

木質裝修材之音響散射性能對住宅聆聽音樂空間聲場之影響

The Influences of Wood Based Materials Scattering Properties on the Sound Field in Listening Room

林芳銘¹

江哲銘²

馮俊豪³

黃琨智⁴

林俊賢⁵

摘 要

關鍵字：木質裝修材、電腦模擬、住宅聆聽室

本研究因應建築更新再利用之需求，於住宅空間建構聆聽音樂機能之空間。利用電腦模擬探討木質裝修材之音響散射性能對於聆聽音樂空間聲場之影響。本研究藉由實際空間之聲場性能量測與電腦預估模擬結果之比對，建立電腦模型，檢驗其有效性。研究結果顯示，量測及模擬之迴響時間特性在 250Hz~4000Hz 有相當之一致性。本研究進一步探討木質裝修材音響散射性能之影響，將測得之木質裝修材散射係數數據，作為電腦模型中材料之參數，在相同空間室容積條件下，比較不同木質裝修材組合條件對室內聲場性能之影響，並進一步探討設計應用之可行性，以作為聆聽室聲學設計之參考。

Abstract

Keywords: wood based materials, computer simulation, listening room

The aims of research were innovating the building acoustic simulation tool for the sound-scattering properties of wood based materials in the listening room of renew buildings. The simulation model was established and examined by both the experimental tests and the predetermined program tests for the sound field measurement. The reverberation time results shown the experiment approximated to the simulation tests at 250Hz~4000Hz. Furthermore, the scattering coefficient of wood based materials was created as a new parameter of the model. The simulated results can be evaluated the sound performance for the conditions of wood based materials in the same room volume. The results of this research will be helpful to the acoustic design of the listening room .

¹ 林芳銘，國立屏東科技大學木材科學與設計系副教授

² 江哲銘，國立成功大學建築系教授

³ 馮俊豪，國立屏東科技大學木材科學與設計系碩士生

⁴ 黃琨智，國立屏東科技大學木材科學與設計系碩士生

⁵ 林俊賢，國立屏東科技大學木材科學與設計系碩士生

一、 研究緣起與目的

國內外聲學研究方面對音樂廳等空間已累積了許多研究成果，在裝修材料吸音與隔音性能之探討也有許多文獻。室內音響之設計，除吸音、隔音係數外，近年來室內裝修材料之隨機入射散射係數(random-incidence scattering coefficient)亦成為重要之室內音質設計參數，作為空間音響設計與電腦模擬輸入條件，因此裝修材料之散射係數研究為音響設計之重要課題。

蔣國榮(2004)提到針對聆聽室的聲場設計，較著重於迴響時間的頻率需求或裝修材之運用。聆聽室中如裝修擴散效果佳的材料或增加家具的配置設計，可增加聲音在空間中的擴散性(Atsuro *et al.*, 2005)。

本研究因應建築更新再利用之需求，於住宅空間建構聆聽音樂機能之空間，利用電腦模擬探討木質裝修材之音響散射性能對於聆聽音樂空間聲場之影響。前期研究以單一揚聲器進行空間聲場模擬，探討裝修材散射性能與配置對迴響時間、音壓分布與清晰度 C_{80} 之影響(林芳銘, 2006)。本研究進一步以兩個揚聲器進行裝修材散射性能對空間聲場之影響。

二、 住宅聆聽室聲場特性與裝修材音響性能

Cox, T. J., and P. D'Antonio (2000) 針對聆聽室研究提到，小空間的種類中聲音頻率響應會呈現不均勻及延長低頻的衰減，且不利於聲音的品質，這種音缺陷小空間比大空間容易產生。室內表面散射程度是室內音響設計音質重要影響因子，表面良好的散射性能有助於獲得較佳之擴散聲場。

ISO17497-1 (2004) 規定之隨機入射散射係數量測，是由於材料表面粗糙所導致的散射效果，量測結果是描述非鏡面反射之聲音能量。隨機入射散射係數(S)之定義為在迴響室擴散聲場量測，1 減去鏡面反射聲音能量與總入射聲音能量的比值。

長穀伸茂等人(1996)研究木質材料之吸音性能影響空間之迴響時間。就木質材料而言，樹種、厚度、含水率及背後空氣層對木質材料的吸音係數皆會有影響，依木質材料橫切面吸音係數之音頻特性可分為三種類型(陳載永等人, 1996)。

1. 類似多孔質型吸音材料如相思樹、台灣泡桐、柳杉等屬此類型。低頻吸音係數較小，中高頻處有較大的吸音係數。
2. 類似嵌板型吸音材料如光蠟樹、柚木、苦楝、烏心石、牛樟、扁柏及鐵杉等。吸音係數在所有音頻範圍的變化不大，但是在低音頻處有較大的吸音係數。
3. 複合型吸音材料如紅檜、柳杉及杉木等屬此類型材質。同時兼備上面兩種吸音機構，在低音頻處類似嵌板型材料，高音頻處類似多孔質材料。

三、 研究方法

本研究以 RC 構造之住宅聆聽音樂空間為對象，建立電腦模型並進行現場量測分析。並以電腦模擬探討裝修材音響性能對空間聲場之影響。本研究使用之裝修材吸音係數與散射係數是在成功大學建築系之迴響室進行測定，以作為電腦模型之材料參數設定。

(一) 研究對象

本研究利用 RC 構造之住宅空間作現場實測及電腦模擬，探討聆聽音樂空間聲場特性。受測空間室容積為 44.41 m³，長 4.78 m、寬 3.26 m、高 2.85 m，室內牆面及天花板均為水泥漆粉刷面，其中一牆面為落地窗，地面鋪磁磚，如圖 1 所示。

(二) 電腦模擬與現場量測分析

本研究利用電腦模擬預估系統 EASE4.1，以受測空間現況之基本條件設定室形、室容積及材質之參數進行模擬，本研究於電腦模擬中輸入之木質材料吸音係數與隨機入射散射係數是於迴響實驗室所測得之數據。迴響時間之現場量測是於受測空間中以無指向性揚聲器作為量測之音源，受音麥克風設定 3 點，取三次量測之平均值，如圖 2 所示。將電腦模擬結果與現場量測結果進行比對，建立電腦預估模擬方法並，進一步探討木質裝修材於住宅聆聽音樂空間中不同變化之影響。

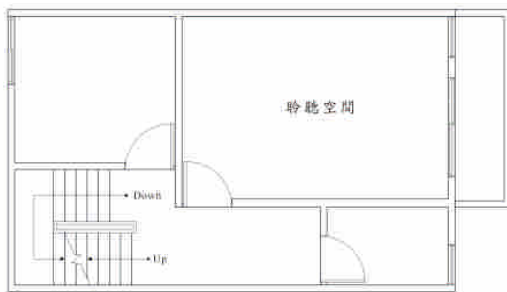


圖 1 住宅聆聽音樂空間平面圖

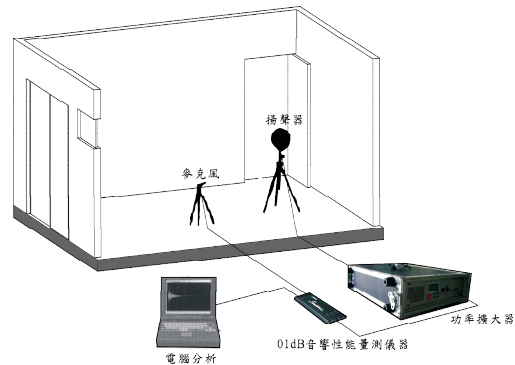


圖 2 現場量測儀器

(三) 木質裝修材音響性能

本研究探討之裝修材是將未塗裝柳杉桁條貼於合板上，桁條深度與間距均為 12cm，氣乾比重約為 0.40，含水率 14.11 %。吸音係數依據 ISO354 進行測定，材料散射係數之測定則依據 ISO17497-1 之規定量測(試材尺寸比率 N=2)。迴響室中在無試材之條件下量測轉盤不轉動之迴響時間 (T1) 及轉動之迴響時間 (T3)，以及置入試材後，量測轉盤不轉動之迴響時間 (T2) 及轉動之迴響時間 (T4)，經由 T1 及 T2 之條件可計算隨機入射吸音係數 α_s ，T3 及 T4 計算隨機鏡面吸音係數 α_{spec} ，帶入公式(1)中可得到隨機入射散射係數 s 。表 1 為材料之吸音及散射係數。

$$s = 1 - \frac{1 - \alpha_{spec}}{1 - \alpha_s} = \frac{\alpha_{spec} - \alpha_s}{1 - \alpha_s} \quad (1)$$

式中： α_s 為隨機入射吸音係數
 α_{spec} 為隨機鏡面吸音係數

表 1 柳杉裝修材之散射係數與吸音係數

Frequency (Hz)	250	500	1000	2000	4000
Scattering coefficient	0.28	0.41	0.40	0.82	0.57
Absorption coefficient	0.02	0.06	0.06	0.19	0.13

四、結果與討論

(一) 電腦模擬與現場量測之迴響時間比對

本研究進行住宅聆聽音樂空間之現場量測以瞭解受測空間之室內聲場特性，再利用電腦模擬依據現場空間材料之參數建立模型，以探討電腦模擬之有效性。迴響時間比較結果顯示，量測及模擬數值在 250Hz~8000Hz，如表 2、圖 3 所示，顯示電腦模擬與現場量測有相當的一致性。

表 2 量測與模擬迴響比較數值

Frequency (Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000
量測迴響(sec)	3.34	2.23	1.88	1.75	1.37	1.00
模擬迴響(sec)	3.26	2.06	1.78	1.94	1.3	0.84
誤差值(sec)	0.08	0.17	0.10	0.19	0.07	0.16
誤差百分比(%)	2.5	7.7	5.4	11.1	5.3	15.9

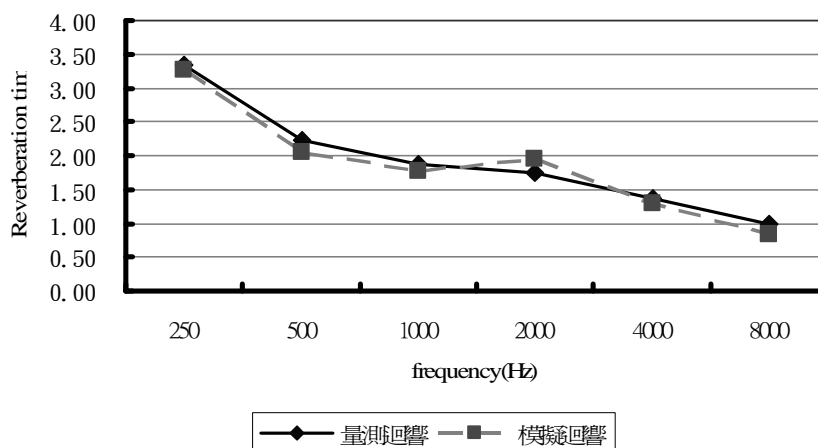
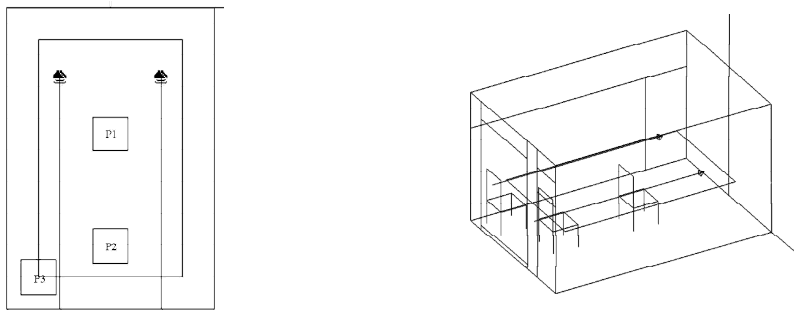
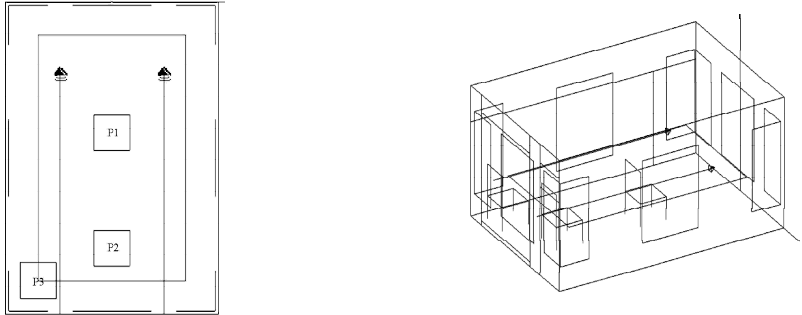
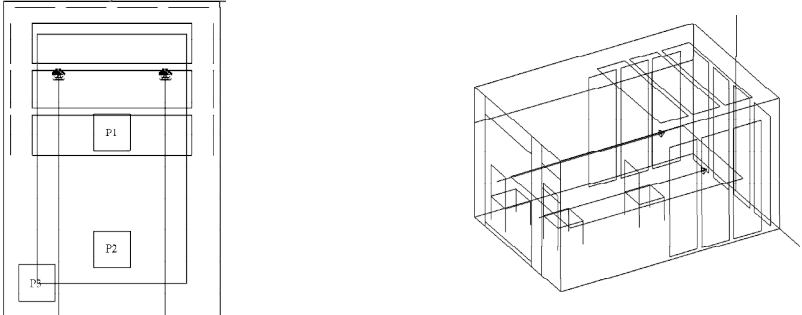


圖 3 量測與模擬迴響時間之比較

(二) 裝修材對空間迴響時間之影響

本研究建立電腦模擬之模型如表 3 所示，A 模式為無室內裝修材狀況之原空間，B 模式為柳杉裝修材配置於全室，面積 17.28 m²，C 模式為柳杉裝修材配置於前場牆面及天花，面積 18.72 m²。模式 A 空室由於室內吸音力低使空間迴響時間較長，B 模式、C 模式在裝修材配置後，由於吸音力增加，使各頻率迴響時間隨之降低如圖 所示。

表 3 模擬裝修材之配置模式

空間條件	
<p>A 模式 室內無裝修</p>	
<p>B 模式 柳杉裝修材配置於全室，面積 17.28 m²</p>	
<p>C 模式 柳杉裝修材配置於前場牆面及天花，面積 18.72 m²</p>	

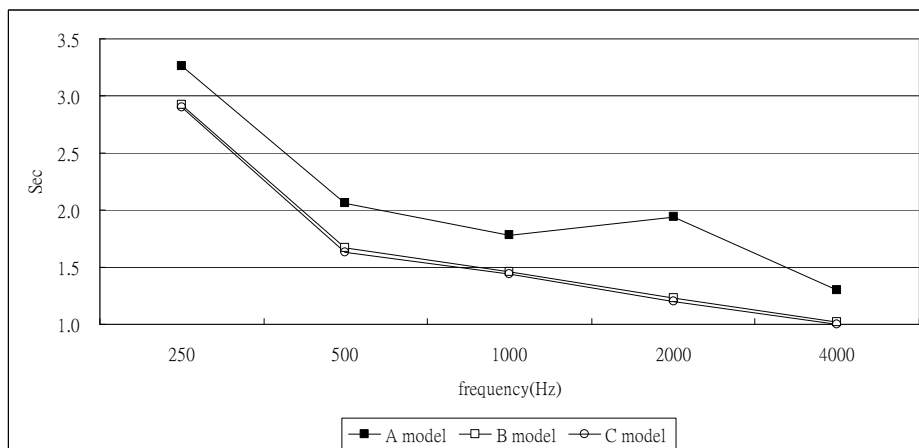


圖 4 裝修材對迴響時間之影響

(三) 裝修材對不同位置音壓位準與頻率特性之影響

本研究於住宅聆聽室選定三個不同位置 P1~P3 進行音壓位準(SPL)之模擬比較，如表 4、圖 5 所示，室中心點 P1 位置由於最接近音源，音壓位準最高，角落位置 P3 音壓位準最低。比較結果顯示設置裝修材使各位置之整體音壓位準降低，其中相較於 A 模式之空室條件，B 模式在全室牆面設置具有散射性能之裝修材時，各點 SPL 之差距明顯縮小。

本研究音源訊號為白色噪音，不同位置 SPL 頻率特性模擬結果如圖 6~8 所示。比較結果顯示，相較於 A 模式，B 模式與 C 模式在有裝修材條件下，各點各頻率之 SPL 之差距縮小。其中以 B 模式 P2、P3 各頻率之 SPL 趨於一致，顯示裝修材散射性能有顯著影響。

此外在 B 模式全室牆面裝修以及 C 模式前場有裝修條件下，角落位置 P3 各頻率之 SPL 除了 250Hz 之外均趨於一致，顯示具有散射性能裝修材對於角落位置 P3 各頻率 SPL 均一性有較為顯著的影響。

表 4 裝修材之對各位置音壓位準之影響

音壓位準 AP 值(dB)			
	P1	P2	P3
A 模式	123.5	120.7	118.0
B 模式	122.3	118.6	117.5
C 模式	122.6	118.4	116.4

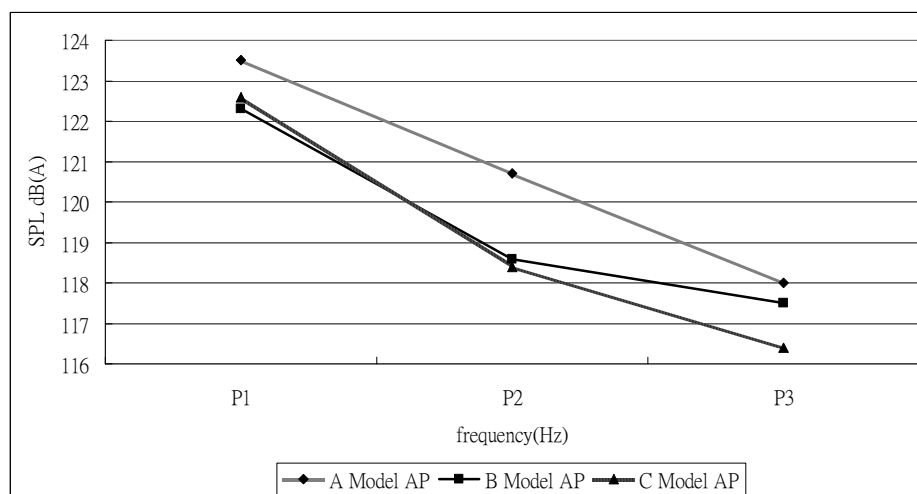


圖 5 C 模式中不同測點之音壓位準

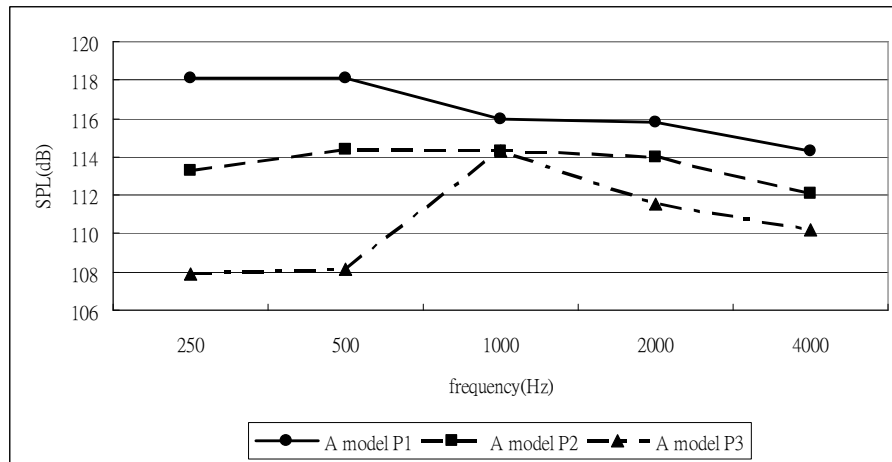


圖 6 A 模式中不同位置之音壓位準

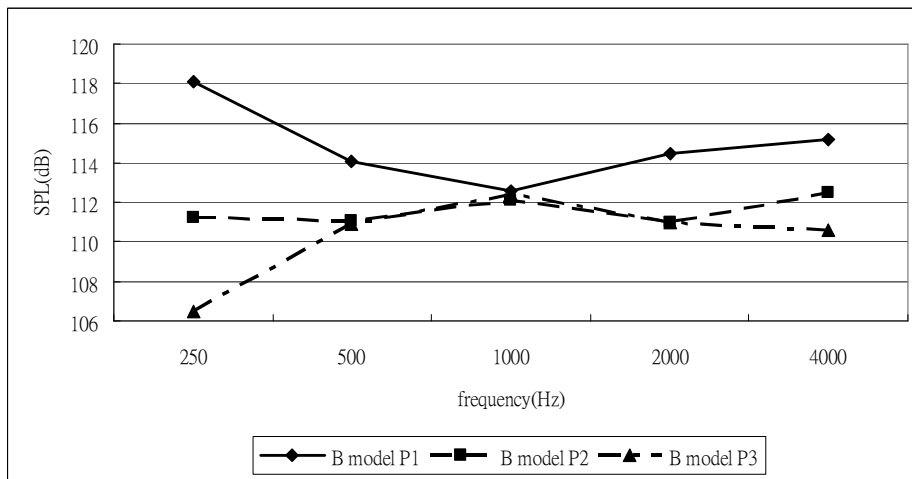


圖 7 B 模式中不同位置之音壓位準

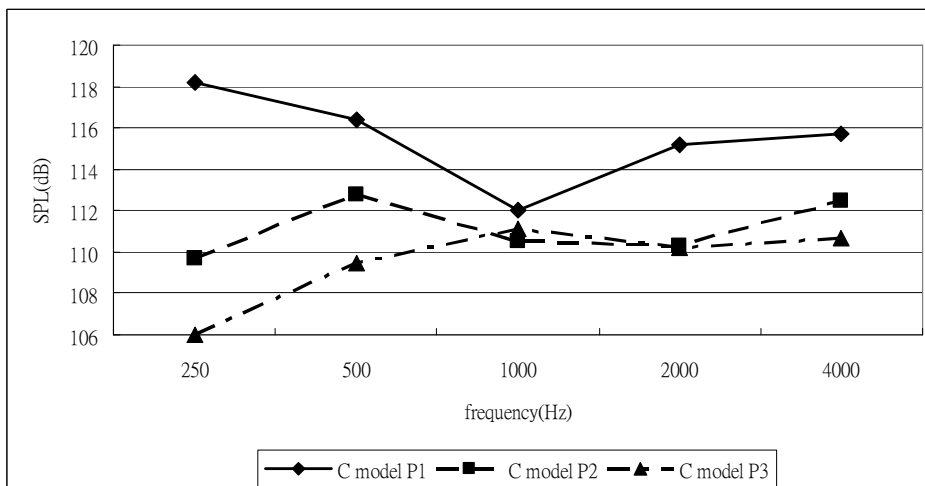


圖 8 C 模式中不同位置之音壓位準

五、 結論與建議

本研究因應建築更新再利用之需求，於 RC 住宅建立聆聽音樂空間之機能，利用電腦模擬探討木質裝修材之音響散射性能與配置對於聆聽音樂空間聲場之影響，研究結論如下：

- (一) 本研究藉由實際空間之聲場性能量測與電腦預估模擬結果之比對，建立電腦模型，檢驗其有效性。研究結果顯示，量測及模擬之迴響時間特性在 250Hz~4000Hz 有相當之一致性，顯示模擬方法的可行性。
- (二) 小型聆聽音樂空間裝置柳杉裝修材時，可降低迴響時間，有助於調整住宅聆聽室之清晰度。
- (三) 聆聽空間全室牆面設置具有散射性能之裝修材時，各點 SPL 之差距明顯縮小，有助於聲場之擴散性。此外在有裝修條件下，角落位置各頻率之 SPL 除了 250Hz 之外均趨於一致，顯示具有散射性能裝修材對於各頻率 SPL 均一性有明顯的影響。
- (四) 本研究之結果可作為住宅小型聆聽音樂空間裝修設計之參考。

六、 參考文獻

1. 王松永 (1983) 木質材料之吸音特性，林產工業 2 (2)：64~77。
2. 陳載永、莊純合、王姿玫、范振德 (1996) 木質材料改善室內音響特性之實例，木質構造建築之結構與室內居住性研討會論文集：88~98。
3. 蔣國榮 (2004) 數字音頻測聲學設計，聲學技術 4 (23)：250~252。
4. 林芳銘、江哲銘、賴榮平、馮俊豪、沈美惠 (2006) 木質擴散材於小型聆聽音樂空間音響性能設計之應用，中華民國空間設計學會 (CHAD) 第三屆空間設計學術論文及設計作品發表研討會
5. 長谷伸茂、富士田隆志、兒玉佳彥 (1996) 音樂室の室內音響特性，殘響時間 RT 值、EDT 值、吸音率による木造校舎の評價。木材工業 10 (51)：447~452。
6. Atsuro I., N. Masataka, K. Chizuru, and O. Akira (2005) The acoustical effect of audio equipment and furniture in a mixing room. *Acoust. Sci. & Tech.* 26 (2)：233-236.
7. Beranek, L. L. (1992) Concert hall acoustics. *J. Acoust. Soc. Am.* 92 (1)：1-39.
8. Cox, T. J., and P. D'Antonio (2000) Acoustic phase gratings for reduced specular reflection. *J. Appl. Acoust.* 60 (1)：167~186.
9. ISO 17497-1. (2004) Acoustics-Sound-scattering properties of surfaces -Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room. Retrieved October 15, 2005, from the World p1-12.
10. Vorlander, M., and E. Mommertz (2000) Definition and measurement of random-incidence scattering coefficient. *J. Appl. Acoust.* 60(1)：187~199.

【致謝】感謝成功大學賴榮平教授、雲林科技大學鍾松晉老師在實驗室及量測儀器上的協助。