

屏科大校園室內音場環境量測與分析

指導教授：王栢村
學生：蘇信宇、蔡進潔
國立屏東科技大學
機械工程系暨大學部

摘要

本研究主要是探討屏科大校園內教學環境的音場特性。首先，應用噪音分析儀量測室內教學場所之背景噪音，之後利用室內噪音評估指標做分析，最後將分析所得結果與國外之室內音場容許標準相互比較，可以看出該室內音場品質的好壞。不同指標分析所得結果顯示，校園內部之教學場所合格率並不高，而風扇所產生之風切聲音，確實為教學場所內主要的噪音來源。本研究所用之評估方法與作業流程，未來將可作為其它關於室內音場評估之參考。

關鍵字：背景噪音、室內噪音評估指標。

一、前言

近年來由於台灣的經濟發展，人民對生活品質的要求日益提高，使得噪音的問題越來越受重視，噪音可被定義成不想要之聲音或於不適當時間不適當地點發出之聲音。噪音同時可被定義為不渴望或討厭之任何聲音，因為它會干擾談話與聽力，甚至會損害聽力。在現代生活環境中，噪音環境到處可見，如：工地施工的打樁、敲打聲，車輛飛馳時而發出的引擎聲及刺耳的喇叭聲，還有印刷廠、地下工廠隆隆的機器聲，學校過大的擴音，以及營業場所如小鋼珠、電動玩具店發出的吵雜聲處處可聞，基於環境噪音處處環繞在生活周圍，因此行政院環境保護署也制定了環境噪音的法令規範[1]，以維護國民健康及環境安寧。不論是汽車、家電等個人用品的噪音品質受到注重，政府公共工程的噪音問題也受到國民的注意，因而影響國民健康，干擾國人生活安寧，因此要防止一般人受噪音的危害，必須先了解噪音的特性後才能適當選擇良好的工程控制方法，在此國內有關噪音分析之相關書籍如[2-6]，對噪音之原理與分析方法就做了許多相關之介紹。

外界環境噪音對學校的影響，一直是受重視的課題。但是在環境噪音之外，校內噪音所涉及的因素及複雜度較校外環境噪音為低，因此防治改善的可能性較高。目前國內關於室內音場評估技術的相關文獻相對少於關於環境噪音的評估報告，而不同來源的噪音對應不同的檢測方法與評估，常見的有運用噪音技術評估指標和音場模擬軟體等方法來做室內音場特性的分析探討。

黃和賴[7]針對住宅案例，進行噪音現況之量測，以透天住宅、公寓住宅為調

查對象，內容包括住宅之各類噪音源之音量及位置之分析，並指出國外對於建築物室內噪音之標準，大部分以30dB(A)至40dB(A)為容許標準。謝[8]探討台灣地區演藝廳室內空調噪音之實際狀況，研究結果顯示演藝廳室內背景噪音大多數不符合容許值基準之要求，其主要原因是空調系統之噪音過大，平均而言，約比不開空調時高出14 dB(A)。謝等人[9]探討縣市文化中心室內背景噪音現況，進行各部門主要空間的背景噪音(有空調)的客觀量測調查，結果顯示該室內環境其主要噪音來源九成五以上來自空調系統。王和黃[10]運用「用後評估」之研究方式，以現場觀察紀錄及內部空間測繪、儀器現場噪音量測與館員訪談及一般讀者問卷調查方法，評估圖書館內噪音現況，結果顯示圖書館最主要之噪音來源為外部之交通噪音。陳和鐘[11]介紹某新建攝影棚之聲學特性，包括迴響時間、空氣隔音及樓版衝擊隔音等之設計、驗收量測結果，並探討其若干缺陷處，以為改進之參考。江等人[12]探討三種不同類型的劇場，將現場量測的脈衝響應，以Hyper Signal 的分析程式解析資料，獲得相關的音響性能物理參數，並比較圍閉方式造成的建築環境之不同對音響性能造成之影響。江等人[13]則是探討觀戲場各處音響參數的差異，結果顯示半開放式的戲樓及室內戲樓具有較長的早期衰減時間與較佳的音強和舞臺支持度，獨立的廣場戲臺則均偏低。王等人[14]探討噪音評估指標之選用，需依量測背景情形與需求來決定所要選取之評估指標，才能正確地對量測結果做有效之評估。Hardy[15]則是探討火車內部噪音對乘客舒適品質的影響，比較A、B、C、D四種加權及不同噪音曲線的差異。

葉等人[16]以聲強法量測音源之聲功率與音場之殘響時間，並運用室內音場模擬軟體Ramsete配合室內聲學計算公式，預估室內之聲壓分布。廬等人[17]是以噪音計量測之音壓級作為輸入數據，應用最小平方差的概念，並由程式計算推估室內最大噪音源之影響。吳等人[18]使用電腦軟體計算各項與聲響性能相關的客觀指標，用以輔助中正廳聲響環境的設計，並在施工後期作現場量測，確認完工後之聲響環境已達到預定的目標。甘[19]利用CATT-Acoustic 室內聲場模擬軟體，建立音場模擬與預估之技術，並利用頻譜分析儀、音源產生器及相關量測設備進行現場量測，並將殘響時間及聲壓實際量測值與軟體所得結果比對，以驗證聲場模擬軟體的精準度。Suebsak et al. [20]和Suebsak and Nuttapol[21]發展出噪音等高線圖，以針對室內工作場所之多種不同機器所產生之音壓位準預測出整體噪音現況。

學校是老師傳受知識的場所，更是學生們吸收知識的寶貴殿堂，也因此教室內部之噪音源大小與噪音的分佈也直接影響到老師們的教學心情與教學內容，進一步也會直接影響學生們上課的注意力，因此改善噪音環境已成為刻不容緩的問題。綜合以上所述，歸納出本研究的主要方向在探討屏科大校園室內音場環境：

- (1) 透過室內噪音評估指標以了解室內音場的特性與相關物理意義，並對室內音場評估流程有整體的概念，圖 1 為本文之研究流程圖，但並未探討實際之噪音改善部分。
- (2) 經由分析使用現況與噪音現況，以提供改善或新建的參考，可作為日後興建校舍，在噪音問題上的防制及改善工程之參考。

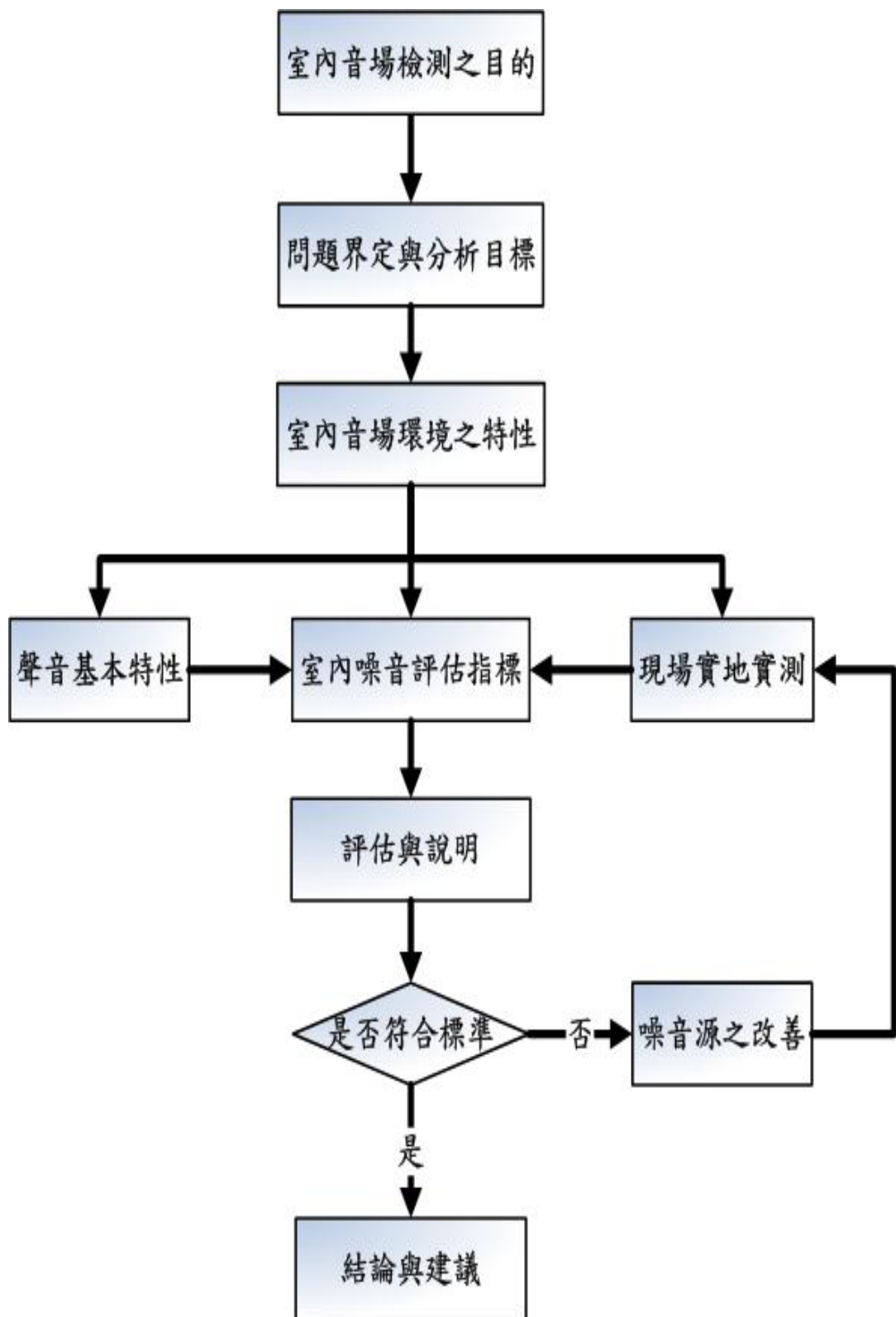


圖 1 研究流程圖

二、聲音基本原理

2-1.聲音的特性

1.何謂聲音

聲音是指任何一種來自物體或分子的振動(音源)所引起壓力的變化，經由水、空氣或其他介質的傳播(傳播路徑)，而能被人耳所偵測到的機械能(受音體)。圖2為音源、路徑與接受者之關係。聲音的波形基本上是一種正弦波的組合，因此具有正弦波各種數學與物理特性，如頻率、波長、時間差與相位角等。聲音的大小通常以聲音壓力的物理量做代表，單位為分貝(dB)，與物體的振動幅度有關係，是人耳主觀地對聲音振幅的感覺，與物理學上對聲音振幅的定義不相同。聲音頻率的高低稱為「音調」，與發音體振動的快慢有關。

2.聲音能量的度量

人耳對聲音的辨別有著非線性的特性，對於不同的頻率敏感度有差異，如圖3。一般人耳之聽覺頻率範圍，在20-20000 Hz之間。聲音的量測通常以聲音壓力、聲音強度為度量對象。一般來說，聲音壓力位準變化量為3分貝時，人耳方可開始查覺，變化量為5分貝時，則人耳可清楚查覺，而當變化為10分貝時，人耳對其響度的感受約為原來的兩倍。

分貝為相關物理量比值的對數的10倍，僅單純表示聲音壓力之位準，但人耳對聲音響度的感覺，會隨著聲音「頻率」的不同而有明顯差異。所以考慮耳朵對不同頻率之不同靈敏度時，一般噪音測定儀器內裝有A、B、C等不同加權線路，其中A加權線路與人耳的感覺最相近。噪音通常以噪音物理量之對數值表示，有以下數種：

(1) 分貝(decibel, dB)

貝之定義係物理量 Q 相對於基準物理量 Q_0 的對數值，但在計算音量的數值太小，而放大十倍以顯示其差異，故「分貝」為「貝」的十分之一：

$$\text{dB} = 10 \log \frac{Q}{Q_0} \quad (1)$$

(2) 聲音壓力位準(Sound Pressure Level, L_p)

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

式中， P ：噪音之音壓， P_0 ：為參考音壓，其值為 $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ 。一般聲音壓力位準 L_p 均作為理論分析時，接收點所得到之位準，單位為分貝。

(3) 聲音功率位準(Sound Power Level, L_w)

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (3)$$

式中， W ：噪音之功率， W_0 ：參考之聲功率，其值為 10^{-12} W。在單位時間音源所放射音之全能量稱之為音響功率。

(4) 聲音強度位準(Sound Intensity Level, SIL)

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (4)$$

式中， I ：噪音之聲強度， I_0 ：參考聲強度，其值為 10^{-12} W/m²。聲強度乃是介質在單位時間對單位面積所做之功。

3.均能音量音壓位準(Equivalent Continuous Sound Level, Leq)

在某一時段之實際變動性噪音，以一具有相同音能之穩定噪音的音壓位準：

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{A_i}}{10}} \Delta t_i \right] \quad (5)$$

式中， T ：總量測時間， $P_A(t)$ ：瞬間A加權音壓、 P_0 ：參考音壓，其值為 20×10^{-6} Pa，

$L_A(t)$ ：瞬間A加權音壓位準， L_{A_i} ：第 i 個時間區間之A加權音壓位準， Δt_i ：第 i 個時間區間。

由於本篇報告所做之室內噪音檢測都是量測8分鐘之背景音量，是以8分鐘之均能音量音壓位準做分析，並討論不同頻率之音壓的效應，故取 $T=8$ 分鐘。

4.頻率分析(Frequency Analysis)

音源發出的聲音皆為不同頻率所組構的合成音，所以聲源位準的合成是將各頻率的能量相加，再轉換成位準而得。若以橫軸代表頻率，縱軸代表音壓位準，並對每一頻率畫出其音壓位準，即可得音壓頻譜。在噪音分析方面，將頻率範圍從20 Hz~20000 Hz 分為某種頻率帶域予以測定。不同頻率有不同特性，如：低頻噪音(1 Hz~100 Hz)不易受到空氣的吸收或阻礙物的阻隔而衰減，在防音工程上就要探討不同頻率的工法對策。以上部分文字節錄之文獻[17]。



圖2 音源、路徑與接受者之關係[2]

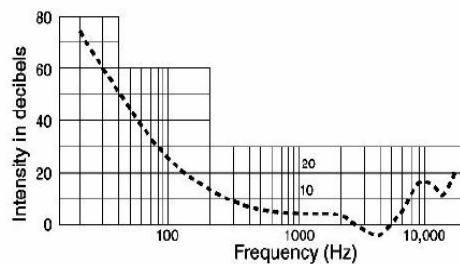


圖3 人耳對不同頻率聲強的感受[17]

2-2. 室內音場環境評估之客觀指標

對於噪音的評估，有許多可用的方法與指標，各有不同的目的。以下將介紹適用於關於室內噪音評估的指標[5]：

1. 噪音準則曲線(Noise Criteria Curve, *NC Curve*)

或稱噪音定規曲線，如圖 4 所示，為美國廣泛應用於評估室內噪音問題，及達成規劃背景噪音目標之評估指標。

噪音準則曲線評定室內噪音級步驟：

- (1)量測八音頻帶音壓位準值。
- (2)將量測值套入噪音準則曲線，如圖4。
- (3)噪音準則曲線之最高值，即為該室內音場環境。

2. 較佳噪音準則曲線(Preferred Noise Curve, *PNC Curve*)

或稱優先噪音定規曲線，如圖 5 所示，係由賓納克等人建議使用，其評定室內噪音級步驟與 NC 曲線相同。

3. 噪音率定曲線(Noise Rating Curve, *NR Curve*)

其噪音率定曲線如圖 6 所示，其評定室內噪音級步驟與 NC 曲線相同。

4. 平衡噪音準則曲線(Balanced Noise Criterion Curve, *NCB Curve*)

平衡噪音準則曲線如圖 7 所示，評定室內噪音級步驟：

- (1)找出語言干擾位準為多少XX(dB)，即為NCB-XX(即為其音場環境)。
- (2)將量測之所得八音頻帶音壓位準值各點數值連接。
- (3)求NCB-YY，NCB-YY為NCB-XX+3，其中YY= XX
- (4)考慮以下3種狀況：
 - (a)Rumble：當頻率在1000Hz以下的音壓位準值，超出NCR-YY這條曲線，則這間音場可能會有Rumble的問題發生，則標註為NCB-XX(R)。
 - (b)Hiss：在125 Hz-500Hz之音壓位準，再取一條接近的NCB-ZZ，而頻率在1000Hz以上的音壓位準值，若高於NCR-ZZ這條曲線，則顯示這間音場可能會有Hiss的問題發生，則標註為NCB-XX(H)。
 - (c)Vibration：當16Hz、31.5Hz、63Hz等低頻的音壓位準位於A、B兩個區域時，則這間音場可能會有Vibration的問題發生，則標註為NCB-XX(A或B)。

5. MarkII 室內準則曲線(Room Criterion Curves MarkII, *RC Mark II Curve*)

MarkII 室內準則曲線，評定室內噪音級步驟：

- (1)找出優先語言干擾位準為多少XX(dB)，即為RC-XX(即為其音場環境)。
- (2)求出LF、MF、HF。

$$LF = 10 \log \left(\frac{10^{\Delta L_{16}/10} + 10^{\Delta L_{31.5}/10} + 10^{\Delta L_{63}/10}}{3} \right) \quad (6)$$

$$MF = 10 \log \left(\frac{10^{\Delta L_{125}/10} + 10^{\Delta L_{250}/10} + 10^{\Delta L_{500}/10}}{3} \right) \quad (7)$$

$$HF = 10 \log \left(\frac{10^{\Delta L_{1000}/10} + 10^{\Delta L_{2000}/10} + 10^{\Delta L_{4000}/10}}{3} \right) \quad (8)$$

其中， ΔL_{16} 指的是在16Hz的頻帶，將實際量測得到的數值和RC-XX曲線對應數值的差， $\Delta L_{31.5}$ 指的是在31.5Hz的頻帶，將實際量測得到的數值和RC-XX曲線對應數值的差，其餘以此類推。

(3) 求出QAI(Quality Assessment Index)

(4) QAI為LF、MF、HF三個數值當中最大的減去最小的之後所得到的數據。

(5) 求出QAI後，考慮以下3種狀況：

(a) 當QAI < 5，表示音場環境為理想狀態，標註為RC-XX(N)。

(b) 當QAI為5-10之間，表示音場環境勉強可以接受，當中，若HF比LF、MF大，則紀錄為RC-XX(HF)。

(c) 當QAI > 10，表示音場環境極不理想。

6. A-加權全音域音壓位準(A-Weighted Overall Sound Pressure Level, L_A)

此定義與全音壓音壓位準相同，不同處是模擬人耳對不同頻率之敏感度，必須對不同中心頻率之音壓位準取加權函數。

$$L_A = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{p_i} - f_i}{10}} \right) \quad (9)$$

式中，其中， i : 第 n 個八音頻帶中心頻率、 f_i : 第 n 個八音頻帶中心頻率之聲音壓力位準加權值、 L_{p_i} : 第 n 個八音頻帶中心頻率之聲音壓力位準、 n : n 個八音頻帶中心頻率。

7. 語言干擾位準(Speech Interference Level, SIL)

係由四個八音階頻帶的聲音位準求其算數平均而得

$$SIL = \frac{L_{P,500} + L_{P,1000} + L_{P,2000} + L_{P,4000}}{3} \quad (10)$$

式中， $L_{P,500}$ 、 $L_{P,1000}$ 、 $L_{P,2000}$ 、 $L_{P,4000}$ 分別為八音頻帶中心頻率 500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz 之音壓位準(dB)。

8. 優先語言干擾位準(Preferred Speech Interference Level, $PSIL$)

可用於評估環境噪音對人員交談之影響，係由三個八音階頻帶的聲音位求其算數平均而得，即：

$$PSIL = \frac{L_{P,500} + L_{P,1000} + L_{P,2000}}{3} \quad (11)$$

式中， $L_{P,500}$ 、 $L_{P,1000}$ 、 $L_{P,2000}$ 、分別為八音頻帶中心頻率 500Hz、1000Hz、2000Hz 之音壓位準(dB)。

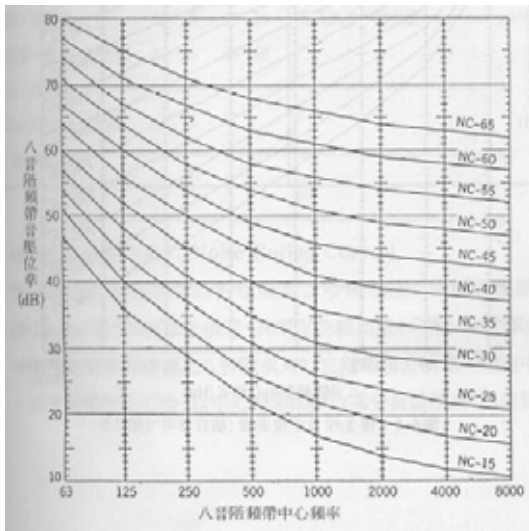


圖 4 噪音準則曲線

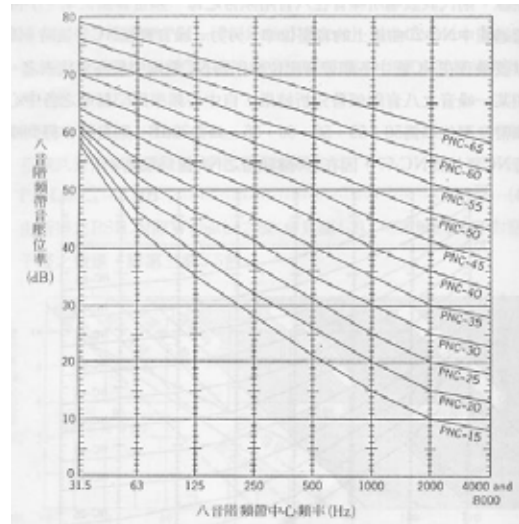


圖 5 較佳噪音準則曲線

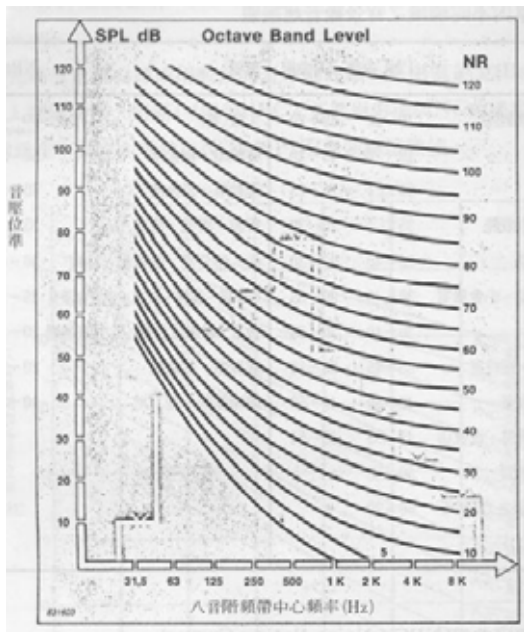


圖 6 噪音率定曲線

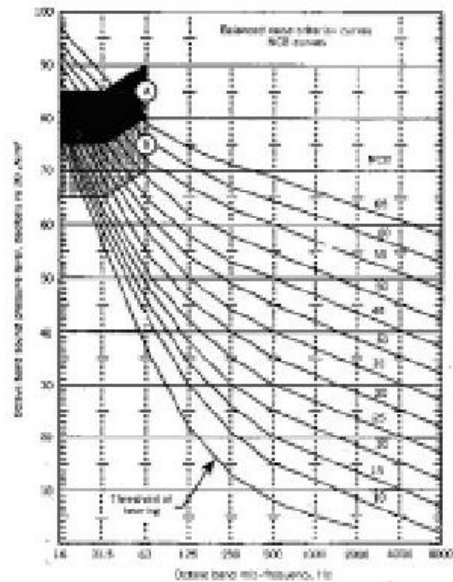


圖 7 平衡噪音準則曲線

三、噪音測定方法與步驟

3-1.量測場地之選擇及規劃

1.校內建築物之噪音檢測選擇原則

由於校內面積廣闊，見圖 8，且各系館都相距很遠，因此，本研究將校園內簡單的劃分為 6 大區域，見表 1，以作為量測之標的，分別為：

- (1) A 區：管理學院大樓(工管系、資管系、企管系、農企系)。
- (2) B 區：資源工程館(土木系、水保系、木業系、森林系)。
- (3) C 區：農規系、農園系、植保系、畜產系。
- (4) D 區：綜合大樓(社工系、應外系)。
- (5) E 區：養殖系。
- (6) F 區：機械系。

2.室內音場環境之種類與量測原則

- (1) 由於並不是每一系所館都有 2 間以上的監測點，因此，本研究在每一系所館至少都會取一間教室來做室內噪音的監測點，並考慮風扇門窗全開(on)及風扇門窗全關(off)兩種狀況，並以風扇門窗全關做為量測之基準。
- (2) 假如是有 2 間以上之監測點，也是只量測一間音場之風扇門窗全開與風扇門窗全關之狀況，其餘部分都只是量測風扇門窗全開的狀況。
- (3) 除了探討教室之音場環境以外，本研究也針對了部份實驗室、會議室等音場環境做探討。

表 1 校內量測地點之分類及抽樣數目

區域 \ 類型	A 區	B 區	C 區	D 區	E 區	F 區	總和
教室	4	7	5	1	2	5	24
實驗室	-	-	-	-	-	3	3
會議室	1	-	-	-	-	-	1



圖 8 屏科校園分布圖

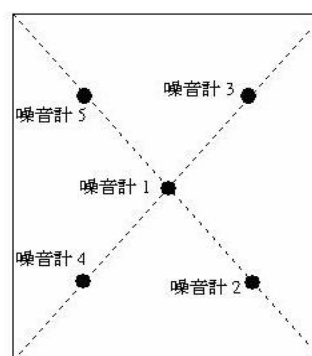


圖 9 噪音計測點安排原則

3-2.噪音測定時注意事項

1.噪音測定時間

噪音起伏不大時，稱之穩定噪音，對於此種有規則之噪音測定一個週期即可，本研究是以 8 分鐘為量測基準。

2.測點的安排原則

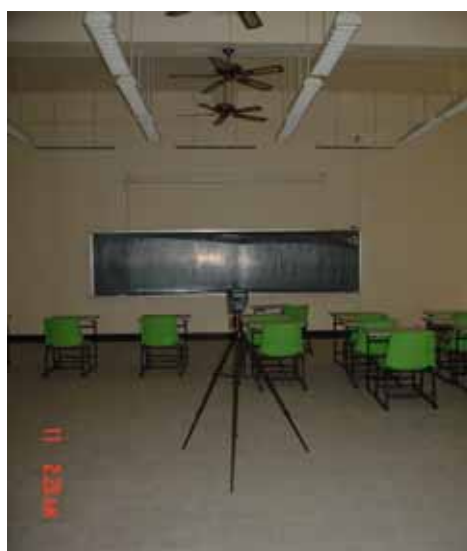
- (1) 若考慮周圍(隔壁)噪音之影響時，最少需要量測如圖 9 所示的 5 個測點。本篇報告都是選取教室的正中央做為量測點，
- (2) 測點的高度以平常人站立時，肩膀之高度 1.2~1.5 公尺為基準，測點距離牆面須在 1 公尺以上，以減少近距離牆面反射音的影響。
- (3) 量測時，噪音計與活動(人為因素)之間的距離，應儘量維持在 1.5 公尺以上，以減少非必要人為因素的影響。
- (4) 圖 10 為管理學院 CM105 教室之室內噪音監測示意圖。

3.現場調查記錄

表 2 為典型之室內音場監測紀錄表。在量測現場進行噪音記錄時，除了使用 CEL-593.C1 噪音計，來全程進行噪音記錄之外，量測者必須針對量測現場的實際情況，來進行記錄工作，這也是屬於現場噪音測量上的一個重要步驟，例如：量測時窗戶有無正常的開關、教室內有無空調設備或是電風扇、教室內的空間尺寸室內和室外噪音源的記錄等等。



(a) on 的狀態

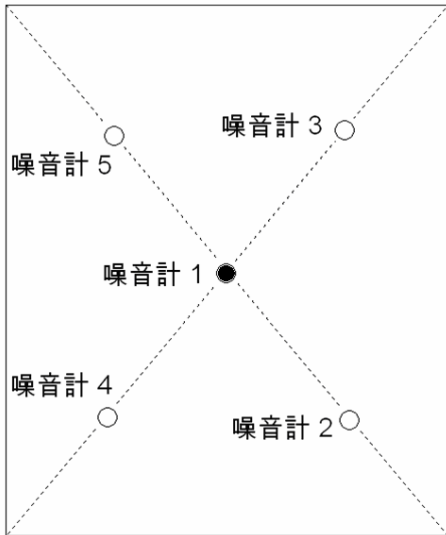


(b) off 的狀態

圖 10 管理大樓 CM105 教室噪音監測圖

表 2 典型之音場環境之量測紀錄表

委託單位/人			
量測計劃		屏科大教室音場環境評估	
量測人員		蘇信宇、蔡進潔	
監測日期/時間		2004 年 10 月 10 日 14 時 05 分 ~ 2004 年 10 月 10 日 15 時 13 分	
量測點基本資料			
學校名稱	國立屏東科技大學	教室樓層	1
量測地點	管理學院大樓	量測持續時間	8minute
教室名稱	CM105 普通教室	長×寬×高(m)	12×11.7×5
室內監測儀器相關資料			
儀器名稱	CEL-593.C1 噪音計	Spect.F.W	L-Weighting
校正器	CEL-284	Broad.F.W	A-Weighting
校正結果	114dB	Time Weighting	Fast
Run Mode	1/3 ENV	Exchange rate	3
Period time	1	Measurement range	25-100dB

<p>備忘錄與註解</p> <p>第 1 點：off</p> <hr/> <p>1.教室風扇門窗完全關閉。</p> <hr/> <p>2.假日非上課時段未啟用。</p> <hr/> <p>第 2 點：on</p> <hr/> <p>1.教室風扇門窗完全開啟。</p> <hr/> <p>2.假日非上課時段未啟用。</p> <hr/> <p>3.監測最後階段有鐘聲響起。</p> <hr/> <p>4.風扇形式：吊扇</p> <hr/> <p>5.風扇數量：6</p> <hr/>	<p>圖示(量測位置點上塗黑)：</p> 
--	--

量測資料之儲存位置：

第 1 點：t2

第 2 點：t3

四、結果與討論

4-1. 單一教室音響環境特性分析

為了確實了解教室音場之特性，本篇報告在此是以管理學院 CM105 教室作為討論範例，比較當教室之門窗及風扇全開(on)和門窗及風扇全關(off)的情況下之音場環境特性之差異。

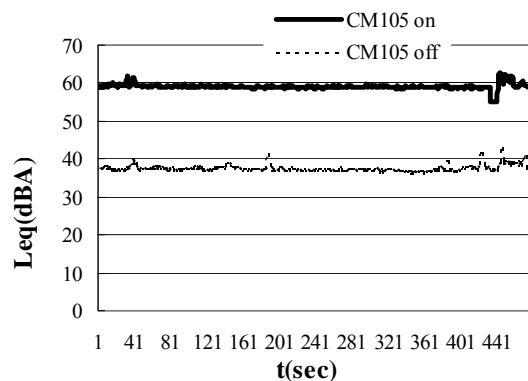
1. 時間域與頻率域探討

(1) 時間域

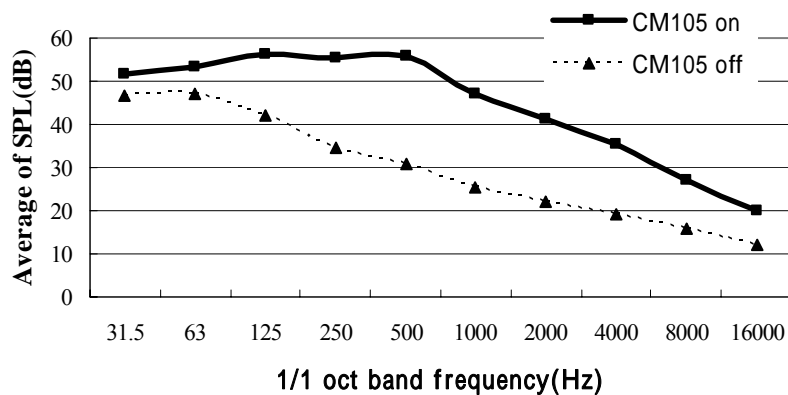
分析門窗風扇全開與全閉時室內噪音的分布，由圖 11(a)得知，可以看出教室音場為一非常穩定的音源，噪音級非常的平順。而門窗風扇全開時室內音壓級大約為 60dBa，門窗風扇全關時室內音壓級大約為 39dBa，兩者相差大約為 21dBa。

(2) 頻率域

進一步分析門窗風扇全開與門窗風扇全閉時室內噪音差異值頻譜。如圖 11(b)所示，兩者之間於各個頻率帶域的差異值，從 125Hz 到 8000Hz 都大於 10dBa，其中以 250Hz 到 2000Hz 之中高頻率帶域最高，最大差異值 24.8dBa，出現在 500Hz 左右的頻率帶域，產生此一頻率帶域的主要原因應該為風扇的風切聲音所造成的。



(a) 時間域



(b) 頻率域

圖 11 管理大樓 CM105 教室之音場特性

2.不同室內噪音評估指標分析

表 3 為實地量測管理學院教室 CM105 所得之室內音場頻譜分布。以下將針對不同指標分析所得結果依序做討論。

(1) 噪音準則曲線

將量測所得之頻帶音壓位準值，見表 3，套入噪音準則曲線中，得到噪音準則曲線之最高值分別為 **NC-24** 和 **NC-45**，見圖 12(a)和圖 12(b)，即為其音場環境。

(2) 較佳噪音準則曲線

圖 13(a)、(b)，分別為 CM105 教室風扇門窗關閉時和風扇門窗開啟時之較佳噪音準則曲線，兩者分析所得結果分別為 **PNC-26** 和 **PNC-48**。

(3) 噪音率定曲線

圖 14(a)、(b)，分別為 CM105 教室風扇門窗關閉時和風扇門窗開啟時之噪音率定曲線比較，兩者分析所得結果分別為 **NR-27** 和 **NR-56**。

(4) 平衡噪音準則曲線

圖 15(a)、(b)，分別為 CM105 風扇門窗關閉時和風扇門窗開啟時之平衡噪音準則曲線，兩者評估所得結果分別為 **NCB-24** 和 **NCB-45(R)**。CM105(off)之音場環境評估所得為 NCB-24(N)並沒有超出標準，表示是良好的狀況；而 CM105(on)之音場環境評估所得為 NCB-45(R)。

以 CM105 (on)的音場環境來看，由於其八音頻譜中，低頻的 16Hz、31.5Hz、63Hz 並沒有超過 VibrationA 及 VibrationB 這兩條曲線，故此音場環境並沒有噪音而引發振動的問題。以低頻帶而言(500Hz 以下)，在 500Hz 之頻帶剛好超出 Rumble Curve 這條曲線，故此音場有 Rumble 聲音的問題，可能是風扇之噪音所造成的效應。

(5) RC MarkII 室內準則曲線

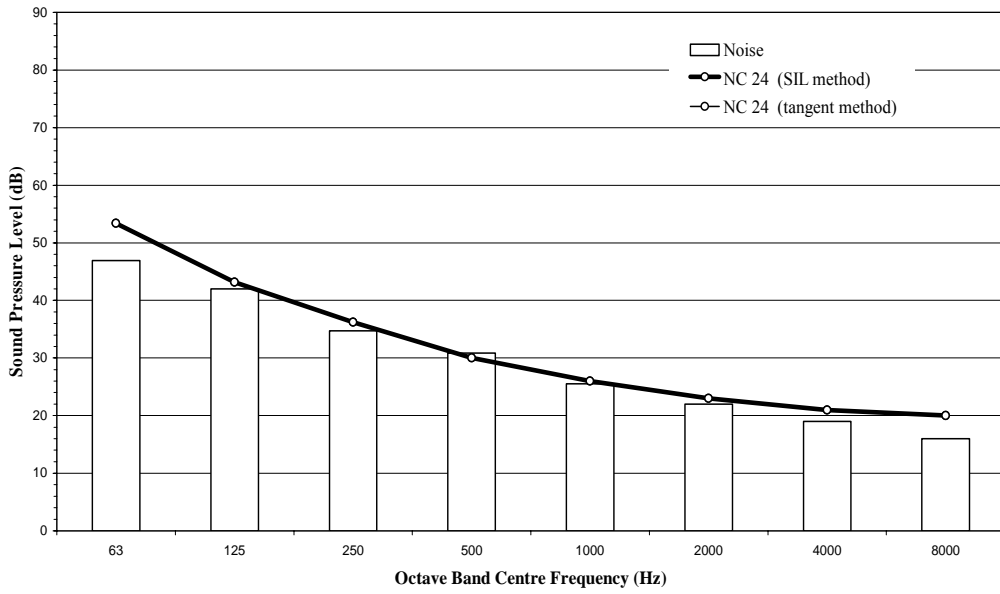
如圖 16(a)、(b)所示，分別為 CM105 教室風扇門窗關閉時和風扇門窗開啟時之 RC Mark II 曲線，兩者評估所得結果分別為 **RC-26(N)**和 **RC-48(MF)**。

由於 CM105 off 的 RC Mark II 曲線中，QAI(Quality Assessment Index)並沒有大於 5，所以是 neutral rating 的狀態(理想)，所以其音場環境標示為 RC26(N)，而 CM105(on)的 QAI 高達 17，且在中頻的位置最高，所以其音場環境標示為 RC48(MF)。

表 3 管理學院教室 CM105 的頻譜分布

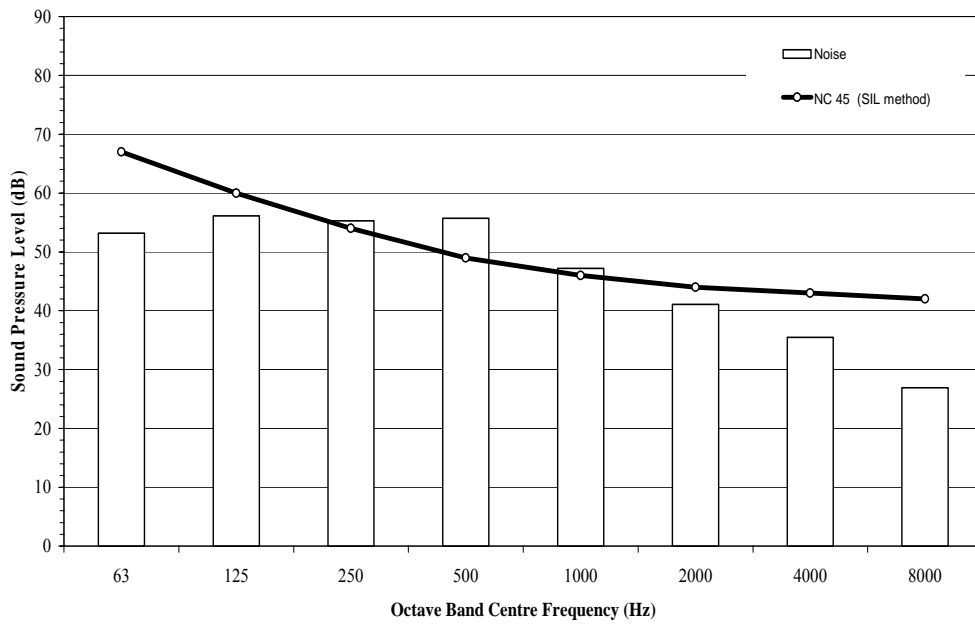
頻率(Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CM105(off)	46.8	46.9	42	34.7	30.9	25.5	22	19	16
CM105(on)	51.7	53.2	56.1	55.3	55.7	47.2	41.1	35.5	26.9

Octave Band Sound Pressure Levels in relation to the Noise Criterion Curves



(a) 風扇門窗關閉的狀態

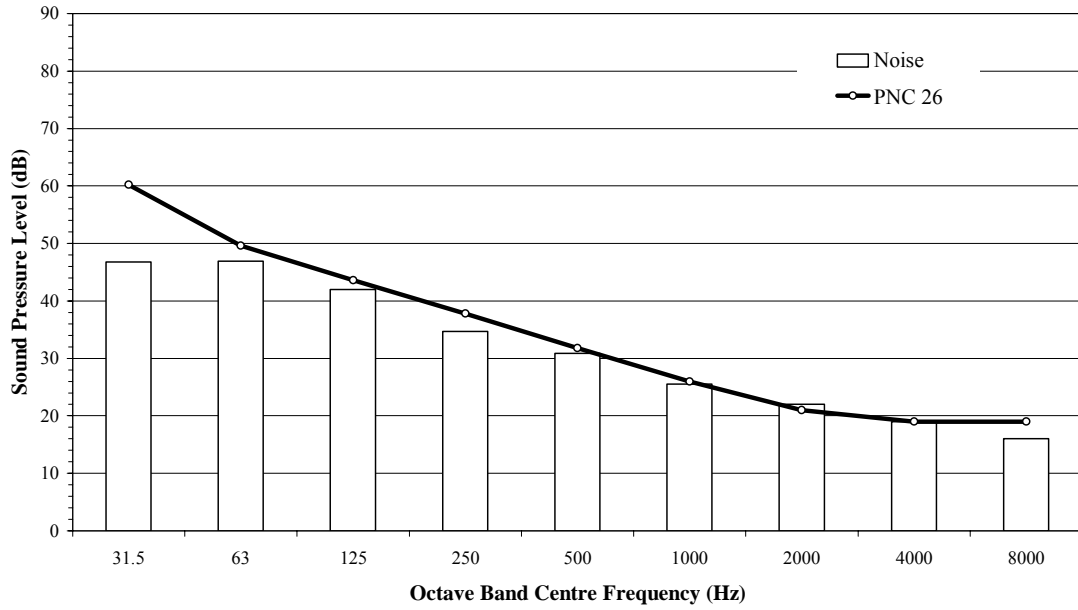
Octave Band Sound Pressure Levels in relation to the Noise Criterion Curves



(b) 風扇門窗開啟的狀態

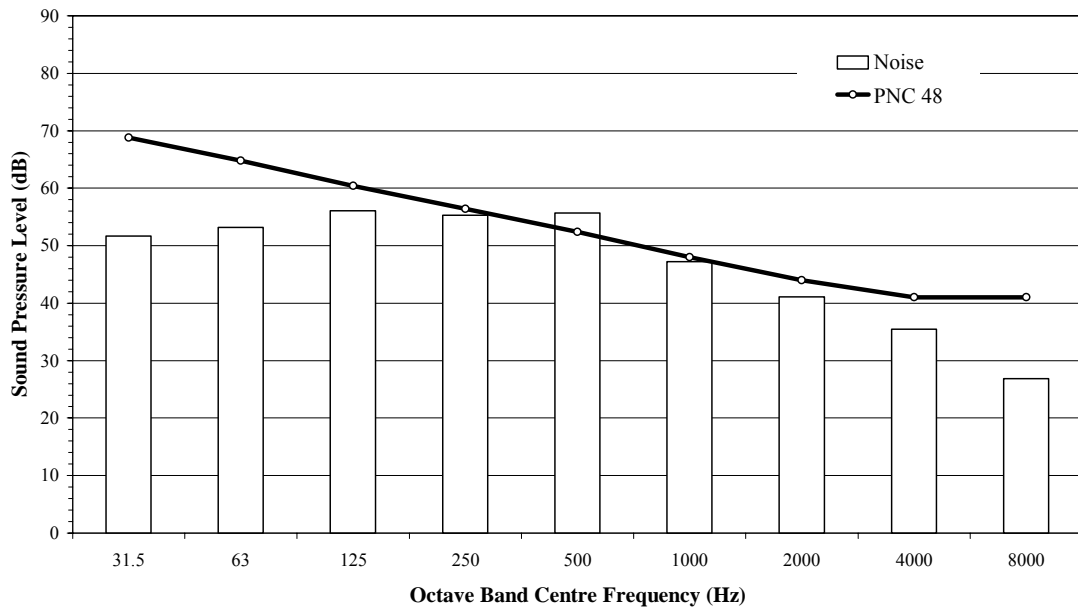
圖 12 管理學院 CM105 教室之 NC 曲線

Octave Band Sound Pressure Levels in relation to the Preferred Noise Criterion Curve



(a) 風扇門窗關閉的狀態

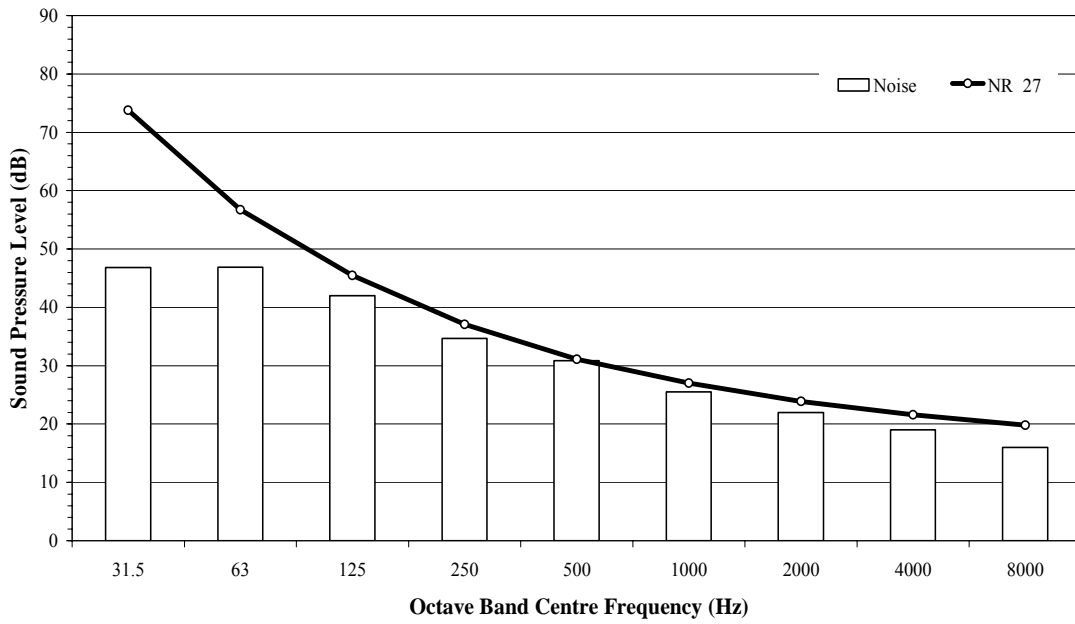
Octave Band Sound Pressure Levels in relation to the Preferred Noise Criterion Curve



(b) 風扇門窗開啟的狀態

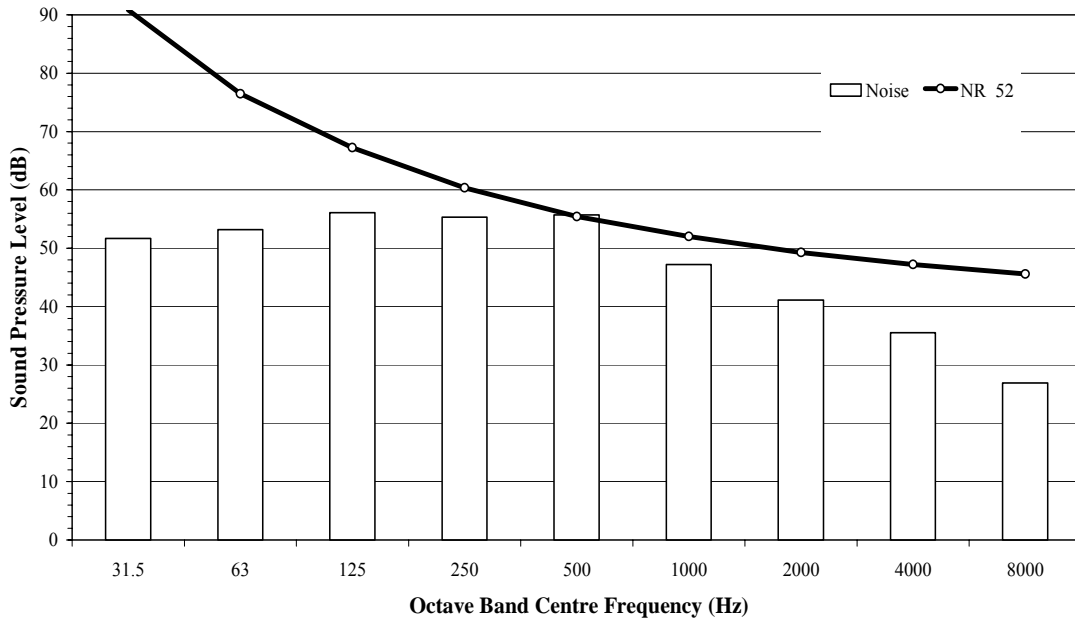
圖 13 管理學院 CM105 教室之 PNC 曲線

Octave Band Sound Pressure Levels in relation to the Noise Rating Curve



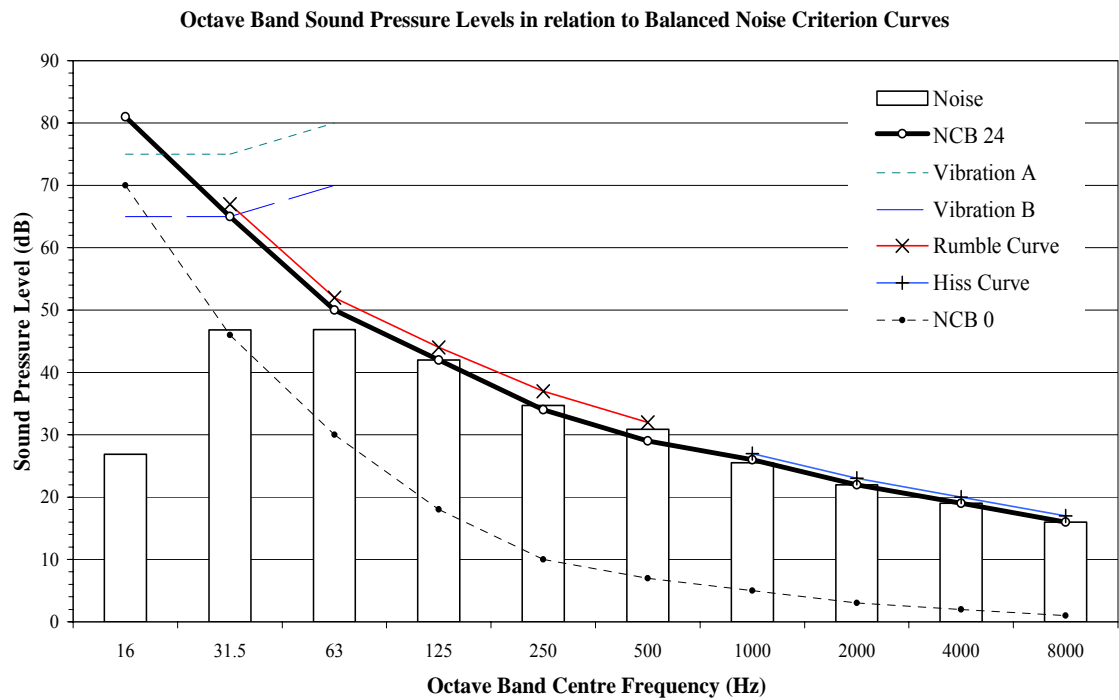
(a) 風扇門窗關閉的狀態

Octave Band Sound Pressure Levels in relation to the Noise Rating Curve

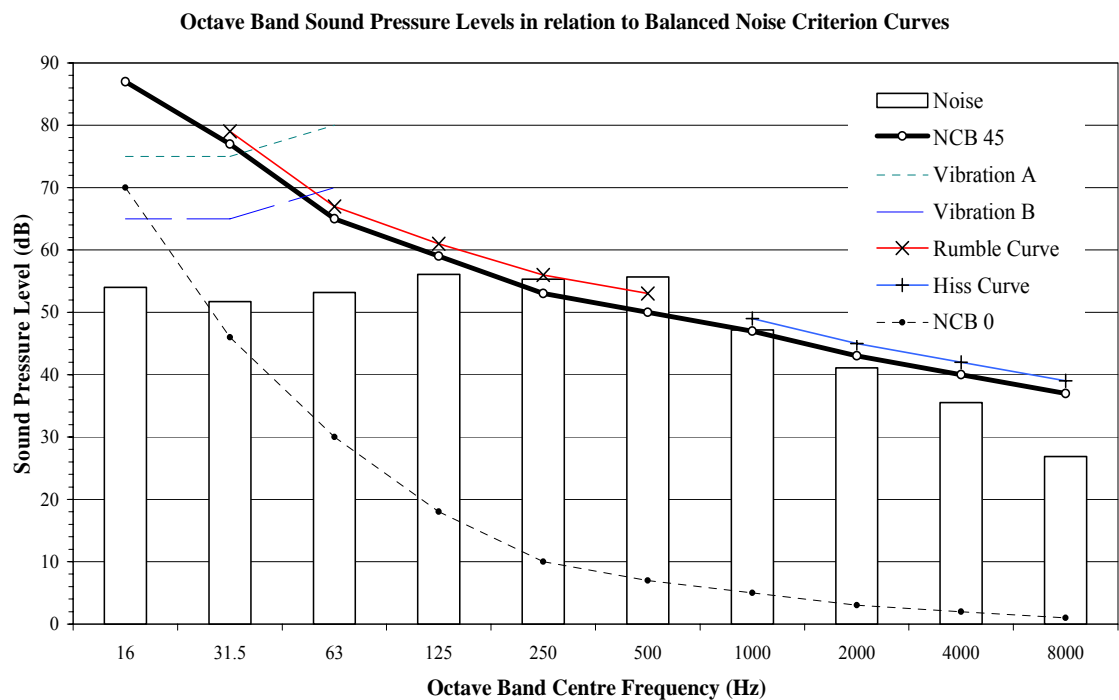


(b) 風扇門窗開啟的狀態

圖 14 管理學院 CM105 教室之 NR 曲線

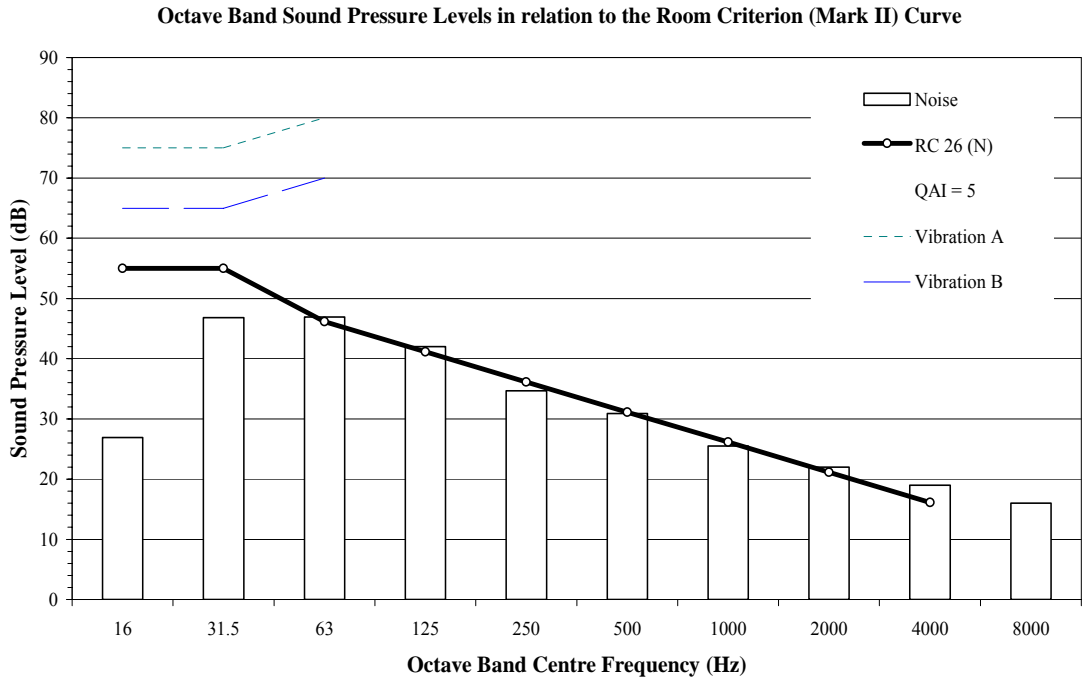


(a) 風扇門窗關閉的狀態

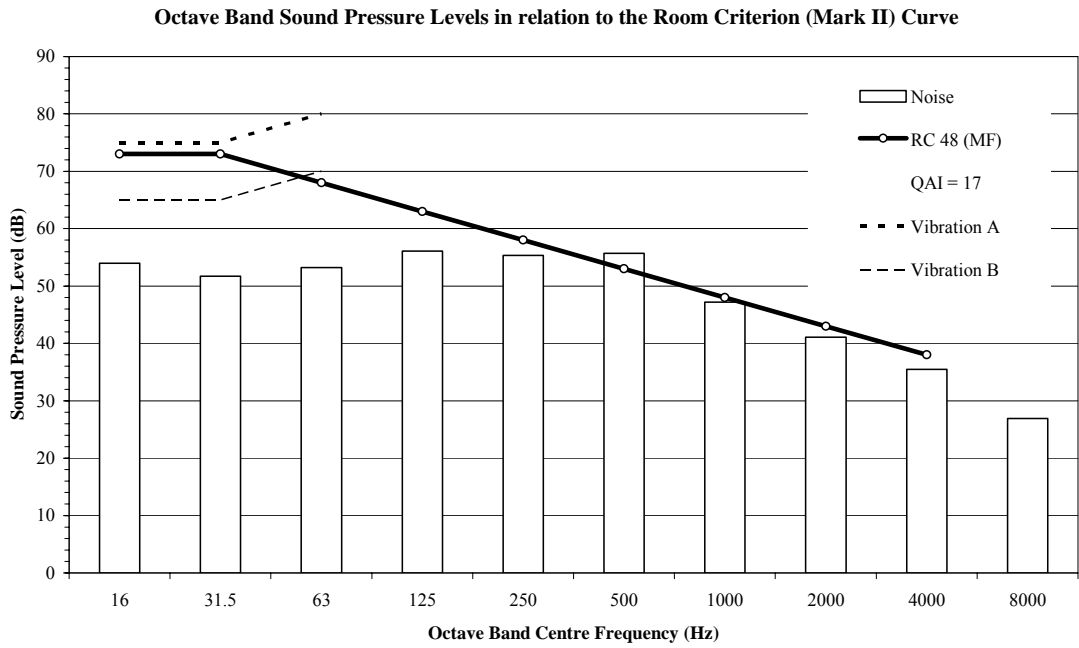


(b) 風扇門窗開啟的狀態

圖 15 管理學院 CM105 教室之 NCB 曲線



(a) 風扇門窗關閉的狀態



(b) 風扇門窗開啟的狀態

圖 16 管理學院 CM105 教室之 RC MarkII 室內準則曲線

(6) A 加權全音域音壓位準

對照圖 17 可以得知，由於 CM105(on)教室的 A-加權全音域音壓位準是 54.9dBA，因此在 CM105 教室內只要距離不超過 8 呎(2.4m)以上，以正常的聲音交談，皆可以清楚的聽到；不過只要兩人距離超過 16 呎(4.8m)以上，可能要以非常聲音交談，才可以清楚的聽到。圖 18 則為語言交談品質為背景噪音及距離之函數，分析結果也大致相同。

(7) 優先語言干擾位準

對照圖 17 可以得知，CM105 教室之優先語言干擾位準是 48dB，所評估之結果和 A-加權全音域音壓位準相同。

由於 CM105 教室講台至最後一排座位至少有 8m 的距離，因此，可能還需要更大聲的聲音才能互相交談；亦及，可預期教師必須加大聲音或麥克風輔助才能有好的上課音場環境。

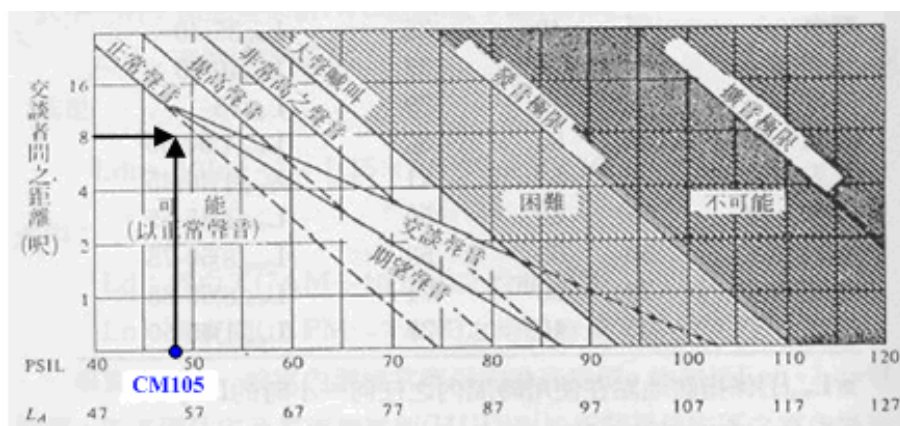


圖 17 噪音對語言與交談之遮蔽效應圖

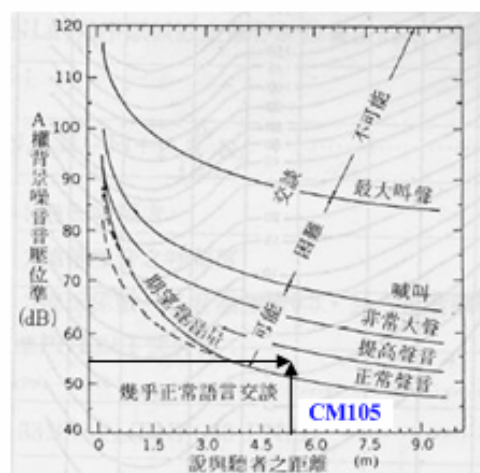


圖 18 語言交談品質為背景噪音及距離之函數

4-2.各區域噪音現況

本研究總共量測了 6 個區域，表 4 為所有量測地點之頻譜分佈，而完整之分析結果見表 5，在此以將以 A 區(管理學院)、F 區(機械系)作為討論範例，將依序針對室內噪音評估指標分析所得結果做說明。

1.A 區(管理學院)

(1) 噪音準則曲線

分析結果顯示，4 間教室全部都是高於容許標準的。推測超出容許標準之原因，應該為 500Hz 頻率之音壓位準過高所造成的。

(2) 較佳噪音準則曲線

分析結果顯示，4 間教室全部都是高於容許標準的。

(3) 噪音率定曲線

分析結果顯示，4 間教室全部都是高於容許標準的。

(4) NCB 曲線分析結果

- 有兩間教室(CM206、CM306)沒有超過標準，另外兩間(CM105、CM110)則是超過標準，但 4 間音場全部都有 Rumble 或 Hiss 的效應產生。
- 進一步分析結果顯示此區域之 4 間教室皆無 Vibration 的現象，但是有 2 間教室(CM105、CM110)之音場有 Rumble 的現象、1 間(CM206)有 Hiss 的現象，1 間(CM306)則同時包含了 Rumble 和 Hiss 的效應。
- 圖 19 為管理學院 CM306 教室分析所得的 NCB 曲線，由於其 250Hz、500Hz、1000Hz 之音壓值過高(超過 Rumble Curve 和 Hiss Curve)，如欲消除 Rumble 及 Hiss 效應，則需將 250Hz、500Hz、1000Hz 頻帶之音壓分別降低至 51dB、48dB、43dB 以下，。
- 判斷 Rumble 和 Hiss 現象的方法，Rumble 所考慮的是 1000Hz 以下(500、250、125、63、31.5)的低頻帶音壓值；相對的 Hiss 所考慮的則是 1000Hz 以上(包含 1000、2000、4000、8000)的高頻帶音壓值。
- 表 5 則是欲將教室之 Rumble 或 Hiss 的效應消除，所需要降低的最低頻帶音壓值。

(5) RC MarkII 室內準則曲線分析結果

- 4 間教室都超過標準(RC-40)。
- 分析結果和 NCB 曲線大致相同，也是無 Vibration 的現象，但 RC MarkII 室內準則曲線比 NCB 曲線還多考慮了中頻帶(125Hz、250Hz、500Hz)的影響。
- 進一步分析顯示此區域之 4 間教室皆無 Vibration 的現象，也無低頻效應過高的現象，但是 CM105、CM206 教室之音場有中頻效應過高(MF deviation 最大)、CM110、CM306 有高頻效應過高(HF deviation 最大)情形產生。
- 從表 7 可以得知管理學院教室之 QAI 分析結果，由於都超過 10，是屬於極不理想的狀態。(QAI 算法參照公式 6、7、8)

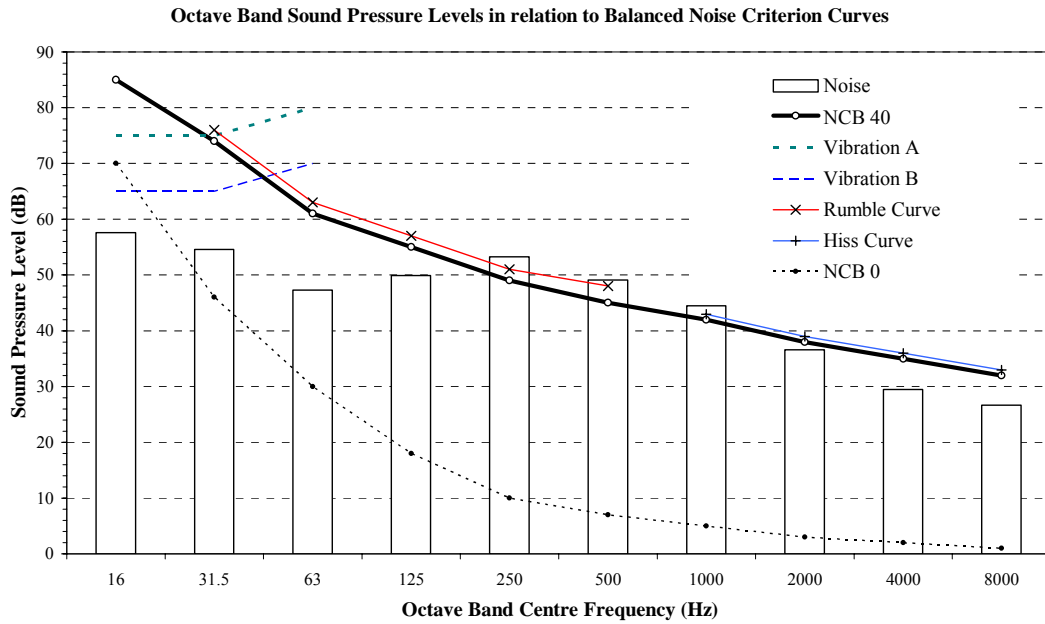


圖 19 管理學院 CM306 教室之 NCB 曲線

2.F 區(機械系)

(1) 噪音準則曲線

分析結果顯示，5 間教室全部都是高於容許標準的。推測超出容許標準之原因，應該為 500Hz 頻率之音壓位準過高所造成的。

(2) 較佳噪音準則曲線

分析結果顯示，只有 ME206 教室之 PNC 曲線剛好到達容許標準上限，其餘教室都是高於容許標準的。

(3) 噪音率定曲線

分析結果顯示，5 間教室全部都是高於容許標準的。推測超出容許標準之原因，應該為 500Hz 頻率之音壓位準過高所造成的。

(4) 平衡噪音準則曲線

■ 從 NCB 曲線分析結果顯示此區域之教室皆無 Vibrationc 和 Rumble 的現象，但是皆有 Hiss 的現象。

■ 表 6 則是欲將機械系教室之 Hiss 的效應消除，所需要降低的最低頻帶音壓值。

(5) RC Mark II 室內準則曲線

■ 分析結果和 NCB 曲線大致相同，也是無 Vibrationc 的現象，但顯示此區域之教室也是有高頻音的問題，造成之原因皆為 HF deviation 過高，且 $QAI > 5$ 導致。見表 7。

■ 5 間教室中，只有 ME206 教室是符合標準的 $QAI < 5$ 。(QAI 算法參照公式 6、7、8)

(6) A 加權全音域音壓位準

5 間教室全部也都是高於容許標準的。

表 4 所有評估地點之室內噪音頻譜彙整

教室名稱	頻帶(Hz)	16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CM 105(off)		26.9	46.8	46.9	42	34.7	30.9	25.5	22	19	16
CM 105(on)		54	51.7	53.2	56.1	55.3	55.7	47.2	41.1	35.5	26.9
CM 110		56	51.5	48.3	50.4	48.4	49.4	40.7	34.8	30.9	27.3
CM 206		56.4	52.2	48.1	45.2	44.5	45.3	46	45.1	37.1	29
CM 306		57.6	54.6	47.3	49.9	53.3	49.1	44.5	36.6	29.5	26.7
RE127(off)		52.1	49.2	46.7	43.5	39.8	36.3	31.6	24.7	25.4	27.1
RE 127(on)		57.8	53.6	48.7	48.7	48.6	46	42.7	36.3	31.4	28
RE 011		52.7	49.3	46.1	43.2	43.2	41.6	35.6	32.5	28.9	28.2
RE 101		66.5	66.6	65.7	63.6	61.4	60	58.8	58.5	58.4	59.1
RE 117		67.1	66.2	63	62.3	59.9	58.6	57.6	57.3	57.1	57.7
RE 018		51.1	47.9	47.6	45.8	41.3	43.6	41.3	37.2	33.6	33.8
RE 114		62.3	57.9	51.4	45.9	44.3	44.7	40.6	38.4	35.6	33.8
RE 223		58.3	52.9	47.7	49.7	47.4	47	41.5	38	38.2	38.9
AG 201(off)		59.9	61.1	59.0	56.5	53.8	50.6	46.7	40.2	39.4	41.8
AG 201(on)		56.1	55.7	54.2	51.3	48.5	46.0	42.3	37.4	35.1	37.5
AG 103		53.9	51.7	51.1	48.1	45.6	43.4	39.3	34.4	32.8	34.4
AS 305(off)		54.1	50.9	45.9	39.5	34.6	30.3	27.5	22.5	19.9	21.4
AS 305(on)		57.1	55.3	53.8	50.1	46.7	44.0	40.4	34.1	31.9	35.0
AS 308		56.5	54.9	52.4	48.4	44.8	44.2	40.9	36.3	33.1	35.1
HO 306(off)		50.3	46.9	45.1	39.7	36.1	33.3	28.7	21.2	23.1	25.3
HO 306(on)		51.1	47.6	46.6	42.1	40.3	37.7	35.7	31.0	27.2	28.6
IH 302(off)		58.2	54.1	47.3	38.9	31.7	28.6	27	26	25.8	25.4
IH 302(on)		62.5	59.5	53.5	46.8	43.4	42.2	35.6	31.5	27.8	26.4
AQ 304(off)		54	49.5	44.3	40.9	36.4	33	29.4	27	25.9	24
AQ 304(on)		58.2	53.8	50.7	47.6	48.3	48.9	45.9	45.6	40.4	33.7
AQ 302		61	57.6	52.4	50	48.4	47.8	46	43.7	37.9	34.3
ME205		54.7	52.4	50.3	46	42.7	41.6	36.7	33	41.2	34
ME206		59.4	55.8	50	44.2	39.8	41.2	34.6	30.6	28	27.6
ME209		60.3	55.9	49.6	47.1	45.4	48.8	46	37.8	34.5	31
ME210		57	53.2	47	45.8	44.3	49.8	47.5	42.5	38.7	32
ME211		57.9	53.3	47.4	46.7	47.6	50.5	44.8	42.3	42.7	39

表 5 所有評估地點之室內噪音評估指標分析結果彙整

室內噪音 評估指標	NC 曲線	PNC 曲線	NR 曲線	NCB 曲線	RC Mark II 曲線	L_A (dBA)	SIL(dB)	PSIL(dB)
教室標準	低於 NC- <u>35</u>	低於 PNC- <u>40</u>	低於 NR- <u>35</u>	低於 NCB- <u>40</u>	低於 RC- <u>35</u>	低於 <u>40</u> dBA	-	大約 33dBA
CM 105(off)	NC-24	PNC-26	NR-27	NCB-24	RC-26(N)	33.4	24.4	26.1
CM 105(on)	NC-52	PNC-52	NR-52	NCB-45(R)	RC-48(MF)	54.9	44.9	48
CM 110	NC-43	PNC-45	NR-48	NCB-43(H)	RC-45(HF)	50.4	43.4	45.5
CM 206	NC-39	PNC-42	NR-46	NCB-39(R)	RC-42(MF)	48.5	38.9	41.5
CM 306	NC-40	PNC-43	NR-45	NCB-40(R)	RC-43(HF)	50.3	39.9	43.4
RE127(off)	NC-30	PNC-31	NR-34	NCB-30	RC-31	31.3	29.5	30.9
RE 127(on)	NC-41	PNC-42	NR-43	NCB-39(H)	RC-42(HF)	47.6	39.1	41.7
RE 011	NC-35	PNC-37	NR-38	NCB-35(H)	RC-37(HF)	42.5	34.7	36.6
RE 018	NC-40	PNC-41	NR-41	NCB-39(H)	RC-41(HF)	45.9	38.9	40.7
RE 101	NC-62	PNC-59	NR-65	NCB-59(H)	RC-59(HF)	65.9	58.9	59.1
RE 114	NC-39	PNC-41	NR-41	NCB-40(H)	RC-41(HF)	46.6	39.8	41.2
RE 117	NC-60	PNC-58	NR-64	NCB-58(H)	RC-58(HF)	64.6	57.7	57.8
RE 223	NC-42	PNC-42	NR-46	NCB-41(H)	RC-42(HF)	48.5	41.2	42.2
AG 201(off)	NC-40	PNC-42	NR-44	NCB-40(H)	RC-42(HF)	41.2	40.2	41.9
AG 201(on)	NC-44	PNC-46	NR-48	NCB-44(H)	RC-46(HF)	45.7	44.2	45.8
AG 103	NC-37	PNC-39	NR-40	NCB-37(H)	RC-39(HF)	38.3	37.5	39.0
AS 305(off)	NC-25	PNC-27	NR-29	NCB-25(H)	RC-27(HF)	26.5	25.1	26.8
AS 305(on)	NC-38	PNC-40	NR-42	NCB-38(H)	RC-40(HF)	39.1	37.6	39.5
AS 308	NC-39	PNC-40	NR-42	NCB-39(H)	RC-40(HF)	39.2	38.6	40.5
HO 306(off)	NC-27	PNC-28	NR-32	NCB-27(H)	RC-28(HF)	28.2	26.6	27.7
HO 306(on)	NC-33	PNC-35	NR-35	NCB-33(H)	RC-35(HF)	33.6	32.9	34.8
IH 302(off)	NC-27	PNC-27	NR-32	NCB-27(H)	RC-27(HF)	34.2	26.9	27.2
IH 302(on)	NC-34	PNC-36	NR-38	NCB-34(R)	RC-36(N)	42.8	34.3	36.4
AQ 304(off)	NC-29	PNC-30	NR-31	NCB-29(H)	RC-30(HF)	36.2	28.8	29.8
AQ 304(on)	NC-45	PNC-47	NR-48	NCB-45(H)	RC-47(HF)	50.9	43.9	45.8
AQ 302	NC-44	PNC-46	NR-47	NCB-44(H)	RC-46(HF)	51.8	45.2	46.8
ME205	NC-43	PNC-47	NR-46	NCB-38(H)	RC-37(HF)	50.3	43	45
ME206	NC-36	PNC-35	NR-37	NCB-34(H)	RC-35(N)	41.5	33.6	35.5
ME209	NC-45	PNC-44	NR-46	NCB-42(H)	RC-44(HF)	51	41.8	44.2
ME210	NC-46	PNC-47	NR-48	NCB-45(H)	RC-47(HF)	51.5	44.6	46.6
ME211	NC-46	PNC-46	NR-48	NCB-45(H)	RC-46(HF)	51.6	45.1	45.9

表 6 所有評估地點之 Rumble 及 Hiss 效應之改善方法

	頻帶(Hz)	Rumble		Hiss			
		250	500	1000	2000	4000	8000
CM105(off)	實驗所得						
	欲降低之音壓						
CM105(on)	實驗所得		55.7				
	欲降低之音壓		2.7				
CM110	實驗所得		49.4				
	欲降低之音壓		2.4				
CM206	實驗所得			46	45.1	37.1	29
	欲降低之音壓			9	12.1	7.1	2
CM306	實驗所得	53.3	49.1	44.5			
	欲降低之音壓	2.3	1.1	1.5			
RE127(off)	實驗所得						27.1
	欲降低之音壓						5.1
RE127(on)	實驗所得			42.7			
	欲降低之音壓			2.7			
RE 011	實驗所得			35.6	32.5	28.9	28.2
	欲降低之音壓			1.6	2.5	1.9	4.2
RE 018	實驗所得			41.3	37.2	33.6	33.8
	欲降低之音壓			6.3	6.1	5.6	8.8
RE 101	實驗所得			58.8	58.5	58.4	59.1
	欲降低之音壓			3.8	7.5	10.4	14.1
RE 114	實驗所得			40.6	38.4	35.6	33.8
	欲降低之音壓			3.6	5.4	5.6	6.8
RE 117	實驗所得			57.6	57.3	57.1	57.7
	欲降低之音壓			3.6	7.3	10.1	13.7
RE 223	實驗所得			41.5	38	38.2	38.9
	欲降低之音壓			1.5	2	5.2	8.9
AG201(on)	實驗所得			42.3		35.1	37.5
	欲降低之音壓			1.3		1.1	6.5
AG201(off)	實驗所得						41.8
	欲降低之音壓						4.8
AG103	實驗所得			39.3		32.8	34.4
	欲降低之音壓			1.3		1.8	6.4
AS305(off)	實驗所得			27.5	22.5	19.9	21.4
	欲降低之音壓			1.5	0.5	0.9	5.4

表 6 所有評估地點之 Rumble 及 Hiss 效應之改善方法(續)

	頻帶(Hz)	Rumble		Hiss			
		250	500	1000	2000	4000	8000
AS305(on)	實驗所得			40.4			35.0
	欲降低之音壓			1.4			6
AS308	實驗所得			40.9	36.3	33.1	35.1
	欲降低之音壓			2.9	2.3	2.1	7.1
HO306(off)	實驗所得			28.7		23.1	25.3
	欲降低之音壓			1.7		3.1	8.3
HO306(on)	實驗所得			35.7	31.0	27.2	28.6
	欲降低之音壓			4.7	4	3.2	7.6
IH302(off)	實驗所得			27	26	25.8	25.4
	欲降低之音壓			3	6	8.8	11.4
IH302(on)	實驗所得		42.2				
	欲降低之音壓		0.2				
AQ304(off)	實驗所得			29.4	27	25.9	24
	欲降低之音壓			1.4	3	4.9	6
AQ304(on)	實驗所得			45.9	45.6	40.4	33.7
	欲降低之音壓			5.9	9.6	7.4	3.7
AQ302	實驗所得			46	43.7	37.9	34.3
	欲降低之音壓			5	6.7	3.9	3.3
ME205	實驗所得			36.7	33	41.2	34
	欲降低之音壓			1.7	2	13.2	9
ME206	實驗所得			34.6	30.6	28	27.6
	欲降低之音壓			1.6	1.6	2	4.6
ME209	實驗所得			46	37.8	34.5	31
	欲降低之音壓			7	2.8	2.5	2
ME210	實驗所得			47.5	42.5	38.7	32
	欲降低之音壓			9.5	8.5	7.7	4
ME211	實驗所得			44.8	42.3	42.7	39
	欲降低之音壓			3.8	5.3	8.7	8

表 7 所有評估地點之 QAI 分析結果彙整

	LF deviation	MF deviation	HF deviation	QAI
CM 105(off)	-3	0	1	4
CM 105(on)	-18	-1	-2	17
CM 110	-13	-1	-1	12
CM 206	-16	-9	3	19
CM 306	-13	-1	-1	12
RE127(off)	-5	-1	2	7
RE 127(on)	-11	-3	0	11
RE 011	-10	-3	1	11
RE 018	-15	-6	2	17
RE 101	-16	-7	6	22
RE 114	-7	-5	2	9
RE 117	-16	-7	6	22
RE 223	-12	-3	3	15
AG 201(off)	-9	-2	2	11
AG 201(on)	-10	-3	2	12
AG 103	-10	-3	2	12
AS 305(off)	-2	-2	2	4
AS 305(on)	-7	-2	1	8
AS 308	-9	-4	1	10
HO 306(off)	-5	-1	3	8
HO 306(on)	-9	-4	2	11
IH 302(off)	-1	-2	0	2
IH 302(on)	1	-4	5	9
AQ 304(off)	-3	-3	3	6
AQ 304(on)	-16	-6	3	19
AQ 302	-12	-6	2	14
ME205	-8	-3	10	17
ME206	-3	-2	1	4
ME209	-12	-4	0	12
ME210	-17	-6	1	18
ME211	-16	-4	4	20

4.3 室內音場合格率討論

表 8 為本文所有量測地點在不同標準容許條件之下所佔之百分比，分析結果討論如下：

1. 以單一指標來評估

- (1) 本研究總共量測了 24 間教室，以單一指標之標準來看的話，當中只有 12.5% 符合 NC 曲線的標準；29.1% 符合 PNC 曲線的標準；4.16% 符合 NR 曲線的標準；58.3% 符合 NCB 曲線的標準；8.3% 符合 RC Mark II 曲線的標準；16.6% 符合 L_A 的標準。
- (2) 若提高標準 5dB，大部分不及半數，顯示教室音場環境不利於教師授課。
- (3) 應用 NCB 曲線分析得到的結果，在正常容許標準，高達 58.3% 的比例有通過標準，但是卻是都有 Hiss 或 Rumble 的現象，因此，需將頻帶之音壓值降低，消除 Hiss 或 Rumble 的現象，這樣才算真的符合標準。

2. 交叉評估

完全符合 6 個評估指標標準的只有 HO306 這間教室，但是若以高於 5dB 的評估指標標準來看的話，則有 RE011、AG103、IH302、ME206 等 4 間教室也符合。

表 8 室內音場在不同標準條件所佔之百分比

NC	≤NC35	≤NC40	≤NC45
間數	3/24	11/24	19/24
百分比	12.5%	45.8%	79.1%
PNC	≤PNC40	≤PNC45	≤PNC50
間數	7/24	14/24	21/24
百分比	29.1%	58.3%	87.5%
NR	≤NR35	≤NR40	≤NR45
間數	1/24	5/24	11/24
百分比	4.16%	20.8%	45.8%
NCB	≤NCB40	≤NCB45	≤NCB50
間數	14/24	22/24	22/24
百分比	58.3%	91.6%	91.6%
RC Mark II	≤RC35	≤RC40	≤RC45
間數	2/24	8/24	9/24
百分比	8.3%	33.3%	37.5%
L_A	≤40	≤45	≤50
間數	4/24	7/24	13/24
百分比	16.6%	29.1%	54.1%

4-4.不同室內評估指標優劣比較

1.依照噪音計類型來分別

(1) 普通噪音計

表 9 為兩種噪音計之比較。假如使用的噪音監測儀器是屬於此種類型的，在文中所介紹的各種評估指標，只可以使用 A 加權音壓位準加以評估，因為量測所得到的資料中並沒有噪音源各個頻率的組成，因為只能得到一個平均音壓值。

(2) 精密實時噪音分析儀

假如使用此種儀器，則可以獲得各個噪音源頻率音壓的組成，如 1/1 八音頻帶或 1/3 八音頻帶，可適用於文中介紹的各種指標。

2.依照評估方法之難易來分別

表 10 為不同指標所得結果比較，討論如下：

- (1) NC 曲線、PNC 曲線、NR 曲線等三種評估方式是將量測得到的八音頻帶音壓位準值套入曲線中，所得到之曲線最高值，即為該室內音場環境；而 NCB 及 RC Mark II 則相對複雜；NCB 曲線和 RC Mark II 曲線還考慮了音場可能有結構振動的現象，及高、中和低頻效應對室內音場的影響。
- (2) NC 曲線主要是取 63Hz、125 Hz、250 Hz、500 Hz、1000 Hz、2000 Hz、4000 Hz、8000 Hz 的頻率之音壓位準做評估，而 PNC 曲線和 NR 曲線則又多考慮了 32Hz 頻帶的影響，最後 RC Mark II 則是將 16 Hz、32Hz 的效應也加進來。
- (3) 由於文中的室內評估指標安排是依照年代發展的順序(NC → PNC → NR → NCB → RC Mark II)，所以對於室內音場環境的要求才會越來越嚴格。就方便而言，則是 NC 曲線、PNC 曲線和 NR 曲線最簡易使用，而 NCB 曲線和 RC Mark II 曲線則是相對複雜。
- (4) 文中所用之各項指標，對於評估室內音場環境而言都是適用的，並沒有嚴格規定要使用哪種指標較好，端看使用者需求而定。

表 9 精密噪音分析儀與普通噪音計之比較



名稱	型號	常用的設定值	備註
精密噪音分析儀	CEL-593C TYPE 1	噪音量測範圍：5~140 分 動特性：FAST、SLOW、 IMPULSE 頻率加權：A、C、LIN	
普通噪音計	3606	A 加權範圍：30dB~130dB C 加權範圍：36dB~130dB 動特性：FAST、SLOW	

表 10 不同評估指標之優劣比較

評估指標 顯示的結果	NC	PNC	NR	NCB	RC Mark II	L_A
只有單一數值結果	○	○	○	○	○	○
有考慮高頻效應				○	○	
有考慮中頻效應					○	
有考慮低頻效應				○	○	
有考慮振動效應				○	○	

五、結論

本文探討室內噪音環境之量測與評估，對屏科大室內教學空間之音場環境進行分析，總結如下：

- (1) 藉由室內噪音評估指標分析結果顯示，風扇所產生之噪音，確實為校園內室內音場環境之主要噪音來源，尤其以 500Hz 之頻率音壓貢獻最大。
- (2) 本研究總共量測了 24 間教室，以單一指標之容許標準來看的話，當中只有 12.5% 符合 NC 曲線的容許標準；29.1% 符合 PNC 曲線的標準；4.16% 符合 NR 曲線的容許標準；58.3% 符合 NCB 曲線的容許標準；8.3% 符合 RC Mark II 曲線的容許標準；16.6% 符合 L_A 的容許標準。
- (3) 若提高標準 5dB，大部分仍不及半數，顯示教室音場環境不利於教師授課。
- (4) 完全符合 6 個評估指標標準的只有 HO306 這間教室，但是若以高於 5dB 的評估指標標準來看的話，則有 RE011、AG103、IH302、ME206 等 4 間教室也符合。
- (5) 本篇報告在室內音場的量測結果，僅能代表在室內音場上的現象，並不足以論定理想的音響性能標準數值，仍需要另外以主觀方法來進行評估，以真正了解師生對於教學環境之感受。
- (6) 我國國內目前並沒有關於室內音場的容許標準，因此室內噪音容許基準的建立，將是後續相關議題探討的基礎，並希望能以本研究引起社會對教學空間音響品質與性能的興趣，共同提升教學環境品質而努力。

六、致謝

在實務專題的研究過程中，承蒙指導教授王栢村在學業與生活上的關心與指導，使得本組在專題的研究上能夠順利的完成。同時也感謝實驗室學長國棟、家振、國楨、懷智、克強等研究生的鼓勵與支持，在此致上最深的敬意。

七、參考文獻

1. 行政院環境保護署，1991，「噪音管理法-噪音管制標準」，行政院環境保護署印行。
2. 蘇德勝，1993，「噪音原理及控制」，臺灣書店出版。
3. 張錦松，韓光榮，1993，「噪音振動控制」，高立圖書股份有限公司。
4. 白明憲，2000，「聲學理論與應用」，全華圖書股份有限公司。
5. 王栢村，2000，工業噪音控制，國立屏東科技大學機械工程系。
6. 王栢村，2004，噪音檢測、分析與防治，國立屏東科技大學機械工程系。
7. 黃士賓，賴榮平，2002，「建築物境界噪音管制之研究-住宅設備之噪音」，中華民國音響學會第十五屆學術研討會論文集，台南，論文編號 A1-1。
8. 謝育穎，2003，「台灣地區演藝廳空調噪音特性分析」，中華民國音響學會第十六屆學術研討會論文集，台北，第 238-242 頁。
9. 謝宏仁，賴榮平，謝育穎，吳宗儒，2000，「縣市文化中心室內背景噪音現況調查與分析」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-4。
10. 王文安，黃敏政，2000，「台北市立圖書分館噪音之現況調查與評估研究」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-5。
11. 陳金文，鐘兆均，2000，「某新建攝影棚之聲學特性」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-14。
12. 江維華，許晏堃，蔡金照，2001，「中國傳統劇場音響環境調查」，中華民國音響學會第十四屆學術研討會論文集，台北，第 279-284 頁。
13. 江維華，許晏堃，蔡金照，2002，「傳統庭院式劇場音環境調查」，中華民國音響學會第十五屆學術研討會論文集，台南，論文編號 A1-3。
14. Hardy, A. E. J., 2000, "Measurement and Assessment of Noise within Passenger Trains," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 231, pp. 819-829.
15. 王世傑，陳啟光，吳贊鐸，2000，「噪音評估指標選用之研究」，中華民國音響學會第 13 屆學術研討會論文集，台南，第 B01-B07 頁。
16. 葉文裕，盧士一，于台珊，2002，「噪音場所聲壓分布預估方法之研究」，中華民國音響學會第十五屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C2-5。
17. 盧士一，葉文裕，于台珊，2003，「以音壓級測定值預估音源貢獻度研究」，中華民國音響學會第十六屆學術研討會論文集，台北，第 133-139 頁。
18. 吳宜昌，徐茂濱，江維華，徐裕健，2000，「中山堂中正廳聲響環境之改建」，中華民國音響學會第十三屆學術研討會論文集，台南，論文編號 C-13。
19. 甘東績，2002，「艦艇噪音預估與降低方法之研究」，碩士論文，國防大學中正理工學院，桃園。
20. Suebsak, N., Tawan, Boonyawat., and Supphawat, W., 1999, "Analytical Procedure for Constructing Noise Contours," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 23, pp. 123-127.

21. Suebsak, N., and Nuttapol, A., 1999, "Determination of Dominant Facility Locations with Minimum Noise Levels for the Cost Contour Map," *International Journal of Production Economics*, Vol. 60, pp. 319-325.

Indoor Environmental Noise Measurement and Analysis of NPUST

Hsin-Yu Su Chin-Chien Tsai
Bor-Tsuen Wang

Department of Mechanical Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This work aims to discuss the indoor acoustic environments for classrooms and laboratories in NPUST campus. First, background noise of rooms in normal condition is measured by using real-time sound pressure level meter. Different indoor noise evaluation indices are introduced and applied to assess the suitable use of classrooms or laboratories in comparison to the recommended allowable criteria. Results show only about 30% in amount of 24 rooms is eligible for their use in terms of acoustic environmental properties. The major noise source comes from the flow-induced noise of fans. The developed methodology and its operational procedure can also be adopted for other indoor noise assessment.

Keyword: background noise, indoor noise evaluation index