

# 雙耳互函數與聲源方向感度之探討 －以兩反射音模擬聲場為例

陳炯堯\* 張淳華\*\*

\* 朝陽科技大學建築及都市設計研究所

\*\* 朝陽科技大學建築及都市設計研究所研究生

(收件日期：89年9月14日；接受日期：89年10月25日)

## 摘要

有關主觀聲源寬廣度 (Apparent Source Width, ASW) 與雙耳互函數級數 (Magnitude of the Interaural Cross-Correlation, IACC) 的關聯性, 已由八音程噪音 (1/3oct) 雙耳互函數之變異寬幅 (the width of the Interaural Cross-Correlation Function, WIACC) 得到證明 [1]。而本研究乃敘述聽覺之主觀空間印象中, 能引導視覺注意的聲源方向感度 (Source Directional Sensitivity, SDS), 是否也和雙耳互函數有同樣的關聯性。因此, 以兩反射音之模擬聲場進行探討, 首先以數理解析雙耳互函數之特性, 再針對人們實際的心理感受進行實驗。心理實驗採恆常法統計分析進行心理量化。實驗結果發現聲源方向感度的變化, 主要受制於雙耳互函數級數及全反射音振幅的大小, 並證實聲源方向感度與雙耳互函數級數為正比之關係存在, 當全反射音振幅大時 ( $A_0 = 1; A_1 = 0.8; A_2 = 0.8$ ) 相關係數  $r = -0.986$  ( $R_2 = 0.97$ ), 優於全反射音振幅小 ( $A_0 = 1; A_1 = 0.2; A_2 = 0.2$ ) 相關係數  $r = -0.677$  ( $R_2 = 0.46$ )。

關鍵詞：聲源寬廣度、雙耳互函數級數、聲源方向感度。

## 一、緒論

人耳對於聲源範圍之大小的主觀感受, 我們稱之為聲源寬廣度 (ASW), 此觀感讓人類對聲場中之空間印象 (Spatial Impression) 得到立體化, 通常稱之為主觀的擴散 (Subjective Diffuseness)。在室內聲場中, 不須藉助擴聲設備; 如歌劇、大型古典樂團演奏, 聽眾對聲源方向的判斷有其重要性, 它可以引導視覺對於表演者作立即的聆判, 有助於視聽覺互動。另於防災系統中, 藉助擴聲設備之聲場; 如播音設備避難誘導、警報聲信號中, 避難者經由自動警報設備獲知火警後, 聲源方向之逃生路徑誘導有其重要性, 它可以引導聽覺對於避難方向作立即的聆判, 有助於視覺輔助。聲場的聲源方向感度雖然和聲源之主觀擴散有著相反的涵意, 但彼此均有其重要性。因此; 本研究擬針對聲源方向感度 (SDS) 以模擬聲場 (simulated sound field) 方式進行實驗, 並採用恆常性 (Constancy) 圖解分析, 試圖藉由若干物理變因的控制及聲源

方向感度之心理量化來迴歸聽覺空間印象的基礎探討。

## 二、聲源方向感度與雙耳互函數

### 2.1 主要之相關研究

於建築聲學中，對於室內聲場品質之評價，經常透過某些特定主觀聽覺感知來評估。Barron [2] 早期側向反射的遲延時間與其聲壓大小進行空間感關係的探討。他指出較佳的空間感其側向反射音最小不可小於直接音 25dB，而時程上則距直接音 50ms 內；當入射角與聽者正前方呈 90 度時，其空間感最佳。而 Ando [3] 對於早期反射音與空間感主觀評估相關性指出，最佳的早期側向反射音入射角與聽者正前方之夾角大約呈 60 度左右，而與反射之遲延時間各為獨立之物理因子。

探討聲源方向性的研究中，Urayama 和 Fu 和 Lee 及 Tong [4] 以兩個耳朵的頻率響應和時間遲延，來幫助決定一個聲音來源的位置。另外 Wayman [5] 在水平面聲音來源方向的定位建立一個系統，對幾個同時播放聲音來源的方向進行測試，系統對聲音來源方向提供  $\pm 5$  度精確度的計算。Duda [6] 估計聽覺水平面雙耳聽取聲壓級的差別 (Interaural Level Difference, ILD) 來推測聲音來源的方位角和高度，顯示定製人頭雙耳相關性的重要性，以獲得聲音方向性之理解。另有 Beranek [7] 將構成空間感的因素分成聲源寬廣度 (ASW) 及聽者環繞感 (Listener Envelopment, LEV) 兩個主要部分，聲源寬廣度則是早期反射聲從側牆到達聽者的位置，這樣的反射聲出現在音樂聆聽上有加大聲源，分辨聲音來源和加強豐滿度的功能。

### 2.2 雙耳互函數之基礎理論

Ando[3] 提出以雙耳互函數級數 (IACC) 來解釋人耳對聲場之空間印象，在決定一個聲場水平方向的主要擴散程度。Sato 和 Ando [8] 之研究中他們提出雙耳互函數級數 (IACC) 與互函數變異寬幅 (WIACC) 可決定聲源寬廣度 (ASW) 的說法，但實驗用音源為 1/3 倍頻之噪音 (noise)，且發現 1/3 倍頻程中若提高中心頻率 (125Hz-2KHz)，將使聲源寬廣度變小。且定義以雙耳互函數中極大值之百分之十所涵蓋的時間長為互函數變異寬幅。因此；雙耳互函數級數對於聲場之主觀擴散更增添其應用範圍。

由於聲音傳達路徑之特性在兩耳之個別脈衝響應為  $h_{nl}(t)$  和  $h_{nr}(t)$ ，它們可敘述及轉達人對聲場之主觀聲源定位 (Sound Localization) 以及空間的印象 (Spatial Impression)，並且二者為獨立的個體。

例如它們在二度空間的平面中，點音源在任何特定角度上均有一定關係。因此，我們將此二者之關係以一特定之物理函數—雙耳互函數來詮釋聲源與到達兩耳之信號  $f_l(t)$  和  $f_r(t)$  間的關係，定義如式 (1)

$$\Phi_{lr}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f_l'(t) f_r'(t+\tau) dt, \quad (1)$$

$f_l'(t) = f_l(t) \cdot s(t)$  和  $f_r'(t+\tau) = f_r(t+\tau) \cdot s(t)$  均指通過人耳之 A 加權 (A-weighting) 濾波器後的信號，並對應於耳朵的聽感  $s(t)$ 。

規一化之雙耳互函數為式 (2)

$$\varphi_{lr} = \frac{\Phi_{lr}(\tau)}{\sqrt{\Phi_{ll}(0) \Phi_{rr}(0)}} \quad (2)$$

$\Phi_{ll}(0)$  和  $\Phi_{rr}(0)$  為當遲延  $\tau$  在原點時 ( $\tau = 0$  時的自函數，等於左右兩耳上的平均聲強) 之單耳的自函數。

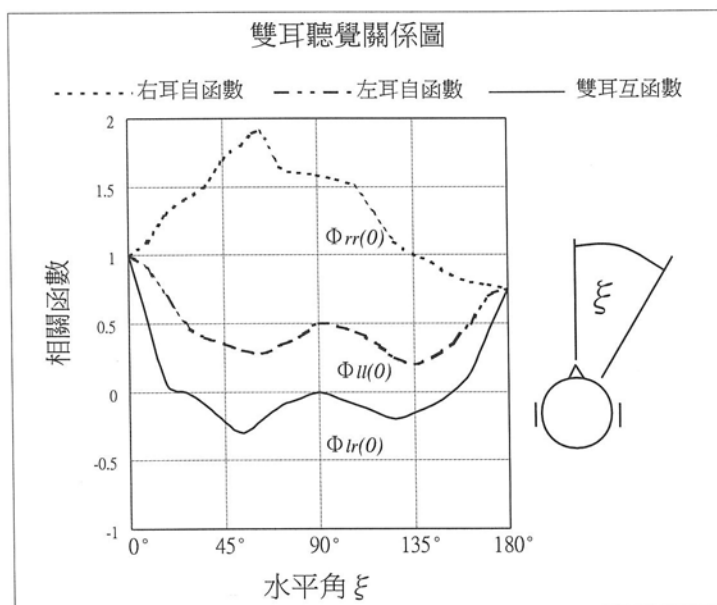


圖 1 雙耳互函數和左右耳上的自函數與單個音樂信號到達方向  $\xi$  的關係  $\Phi_{ll}(0)$  和  $\Phi_{rr}(0)$  分別相當於左耳和右耳上的聲能

資料來源：參考 Ando [3] P.50 圖 3.2 及本研究整理

在實際聲場中根據反射音次數及其強弱，規一化互函數將改寫為式 (3)

$$\varphi_{lr}^{(N)}(\tau) = \frac{\sum_{n=0}^N A n^2 \Phi_{lr}^{(n)}(\tau)}{\sqrt{\sum_{n=0}^N A n^2 \Phi_{ll}^{(n)}(0) \sum_{n=0}^N A n^2 \Phi_{rr}^{(n)}(0)}} \quad (3)$$

其中  $\Phi_{lr}^{(n)}(\tau)$  為第  $n$  個反射在雙耳形成之互函數，因此；雙耳互函數級數定義為式 (4)

$$IACC = \left| \varphi_{lr}^{(N)}(\tau) \right|_{\max} \quad (4)$$

而兩耳間信號之最大延遲將限定於  $|\tau| \leq 1\text{ms}$ 。

經由圖 2 說明雙耳相關函數及各參考因子之相關關係，而互函數之變異寬幅 ( $W_{IACC}$ ) 在

$\frac{\Delta w_c}{2}$  極小時為式 (5)

$$W_{IACC} = \frac{4}{\Delta w_c} \cos^{-1} \left[ 1 - \frac{\delta}{IACC} \right] \quad (5)$$

其中  $\delta$  為人耳可判定 IACC 改變之百分比。

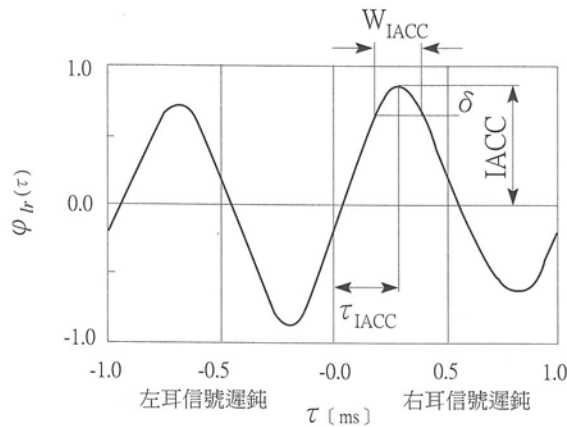


圖 2 雙耳相關函數及各參考因子之相關圖；資料來源：取自 Sato;Mori;Ando [ 8 ] 圖 1

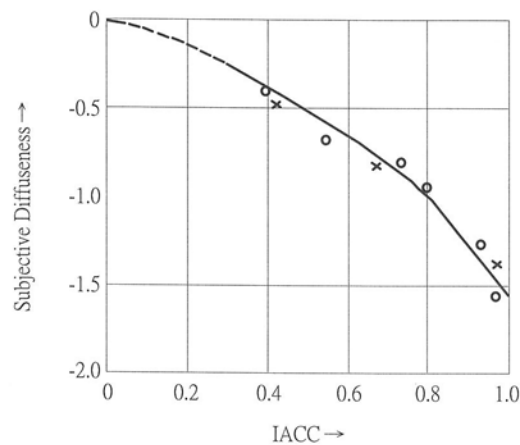


圖 3 主觀擴散優選的標度值與 IACC 之關係(O) 音樂 A；(×) 音樂 B 之試驗結果

資料來源：參考 Ando [ 3 ] P.106 圖 5.10

由式 (5) 可知極小之  $W_{IACC}$  可得到對聲源在水平角  $\xi$  之極大的方向感度 (Source Directional Sensitivity, SDS)，而當雙耳互函數級數  $IACC < 0.15$  時，主觀之擴散 (Subjective Diffuseness) 可被察覺。藉由圖 3 說明主觀擴散優選的標度值與雙耳互函數級數  $IACC$ ，它們之間存在著反比之關係。

### 三、研究方法

#### 3.1 物理條件之推導

##### (1) 推導過程

音樂樣本探討時，雙耳互函數  $\Phi_{lr}(\tau)$ 、左耳自函數  $\Phi_{ll}(\tau)$ 、右耳自函數  $\Phi_{rr}(\tau)$  採用 Arnold 音樂樣本 (交響樂作品 48 第 3 樂章快板、活潑的) 之實測值，相關之聲源振幅設定如下：(1) 直達聲振幅  $A_0 = 1$  (水平角  $\xi = 0^\circ$ )；(2) 第一反射聲振幅  $A_1 = 0.2; 0.4; 0.6; 0.8$  (水平角  $\xi = 18^\circ; 36^\circ; 54^\circ; 72^\circ; 90^\circ; 108^\circ; 126^\circ; 144^\circ; 162^\circ; 180^\circ$ )；(3) 第二反射聲振幅

$A_2 = 0.2 ; 0.4 ; 0.6 ; 0.8$  (水平角  $\xi = 342^\circ ; 324^\circ ; 306^\circ ; 288^\circ ; 270^\circ ; 252^\circ ; 234^\circ ; 216^\circ ; 198^\circ ; 180^\circ$ )。

模擬推導無響室中之雙耳聽覺，以雙耳互函數級數 (IACC) 式 (4) 理論進行推導，研究分析依上述變數來計算雙耳互函數級數與互函數變異寬幅，探討兩者之間所存在的關係，提供心理實驗時聲源方向水平角  $\xi$  之選樣參考。

## (2) 推導結果

以 Ando [1] 雙耳互函數中最大波型寬幅縮小時聲源方向性將變大之觀點，得知圖 4 聲源方向性應比圖 5 明確。由 Sato 和 Ando [9] 聲源寬廣度將影響聲場中之空間印象得到立體化，且 ASW 可與  $W_{IACC}$  相呼應之觀點得知圖 6 聲源寬廣度應比圖 7 寬，其空間印象較佳。

IACC最大值互函數關係圖

( $A_0=1 ; A_1=0.2 ; A_2=0.2 ; \xi A_0=0^\circ ; \xi A_1=180^\circ ; \xi A_2=180^\circ$ )

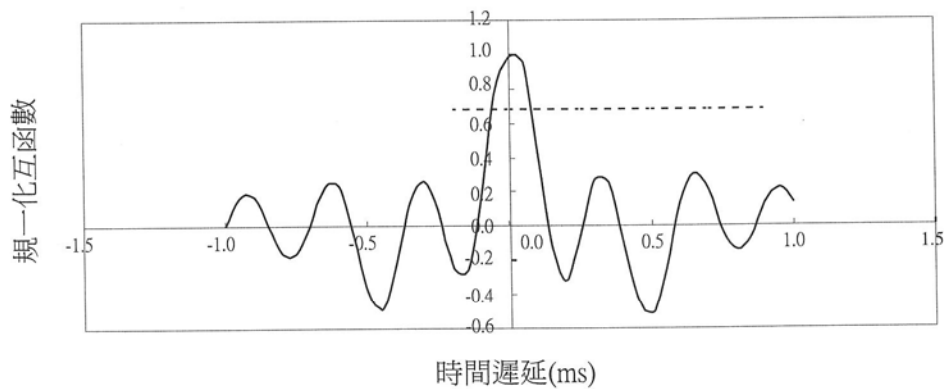


圖 4  $W_{IACC}$  最大值 (IACC = 0.988 ;  $W_{IACC}$  = 0.131ms) 互函數關係圖

IACC最大值互函數關係圖

( $A_0=1 ; A_1=0.2 ; A_2=0.2 ; \xi A_0=0^\circ ; \xi A_1=54^\circ ; \xi A_2=288^\circ$ )

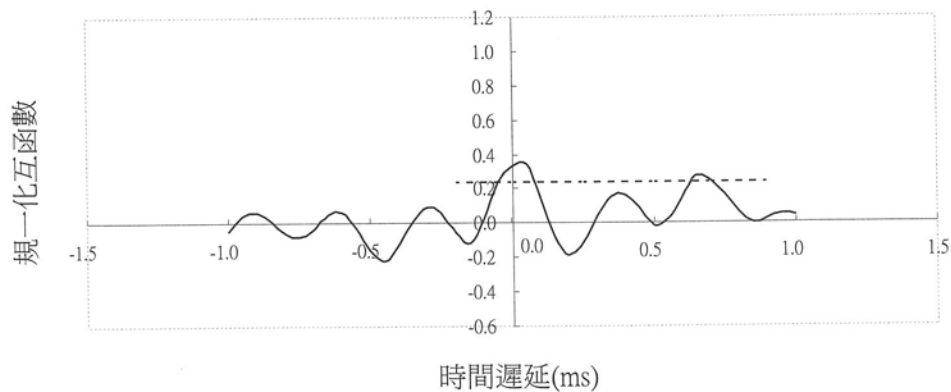


圖 5  $W_{IACC}$  最小值 (IACC = 0.343 ;  $W_{IACC}$  = 0.124ms) 互函數關係圖

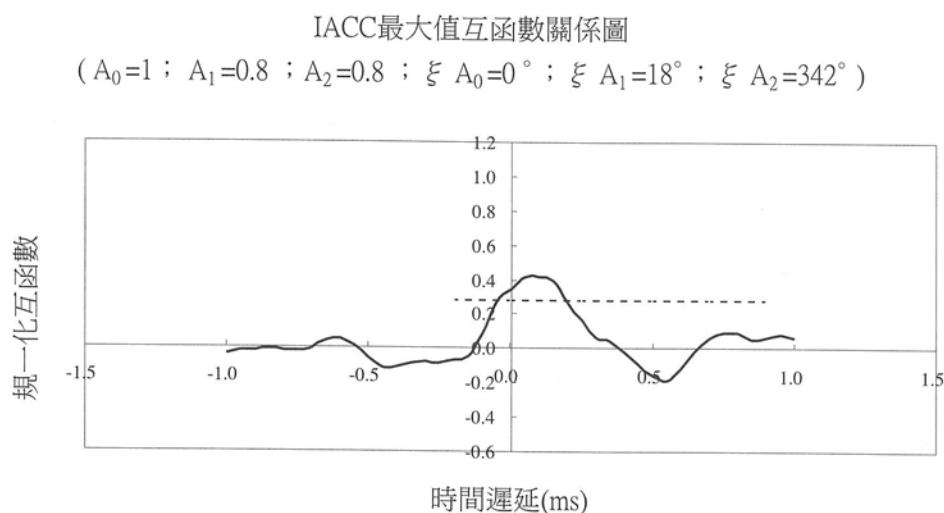


圖 6  $W_{IACC}$  最大值 ( $W_{IACC}=0.229$  ;  $IACC=0.412$ ) 互函數關係圖

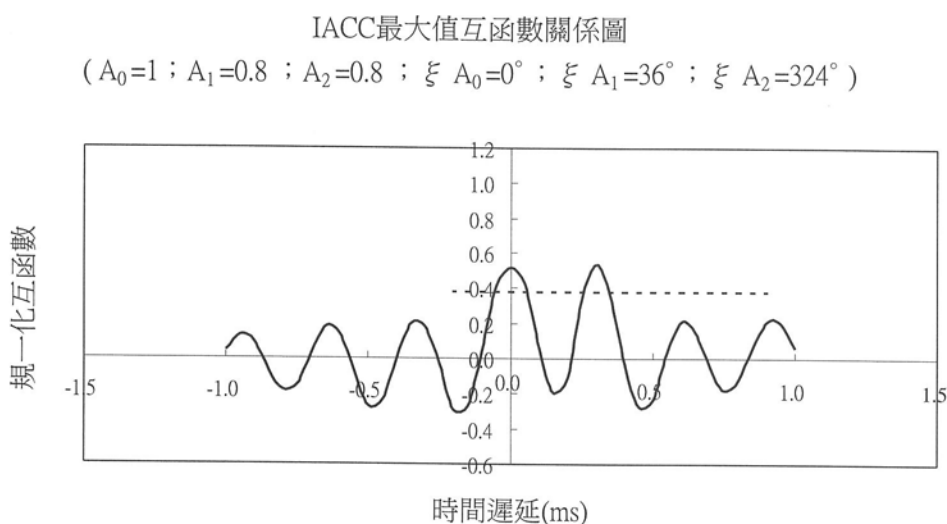


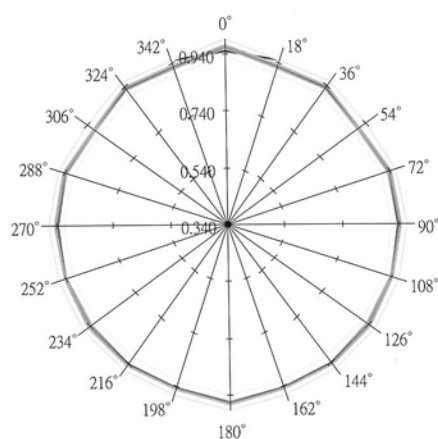
圖 7  $W_{IACC}$  最小值 ( $W_{IACC}=0.084$ ms ;  $IACC=0.537$ ) 互函數關係圖

圖 8 顯現出全反射音振幅小時，IACC 值在水平面各角度之差異變少聲源方向差異性不明確。於相同振幅狀況下圖 9 所示  $W_{IACC}$  值變小且水平面各角度差異也極少，其聲源寬廣度 (ASW) 也較窄。全反射音振幅大時，圖 10 顯現各角度之 IACC 值之差異變大聲源方向差異性較明確，以  $\pm 54$  度為最小且在 180 度為最大， $W_{IACC}$  值如圖 11 所展現差異變大其聲源寬廣度 (ASW) 較寬，且以  $\pm 18$  度為最大。音樂樣本經由前述之數理推導分析歸納如下：

IACC 最大值 (0.988) 產生在全反射音振幅較小時，而  $W_{IACC}$  最大值 (0.229 ms) 產生在全反射音振幅較大時。 $W_{IACC}$  值越大其聲源寬廣度比較寬，空間印象較佳。當全反射音振幅小時 ( $A_0=1$  ;  $A_1=0.2$  ;  $A_2=0.2$ ) IACC 值變大在水平面各角度之差異變少，兩反射音方位改變時，其聲源方向差異性不明確。 $W_{IACC}$  值變小其水平面各角度差異極少，聲源寬廣度 (ASW) 較窄。當全反射音振幅大時 ( $A_0=1$  ;  $A_1=0.8$  ;  $A_2=0.8$ ) IACC 值變小在水平面各角度之差異

變大，兩反射音方位改變時，其聲源方向差異性明確，以  $\pm 54$  度為最小且在  $180$  度為最大。  
 $W_{IACC}$  值變大其水平面各角度差異變大，聲源寬廣度 (ASW) 較寬，且以  $\pm 18$  度為最大。

IACC分析  $A_0=1$  ;  $A_1=0.2$  ;  $A_2=0.2$

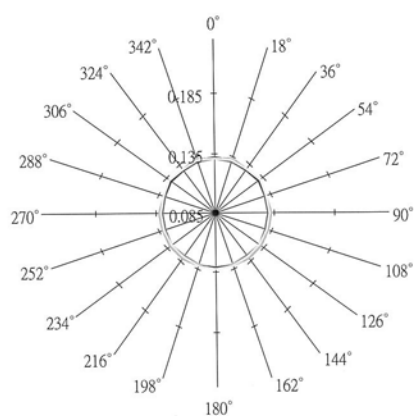


第一反射音  $A_1$

- 固定在18度
- 固定在36度
- 固定在54度
- 固定在72度
- 固定在90度
- 固定在108度
- 固定在126度
- 固定在144度
- 固定在162度
- 固定在180度

圖 8 數理分析各水平角  $\xi$  IACC 示意圖 ( $A_0 = 1$  ;  $A_1 = 0.2$  ;  $A_2 = 0.2$  )

$W_{IACC}$ 分析  $A_0=1$  ;  $A_1=0.2$  ;  $A_2=0.2$

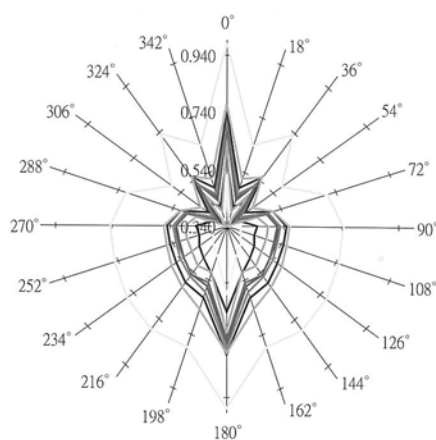


第一反射音  $A_1$

- 固定在18度
- 固定在36度
- 固定在54度
- 固定在72度
- 固定在90度
- 固定在108度
- 固定在126度
- 固定在144度
- 固定在162度
- 固定在180度

圖 9 數理分析各水平角  $\xi$   $W_{IACC}$  示意圖 ( $A_0 = 1$  ;  $A_1 = 0.2$  ;  $A_2 = 0.2$  )

IACC分析  $A_0=1$  ;  $A_1=0.8$  ;  $A_2=0.8$

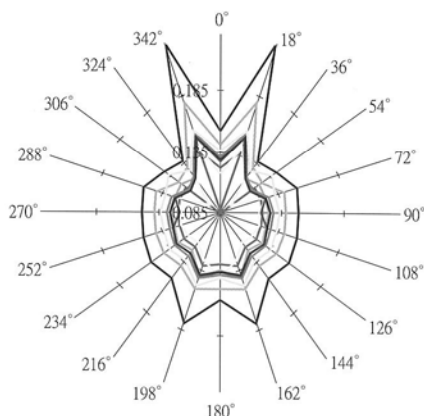


第一反射音 $A_1$

- 固定在18度
- 固定在36度
- 固定在54度
- 固定在72度
- 固定在90度
- 固定在108度
- 固定在126度
- 固定在144度
- 固定在162度
- 固定在180度

圖 10 數理分析各水平角  $\xi$  IACC 示意圖 ( $A_0 = 1$  ;  $A_1 = 0.8$  ;  $A_2 = 0.8$ )

IACC分析  $A_0=1$  ;  $A_1=0.8$  ;  $A_2=0.8$



第一反射音 $A_1$

- 固定在18度
- 固定在36度
- 固定在54度
- 固定在72度
- 固定在90度
- 固定在108度
- 固定在126度
- 固定在144度
- 固定在162度
- 固定在180度

圖 11 數理分析各水平角  $\xi$   $W_{IACC}$  示意圖 ( $A_0 = 1$  ;  $A_1 = 0.8$  ;  $A_2 = 0.8$ )

### 3.2 心理實驗

#### (1) 聲場模擬方法

本研究實驗時採用 Arnold 音樂樣本（交響樂作品 48 第 3 樂章快板、活潑的）進行探討，實驗用音樂樣本借助電腦做編輯，編輯完成後將樣本音樂傳送至數位錄音機（digital audio tape player），把所需的音樂以數位錄音帶（digital audio tape）儲存。研究之聲源播放系統如圖 12 所示，將編輯製作完成的聲源，以數位錄音帶，藉由數位錄音機連接擴大機，再由三個揚聲器（一個直達聲及兩個反射聲），朝向指定位置上的測聽者重放。系統經電子方法處理後輸出，可使信號在揚聲器前的測聽者（或收訊麥克風）兩耳上重現。

實驗樣本之各方位的喇叭呈現聲能大小不同，故採用 maximum sound level 作為指標，並考慮人耳聽覺 A 加權，單位採 dB (A)，總聲能以 ONO SOKKI (LA-5110) 精密積分噪音計  $L_{MX}^{80}$  500Hz 量測各方位的喇叭設定聲壓級，為避免誤差，取 10 次量測的平均值，進行每一個



喇叭的設定調整。

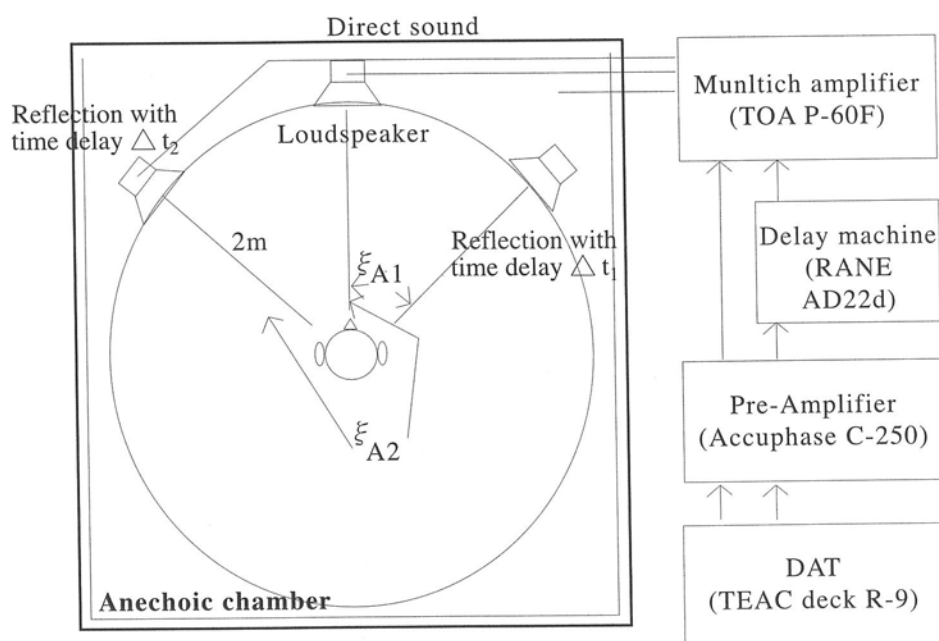


圖 12 無響室中雙耳聽覺刺激實驗示意圖

## (2) 實驗場所

本研究主要係利用朝陽科技大學，建築及都市設計研究所，建築物理音響實驗室之無響室作為測試場所，空間尺寸為 5M 長 \* 4M 寬 \* 4M 高（淨空間）。

## (3) 實驗步驟

測聽者選擇以本校學生為主，並安排聽力檢查以聽力正常者為選擇對象。首先於實驗前將實驗狀況，教育測聽者使能充分了解實驗目的。並將所選取之實驗樣本，於無響室中所設定各選定型式，先以精密積分噪音計，量測各方位個別之喇叭設定聲壓級，完成心理實驗前之器材整備，後以收訊麥克風量測及紀錄，再與計算所得之係數值做比較，並探討與聲源寬廣度（ASW）的關係。進行心理實驗時，先將測聽者引入無響室預定受測位置，接受聽覺刺激實驗，固定受驗者之收聽聲壓級（LL），來變換各選定之聲場型式，呈現給測聽者如圖 12 所示，並要求其進行問卷作答，進而求得選樣型式之水平角的聲源方向感度（SDS）之關聯性。

本研究之心理實驗以恆常性（Constancy）分析進行，大小知覺決定於聲源的方位角與聲能，這兩個因素都直接的影響聲源在雙耳形成方向感度的大小。研究探討中，我們就聲源方向發生變化，而測聽者在雙耳聽覺上的聲能大小，並不明顯改變這一恆常性問題，作一觀察與實驗。實驗之聲源呈現方式，以相同之設定一次播放兩遍，使測聽者適應並做立即聆判及記錄。

實驗之目的在於收集所有測聽者聆判的反應資料，然後決定在每一聲場型式下的主觀相等點（Point of Subjective Equality, PSE），最後以圖解如圖 13 所示之方式，說明整個實驗結果。

## (4) 實驗結果分析

整體而言本實驗大致進行順利，實驗時於總聲能的調整上，應用 Accuphase（stereo preamplifier model C-250）數位錄音機（Digital audio tape deck R-9）連接擴大機 Power

Amplifier (TOA P-60F) 及時延處理 (RANE AD22d audio delay machine) 的交互搭配, 尚可達成本實驗之目的要求。

問卷數為 (樣本一) 50 份; (樣本二) 50 份總計 100 份, 測聽者為女生 28%; 男生 72%。本研究參考 *Beranek* [14] 所提音樂廳的各種音響評估指標之精神, 作為感度統計時的基礎, 配合本研究採用之恆常法, 訂定實驗所需評估尺度, 由原始心理評價實驗問卷選項, 轉換成數值化資料的方法, 評估指標 (垂直方向) 分別給予 0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1 等數值。實驗時本研究考慮到問卷可信度之檢定, 於實驗樣本中加入一組檢定用聲場, 其設定型式為直達聲與反射聲之水平方位角皆於 0 度角, 來作為結果分析時問卷可信度之基本檢定。

實驗進行時由 50 位測聽者, 每位測聽者分別針對 8 種設定聲場, 劃記問卷每人共繪製 2 張問卷 (不同全反射音振幅之音樂樣本一、二如圖 14; 15)。測聽者實驗記錄, 經由轉換成數值化資料統計分析後, 最後以圖解及描述性統計之方式如圖 13, 並以迴歸統計來說明整個聲源方向感度之分析結果。

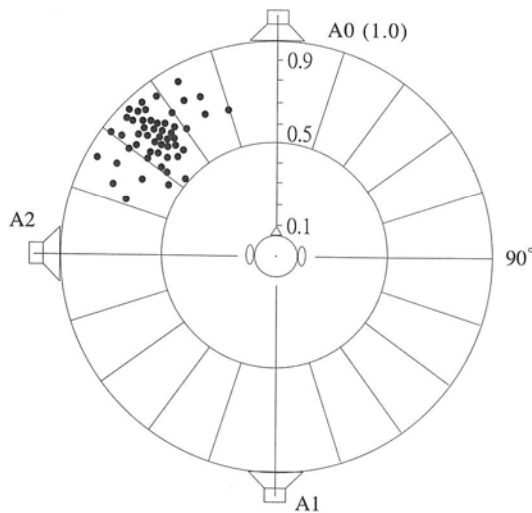


圖 13 恆常性實驗結果說明圖 (範例)

## 四、結論與建議

### 5.1 實驗結果

本論文在有關雙耳互函數與聲源方向感度的探討中, 從全文對聲源方向感度 (SDS) 的探討而言, 我們將之分為三個部分 (理論基礎、數理推導與實驗分析) 並一一討論之。希望將聲源方向感度相關的數理推導及實驗量測分析的數據與結果, 能進一步應用至室內聲場之音響設計基礎研究, 從討論中歸納的結果, 茲敘述如下:

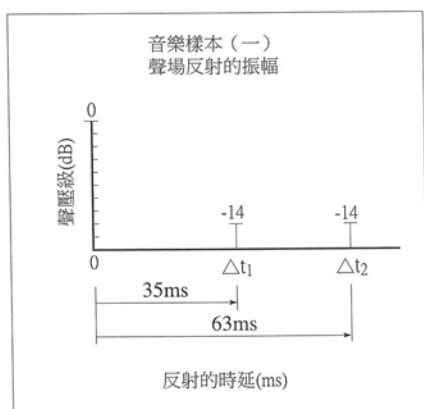


圖 14 樣本(一) 聲場反射的振幅

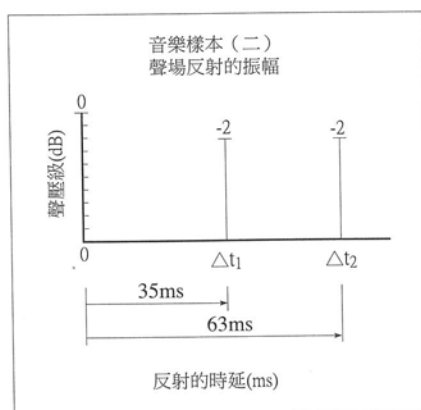


圖 15 樣本(二) 聲場反射的振幅

心理實驗之結果：

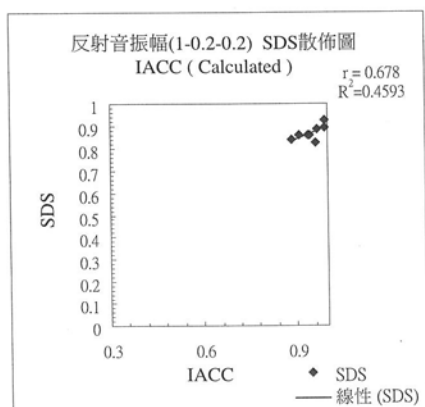


圖 16 全反射音振幅小時 IACC 計算值與 SDS 線性回歸散佈圖

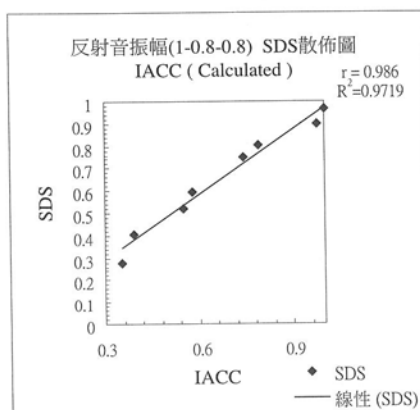


圖 17 全反射音振幅大時 IACC 計算值與 SDS 線性回歸散佈圖

測聽者實驗記錄，經由轉換成數值化資料統計分析後，最後以圖解及統計之方式，說明整個聲源方向感度之分析結果顯示出，聲源方向感度（SDS）與雙耳互函數級數（IACC）為正比之關係，如圖 16、17 所示之結果。

另於全反射音振幅大小之關係探討，當全反射音振幅大時（IACC 值較小）缺少特定的方向感，反射音方位的改變，易於影響聲源方向感知，所得結果 IACC 與 SDS 的斜率較陡峭，而全反射音振幅小時（IACC 值較大）有明確的方向感，反射音方位的改變，不易於影響聲源方向感知，所得結果 IACC 與 SDS 的斜率較為平緩。在雙耳聽覺互函數低的聲場時會感覺到主觀擴散度（缺少特定的方向感）。另一方面，雙耳聽覺互函數 IACC 值大時（有很強的峰時），則可感覺到聲場有明確的方向。

結果歸納如下：

1. 於實驗時 SDS 之改變，主要受制於 IACC 及全反射音振幅的大小，雙耳聽覺互函數主要與反射到達測聽者的方向和反射的幅度有關。
2. 因本實驗所設定之各方位聲場型式，其 W 值差異性極小，對於 SDS 影響不明顯。

3. 證實聲源方向感度 (SDS) 之變化，也和聲源寬廣度 (ASW) 有同樣的關係存在，在於聲源寬廣度 (ASW) 與雙耳互函數級數 (IACC) 為反比之關係，然而本研究探討之結果顯示，當全反射音振幅大時迴歸分析判定係數  $R^2 = 0.97$ ，優於全反射音振幅小時迴歸分析判定係數  $R^2 = 0.46$ ，其聲源方向感度 (SDS) 與雙耳互函數級數 (IACC) 皆為正比之關係存在。

#### 5.2 後續發展之建議

本論文針對聲源方向感度以兩反射音模擬聲場，心理實驗所得的結果，將可應用於視覺互動與視覺輔助之基礎。有關視覺輔助領域的後續研究建議，針對各種播音設備避難誘導及警報聲信號，分別調查其適合的聲源種類為何，在實驗方法上，可將本研究中兩反射音模擬聲場，進一步提升為多反射音實驗探討，以供聲源方向感度於避難誘導之視覺輔助設計的參考。有關視覺互動領域的後續研究建議，在實驗方法上，可將本研究中無響室中模擬聲場之選樣，進一步至演藝廳現場實驗，於演藝廳更能使人身歷其境，所得之實驗結果也將更真實，以聲源方向感度來引導視覺對於表演者做立即的聆判，增加視覺互動的臨場感。

#### 謝辭

本案經國科會補助特此感謝 (計畫編號: NSC89-2211-E-324-020)

## 參考文獻

1. Ando, Y., 1985, Concert Hall Acoustics, Heidelberg: Springer-Verlag, pp.45-91.
2. Ando, Y., 1996, Architectural Acoustics: Blending Sound Sources, Sound Fields, and Listeners, New York: AIP Press/Springer-Verlag, pp.89-95.
3. Barron, M., 1995, "Bass sound in concret auditoria", J. Acoust. Soc. Am., 97, p.1088.
4. Beranek, L., 1992, "Concert Hall Acoustics-1992a," J. Acoust. Soc. Am., 85, p. 39.
5. Duda, R. O., 1993, "Estimating Azimuth and Elevation from the Interaural Intensity Difference," Technical Report No. 4, NSF Grant No. IRI-9214233, Dept. of Elec. Engr., San Jose State Univ.
6. Sato, S., and Ando, Y., 1996, "Effects of interaural cross-correlation function on subjective attributes," J. Acoust. Soc. Am. 100(A), p. 2592.
7. Urayama, T., Fu, M. Y., Lee, J. Q., and Tong, D. B., 1990, "A Real-Time Monaural to Binaural Head-Shadow Filter," EE199 Project Report, Dept. of Elec. Engr., San Jose State Univ.
8. Wayman, C., 1992, "A Correlation-Based Location Algorithm for Multiple Sound Sources," M. S. Project Report, Dept. of Comp. Engr., San Jose State Univ.

# Sound Localization in Respect of Magnitude of Interaural Cross-Correlation Function : Two Reflections in Simulated Sound Field as Example

Chiung Yao Chen\* Chun Hua Chang\*\*

\* Graduate Institute of Architecture and Urban Design, Chaoyang University of Technology

( Date Received : September 14, 2000 ; Date Accepted : October 25, 2000 )

## Abstract

The subjective evaluation of the spaciousness of an original sound source to the human's ears is known as apparent source width, ASW. The relationship between ASW and the magnitude of the interaural cross-correlation, IACC, is explained in physics as the width of the maximum envelope of IACC, WIACC. In a sound field, as in the performance of opera or a classical orchestra, it is important for the audience to determine the direction of the sound source. It is the visual interactive in which audiences observably and immediately respond to a performance.

The aim of this study is to detect the relationship between source directional sensitivity, SDS, and IACC, and whether it has the same interrelation with ASW. As a focus to the SDS topic, the research methods will use two reflections in a simulated sound field, and include not only mathematical analysis but also an investigation of the subjective tests. The constancy graphical approaches for statistical analysis will be used for the psychological experiment. It intends to quantify the results via a control on the variation. The results show us that SDS inverse to IACC ( $r = -0.986$ ) in the case of highly absolute reflections (A value).

Keywords: apparent source width (ASW) 、 interaural cross-correlation (IACC)source directional sensitivity (SDS)