利用因子得分去做分析或是從因子裡揀選出得分較高的形容詞作為代表去分析，能夠有效的建立共同的語彙認知空間。

表 5.2，因子得分

	fac1_1	fac2_1	fac3_1		fac1_1	fac2_1	fac3_1
1	-.94565	.91250	.90034	20	-.56017	.19015	-.52690
2	-.67053	.75710	-.76278	21	-.66387	-.29721	-1.15576
3	-1.22412	-.02113	-1.49240	22	.09141	-.77422	-1.52264
4	-.93120	1.10237	.20692	23	-.13636	-.68885	-1.65172
5	-.56924	.79591	.15508	24	.97920	-.70152	-1.11202
6	-.26526	.24275	-1.45510	25	-.25948	.14634	-.71916
7	-.41034	1.23956	.03971	26	-.48218	-1.01183	-1.66327
8	-1.02372	.49918	-.62330	27	-.48203	1.05372	-.24301
9	-.39611	.93909	1.36993	28	1.42172	-.10300	-.81639
10	2.42035	.72014	1.08814	29	.22157	.56941	.91870
11	-.93129	1.32332	.86855	30	-.29995	.91316	1.25000
12	-.82599	.90217	1.05132	31	-.46044	.59252	1.05996
13	1.73778	.41873	.34008	32	.56333	.40868	.16395
14	-1.52711	-1.53529	1.03569	33	-.17704	-.06960	-.95119
15	-.24372	-1.31478	1.10480	34	.07165	1.06015	.80653
16	.65377	.14023	-1.23861	35	-.83302	-2.28181	.96366
17	1.56833	-.03510	-.62381	36	-1.05306	-2.09062	1.05828
18	1.28100	-.50346	-.60883	37	1.75694	-.49021	.14584
19	.60931	1.39269	-.53945	38	-1.07935	-2.03273	.52492
20	-.56017	.19015	-.52690	39	1.42818	-1.03676	1.26966
				40	1.64668	-1.33176	1.38431

5.2 聲音物理性分析

經過聲音的調查與計算，我們可以收集到聲音屬性的各方面的數據，此數據為自變項，在經由統計分析即可獲得迴歸方程式，以解釋依變項之特性。

5.2.1 聲音屬性分析

不同的聲音就有不同的聲音屬性，歸類時，量測出實際的數值作為數據，而無法以合適的數值表示時(是否有倍頻、能量面積為面狀分布或是點狀等)，我們較特別需要以敘述的方式，讓物理數據給予名義上的編碼，利用編碼轉換的方式，讓統計軟體中更能呈現出完整一致性的數據類型，以利統計上的方便與數據的準確。

基本上人類可以聽見的範圍稱為全音域，全音域是指 20Hz-20KHz 的頻率。分為極低頻、低頻、中低頻、中頻、中高頻、高頻、極高頻等七段。



極低頻：20Hz-40Hz

低頻：40Hz-80Hz

中低頻：80Hz-160Hz

中頻：160Hz-1280Hz

中高頻：1280Hz-2560Hz

高頻：2560Hz-5120Hz

極高頻：5120Hz-20000Hz

(資料來源：<http://sa.ylib.com/>)

根據以上文獻提供，可將有必要的物理數據做編碼動作，以順利進行分析。例如：使否有倍頻關係，可將答案「有」編碼為 1，答案「沒有」編碼為 0，將各種非數值式呈現的數據，加以編碼，例如表 5.3 為完整的屬性編碼表。表 5.4 為物理屬性編碼。

表 5.3，物理屬性之完整編碼

共振點數	主要共振點數	主頻率	倍頻關係	主次頻率轉換
1=一個	1=一個	1=20~40hz	0=沒有	1=20~40hz
2=二~三個	2=二~三個	2=40~80hz	1=有	2=40~80hz
3=四~五個	3=四~五個	3=80~160hz	2=很多	3=80~160hz
4=六~十個	4=超過五個	4=160~1280hz		4=160~1280hz
5=十以上	5=面狀	5=1280~2560hz		5=1280~2560hz
		6=2560~5120hz		6=2560~5120hz
		7=5120~20000hz		7=5120~20000hz

表 5.4，物理屬性編碼(例)

	K	L	M	N	O	P	Q	R
	倍頻關係變換	倍頻關係	主頻率轉換	主頻率(Hz)	次頻率轉換	次頻率(Hz)	主次間距轉換	主、次頻率間距
1	0	無	6	5000	7	8000	6	3000
2	0	無	6	5000	0	0	0	0
3	1	有	7	8000	6	4000	6	4000
4	1	有	7	8000	6	4000	6	4000
5	0	無	7	8000	0	0	0	0
6	1	有	7	8000	7	15000	7	7000
7	0	無	7	8000	6	5000	6	3000
8	0	無	7	8000	7	8500	4	500
9	1	有	6	5000	6	3000	5	2000
10	1	有	6	3000	4	1000	5	2000
11	2	有	7	8000	7	7500 10000	7	5 7.5
12	1	有	6	3000	7	8000	6	5000
13	1	有	6	3000	7	8000	6	5000
14	1	有	4	200	0	0	0	0
15	0	無	4	500	0	0	0	0
16	1	有	4	500	6	2000,4000,6000	6	1.5 3.5 5.5K
17	0	無	4	500	0	0	0	0
18	2	面	7	high	7	高面	7	面
19	1	有	7	8000	0	0	0	0
20	0	無	7	8000	0	0	0	0
21	0	無	7	16000	4	低面	2	點
22	1	有	4	1000	5	中條	3	條
23	1	有	5	2000	5	中條	3	條
24	1	有	4	500	5	中條	3	條
25	1	有	5	2000	5	中條	4	條
26	1	有	5	2000	5	中條	4	條

5.2.2 聲音屬群迴歸分析

迴歸分析是一種應用廣泛的統計分析方法，其目的是要了解「目的變數」(依變項)是否能夠用一些「自變數」的迴歸方程式來表示，並用它來解釋此依變項的特性。此小節將編碼完成之屬性與聲音樣本的因子得分做迴歸分析，利用統計得到的迴歸方程式，以此對因子做分析解釋。

首先將聲音屬性編製代號：

依變項(Y)	自變項(X)
Y ₁ =因子一	X ₁ =總分貝(dB)
Y ₂ =因子二	X ₂ =總時間(Sec)
Y ₃ =因子三	X ₃ =最高分貝(dB)
	X ₄ =共振點數
	X ₅ =主要共振點數
	X ₆ =主要共振點數之能量面積比
	X ₇ =主頻率(Hz)
	X ₈ =次頻率(Hz)
	X ₉ =倍頻關係
	X ₁₀ =主次頻率之間距(Hz)

依照 Y₁、Y₂、Y₃ 順序作為依變項，將聲音屬性均納入自變項，並執行迴歸分析，可得出許多相關資料，而其中的迴歸方程式，可解釋自變項與依變項之間的關係，也可看出可影響依變項之聲音物理屬性為何。

(1) 因子一迴歸分析

在 SPSS 統計軟體中，迴歸分析所使用的方法有許多種，方法有強迫進入變數法、逐步迴歸分析、刪除法、向後法與向前法，在嘗試多種以「向後法」最為適合此實驗模型。「向後法」將會篩選出顯著性較高的自變項，在與依變項作迴歸分析，可更清楚的了解變項之間的關係。

以「向後法」去做迴歸，Y₁(因子一)依變項與 X₁~X₁₀ 自變項，在經過統計運算，將自動地把不顯著之 X 項變數刪除。

決定了分析的方法後，首先分析因子一的迴歸分析，將因子一的得分值選為(Y)依變項，將所有的物理屬性(X 群)選入的自變數，經過軟體的分析以自動篩除部份屬性，最後剩下納入分析之屬性有：

X₁=總分貝(dB)

X₂=總時間(Sec)

X₄=共振點數



在表 5.5 模式摘要中可看出 R square 值高達.928，因子一的顯著性極高，表示此迴歸方程式，非常適合用來解釋依變項與自變項之間的關係。

表 5.5，因子一之模式摘要

從表 5.6 中的「B 之估計值」一欄，可得知被選入的聲音屬性，在原始迴歸方程式中的原始迴歸係數為多少，從係數可預測對於 Y₁ 會有影響的項數有：

- 1.) X₁(總分貝)
- 2.) X₂(總時間)
- 3.) X₄(共振點數)

因子一之原始迴歸方程式：

$$Y_1 = -0.293 - 0.04814X_1 + 0.748X_2 + 0.87X_4$$

表 5.6，因子一之係數

模式	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
8 (常數)	-.293	.662		-.442	.662
總分貝	-4.814E-02	.020	.342	2.453	.021
總時間	.748	.037	.619	4.025	.000
共振點數	.870	.133	.531	2.785	.009

所保留下的自變數顯著性都 < 0.05，如表 5.6 所示。

線性迴歸係數，適用於預測之用；標準化迴歸係數，適用於比較各 X 對於 Y 的重要性（李金泉，民 86）。

從「標準化係數 Beta 分配」一欄可得知，原始係數經過標準化後的係數，而標準化的係數通常用以比較各 X 變項的重要性。

以 Beta 值為正數，其因子一正向操作上的建議手法，依重要性排列有：

- 1.) 「總時間」
- 2.) 「共振點數」
- 3.) 「總分貝」

(2) 因子二迴歸分析

依循因子一的分析模式，將因子二納入直線迴歸分析，經過「向後法」篩選過後，所留下的 X 自變項有 X₃(最高分貝)、X₆(主要共振點數之能量面積比)、X₇(主頻率)、X₁₀(主次頻率之間距)共四項，以此四變項對因子二做迴歸分析。

從表 5.7 得知因子二之 R square 為 0.789，因子二的顯著性高，表示此迴歸方程式，適合用來解釋依變項與自變項之間的關係。

表 5.7，因子二之模式摘要

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤
7	.888	.789	.757	.4839183

從表 5.8 中的「B 之估計值」一欄，可得知被選入的聲音屬性，在原始迴歸方程式中的原始迴歸係數為多少，從係數可預測對於 Y₂ 會有影響的項數有：

- 1.) X₃(最高分貝)
- 2.) X₆(主要共振點數之能量面積比)
- 3.) X₇(主頻率)
- 4.) X₁₀(主次頻率之間距)

從表 5.8 中得知，因子二原始迴歸方程式：

$$Y_2 = -1.275 - 0.726 X_6 + 0.139 X_{10} + 0.226 X_7 - 0.05215 X_3$$

原始迴歸方程式的變項係數中，各依變項的顯著性顯著性均 < 0.05。

表 5.8，因子二之係數

模式	未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
	B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
7 (常數)	-1.275	.446		-2.863	.008
面積比例	-.726	.339	-.228	-2.141	.041
主次頻間	.139	.067	.300	2.076	.048
主頻率	.226	.069	.437	3.264	.003
最高分貝	-5.215E-02	.022	-.225	-2.346	.027

而因子二中的意象形容詞語彙有不安(.933)、震撼(.826)、壓迫(.738)、優雅(-.710)，從因子得分中可知「不安」、「震撼」、「壓迫」為因子二正向解釋意象，反之「優雅」為負向。

由於 X6(主要共振點數之能量面積比)係數在原始迴歸方程式中為負值，因此當需要 Y2 提升，X6 的數值就必須要 < 1 ，面積比中的分母為主共振點面積值，分子為次共振點面積比，從此看出，分子愈小，X6 就愈小，所得的 Y2 就愈大。亦可說明為，主共振點面積愈大於次共振點面積，因子二正向的意象(不安、震撼、壓迫)就愈顯著；反之，次共振點面積大於主共振點面積，即聲音會產生「優雅」的感覺。

從表 5.8 之 Beta 正數值得知，其因子二正向操作上的建議手法，依重要性排列有：

- 1.) 「主頻率」
- 2.) 「主次頻率間距」

(3) 因子三迴歸分析

在因子三的直線迴歸分析中，得知篩選過後的自變項有 X₂(總時間)、X₃(最高分貝)、X₆(主要共振點數之能量面積比)。從表 5.9 得知 R square 值為 0.513，因子三的顯著性為五成，表此迴歸方程式，尚可用來解釋依變項與自變項之間的關係。

表5.9，因子三之模式摘要

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準 誤
8	.716	.513	.461	.484

從表 5.10 中的「B 之估計值」一欄，可得知被選入的聲音屬性，在原始迴歸方程式中的原始迴歸係數為多少，從係數可預測對於 Y₃ 會有影響的項數有：

- 1.)X₂(總時間)
- 2.)X₆(主要共振點數之能量面積比)
- 3.)X₃(最高分貝)



從中可得因子三原始迴歸方程式：

$$Y_3 = 0.225 + 0.178X_2 - 1.196 X_6 - 0.0758 X_3$$

X 依變項之顯著性均 < 0.05。

表5.10，因子三之係數

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配		
8	(常數)	.225	.392		.574	.571
	總時間	.178	.035	.717	5.159	.000
	面積比例	-1.196	.465	-.351	-2.574	.016
	最高分貝	-7.580E-02	.034	-.305	-2.240	.033

因子三中的意象形容詞語彙有呆板(.957)。

從表 5.10 之 Beta 正數值得知，其因子三正向操作上的建議手法為：「總時間」。

5.2.3 榔頭金屬聲分析

在得知了各金屬聲的與形容詞語彙之間的關係後，本文將獨立由「銚威」所提供的榔頭金屬聲，並加以分析榔頭聲的物理屬性，歸納其結果。

(1) 聲音樣本與產品樣本對照

首先將 40 個聲音樣本中的榔頭敲擊聲獨立出，分別是新編碼之 1~8 號，如表 5.11 所示，在利用因子得分值去分析榔頭金屬聲給受測者之意象。

表 5.11，聲音樣本編碼表

原始聲音編號	7	8	10	11	16	17	18	22	27	28	30	36	38	44	45
新編碼	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
原始聲音編號	49	63	65	75	78	81	84	86	87	90	91	93	97	102	
新編碼	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
原始聲音編號	107	109	111	114	120	127	128	129	130	139	140				
新編碼	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40				

聲音樣本數中的八個榔頭金屬敲擊聲，產生的方式如下：

新編號 1 之金屬聲，如圖 5.1 所示之榔頭產品與圖 5.4 之榔頭產品相互敲擊產生。



圖 5.1，榔頭產品(1)

新編號 2 之金屬聲，如圖 5.2 所示之榔頭產品產生，敲擊物為鐵釘，目標物為木條。



圖 5.2，榔頭產品(2)

新編號 3 之金屬聲，如圖 5.3 所示之榔頭產品產生，敲擊物為鐵釘，目標物為木條。



圖 5.3，榔頭產品(3)

新編號 4 之金屬聲，如圖 5.4 所示之榔頭產品與圖 5.7 之榔頭產品相互敲擊產生。



圖 5.4，榔頭產品(5)

新編號 5 之金屬聲，如圖 5.5 所示之榔頭產品，敲擊物為鋼鐵片。



圖 5.5，榔頭產品(6)

新編號 6 之金屬聲，如圖 5.6 所示之榔頭產品，敲擊物為鐵釘，目標物為木條。



圖 5.6，榔頭產品(7)

新編號 7 之金屬聲，如圖 5.7 所示之榔頭產品與圖 5.1 之榔頭產品相互敲擊產生。



圖 5.7，榔頭產品(8)

新編號 8 之金屬聲，如圖 5.8 所示之榔頭產品，敲擊物為鋼鐵片。



圖 5.8，榔頭產品(9)

相同產品，配合在不同情況的敲擊都會產生不同聽覺的意象。在了解了各種聲音是透過何種樣式的產品產生後，可進一步得知榔頭在怎樣的情況條件下，能夠有不同的感覺意象。

我們將 8 個聲音樣本透過因子得分值做集群關係，如圖 5.9 樹狀圖所示，可將榔頭的敲擊聲分成兩類群，表示兩群內的聲音，給受測者有相同的感覺。此兩群的聲音樣本編號為：



第一集群之聲音樣本編號：2、3、6、8

第二集群之聲音樣本編號：1、4、5、7

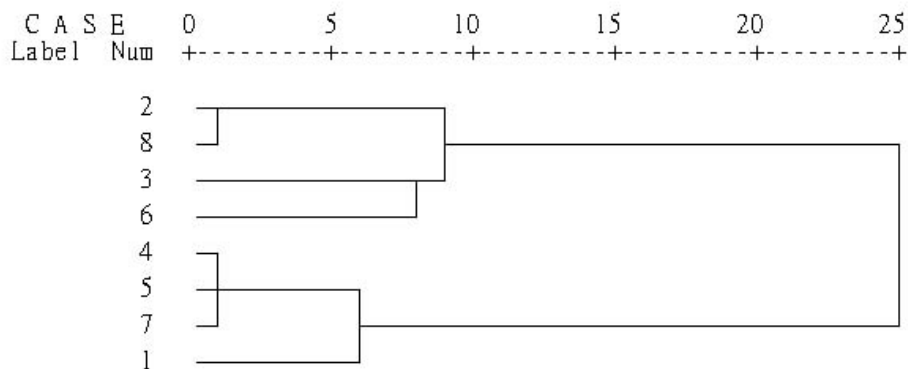


圖 5.9，集群樹狀圖

進一步分析兩集群中之各聲音樣本樹的因子得分。在因子一中，第一集群的聲音樣本與第二集群之因子得分值非常相近，表示，此兩群在因子一中給受測者相同的感知。因子二中，第二集群聲音樣本給受測者的感覺較為不安，聲音感覺震撼且壓迫；相對的，第一集群的聲音樣本有著優雅的意象。因子三中，第一集群聲音樣本給受測者的感覺較為不呆板，有活潑的感覺。綜合分析結果可歸納出，第一集群聲音樣本給人的感覺較為活潑且優雅；第二集群聲音樣本給人的感覺較為不安。

第一集群聲音樣本之敲擊方式，使人感覺到活潑優雅。聲音樣本中的敲擊物均為金屬物，而前三個聲音樣本之目標物為木條。

第二集群聲音樣本之敲擊方式，使人感到不安。而聲音樣本中除了新編號 5 敲擊物為鋼鐵片以外，其他均為榔頭產品相互敲擊產生聲音。




5.3 結果分析

在前章節中，聲音的物理特質已針對因子特點去做分析，根據分析出的結果，讓我們可依照聲音物理屬性創造出想要表達的情緒聲音。由於本研究的金屬敲擊聲主要以榔頭為例，因此實驗樣本中，對於榔頭金屬聲都保持一定比例在其中，讓榔頭聲以多量的方式參與實驗與分析，使結果更適用於榔頭等手工具上。

在找尋出了一定的規則後，接著，我們將利用結論去做驗證，利用驗證的方式對分析出的結論做檢測，回歸使用者，為結果做個檢測與修正，使其更為準確，而驗證實驗的樣本，將著重於「榔頭」金屬敲擊聲。

5.4 實驗模型驗證



在分析與討論中，分別得知因子一、因子二與因子三和聲音物理屬性之間的關係。藉由分析金屬敲擊聲的屬性，即可從各因子之迴歸方程式中，獲得使用者對於各形容詞評價分數，進而了解使用者的感性層面與需求。結果的確定前，本文將利用實驗去做驗證，利用驗證的過程，更加確立本研究最後的結果。本文將設計一個實驗模型，利用實驗模型檢定迴歸方程式。由於本研究有參加國科會小產學建教合作案，配合之廠商以生產手工具為主，其中又以「榔頭」為主生產線，因此，在實驗聲音樣本設計中，都有保留一定數量的榔頭敲擊聲作為實驗。

5.4.1 實驗模型設計

實驗驗證中，將分別進行兩個階段，以不同的角度去驗證結果。

驗證階段一中，根據本文推導出的結果，去驗證形容詞與聲音物理屬性的關係是否成立。首先，使用軟體操控聲音屬性，以創造金屬聲音樣本，在來使受測者進行實驗，回答創造出的聲音樣本是否有此形容詞之意象感覺存在，以驗證形容詞語彙與聲音物理屬性之相關性，並且詢問對於聲音的喜好程度。

在驗證階段二中，將選擇「榔頭」金屬敲擊聲，作為驗證之樣本聲音。實驗模型設計中，以五種榔頭敲擊聲分別對聲音形容詞語彙做意象評價量表，在利用量表中所得到的數值，去核對迴歸分析所產生的結果，以證明迴歸方程式之應用性。

驗證過程中將與正式實驗的流程相同，使用相同的儀器、空間、位子與實驗時段，讓環境條件一致，以利於控制實驗。

5.4.2 實驗模型之聲音樣本收集與形容詞語彙挑選

在驗證實驗中，聲音樣本的取得，一部分依照聲音物理特性創造出金屬聲，另一部分為榔頭敲擊聲，利用此兩種不同方式產生的聲音，作為驗證模型中的聲音樣本。在形容詞語彙的挑選方面，針對產品的屬性以及廠商對於聲音的期望，從因子中萃取出，並以顯著性最高者為代表。廠商在產品形容詞上的期望為「輕快」與「優雅」，因此以此為驗證之形容詞。

(1) 聲音樣本

聲音來源，利用分析出的已知的聲音特性，創造金屬敲擊聲。另外，以小產學合作廠商「銚威公司」的產品為主，銚威公司主要生產手工工具，其中以榔頭為主，收錄的對象以銚威依此研究性質所提供的榔頭。

(2) 形容詞語彙

根據因子一、二與三中的形容詞組中，依廠商對於產品期望，選擇以「輕快」與「優雅」做為實驗模型之形容詞。如表 5.12 灰色區域所示。

表 5.12，形容詞組

因子一形容詞組				
輕快	清脆	乾淨	連續	厚實
(.917)	(.883)	(.793)	(-.847)	(-.695)

因子二形容詞組			
不安	震撼	壓迫	優雅
(.933)	(.826)	(.738)	(-.710)

因子三形容詞組

呆板(.957)



5.4.3 實驗模型問卷設計

實驗模型分爲兩個階段：

第一、將鈔威公司的榔頭聲作爲聲音樣本，對各因子中篩選出的兩個形容詞語彙(輕快、優雅)做評價量表，同樣與正式實驗規格，從非常不強烈到非常強烈分七個量尺，受測者依感覺接收到的強度勾選量表。

第二、依照形容詞與聲音物理屬性之間的關係，特意依某形容詞去調整聲音屬性，讓金屬聲音的特質去迎合形容詞語彙。因此，會依照公司期望意象，篩形容詞去做問卷，根據結論所創造出的聲音，得知是否能真的符合形容詞的意象。

5.5 驗證分析

分析實驗模型中的聲音樣本屬性，依照各因子方程式帶入變項值，即可得到方程式之 Y 值。統計受測者評價量表數值，驗證 Y 值與評價量表平均值是否相同。

5.5.1 實驗模型之聲音樣本分析

銚威榔頭金屬聲：5 個

「優雅」屬性創造之金屬聲：1 個

聲音樣本數：5+1=6 個

形容詞語彙：2 個(輕快的、優雅的)

驗證受測人數：10 人

我們以銚威榔頭敲擊採樣的聲音樣本數有 5 個(樣本編號為 1、2、3、4、6)，依照「優雅」形容詞之聲音物理屬性創造出的聲音名為樣本編號 5。再平均 10 位受測者之評價量表後，在銚威榔頭五個樣本中，選出受測者評價「輕快」意象最高者，作迴歸方程式之驗證之樣本，此名為樣本編號 6。

樣本編號 5 將對「優雅」進行迴歸方程式的驗證，而樣本編號 6 則是對「輕快」進行驗證。進行驗證前，先了解兩個聲音樣本之物理屬性以及評價分數。表 5.13 為受測者給予的評價分數，表 5.14 則為兩聲音樣本之聲音物理屬性表。

表 5.13，驗證之形容詞意象評價分數表

形容詞	優雅(樣本編號 5)	輕快(樣本編號 6)
評價平均數	5	5.8333

表 5.14，樣本 5、6 之聲音物理屬性表

編號	總分貝(dB)	總時間(Sec)	最高分貝(dB)	共振點數轉換	共振點數	主要共振點數轉換	主要共振點數	共振點能量面積比
5	-28.92	0.14	-6.09	3	4	2	2	0.33
6	-45.8	0.36	-0.47	4	2	2	2	0.8

編號	倍頻關係轉換	主頻率轉換	主頻率(Hz)	次頻率轉換	次頻率(Hz)	主次間距轉換	主、次頻率間距
5	0	7	8000	7	10000	5	2000
6	0	7	8000	7	9000	4	1000

5.5.2 迴歸分析之驗證

樣本編號 5 將與形容詞「優雅」做迴歸方程式驗證，樣本 6 編號則與形容詞「輕快」驗證之。

(1) 樣本編號五與「優雅」形容詞之驗證

「優雅」為因子二之負向形容詞，因此利用因子二迴歸方程式去做驗證，其因子二迴歸方程式為：

$$Y_2 = -1.275 - 0.726 X_6 + 0.139 X_{10} + 0.226 X_7 - 0.05215 X_3$$

如表 5.26 所示，將樣本編號 5 的聲音物理屬性數值，依照 X_3 (最高分貝)、 X_6 (主要共振點數之能量面積比)、 X_7 (主頻率)、 X_{10} (主次頻率之間距)帶入因子二迴歸方程式中，可得到 $Y_2 = 1.08$ 。



$$Y_2 \text{ 轉換 } 8 - 1.08 = 6.92$$

由於，「優雅」為因子二中的負向形容詞，因此將 Y 值轉換，由於問卷採七階量尺評價，中間值為 4，故 Y_2 轉換 $8 - 1.08 = 6.92$ 。而「優雅」在驗證量表評價中，得分值為 5(如表 5.25 所示)，也表示受測者感到此聲音有優雅意象。

(2) 樣本編號六與「輕快」形容詞之驗證

「輕快」為因子一之正向形容詞，因此利用因子一迴歸方程式去做驗證，其因子一迴歸方程式為：

$$Y_1 = -0.293 - 0.04814 X_1 + 0.748 X_2 + 0.87 X_4$$

如表 5.26 所示，將樣本編號 6 的聲音物理屬性數值，依照 X_2 (總時間)、 X_4 (共振點數)、 X_1 (總分貝) 帶入因子一迴歸方程式中，可得到 $Y_1 = 5.66$ 。

樣本編碼 6 在「輕快」形容詞之驗證量表評價中，得分值為 5.833 (如表 5.25 所示)，可得知此聲音樣本與方程式驗證吻合。

5.6 總結

在本章節中，我們從因子分析、因子空間分布圖、迴歸分析等方式，將形容詞語彙與聲音物理屬性做剖析，試圖讓感性意象形容詞與產品屬性做連結，針對金屬敲擊聲也能提供一些物理角度的觀點，讓消費者的感性認知可以用較具體的方式說明。



第六章、結論與後續研究

本研究經過專家意見訪談、實驗設計、統計分析與驗證等研究方法，最後將把分析結論與驗證的結果做個統整歸納，並且對於金屬敲擊聲與意象形容詞之間的關係，建立一個建議表，明確地使形容詞意象去剖析聲音屬性。

6.1 研究結果歸納與整理

在研究的一開始，我們先與國科會小產學之合作公司「姚威」進行訪談，在質化的訪談中，可以了解到公司對於產品的期許與經營方針。確立了研究產品後，從各金屬敲擊聲的收集與篩選，到最後正式的實驗，過程中均透過專家的指導去進行。在關於聲音形容詞的文獻中，利用前測篩選適合形容聲音意象之形容詞，在確定形容詞(10個)與聲音樣本(40個，其中1/5為榔頭敲擊聲)後，即進行正式實驗。實驗結果經由量化計算，建構出形容詞與聲音樣本在意象空間上的關係，並針對不同的分布空間，歸納樣本群的聲音物理屬性。最後，再進行小規模的實驗驗證。

6.1.1 結果發現

經過因子分析後，形容詞被分為因子一、因子二與因子三，共三群。將針對因子群去做個別的分析統整。在因子迴歸分析中之 Beta 值，可看出自變項對於依變項的重要性，在第五章中，把會影響各因子的變項列出，將變項與聲音屬性中做相關連結。接著，將延續第五章 Beta 值的分析，統整各因子與聲音屬性關係的建議表。

(1) 因子一結果統整

因子一之原始迴歸方程式：

$$Y_1 = -0.293 - 0.04814X_1 + 0.748X_2 + 0.87X_4$$

X 變項為：

X₁(總分貝)

X₂(總時間)

X₄(共振點數)

1.) 「總時間」

「總時間」為因子一重要性較強的變項，但是在第一刻區分時，其差異性並沒有相當明顯，可推測因子一的感覺(輕快、清脆與乾淨)絕非單單從「總時間」可以判斷出，而在因子一正向之聲音樣本中，也有超出於一秒的聲音樣本，表聲音之能量在產生的同時，以極短的時間衰退，而最後能量的延續，則以極小的音量漸漸消退，使得在聲音聽覺上，容易忽略最後聲音能量的存在。

2.) 「共振點數」

「共振點數」表示著，產品在撞擊活動下，物體會發生共振的區域點。而共振點多時，能量、時間與音質等各方面，都容易產生干擾的作用，使得聲音的特質都會有消長現象。

3.) 「總分貝」

「總分貝」為聲音能量的累積，紀錄著從一開始到聲音完全消退時的能量累積。

(2) 因子二結果統整

因子二原始迴歸方程式：

$$Y_2 = -1.275 - 0.726 X_6 + 0.139 X_{10} + 0.226 X_7 - 0.05215 X_3$$

X 變項為：

X₃(最高分貝)

X₆(主要共振點數之能量面積比)

X₇(主頻率)

X₁₀(主次頻率之間距)

1.) 「主頻率」

每一個能量共振點，都有著自己的頻率。而在共振點上，能量最強維持的最久者，可稱之為主頻率，也影響著聲音整體的感覺。在人耳聆聽範圍內，高頻以上的聲音，音高較高；反之，低頻的聲音，音高較為低沉。



2.) 「主次頻率間距」

在物體共振點中，能量為次強者，稱之為次頻率。主次頻率之間間距，可看出兩頻率相互影響的程度，在音高上也會有主次頻的不同，而有所不一樣的消長，人們的聽覺也會有所差異。若主次頻間，有達到倍頻的關係，在音色上，聽起來也較為和諧，心理上會有舒適感；反之，則覺得不和諧且不舒服。

(3) 因子三結果統整

因子三原始迴歸方程式：

$$Y_3 = 0.225 + 0.178 X_2 - 1.196 X_6 - 0.0758 X_3$$

X 變項為：

X₂(總時間)

X₆(主要共振點數之能量面積比)

X₃(最高分貝)

1.) 「總時間」

在三個區域中，聲音的物理屬性之「總時間」，在 1~15 秒中，因子三正向(呆板)意象較明顯；在 0.5~2 秒中，因子三中庸意象較明顯；1 秒以下中，因子三負向(不呆板)意象較明顯。

總結本次研究，除了藉由表 6.1 可得到資訊，在創造聲音方面，可利用迴歸方程式，透過改變 X 變項達到所想要的 Y 值，從聲音的屬性改變聲音的感覺。

(4) 榔頭聲音樣本分析

本文在第五章中，將榔頭聲音獨立出，分析出此榔頭群之聲音意象，提供敲打方式與榔頭的造型樣式，可從中了解聲音的產生方式。



第一集群之聲音樣本編號：2、3、6、8

第二集群之聲音樣本編號：1、4、5、7

第一集群聲音樣本之敲擊方式，使人感覺到活潑優雅。聲音樣本中的敲擊物均為金屬物，而前三個聲音樣本之目標物為木條。

第二集群聲音樣本之敲擊方式，使人感到不安。而聲音樣本中除了新編號 5 敲擊物為鋼鐵片以外，其他均為榔頭產品相互敲擊產生聲音。

表 6.1，感知意象與聲音物理屬性之相關建議表

因子	形容詞	相關屬性	榔頭產品聲音意象	
因子一	正向	輕快(.917) 清脆(.883) 乾淨(.793)	「總分貝」 「總時間」 「共振點數」	
	中庸			
	負向	連續(-.847) 厚實(-.695)		
因子二	正向	不安(.933) 震撼(.826) 壓迫(.738)	「最高分貝」 「主共振點能量面積比」 「主頻率」 「主次頻率之間距」	第二集群聲音樣本使人感到不安。新編號 5 敲擊物為鋼鐵片，其他為榔頭產品相互敲擊產生聲音。
	中庸			
	負向	優雅(-.710)		第一集群聲音樣本使人感覺到活潑優雅。敲擊物均為金屬物，而前三個聲音樣本之目標物為木條。
因子三	正向	呆板(.957)	「總時間」 「主共振點能量面積比」 「最高分貝」	
	中庸			
	負向			第一集群聲音樣本使人感覺到活潑優雅。敲擊物均為金屬物，而前三個聲音樣本之目標物為木條。

6.2 後續研究建議

- 1.)由於本實驗與廠商合作，在一開始的研究的產品對象早已決定，但市面上金屬產品用在於敲擊動作者，大多仍為手工具為主，因此對於金屬產品的聲音收集，已受到了一定條件的限制。期望，後續可廣泛地去收集金屬聲音，讓金屬產品的敲擊聲的資料庫更豐富，讓迴歸分析出的結果，在信度與效度方面更為準確。
- 2.)廠商之產品為研究對象之一，由於所提供的產品樣本有限，在擷取榔頭金屬撞擊聲時，略顯不足，產品之樣本數所佔的比例有待提升，使得研究成果能更凸顯廠商之產品特徵。
- 3.)本實驗所篩選的形容詞，大多偏向於一般聲音情感上的感覺，如：輕快的、厚實的，較少於傾向聲音質感評價上的形容詞，如：優雅的、高貴的、高品質的，此類型的形容詞，在應用上的較有價值感。
- 4.)受測者對於形容詞的定義均有所不一，除了在正式實驗前的教育外，也必須要了解，受測者為何對形容詞有不一樣的定義，此觀念有可能影響到受測者在實驗中，給予聲音的評價標準有所不同。如：有受測者認為，優雅的感覺應該是頻率高，也有部分認為是頻率低。
- 5.)在本文在聲音專家的協助下，探討的聲音物理屬性依然有限，可更深入的參考文獻資料，尋求出其他可能會影響人聽覺感知的聲音物理特質。
- 6.)產品聲音的構成除了與聲音本身的物理屬性相關之外，產品的結構、外觀、材質等，都有可能影響聲音感覺的不同，在找出了聲音物理特質與聽覺感知的相關後，可進一步的針對產品造型等，分析產品外觀與聽覺感知之間的關聯性。

參考文獻

英文參考文獻

英文書籍

- * Norman, Donald A. /MIT Press , (1998) , The invisible computer :why good products can fail, the personal computer is so complex, and information appliances are the solution .
- * Norman, Donald A. /MIT Press , (1990) , The design of everyday things .
- * Lyon, Richard H. , (2000) , Designing for product sound quality .
- * Ben Gold, Nelson Morgan , (1999) , Speech and Audio Signal Processing-Processing and Perception of Speech and Music .

英文期刊

- * A Kaisen Model for Musical Chords Based on the Structure of the Human Auditory System.
- * Adjective Rating and Dimension Analysis of Auditory Rhythm Patterns.
- * Similarity Ratings and Dimension Analyses of Auditory Rhythm Patterns.
- * Visual Product Evaluation : Exploring users' Emotional Relationships with Products.
- * Using Melody of Musical Sounds as Element of Audio Icons to Identify the Callers of Cell Phone.
- * Real and Virtual Spaces Generated by Music.



中文參考文獻

中文書籍

- * Alexandra Stoddard 著，俞筱鈞 譯，1995，應用心理學-怡然相處，揚智文化出版，台北
- * Paul Thagard 著，屠名正 譯，2003，心智-認知科學導論，五南圖書出版，台北
- * David Lewis, Darren Bridger 著，陳琇玲 譯，2002，新消費者心理學：人們買什麼？為什麼而買？，臉譜出版，台北
- * Kevin Silber 著，林宜美、洪琪發、許秋田、劉仁儀 和譯，2003，行為的生理基礎，五南圖書出版，台北
- * 楊中芳 著，1990，廣告的心理原理，遠流出版，台北
- * Philip G. Zimbardo, Richard J. Gerrig 著，游恆山 編譯，1999，心理學導論，五南出版，台北
- * 葉重新 著，1998，心理學，心理出版，台北
- * 張一岑，2004，人因工程學，揚智文化，台北
- * 村井靖兒 著，2002，音樂療法的基礎，稻田出版，台北縣永和市
- * 安藤由典 著，鄭德淵 譯，1989，樂器的音響學，幼獅文化，台北
- * 吳明隆，2000，SPSS 統計應用實務，松崗出版，台北
- * 李金泉，1997，如何精通 SPSS for Windows 統計分析，松崗出版，台北

碩士論文

- * 莊雅量，2001，應用音樂性聲音訊號傳達訊息屬性的可能性研究-以行動電話之”聽聲辨人”為例，國立交通大學應用藝術研究所碩士論文
- * 高韻萍，2003，產品造型意象與音樂的配對，國立交通大學應用藝術研究所碩士論文
- * 陳雅惠，2003，產品功能與聲音關聯性之探究-以數位相機為例，國立交通大學應用藝術研究所碩士論文
- * 林俊男，2001，人工聲音信號意象感知評價之研究，國立雲林科技大學工業設計研究所碩士論文