

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

(鄉土)教材獎

080308

飛機下的童年-飛機噪音對學童學習效能的影響

學校名稱： 桃園市大園區大園國民小學

作者：	指導老師：
小五 林海薇	曾清蘭
小五 陳采庭	陳建興
小五 徐正宇	
小五 許祐誠	

關鍵詞： 頻譜分析、等響度、噪音管制區

飛機下的童年-飛機噪音對學童學習效能的影響

摘要

透過訪談與學生問卷，應用 Audacity 分析飛機噪音頻率與響度變化，進行實驗教學活動，檢測教室內空氣品質。研究結果：每架飛機噪音影響上課時間 8-15 秒，室外響度 92-103dB，教室開窗響度 73-85dB，頻率以為高頻(1500~4000Hz)為主，飛機最大架次 (20 / 小時)。學生問卷分析結果：飛機接近教室時聽不清楚 63.87%，影響學習能力 47.11%，體育課影響最 60.5% 最大，學生交談負面影響 47.32%。教室隔音效果不佳 76.9%。心理影響 32.29%，聽力影響 40.6%，噪音要看醫生 24.21%。教學活動：在噪音環境下，實驗組的學習效能降低，高頻噪音降低 36.19% 與低頻噪音 28.95%。在噪音環境下，學習效能明顯下降。教室長時間關閉，空氣品質嚴重不良 CO₂、TVOC、HCHO 嚴重超標，建議加強學校隔音與通風設備，冬天要開空調。

壹、研究動機

學校位於機場附近，且位於第三級航空噪音防制區，航空噪音日夜音量七十五 dB 以上之等噪音線內之區域，每天都暴露於飛機噪音中。在上課時，學生常常會被噪音干擾，而且也沒辦法常常開窗上課，老師使用麥克風上課，飛機的音量還是蓋過老師的聲音，飛機的噪音太大時，大到老師必須暫停上課，飛機的噪音會影響學習能力、學業成績、學習的情緒，飛機噪音會中斷老師上課的進度，學生也因飛機的噪音聽不清楚老師上課的內容。學生對於噪音的環境會摳耳朵、習慣就好、常常停下來的消極作為因應。每年的 10 月到隔年的 3 月，是飛機飛過學校最多，飛機噪音最大期間，為了節能不能開空調，只能開窗戶，飛機的噪音更大，影響上課最嚴重。相關研究報告，若長期處於音量 70dB 的環境，就會讓人產生焦慮不安，引發各種症狀，兒童在吵雜的環境下變得不注意聲音訊號的不良作用，將對兒童學習及認知的發展有相當的影響。

上自然課時有學到聲音的課程，聲音的三要素頻率、響度、音色，我們發現當飛機經過學校時，不同的飛機聲音大小、頻率高低有差異，飛機接近學校與離開學校時，聲音也會有差異，這些聲音的頻率、響度的大小與差異，對於我們心理、生理的影響會有差異嗎？學校經常在噪音環境下學習對於學生的學習行為、認知發展是否會造成影響，是我們要研究的重要課題，希望透過本次研究了解噪音對於學生學習成效的影響，並提出適切的解決方法。

貳、研究目的

- 一、訪問當地耆老與資深老師了解學校附近噪音問題
- 二、學生問卷調查了解飛機噪音對學生的影響與現況
- 三、檢測學校不同的地方噪音大小對學生學習影響
- 四、探討飛機接近學校到飛機離開聲音變化對學生學習影響
- 五、分析不同飛機聲音變化差異對學習的影響
- 六、模擬不同頻率飛機噪音環境對於學生學習效能與情緒影響
- 七、監測學校校園與教室內外的空氣品質差異對於學習影響

參、文獻探討

一、噪音：讓人感到不舒適的聲音。通常音量在 50dB 以下，人會感到舒適；在 50-70dB 之間，則會引起些微的不舒服；若長期處於音量 70dB 的環境，就會讓人產生焦慮不安，引發各種症狀。(環境部、2024)。

二、噪音對身體的影響

- (一) 噪音危害產生情緒低落、焦躁等心理問題，在心理健康上，噪音可能引起注意力不集中、情緒低落、焦躁、因睡眠問題導致的行為失常等。(黃泳晞、2014)。
- (二) 噪音使專注力下降：教室位於嘈雜側的學生閱讀能力落後同儕三到十一個月。(天下文化、2007)。
- (三) 兒童如長時期暴露在高噪音的環境下，會採用一種使自己聽不見噪音環境的調適方法，來對抗噪音，將造成兒童在吵雜的環境下變得不注意聲音訊號的不良作用，將對兒童學習及認知的發展有相當的影響。(台中市政府環保局、2024)。
- (四) 噪音影響孩子的記憶力

美國康乃爾大學及德國環境焦慮心理學家研究 325 名，8-12 歲住在機場附近的報告指出：長期暴露在高於 65dB 的環境下高 dB 的環境，也會對長期記憶、聽演講時的理解力，以及閱讀能力，產生不良的影響。

- (五) 西班牙巴塞隆那 38 所學校近 2,700 名 7 歲至 10 歲兒童的研究，首次評估了交通噪音和噪音峰值對兒童認知發展的影響。暴露在交通環境中的時間，比其他學童多三倍者，一年來的記憶力發展和注意力發展速度，分別比其他學童慢 23% 與 5%。(環境資訊中心、2022)。

三、機場噪音對學生的影響。黃韋銓、林宇澤、李泓毅 (2024)。

身體影響：噪音對身體的影響主要表現在耳鳴、聽力下降等方面，同時也可能引起疲勞等身體不適症狀。心理影響：噪音對心理的影響主要表現在心煩、情緒不佳、容易緊張、脾氣變差、有壓力等方面，長期在這樣的環境下可能會有心理疾病。隔音問題：教室環境噪音需改善，數據顯示有一半以上的人認為教室環境噪音嚴重並需改善。

四、機場噪音管制範圍：航空噪音防制區分為三級，：(1) 第一級航空噪音防制區：航空噪音日夜音量六十 dB 以上與未達六十五 dB。(2) 第二級航空噪音防制區：航空噪音日夜音量六十五 dB 以上與未達七十五分。(3) 第三級航空噪音防制區：航空噪音日夜音量七十五 dB 以上之等噪音線內之區域。



圖 1 桃園機場噪音管制區域
(google 地圖，2025/9/12)

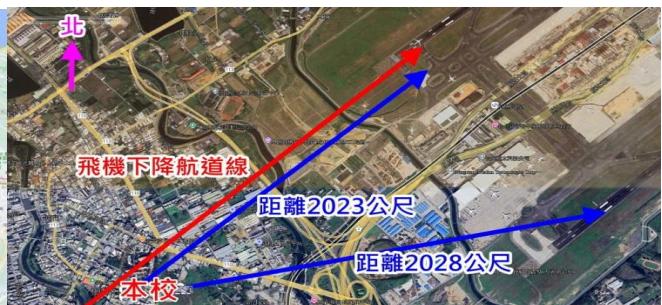


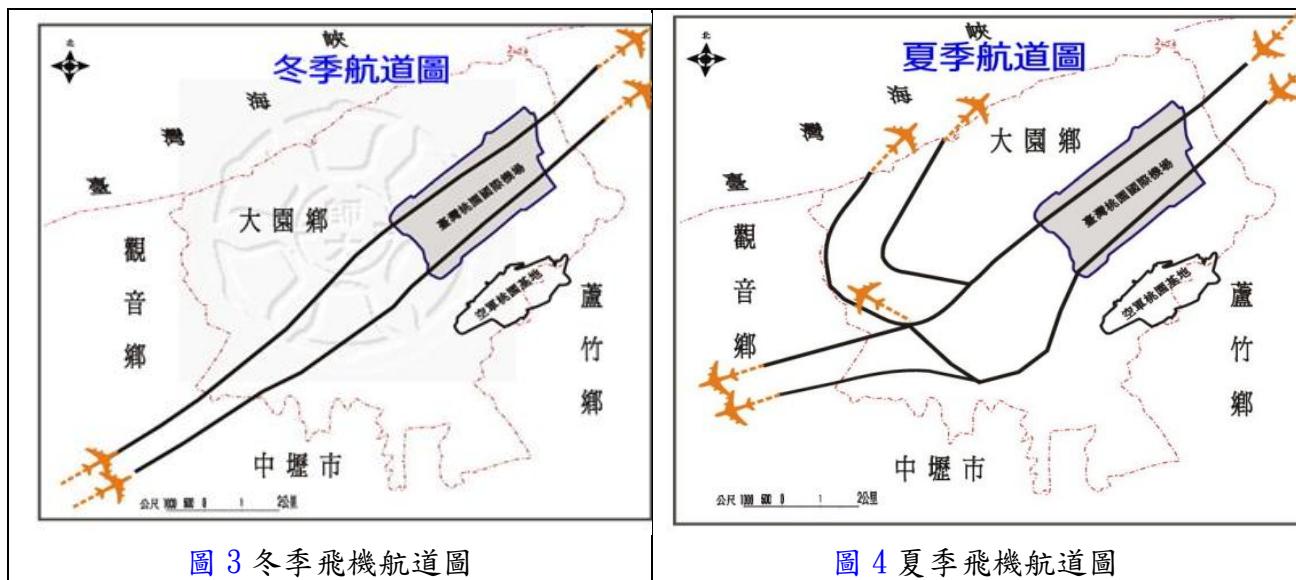
圖 2 學校至第一、二飛機跑道距離
(google 地圖，2025/9/12)

五、相關研究報告

表1 相關噪音研究分析表

研究報告	重要結論	我們收穫
林依靜 (2003) 國民小學環境噪音影響學童聽力及實地語音辨識能力研究	共 393 名學童納入實地語音辨識力調查分析當中。推估結果發現，若授課音量分別為 95、90、85dB，且學校航空噪音高於 60dB 時，分別會有 >67. 9%、>58. 6% 及 >49. 4% 的語音無法被辨識。	噪音越大學生語音被辨識能力越差
王志麟、2008 航空噪音對高中職學生影響之研究—以台南機場航道下七所高中職校為例	校內最主要的噪音來源為航空器噪音，高中女同學較男同學對於航空器噪音干擾較能適應。高中職學生對航空器噪音感受認知方面，顯示出均無法忍受戰鬥機及客機所產生之噪音。航空噪音對高中職學生生理、心理及學習效果有相關性，彼此間會隨變項而有所負面影響。	噪音度學生生理、心理及學習效果有相關性，彼此間會隨變項而負面影響。
賴漢文、2008 環境噪音對學生學習成效之影響研究	學生最容易被噪音影響學習的科目中以數學科 (22. 6%) 影響最大，其次是社會科 (19. 7%)，進一步實驗發現，思考性科目以數學科若在安靜環境中學習，成效優於在吵雜環境中。	數學科學學習影響最大
余燕慧 (2007)。台灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適	對航空噪音的感覺普遍認為是「厭煩的」，而且一般人認為航空噪音影響最嚴重的季節是在「夏季」，以「18~24 點」為干擾最嚴重的時段。	晚上的噪音對生活影響最大。

六、桃園機場航向與噪音分析圖（圖 3、圖 4 資料來源：台灣桃園國際機場噪音的時空分布分析）



七、桃園機場鄰近學校機場噪音的問題

分析 107 年-112 年，各監測站每季航空噪音實測值。年次與季節機場噪音的變化。不同鄰近學校機場噪音的差異。不同學校機場噪音的相關性分析。

(一) 年運量分析

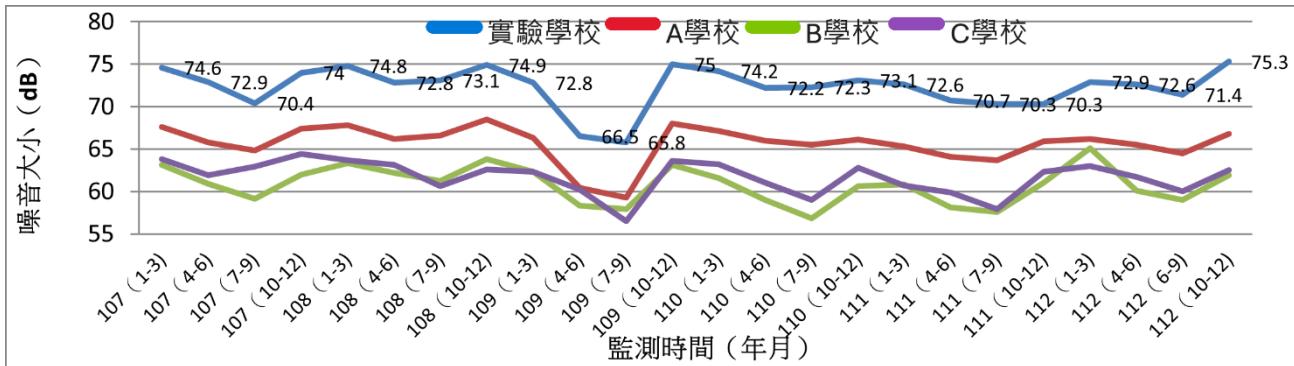
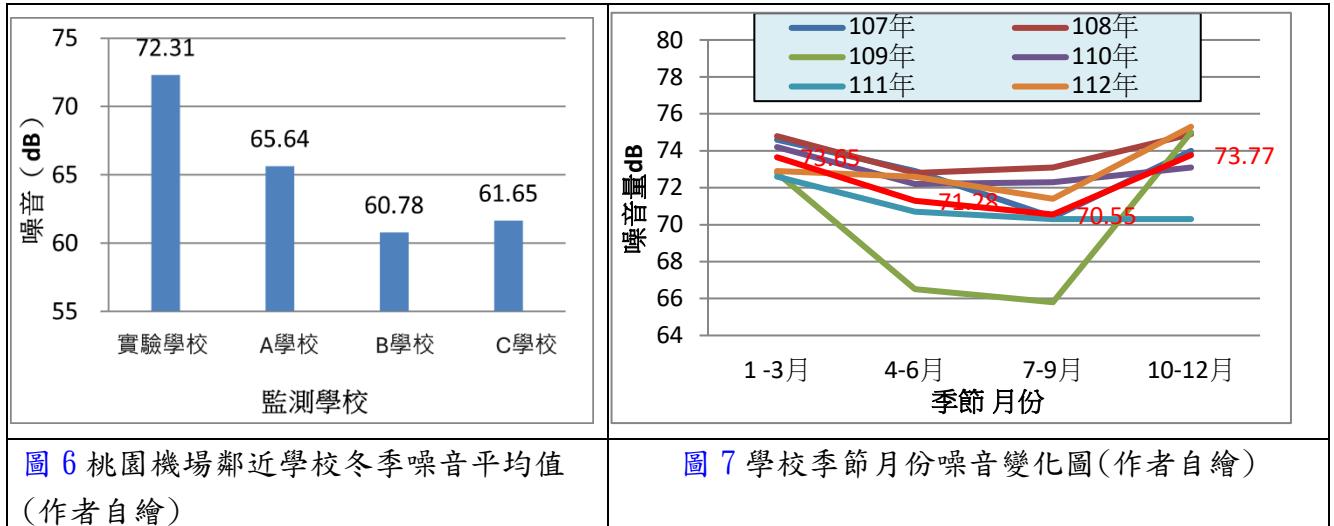


圖 5 桃園機場鄰近地區學校噪音 6 年季變化統計圖(作者自繪)



九、文獻探討總結與研究方向

(一) 文獻探討總結

1. 噪音對於學童的影響，相關的研究非常多，噪音對身體的影響耳鳴、聽力下降免疫力下降、身體不適症狀。心理的影響主要表現在心煩、情緒不佳、容易緊張、脾氣變差、有壓力等方面，長期在這樣的環境下可能會有心理疾病，噪音也會影響學生的學習能力的表現。
2. 學校為第三級航空噪音防制區：航空噪音日夜音量七十五 dB 以上之等噪音線內區域。
3. 學校與鄰近學校比較飛機噪音平均為 72.31dB，比最近的溪海國小 65.74 dB 高將近 70 dB。若長期處於音量 70dB 的環境，就會讓人產生焦慮不安，引發各種症狀。(環境部、2024)。

(二) 研究方向

1. 我們想透過訪問學校教職人員與學生問卷調查了解飛機噪音對於學校學生學習、心理、生理的影響。
2. 利用噪音頻譜分析，了解飛機噪音的頻率高低、頻率變化，噪音大小對於學生學習能力的影響。
3. 利用教學活動模擬飛機噪音下的學習情境，對於學生學習效能的影響。
4. 利用空氣品質檢測器，檢測教室在不同使用情況下，空氣污染的程度。

肆、研究器材與設備

- 一、錄音錄影設備：錄音機 3 台、行車紀錄器 3 台、dB 計 3 台、單眼數位相機 4 台、空氣品質監測器。
- 二、聲音分析軟體：Audacity，進行聲音頻譜分析。

伍、研究過程與方法

一、訪問當地耆老與資深老師了解學校附近噪音問題

(一) 研究方法

1. 訪問當地耆老一位，時間 2 小時，訪談桃園機場的興建，對於地方建設經濟發展的貢獻與帶來的噪音問題。
2. 訪問學校資深老師，時間 2 小時，了解飛機噪音對於學生學習與教學上影響。
3. 訪問機師了解飛機噪音與飛機相關知識。

二、學生問卷調查了解飛機噪音對學生影響與學習現況

學校學生人數為 1641，班級數 64 班，想了解飛機噪音對於學生學習與心理發現的影響，一到六年級全部學生，每年級 100 分問卷，主要問卷題目 20 題，進行問卷調查後，收集問卷，進行數據分析。

(一) 研究方法

1. 我們先自行設計問卷題目，4 位學生與老師一起討論題目內容，問卷選項。
2. 在問卷題目依據不同的類型題目整合、排列，經多次討論後定稿。
3. 學校學生人數為 1641 人，我們選擇一到六年級學生各 100 位學生進行問卷調查。

4. 總計發下的問卷 600 份，回收整理後，有效問卷為一年級 71、2 年級 91、3 年級 92、4 年級 96、五年級 96、6 年級 91，總有效問卷 537 張。

三、檢測學校不同的地方噪音大小對學生學習影響

我們發現學校主要的噪音是飛機要降落第一跑道南側經過校園的噪音外，還有下降第二跑道的噪音，飛機起飛的噪音，下課時學生遊戲聲音，上下課的鐘聲，學校廣播的聲音，靠近大門口中山南路車輛經過的聲音。



(一) 研究方法

1. 利用下課或中午午休的時間，在學校後停車場、前方停車場、校門口利用 dB 計，測量聲音的大小。
2. 分別紀錄、聲音大小 (dB)、聲音的來源、聲音來源方向、聲音的種類、聲音的產生的間距、發生的頻率。
3. 每一個定點監測 5 次，每次觀察紀錄時間 20 分鐘。

四、探討飛機接近學校到飛機離開聲音變化對學生學習影響

學校後停車場剛好是飛機航線的正下方，飛機經過時聲音最大的地方，我們想在這裡檢測飛機經過時噪音有多大，也發現飛機有不同的類型，不同的大小，其產生聲音的大小會有差異嗎？從聽到飛機接近的聲音到飛機離開，聲音的響度、頻率、聲音的特性會有差異嗎？

(一) 學校建物距離航道計算

我們找到（黃榮村、吳英璋、高孟定，1986）噪音污染與環境醒覺報告中的飛行航道，與現在的 Google 地圖進行比對，重新繪製桃園國際機場，第一航道由南往北航道圖，利用 Google 測量器，測量學校不同區域與航道的距離，學校噪音最大地方，不是學生認為的操場，根據檢測結果，學校噪音後停車場最大，飛機幾乎從頭頂飛越，高度約 100-120 公尺，距離約 50-70 公尺。

1. 學校第六棟距離主航道大約只有 30 公尺，有部分飛機會經過校舍的最上方。
2. 學校後方的停車場距離主航道大約 67 公尺。

3. 升旗台後方停車場距離主航道大約 152 公尺。

4. 學校操場距離主航道大約 251 公尺。

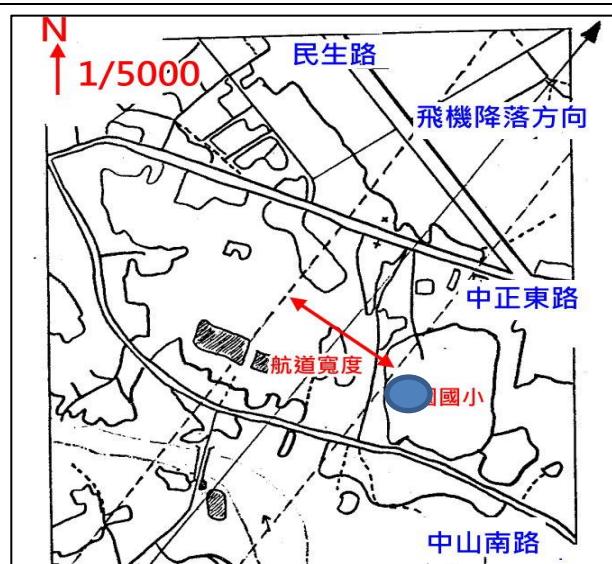


圖 5-5 學校鄰近飛機航道圖

(資料來源：黃榮村、吳英璋、高孟定，1986，噪音污染與環境醒覺）



圖 5-6 學校不同位置與航道距離

(google 地圖，2024/9/18)

(二) 不同頻率噪音對人類耳朵的差異性

極低頻 20–40 Hz、低頻 40–80 Hz、中低頻 80–160 Hz、中頻 160–1280 Hz、中高頻、1280–3560 Hz、高頻 2560–5120、超高頻 5120 以上。

由於人耳對不同頻率聲音的敏感度不同，所以會有不同的響度感覺，由「等響度曲線」可以知道：(1)人耳對低頻率的聲音，比較不靈敏。(2)人耳對高頻率的聲音比較靈敏，2,000~4,000Hz 是特別靈敏的頻帶。所以，較低頻率的純音，要聽到相同響度的話，需要比較大的聲音振幅。(振動噪音產學技術聯盟) phon 是以 pure tone 測出的聲音響度單位，0 phon 代表人耳最小能聽到的聲音響度。

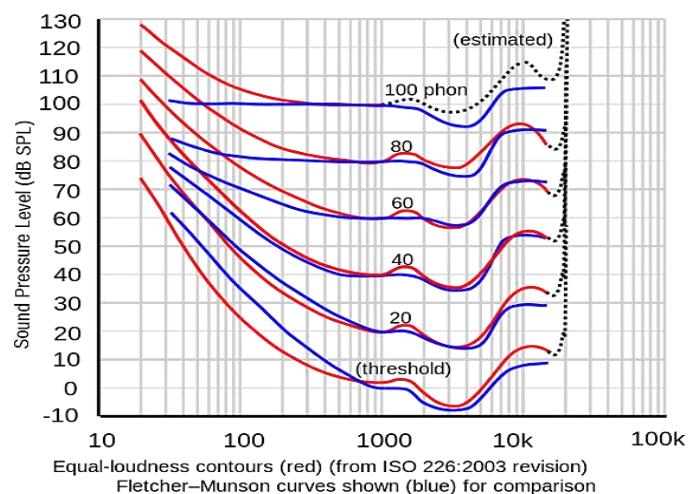


圖 5-7 等響度曲線

(圖片來源：振動噪音產學技術聯盟網站，2025)

(三) 研究方法

1. 在學校後停車場架設行車錄影機、dB 計、錄音機。
2. 監測早上 8:00–16:00 進行錄影與錄音紀錄，與 dB 計音量大小等三項。
3. 將錄影影片，利用威力導軟體，將飛機經過時的影片進行剪輯，每一次飛機經過約 30–60 秒，做成飛機專輯，共計 85 架次。
4. 將飛機專輯內容，飛機經過依據時間先後，依序編碼 1–85 號，並輸出影像成專輯。

5. 將編碼後的飛機影像專輯，每次裁剪 5 架次後，將影像轉換為聲音檔，並依序編號，避免在進行聲音分析時產生錯誤。
6. 利用影像檔的影片，依據飛機的外觀特徵，進行飛機廠牌與型號比對。
7. 利用聲音分析 Audacity，進行聲音頻譜分析，紀錄對比響度、第一峰值頻率、第一峰值響度，與頻譜圖 4 項數據。
8. 我們分析了編號 1-40 的飛機，飛機響度最大聲音的響度 10 秒，進行頻譜掃描。紀錄對比響度、第一峰值響度、頻率分析。

(四) 頻譜分析方法

1. 將飛機聲音匯入聲音分析 Audacity。
2. 選擇頻譜圖振幅最大值前後 10 秒進行對比響度分析，掃描頻譜。
3. 頻譜圖放大後選擇頻譜圖響度最大位置前後 10 秒的共計 10 秒的聲音進行分析。
4. 每次掃描時間 1 秒，進行頻譜掃描，共計 10 秒紀錄第一峰值頻率、第一峰值響度（圖 5-8）。

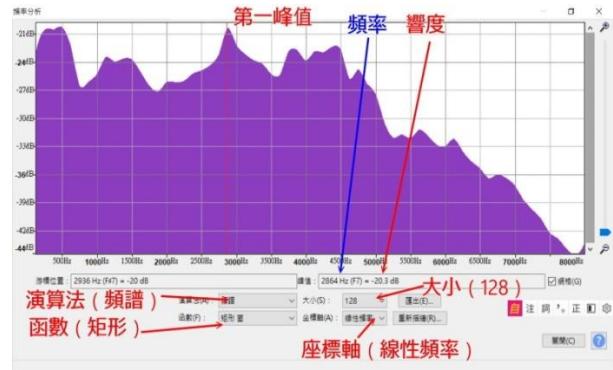


圖 5-8 頻譜掃描參數設定圖(作者自繪)

(五) 頻譜分析操作圖

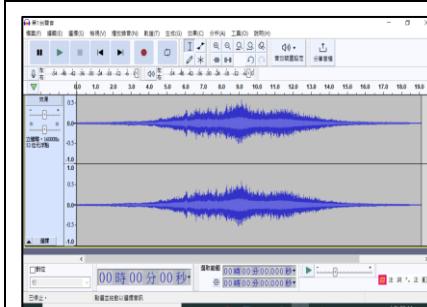


圖 5-9 匯入聲音分析
Audacity(作者自繪)

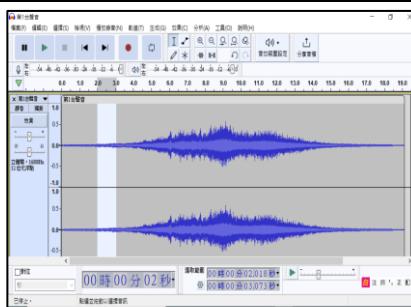


圖 5-10 每次掃描時間 1 秒
(作者自繪)

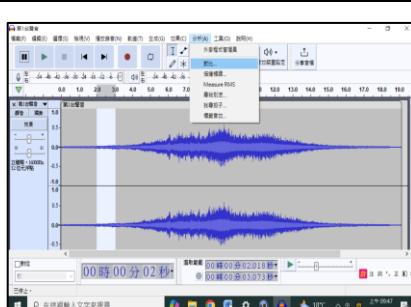


圖 5-11 進行對比響度分析
(作者自繪)

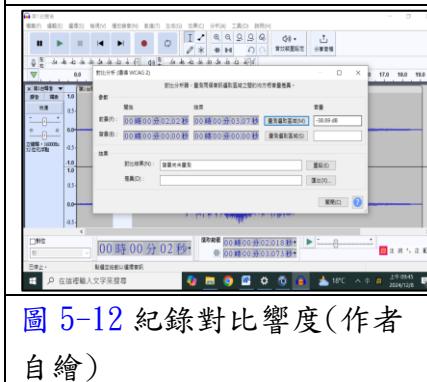


圖 5-12 紀錄對比響度(作者
自繪)

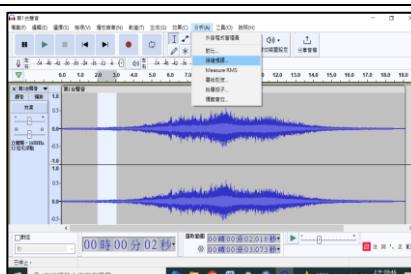


圖 5-13 頻譜掃描(作者自繪)

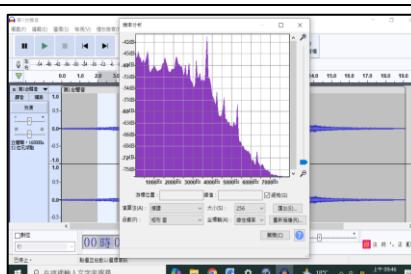
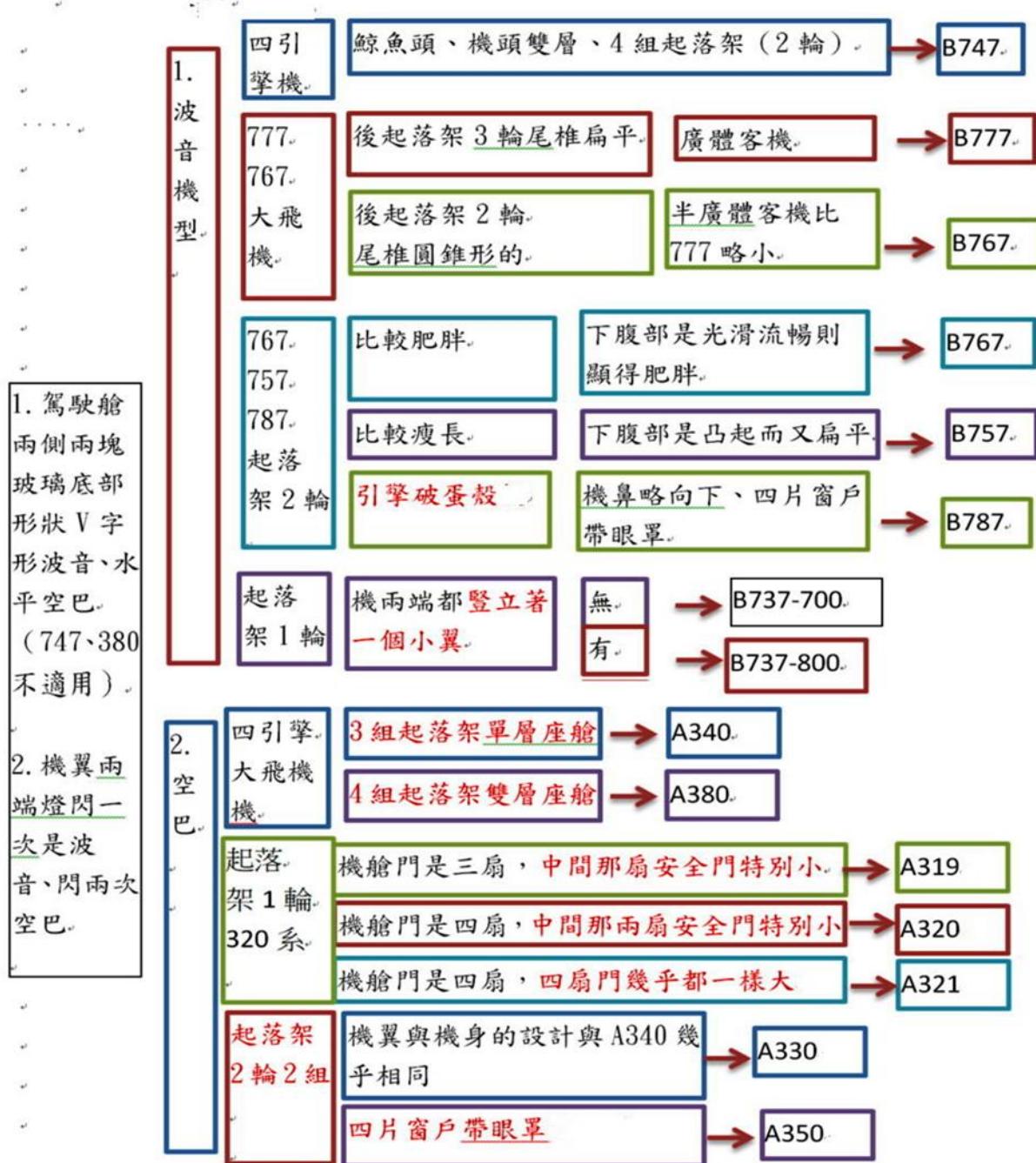


圖 5-14 紀錄第一峰值頻率、
響度(作者自繪)

五、分析不同飛機聲音變化差異對學習的影響

由研究四發現當飛機經過學校時，所產生噪音的頻率、響度、對比響度、第一峰值響度會有差異，為何會有如此是飛機型號的差異？飛機製造商的差異？過去我們沒有去了解飛機

不同型號與不同製造商的飛機，在外觀上簡易辨識的方法，上網查閱相關資料、影片、照片等，製作飛機簡易辨識分類表如下。



(一) 研究方法

1. 在學校前停車場架設行車錄影機、dB 計、錄音機、單眼相機 4 台。
2. 監測早上 8：00-16:00 進行錄影與錄音紀錄，與 dB 計音量大小等三項。
3. 將錄影影片，利用威力導軟體，將飛機經過時的影片進行剪輯，每一次飛機經過約 30-60 秒，做成飛機專輯，共計 20 架次。
4. 將飛機專輯內容，飛機經過依據時間先後，依序編碼 1-85 號，並輸出影像成專輯。
5. 將編碼後的飛機影像專輯，每次裁剪 5 架次後，將影像轉換為聲音檔，並依序編號，避免在進行聲音分析時產生錯誤。

6. 利用影像檔的影片，依據飛機的外觀特徵，進行飛機廠牌與型號比對。
7. 利用聲音分析 Audacity，進行聲音頻譜分析，紀錄對比響度、第一峰值頻率、第一峰值響度，與頻譜圖 4 項數據。
8. 我們分析了編號的飛機，飛機響度最大聲音的響度 10 秒，進行頻譜掃描。紀錄對比響度、第一峰值響度、頻率分析。

六、模擬不同頻率飛機噪音環境對於學生學習效能與情緒影響

由 2024、翻轉教育，2003、白秋華，2018、信誼文教基金會相關噪音會影響學生的專注力、記憶力，心理以及學習效果，七成學生認為學校環境噪音影響學習情形嚴重，不能集中精神注意聽課，與寫功課。太大聲的音樂也會影響學習效果，甚至血壓也會因此增高，焦慮程度也將因此上升。反覆暴露在高於 85dB 的環境下，更會造成聽力損害。

(一) 研究方法

我們請外聘老師上紅樹林種類與對環境影響的課程，實驗組在我上課時播放學校飛機的噪音，以每 2-3 分鐘播放飛機噪音一次，音量 65-70dB，大約與老師上課時用麥克風的聲音音量相近，我們想了解同學在飛機噪音干擾環境中對於學習成效的影響。

1. 選擇學校學生 5 年級 3 個班進行實驗，實驗組高頻組（飛機噪音前半段高頻 2000Hz-4000Hz），實驗組低頻組（飛機噪音後半段低頻 200Hz-500Hz），比對組（無噪音），班級教室同一棟同一層樓。
2. 外聘教師授課，教學內容為紅樹林的效益與環境影響，這些課程對我們而言很少接觸。
3. 教學時間為 1 節課 40 分鐘，以教學投影片與教具搭配教學。
4. 學生在授課前，先進行前測，量表摘自碩博士論文，紅樹林環境生態知識量表，本量表經 SPSS 因素分析與信效度分析，可作為學習成效的檢測工具。
5. 本次教學內容以紅樹林的效益與環境影響為主題，並不是完全針對量表內容進行教學，已降低實驗的誤差。
6. 教學完後進行紅樹林環境生態知識量表進行後側。
7. 檢視前測與後側學生成績的差異。進行學生的上課問卷調查。
8. 授課老師的訪談，在有噪音的情況下，老師在教學中所面對的困境，與學生學習上的反應。

七、監測學校校園與教室內外的空氣品質差異對於學習影響

上課時要隔絕飛機的噪音，我們必須要緊閉門窗上課，尤其是冬季 9 月到 3 月，開門窗上課飛機噪音時飛機噪音，經常高過於老師的麥克風的音量，造成我們學習的困難。

(一) 研究方法

1. 利用簡易型空氣品檢測器，6 合一 HCHO、TVOC、PM2.5、PM10、CO、CO₂。
2. 到學校室外檢測，與班級檢測空氣品質的好壞。

八、研究結果與討論

一、訪問當地耆老與資深老師了解學校附近噪音問題

(一) 研究結果

1. 學校資深教師

問題 1：請問老師在學校教學幾年？帶過哪些年級？答：20 年，帶過中年級和高年級，還有各年級的科任。

問題 2：學校的教學環境與其他地區學校，有何差異？優勢與劣式。答：學校的校區廣大，教材園豐富，學生在學校可以有充足的空間活動，這是學校的優點。缺點的話就是在機場航道下，噪音會干擾學生的學習。

問題 3：學生在學習能力、學習情緒與其他學校會有差異嗎？答：學生的學習能力和情緒，和其他國小學生差異不大，主要看學校風格而定。

問題 4：學生有因為飛機噪音而就醫嗎？如聽力、情緒等。答：根據健康中心的資料，學生還未因噪音而生病的例子。

問題 5：飛機的噪音太大時，在教學上你如何處理？答：我會停止上課，等飛機通過後再繼續上課，上課盡量把門窗關好，比較不會受到干擾。

問題 6：請問夏天與冬天，不同的季節飛機的噪音會有差異嗎？答：冬天的噪音比較明顯，因為窗戶都打開，一定會被噪音打斷上課，但不開窗戶又不通風，這很令人困擾。

問題 7：學生會因為飛機噪音而降低學習意願，降低學習成效嗎？答：應該不會，但有些學生會分心。

問題 8：學生會因為學年越高時，對於飛機噪音的適應力越佳嗎？答：年級越高的學生，對噪音越無感，很習慣有噪音。

問題 9：老師以你的教學者的觀點，你希望學校或政府解決飛機噪音問題，提供學校安靜的教學環境。答：現有的隔音窗要配合空調設備，但現在只有冷氣，而且在節電政策上，冬天不能開空調，因此大家都開窗，就沒有隔音效果了。

2. 學校資深學校工友

問題 1：請問你到學校服務幾年？答：我在這間學校已經服務 29 年

問題 2：請問你住在大園區嗎？答：我現在沒有住在大園區。

問題 3：請問大園區的民眾對於機場噪音的看法？答：大園區對於機場的噪音，部分的民眾對於飛機的噪音感到困擾，尤其是晚上十點以後，居民都會被飛機的噪音影響睡眠。

問題 4：請問桃園機場與政府有提供住戶安裝隔音設備，或提供補助嗎？答：有提供相關的補助，但是補助的範圍太小，要在航道下才有補助，在鄰近的區域噪音也是很大，另外補助的經費也是不足，有裝設隔音設備但是效果不是很好。

問題 5：請問桃園機場對於大園區的發展有影響嗎？答：桃園機場對於台灣對外的航空發展十分重要，但是對於大園地區的發展，因為機場飛機起落的影響，部分地區無法興建大樓，更因噪音太大，建商也不太願意在此投資興建大型住宅，隔壁的蘆竹區興建很多大樓，吸引大量人口居住，相對的大園地區發展就比較慢。

問題 6：請問你在學校將近 30 年，你如何適應飛機的噪音？答：剛開始會覺得很吵漸漸的習慣飛機噪音，現在對於飛機的噪音沒有特別的感受。

問題 7：請問你與同事交談時飛機經過時，你會如何處理？答：我會暫停交談，飛機經過時間大約 10 秒左右，習慣就好，如果有重要的事情會在室內交談。

3. 訪問民航機師

問題 1：請問你擔任機師幾年？答：目前兩年多。

問題 2：請你飛過哪些商用的飛機？答：330 B777。

問題 3：請問形成飛機的噪音來源，有哪些？（如引擎、機翼等）。答：飛機噪音大概來源有三種 1.引擎運轉時多噪音 2.飛機與空氣產生的風切聲 3.系統產生的聲音（空調系統、輔助動力系統產生的聲音）。

問題 4. 請問不同飛機空巴、波音引擎設計與引擎噪音會有差異嗎？引擎轉速大約多少？答：兩間公司的引擎其實是差不多的，因為引擎是由引擎製造商提供（奇異、惠普、勞斯萊斯）所以引擎是來自另外公司，並不是由飛機公司自己製造的引擎的轉速，如果要簡單換算的話，大概一分鐘 6000 轉。不過航空引擎的設計其實相當複雜，只能大概這樣介紹。

問題 5. 請問在飛機距離跑道 2 公里處（學校上空）高度大約多少？會因為飛機的大(B747、B777、B737、A380、A330、A320) 飛行高度有差異嗎？答：2 公里處飛機高度大概地面剩一百多公尺，不會因為機種高度而不同。因為飛機下降是經由計算而來，每個機種都是一樣的下滑高度。

問題 6：請問在飛機距離跑道 2 公里處（學校上空）時會因為天氣、風向會修正飛行的高度與進場方向嗎？答：高度是由計算而來，大致相同。但有可能因為氣壓的關係有變化風向就會影響飛機的進場方向。飛機在起降的時候，都會希望是逆風起降，所以其實對我們而言，一條跑道其實是有兩個起降方向喔！

問題 7：請問新型的飛機 A350 、B787 飛機的噪音量有比較降低嗎？如何降低飛機噪音設計嗎？答：新型的飛機都有致力於降低飛機所產生的噪音，像是 B787 的引擎外型，我們稱為蛋殼狀外型，也是用來降低噪音的方式。

問題 8：請問飛機降落飛機距離跑道 2-3 公里處（學校上空），飛機是在減速的狀態嗎？會因不同的機型，不同的天氣與風向而做調整與修正嗎？答：通常距離跑道 2-3 公里處的時，飛機已經是落地的外型。起落架都已放好，也已經減速到我們準備落地的速度。不同機種落地的速度會不同，有時會因為風速的關係調整落地的外型，但風向會影響的是，我們選擇哪條跑道落地。

（二）訪問總結

1. 在機場航道下，噪音會干擾學生的學習，等飛機通過後再繼續上課，上課盡量把門窗關好，受到干擾較小。
2. 冬天的噪音比較明顯，窗戶都打開，噪音打斷上課，不開窗戶又不通風，有些學生會飛機噪音分心。年級越高學生，對噪音越無感，很習慣有噪音。
3. 在節電政策上，冬天不能開空調，因此大家都開窗，受到噪音影響最大。
4. 對於大園地區的發展，因為機場飛機起落，部分地區無法興建大樓，噪音太大建商也不太願意在此投資興建大型住宅。
5. 飛機在學校上空約 120 公尺飛過。不會因為機種高度而不同 因為飛機下降是經由計算而來每架飛機都是一樣的下滑高度。
6. 新型的飛機都有致力於降低飛機的噪音，像是 B787 引擎外型來降低噪音的方式。
7. 有時會因為風速的關係調整落地的外型，風向會影響選擇哪條跑道落地。

二、學生問卷調查了解飛機噪音對學生影響與學習現況

（一）研究結果

1. 你就讀這所學校的原因研究結果

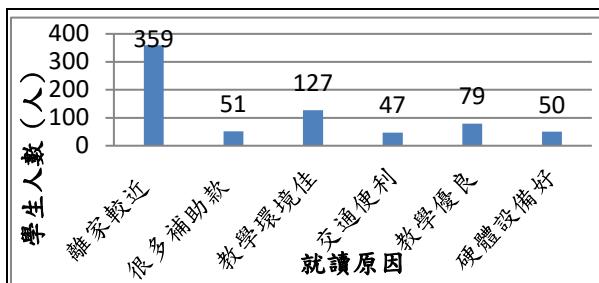


圖 6-1 就讀這所學校的原因（複選題）（作者自繪）

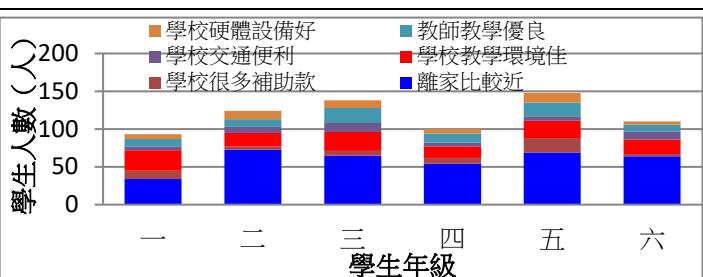


圖 6-2 就讀這所學校的原因（年級分析）（作者自繪）

研究發現：由圖 6-1、6-2 發現，就讀這所學校主要原因是離家較近，以學校學區的學生為主，其他，如教學環境與設備，是學生選擇學校讀的重要原因。

2. 你的住家有聽到飛機的噪音研究結果

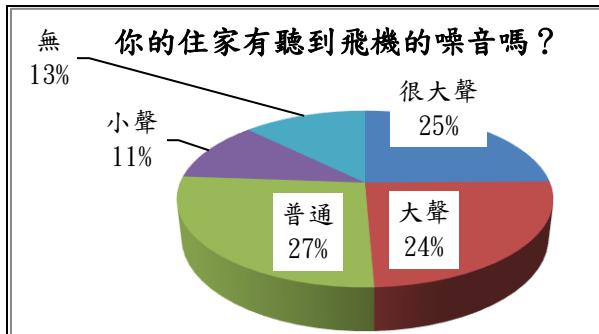


圖 6-3 住家聽到飛機噪音大小總量分析（作者自繪）

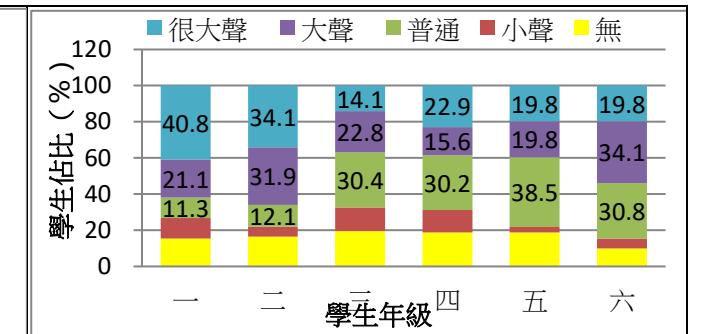


圖 6-4 住家聽到飛機噪音大小年級分析（作者自繪）

研究發現：由圖 6-3、圖 6-4 發現，約 75% 學生住家都聽到飛機經過住家的噪音，低年級聽到的噪音比高年級大，可能是越高年級對於飛機噪音適應性增加有關。

3. 鄰居抱怨機場飛機的噪音研究結果

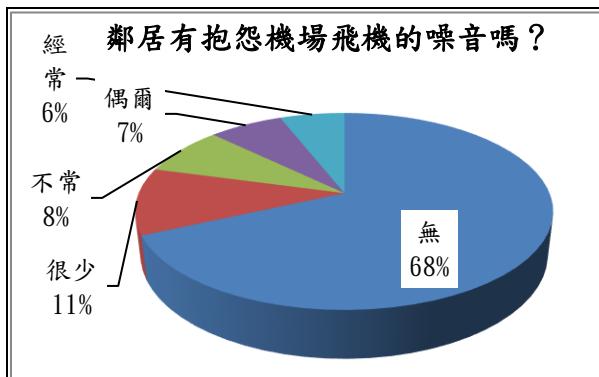


圖 6-5 鄰居抱怨機場飛機噪音總量分析（作者自繪）

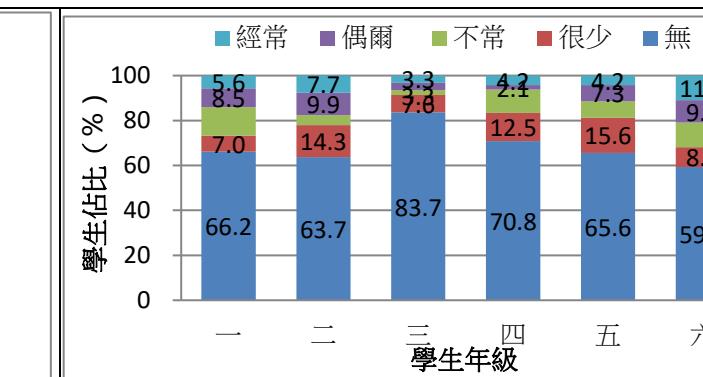


圖 6-6 鄰居抱怨機場飛機的噪音年級分析（作者自繪）

研究發現：由圖 6-5、圖 6-6 發現，約 60% 以上鄰居，對於飛機噪音沒有抱怨，是已經習慣噪音環境，還是抱怨也沒用，其中四年級學生無抱怨鄰居高達 83.7%。

4. 當教室上課時飛機接近教室時的噪音，老師的說話內容你能聽清楚嗎？

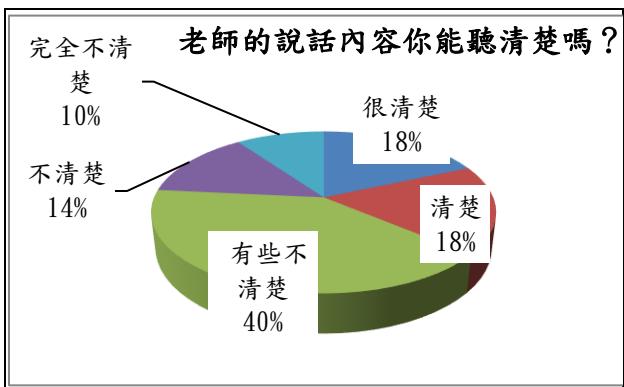


圖 6-7 老師說話聽清楚情況總量(作者自繪)

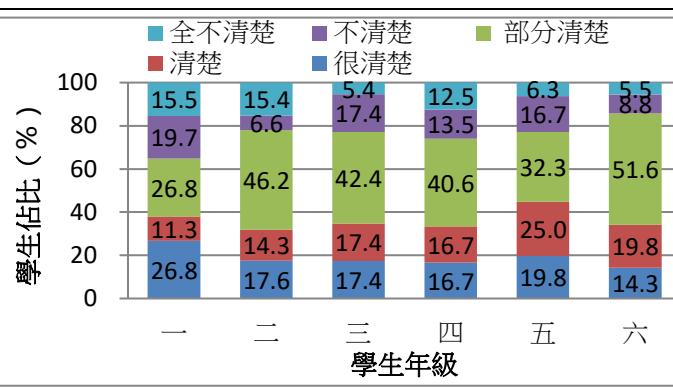


圖 6-8 老師說話聽清楚情況年級分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-7 發現，有 64% 上課時飛機接近教室時聽不清楚，顯示飛機噪音對於學生學習會有影響，由圖 6-8，聽不清楚，在學年上並沒有太顯著的差異，完全不清楚的有一、二年級、四年級，一、二年級教室剛好在航道下方，四年級教室飛機從側面經過距不到 100 公尺，因此噪音較大。

5. 上課時飛機噪音會影響你的學習能力嗎？

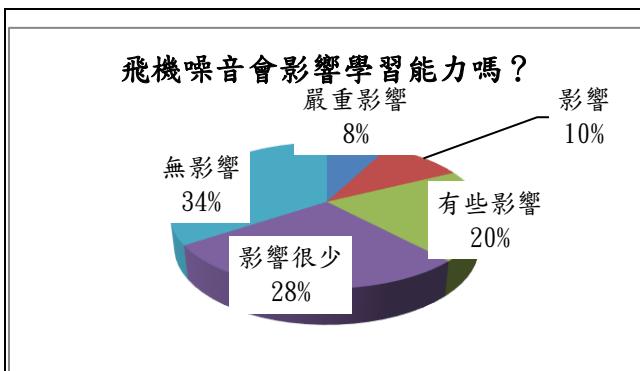


圖 6-9 飛機噪音影響學習能力總量(作者自繪)

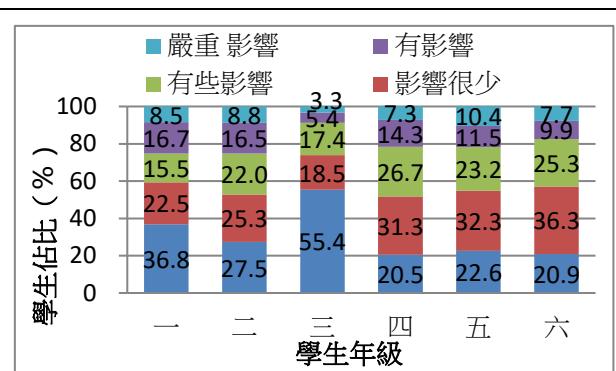


圖 6-10 飛機噪音影響學習能力總量年級分析
(作者自繪)

研究發現：由圖 6-9 發現，有 47.11%，飛機噪音影響學習能力，學生長時間處在飛機的噪音下，飛機的噪音對學生學習能力有負面的影響。由圖 6-10，在學年上以一、二年級影響較大，四、五、六次之，影響最小為三年，推測一、二年級教室剛好在航道下方，四年級教室飛機從側面經過距 67 公尺，因此噪音較大，三年級距離航道較遠，且與航道成垂直向，因此飛機噪音對於學習能力影響較小。

6. 上哪一種課程飛機噪音影響最大？

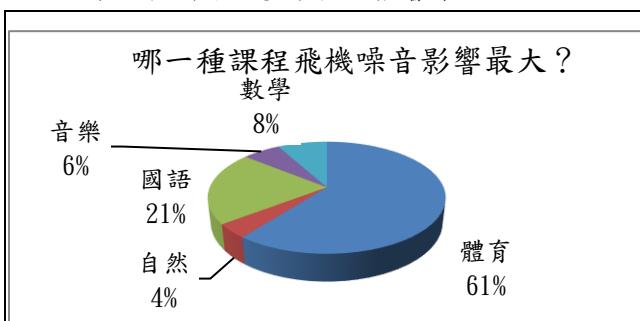


圖 6-11 飛機噪音影響最大課程總量分析(作者自繪)

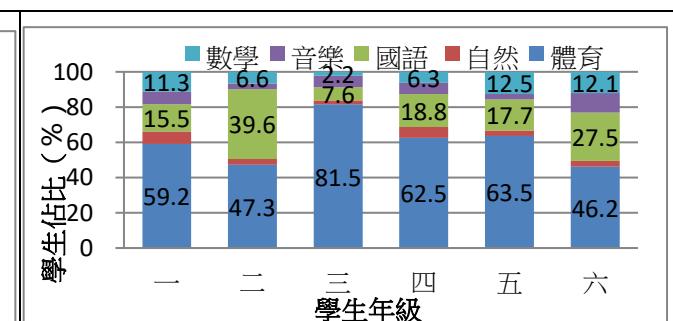
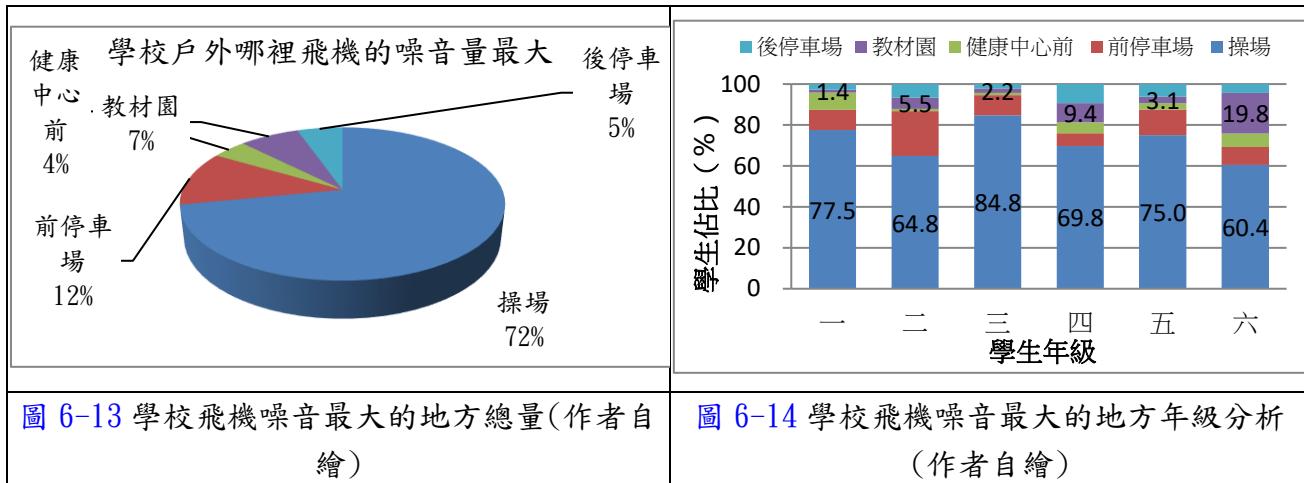


圖 6-12 飛機噪音影響最大課程年級分析(作者自繪)

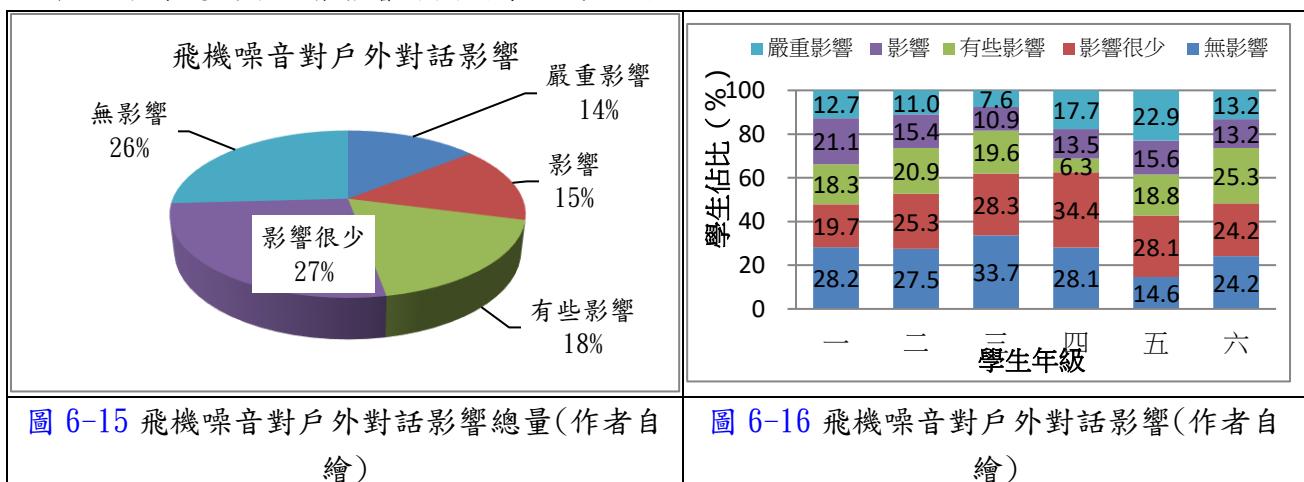
研究發現：由圖 6-11，飛機噪音影響最大課程以體育課佔 61%最高，其次為國語 21%，體育課都在戶外上課，飛機噪音對其影響較大，國語課屬語文表達，飛機噪音會使學生聽不清楚。學年分析發現三年級體育課影響最高 81.5%，學年分析發現二年級體育 47.3%課影響最低，推測可能是在室內體育館上課有關。

7. 學校戶外哪裡飛機的噪音量最大？



研究發現：由圖 6-13，飛機噪音最大地方以操場 71.9%最高，其次為前停車場 11.5%，這 2 個地方是學生戶外活動最多的地方，因此學生認為操場噪音最大。由圖 6-14，學年分析發現三年級操場最高 84.8.5%，學年分析發現六年級操場 60.4%操場最低，推測可能是與學生經常的活動範圍有關。

8. 在戶外時飛機噪音會影響你與同學的對話嗎？



研究發現：由圖 6-15，飛機噪音對戶外對話影響較大 47.32%，飛機的噪音對學生交談有負面的影響，學生成長時間處在飛機的噪音下交談。由圖 6-16，學年分析發現四年級嚴重影響 17.7%，與五年級 22.9%最高，我們發現五年級學生下課時會到前停車場活動，下課活動時間與學生人數較多有關，四年級教室接近飛機航道有關。

9. 現在的教室的隔音設備，可以隔絕飛機的噪音嗎？

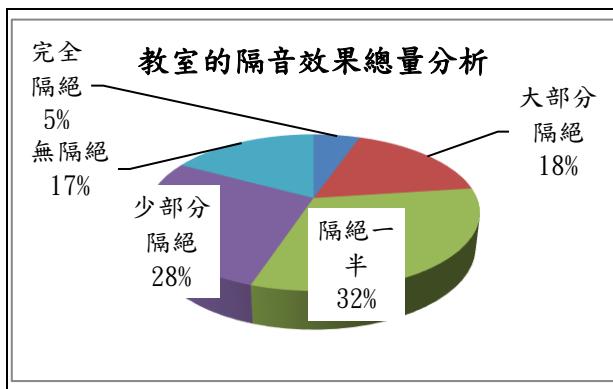


圖 6-17 教室的隔音效果總量分析(作者自繪)

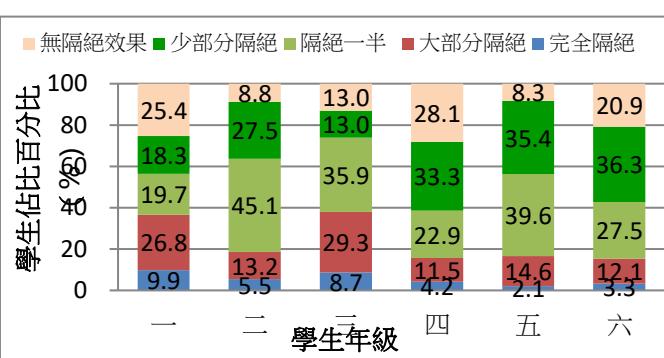


圖 6-18 教室的隔音效果年級分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-17，教室的隔音效果 7.69% 不佳，會影響學習效果，顯示學校現有的隔噪音設備有待加強（實在太差了）。由圖 6-18，年級分析二、四、五、六年級對於現有的隔音設備滿意度都很差，皆超過 80%，一年級與四年級也超過 60%，推測原因是四年級在距離飛機航道比較近，一年級在 1 樓有關。

10. 你會因為飛機噪音影響，有計畫要轉到其他學校就讀嗎？

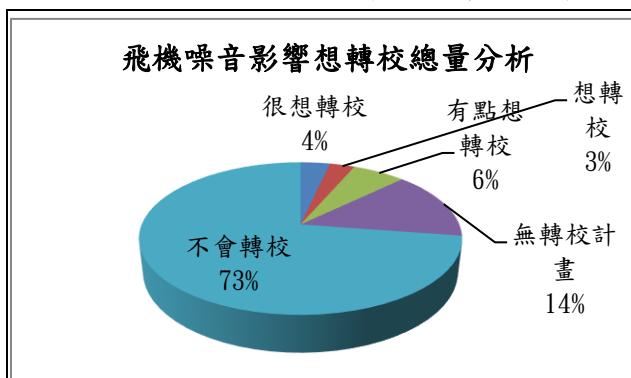


圖 6-19 飛機噪音影響想轉校總量分析(作者自繪)

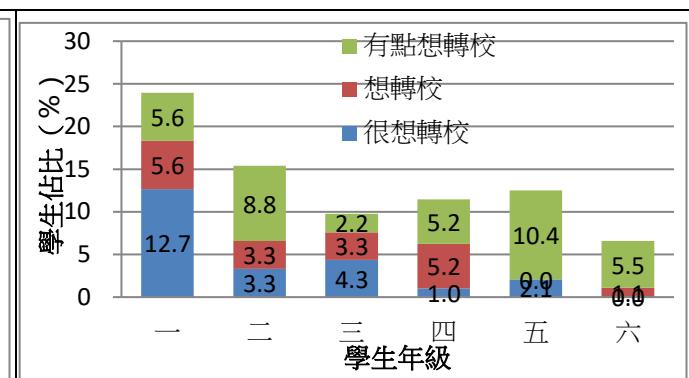


圖 6-20 飛機噪音影響想轉校年級分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-19，想要轉校 12.85%，想要轉校的學生不多，這是大園區的最大國小，設備與環境比其他學校佳。由圖 6-20，年級分析一年級、轉校意願最高 23.9%，可能不適應飛機噪音環境，越高年級轉校意願越低，可能已經適應飛機噪音下的學習環境。

10. 飛機噪音會影響你午休睡眠嗎？

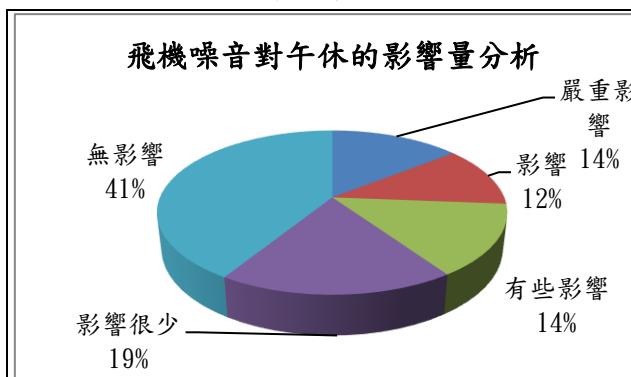


圖 6-21 飛機噪音對午休的影響量分析(作者自繪)

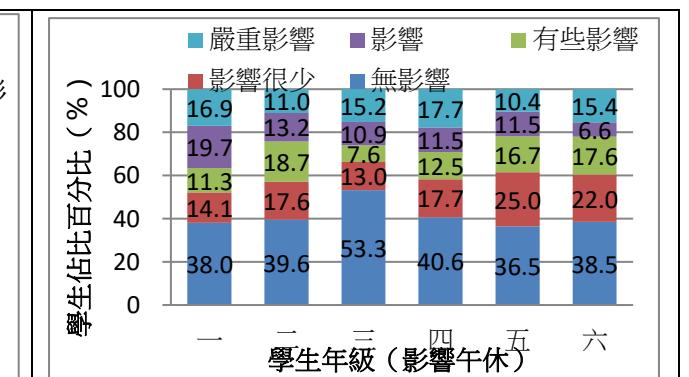


圖 6-22 飛機噪音對午休的影響學年分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-21，總量分析 40.4% 飛機噪音對午休有影響，表示有 40% 在中午無法獲得休息的時間，由圖 6-22，學年分析，一、二、四、五、六年級差異大約在 40%，三年級 33.6%。差異也不大。

11. 你在戶外與同學交談，如果遇到飛機經過時噪音很大，你如何對應？

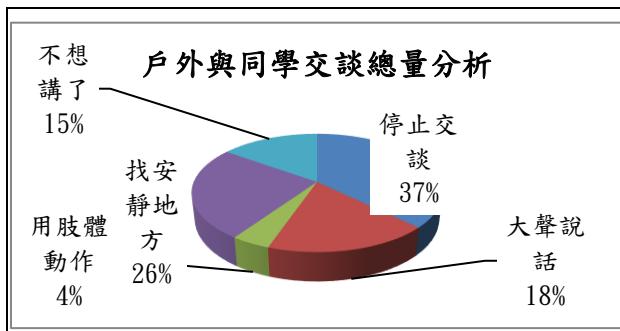


圖 6-23 戶外與同學交談總量分析(作者自繪)

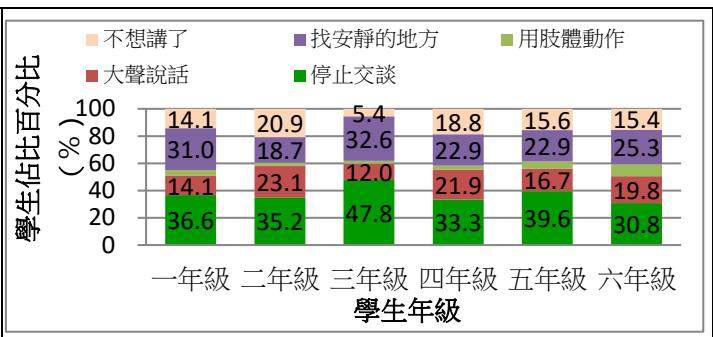


圖 6-24 戶外與同學交談年級分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-23，總量分析停止交談 37.24% 最高，其次找安靜地方 25.33%，會使談話中斷，影響整個談話的內容，大聲說話 18.06%，提高音量，不想講了 15.08%，會使溝通能力降低。由圖 6-24，學年分析，三年級停止交談 47.8% 最高，其他年級差異不大。

12. 當飛機通過學校上空時的噪音會讓你覺得有精神上有負面影響嗎？

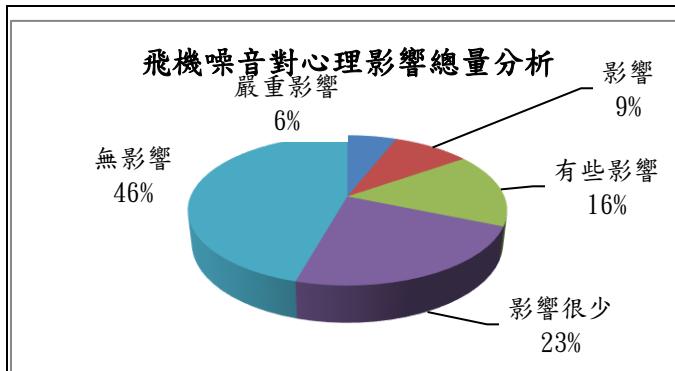


圖 6-25 飛機噪音對心理影響總量分析(作者自繪)

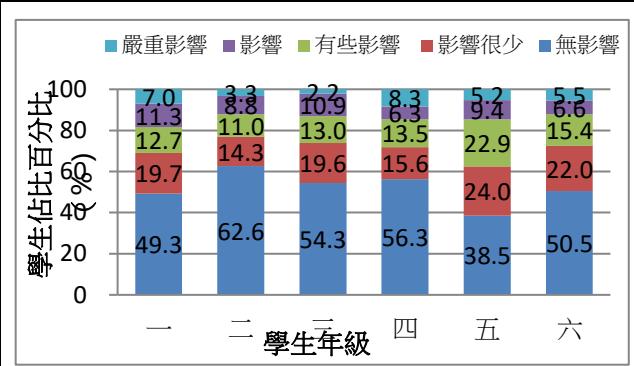


圖 6-26 飛機噪音對心理影響學年分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-25，飛機噪音對心理影響 33%，對於飛機的噪音還是缺乏安全感，對學生心理有一定的影響，由圖 6-26，一、五年級心理影響較大超過 40%，其他年級大約 30%。噪音危害產生情緒低落、焦躁等心理問題，在心理健康上，噪音可能引起注意力不集中、情緒低落、焦躁、因睡眠問題導致的行為失常等。(黃泳晞、2014)。

13. 當飛機通過學校上空的噪音會讓影響你的聽力嗎？

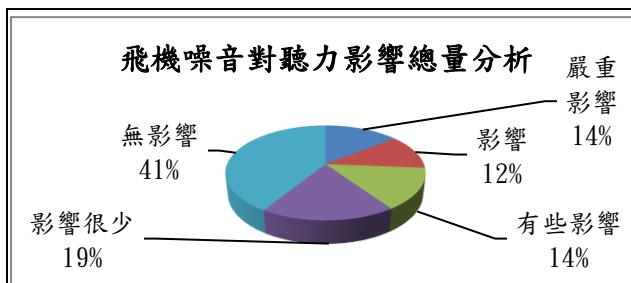


圖 6-27 飛機噪音對聽力影響總量分析(作者自繪)

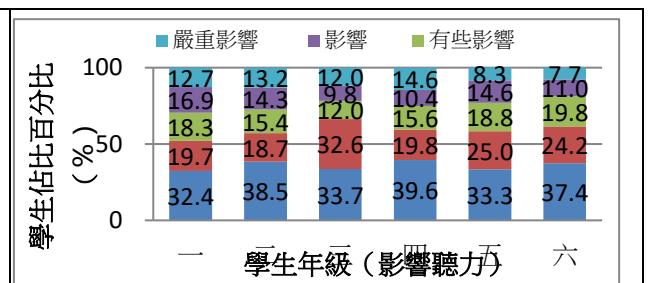


圖 6-28 飛機噪音對聽力影響學年分析(作者自繪)

研究發現：由圖 6-27，飛機噪音對聽力影響總量分析 40.6%，飛機經過學校的噪音經檢測最高可達 103dB，長時間暴露在高 dB 噪音下對聽力一定會有影響。由圖 6-28，學年分析二、四、六年級影響較大，與距離飛機航道的遠近，樓層的高低有關，推測一、二年級教室剛好在航道下方，四年級教室飛機從側面經過距離不到 100 公尺，六年級距離航道約 150 公尺。

15. 你有因為飛機的噪音問題，去看醫生嗎？

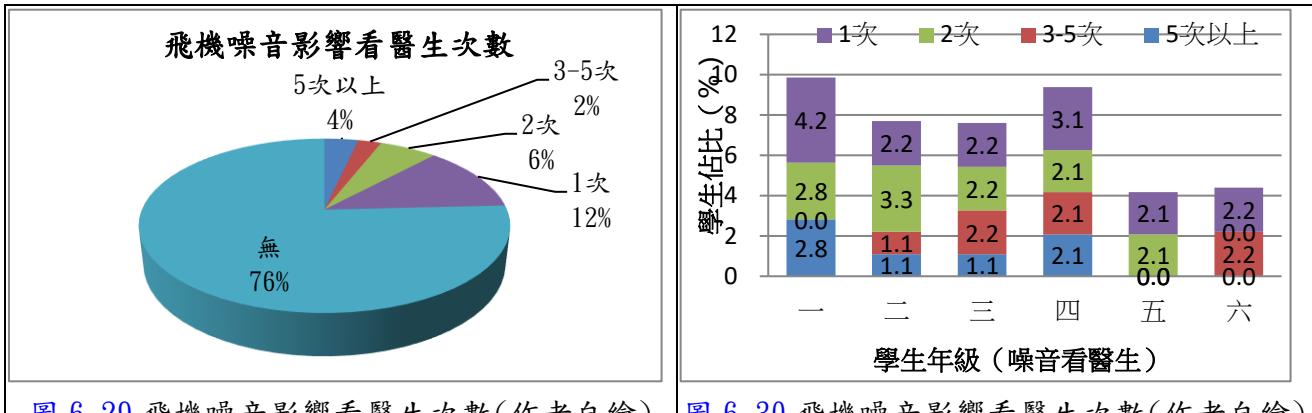


圖 6-29 飛機噪音影響看醫生次數(作者自繪)

圖 6-30 飛機噪音影響看醫生次數(作者自繪)

研究發現：由圖 6-27，總量分析飛機噪音影響看醫生 24.21%，比例很高，這與資深老師所述大不同，需要進一步的了解學生的情困。由圖 6-30，學年分析一、四年級看醫生的比例最高，二、三年級次之，五、六最低，一年級剛進學校對於學校的噪音環境適應不良，四年級教室離航道最近，二、三年級開始適應學校噪音環境，五、六年級噪音環境的適應能力變強。兒童如長時期暴露在高噪音的環境下，會採用一種使自己聽不見噪音環境的調適方法，來對抗噪音，將造成兒童在吵雜的環境下變得不注意聲音訊號的不良作用，將對兒童學習及認知的發展有相當的影響。(台中市政府環保局、2024)。

16. 桃園機場，你認為哪一種作法，可以決解學校的噪音問題？

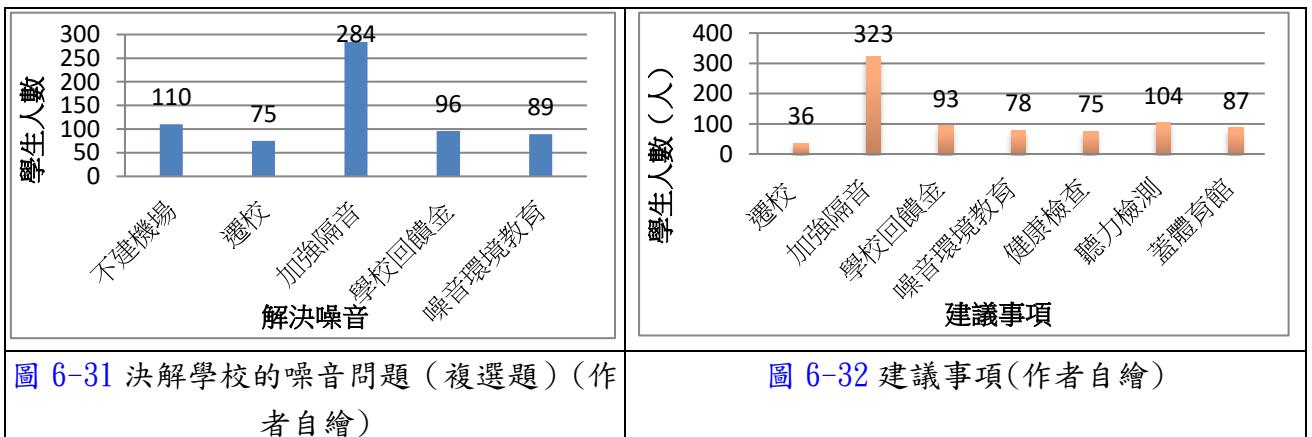


圖 6-31 決解學校的噪音問題（複選題）(作者自繪)

圖 6-32 建議事項(作者自繪)

研究發現：由圖 6-31、圖 6-32，學生的期待很小，只要把加強學校的隔音設備，一點點對於政府與桃園機場要求。

三、檢測學校不同的地方噪音大小對學生學習影響

(一) 研究結果

表 6-1 學校後停車場（距離航道 50 公尺）飛機噪音分析表

聲音的來源	聲音種類	聲音大小 (dB)	聲音來源方向	噪音時間 (秒)	一小時次數	飛機聽起來的頻率
飛機第一跑道降落 (10 月-3 月) 或東北風	飛機降落	93-103 瞬間 115	由西南往東北	12-20	離峰 2-4 尖峰 15-20	聽到高頻，變成轟隆低頻
飛機第一跑道起飛 (4 月-9 月) 或西南風	飛機起飛	75-85 瞬間 91	北方傳來	6-10	離峰 2-4 尖峰 15-20	轟隆低頻

2. 表 6-2 前停車場（距離航道 152 公尺）飛機噪音分析表

聲音的來源	聲音種類	聲音大小 (dB)	聲音來源方向	噪音時間	一小時次數/g	飛機聽起來的頻率
飛機第一跑道降落 (10 月-3 月) 或東北風	飛機降落	82-95 瞬間 107	西南往東北	10-15	離峰 2-4 尖峰 15-20	聽高頻聲音越過校園後變成轟隆低頻
飛機第一跑道起飛 (4 月-9 月) 或西南風	飛機起飛	70-83 瞬間 87	北方傳來	6-10 秒	離峰 2-4 尖峰 15-20	轟隆低頻

3. 表 6-3 校門口 (252 尺) 學校門口飛機噪音分析表

聲音的來源	聲音種類	聲音大小 (dB)	聲音來源方向	噪音時間 (秒)	一小時次數	飛機聽起來的頻率
飛機第一跑道降落 (10 月-3 月) 或東北風	飛機降落	78-92 瞬間 95	由南到北	8-12	離峰 2-4 尖峰 5-20	聽高頻聲音，越過校園變轟隆低頻
飛機第一跑道起飛 (4 月-9 月) 或西南風	飛機起飛	72-79 瞬間 82	北方傳來	6-10	離峰 2-4 尖峰 5-20	轟隆低頻

(二) 討論學校噪音

1. 圖 6-32，編號 1 (五年級教室)、2 (六年級教室)、3 (幼稚園科任教室)、4 (三年級教室)、5 (四年級教室)、6 (一、二年級教室)。

2. 一、二年級教室開窗 80-85dB、四年級開窗 85-87dB，教室在開窗的情況下一、二、四年級飛機的噪音幾乎無法上課，比對學生的問卷調查結果學生反應相同。

3. 飛機經過無法上課。三、五、六年級開窗 75-80dB，飛機經過時會嚴重的干擾，學生上課。

4. 學校噪音最大的地方後停車場

(1) 噪音大小：離航道 50 公尺，幾乎是在航道的正下方，主要噪音為飛機降落的噪音，



圖 6-32 等噪音分布圖(google 地圖，2025/9/18)

由東南方向西北方，降落桃園機場第一航道，經過我們檢測結果，噪音量約 95dB -103dB，瞬間最大值 115dB，站在底下有一股強烈的壓迫感。

- (2) 影響教室：第三級航空噪音防制區，航空噪音日夜音量七十五 dB 以上之等噪音線內之區域，學校飛機噪音量超過 100dB，剛好在航道底下的一、二年級教室，與後停車場旁的四年級教室影響非常大，如果冬季不能開空調，飛機經過學校時，教室內的噪音最高達 87dB。
- (3) 飛機噪音的次數與噪音大小：上午 7-11 時，飛機 2-8 架次，上午 11 時-下午 4 時，6-25 架次，每次飛機超過 75 dB 音量 10-18 秒，小飛機 (A320、B737) 時間較短 10-12 秒，中型飛機 (A330、A350、B737、B787) 10-15 秒大飛機 (A380、B747) 15-18 秒。

5. 前停車場噪音距離航道 152 公尺，

(1) 噪音大小：學校前停車場，距離航道 152 公尺，這裡是觀察飛機最佳地點，可以看清楚飛機的廠牌與型號，噪音為飛機降落的噪音，由東南方向西北方，降落桃園機場第一航道，經過我們檢測結果，噪音量約 83dB-95dB，瞬間最大值 107dB。

(2) 影響教室：五、六年級教室與前停車場旁的，如果冬季不能開空調，飛機經過學校時，教室內的噪音最高達 82dB。

(3) 飛機噪音的次數與噪音大小：每次飛機超過 75 dB 音量 8-14 秒，小飛機 (A320、B737) 時間較短 8-10 秒，中型飛機 (A330、A350、B737、B787) 9-12 秒大飛機 (A380、B747) 11-15 秒。

6. 學校距離飛機航道最遠的地方校門口 (252 公尺)

(1) 噪音大小：校門口距離航道最遠地方，噪音為飛機降落的噪音，由東南方向西北方，降落桃園機場第一航道，經過我們檢測結果，噪音量約 78dB-92dB，瞬間最大值 97dB。

(2) 對教室影響：離教室較遠，主要是升旗和體育課時會有影響。

(3) 飛機噪音的次數與噪音大小：每次飛機超過 75 dB 音量 6-10 秒，小飛機 (A320、B737) 時間較短 6-8 秒，中型飛機 (A330、A350、B737、B787) 9-11 秒大飛機 (A380、B747) 10-14 秒。

表 6-5 學校噪音分析總表

觀測地點	距離航道 (公尺)	噪音來源	噪音響度 (dB)	瞬間最大響度 (dB)	每架次影響時間 (秒)	影響教室(年級)	主要下午 12-16 時	A320 B737	A330A350 B777B787	A380 B747
後停車場	50	第一航道降落	95-103	115	10-18	一、二、三、四	8-20 次/時	10-14 秒	10-16 秒	12-18 秒
前停車場	152	第一航道降落	83-95	107	8-16	五、六	8-20 次/時	8-12 秒	10-14 秒	10-16 秒
校門口	252	第一航道降落	78-92	97	8-15	操場	8-20 次/時	8-10 秒	8-12 秒	10-14 秒

四、探討飛機接近學校到飛機離開聲音變化對學生學習影響

(一) 研究結果，第一峰值頻率時間序變化分為 5 種類型

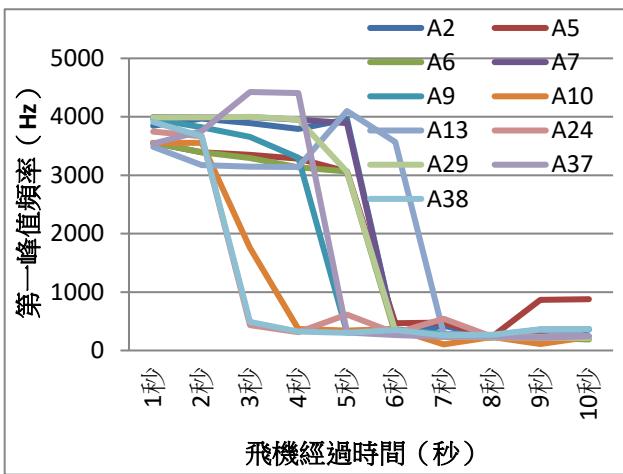


圖 6-33 類型一：高頻 (3500-4000Hz) 轉中頻(188~887Hz)共 11 架次。(作者自繪)

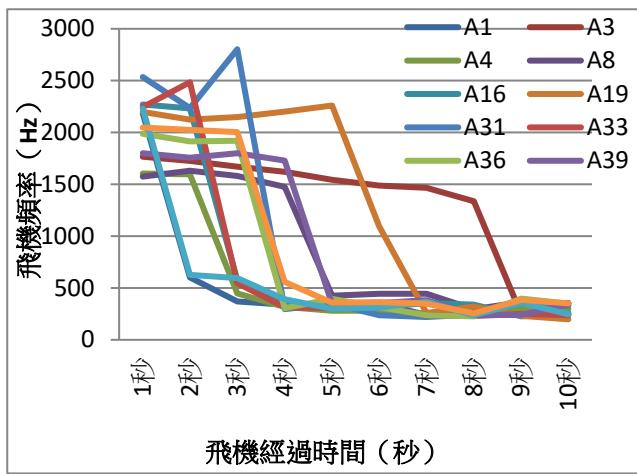


圖 6-34 類型二：中高頻 (1574-2534Hz) 轉中頻(198~350Hz)共 12 架次(作者自繪)

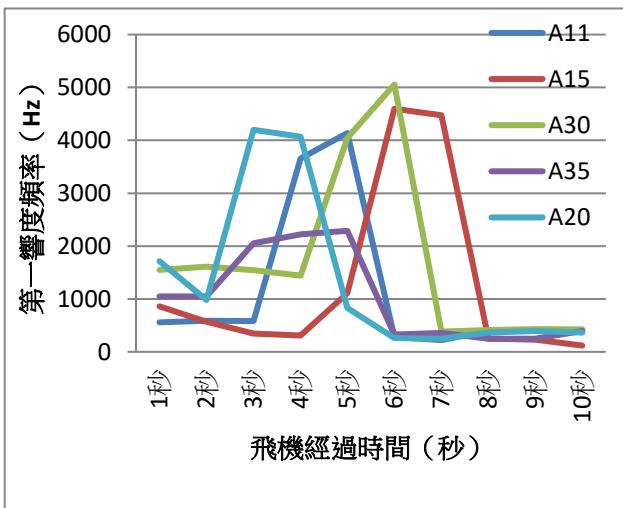


圖 6-35 類型三：中高頻或 (285-1711Hz) 轉高頻(2289~4597Hz)再轉中頻(119~390Hz)共 5 架次(作者自繪)

(二) 討論：第一峰值頻率時間序變化：飛機飛越學校其第一峰值的頻率變化差異很大。

1. 類型一與類型二飛機：架次最高，當飛機接近時頻較高越過頭頂後頻率往下降到中頻。
2. 類型三：先聽到中頻的聲音，轉高頻 2-3 秒後，越過頭頂後頻率往下降到中頻。
3. 類型四：飛機的噪音頻率前 3 秒較高中頻，越過頭頂後頻率往下降到中頻。
4. 類型五，飛機聲音的高低，起伏不定找不到規則。
5. 由頻譜分析發現，飛機的噪音頻率，並不是像相關研究報告所述，當飛機接近時頻率增

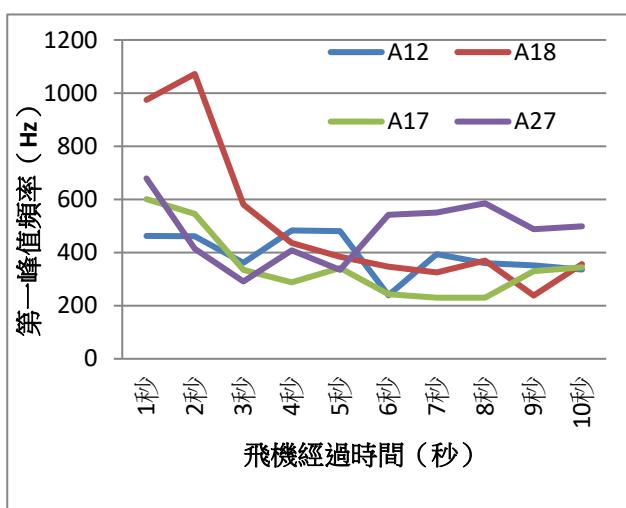


圖 6-36 類型四維持在中頻 160-1280 共 4 架次(作者自繪)

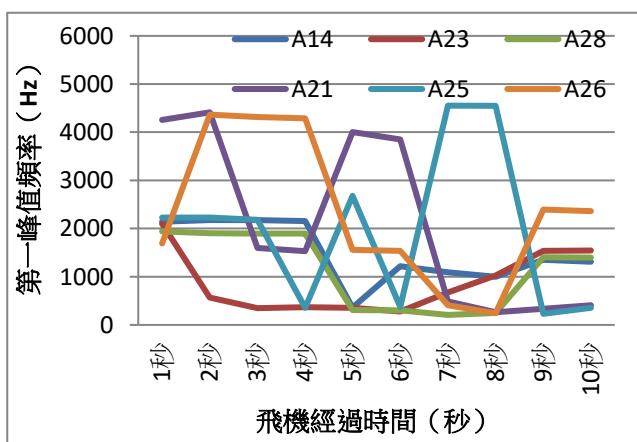


圖 6-37 類型五：無法找到規則性共 6 架次(作者自繪)

加，飛機遠離時頻率較低的都卜勒效應。

6. 飛機所產生的聲音非常複雜，引擎運轉時多噪音，飛機與空氣產生的風切聲，系統產生的聲音，地面與建築物的反射的聲音，天氣風向，飛行航道差異，機師對於航向的操作不同，會產生很大的差異。

7. 飛機噪音主要以高頻為主，人耳對高頻率的聲音比較靈敏，尤其 2,000~4,000Hz 是最敏感的頻率範圍，飛機的噪音頻率對於學生影響很大，除了類型四：維持在中頻 160~1280Hz 外影響較小。

(三) 研究結果對比響度分析

1. 架次分析：對比響度最高 -15dB 以上共 5 架次（大型飛機 B747、A380），對比響度 -15~ -20dB 共 18 架次（中型飛機 B777、A330），對比響度 -20dB 以下共 17 架次（B737、A320）。

2. 新型的機如 B787、A350 屬中型飛機，因有降噪音的設計在飛機的噪音量，比其同型的飛機略小，大約與小型飛機相近。

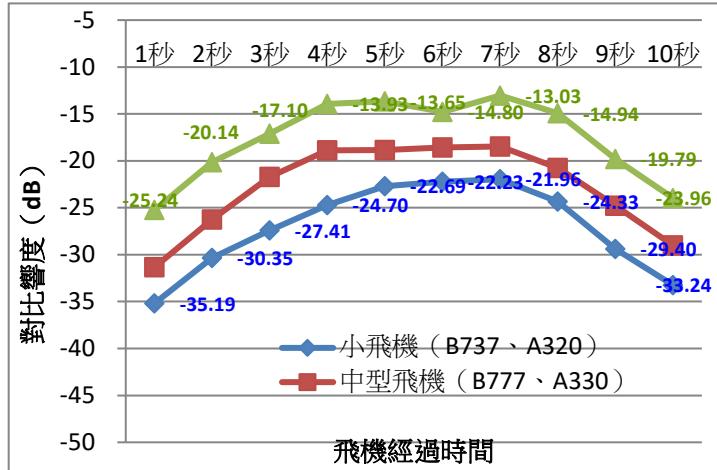


圖 6-41 不同對比響度分析(作者自繪)

(四) 研究結果噪音響度分析

1. 由圖 6-43 發現，飛機響度可分為 3 大類，響度較大 (100dB 以上) 為大型飛機 (B747、A380) 共 5 架次，響度 (95~100dB) 為中型飛機 (B777、A330)，響度 (95dB 以下) 小型飛機 (B737、A320)。

2. 飛機越大噪音量越大影響時間也越長。

3. 其中 B777，屬於中大型飛機，是中型飛機噪音量最大的機型。

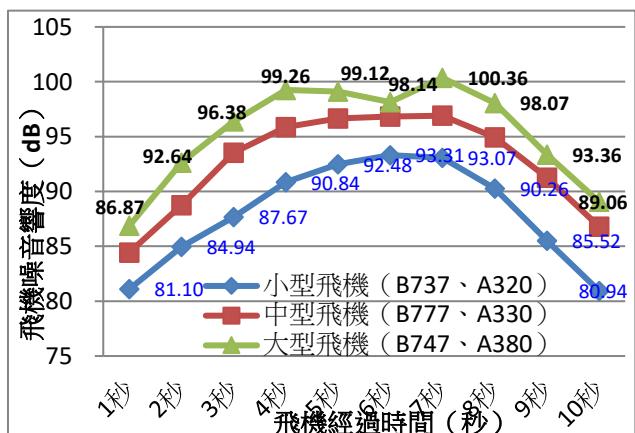


圖 6-43 不同飛機響度大小(作者自繪)

五、分析不同飛機聲音變化差異對學習的影響

(一) 研究結果相同飛機的差異 A320 系列

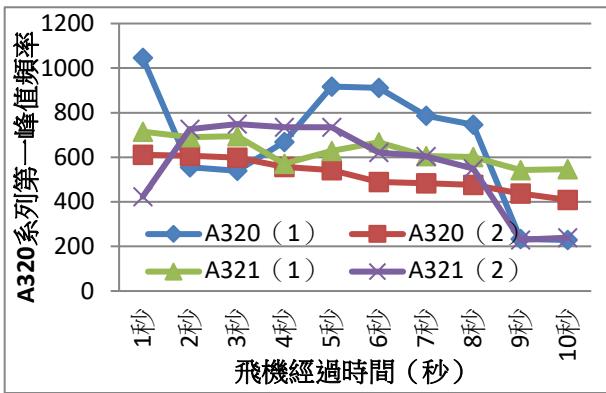


圖 6-45 A320、A321 第一峰值頻率變化(作者自繪)

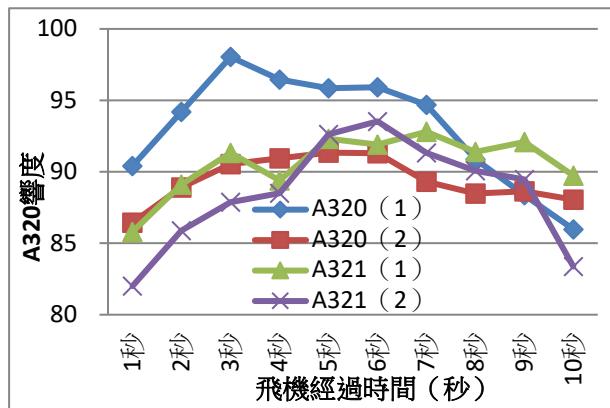


圖 6-46 A320、A321 韻度變化(作者自繪)

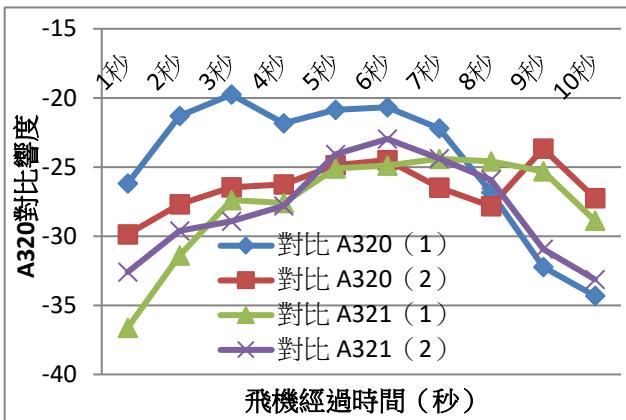


圖 6-47 A320、A321 對比響度(作者自繪)

(二) 討論

- 由圖 6-45，相同的飛機在第一峰值頻率會有變化，每一架飛機飛過學校所產生噪音的頻率有差異。
- 由圖 6-46 韵度的變化，飛機的響度變化上的差異，有時會出現比較高的響度，推測原因可能是飛機構造複雜，加上使用的年限，會造成飛機噪音大小與頻率的差異。
- 對比響度與響度比較，響度與對比響度響度變化圖相類似，皮爾森相關性為 0.86。

(三) 研究結果不同飛機的噪音響度比較

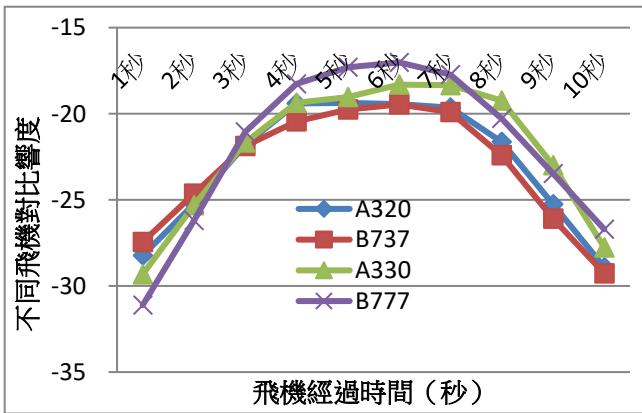


圖 6-48 不同飛機對比響度差異(作者自繪)

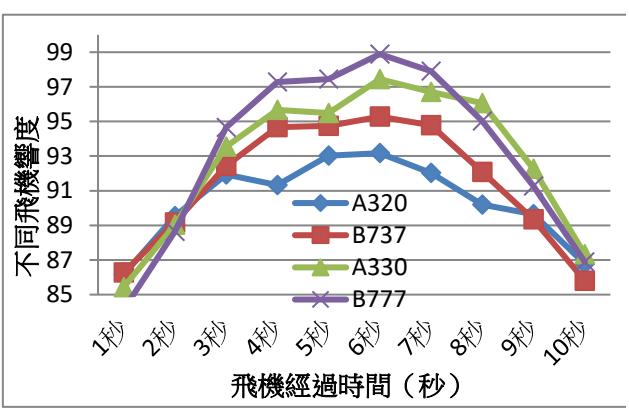


圖 6-49 不同飛機響度差異(作者自繪)

(四) 討論不同飛機的噪音大小

- 由圖 6-48、圖 6-49，飛機噪音不同類型有差異，飛機剛接近前 3 秒差異不大，飛機接近頭頂時，中型飛機 (A330、B777) 噪音量變大，小飛機 (A320、B737) 差異不大，B777 算是中型飛機噪音量最大，可能是飛機的體型較大的原因。
- 飛機噪音量最大時，不是在頭頂的位置，是飛機越頭頂後 0.5-1.0 秒後，噪音最大，

可能原因是飛機經過學校高度約 120 公尺，加上觀測位置與航道的距離，產生的時間差。

(五) 研究結果不同飛機的頻差異

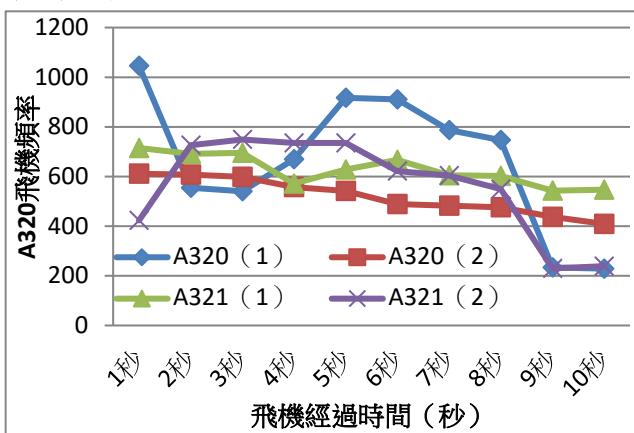


圖 6-50 A320 飛機頻率分析(作者自繪)

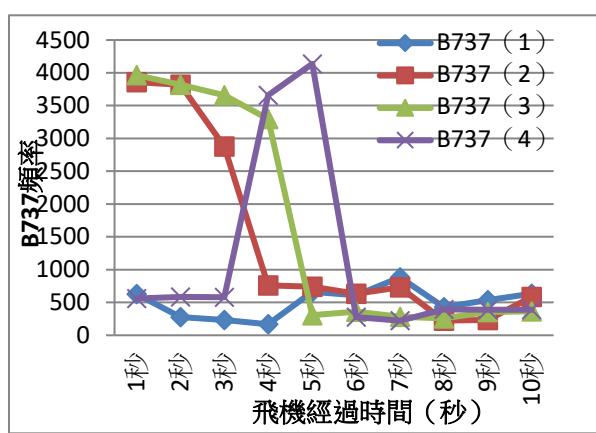


圖 6-51 B737 飛機頻率分析(作者自繪)

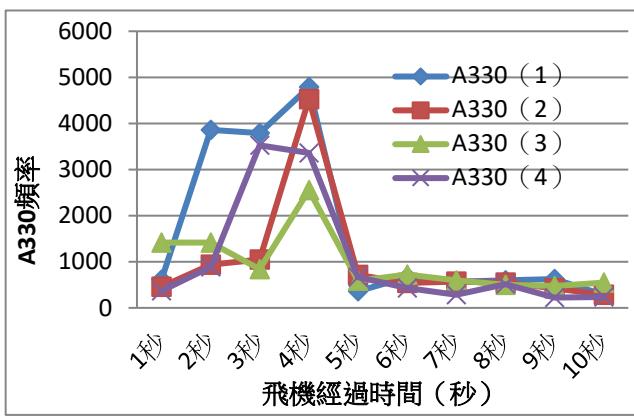


圖 6-52 A330 飛機頻率分析(作者自繪)

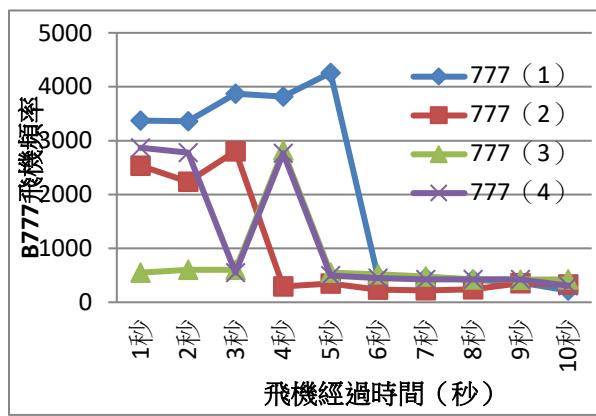


圖 6-53 B777 飛機頻率分析(作者自繪)

(五) 討論飛機頻率分析，由圖 6-49A~6-49D，不同機型的飛機頻率變化，會有很大的差異，相同的機型也會有差異，飛機的噪音頻率就像人類的聲紋一樣，每一台飛機產生的聲音都不同，大部分的飛機噪音都會有 2000~4000Hz 頻率的噪音對於人耳的影響較大。

六、模擬不同頻率飛機噪音環境對於學生學習效能與情緒影響

(一) 研究結果學習成效分析

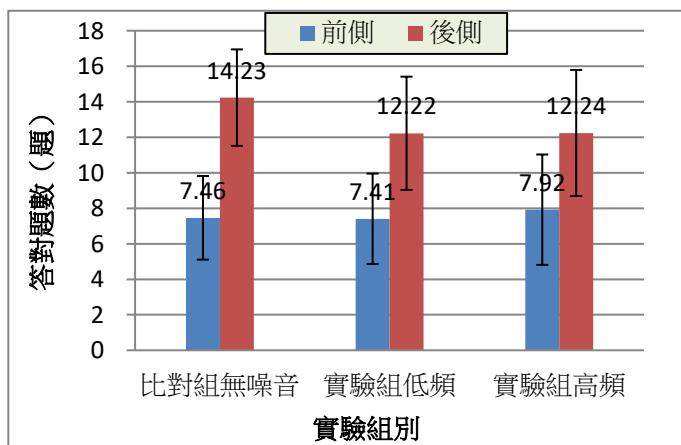


圖 6-54 前後側答對題數分析(作者自繪)

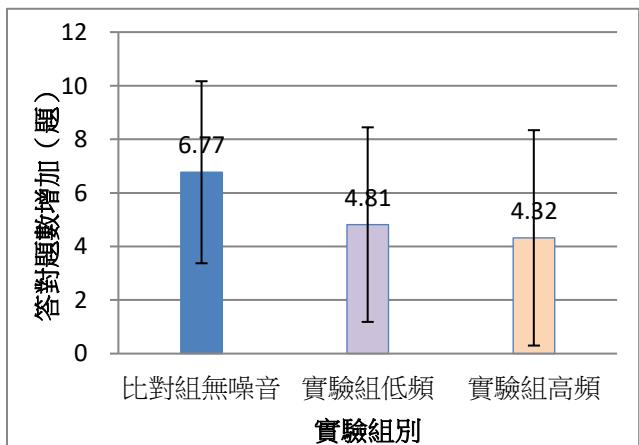


圖 6-55 前後側答對題數增加分析(作者自繪)

1. 實驗組高頻答對提升 4.32 題，實驗組低頻 4.81 題，比對組無噪音答對提升 6.77，實

驗組的學習效能降低分別降低 36.19% 與 28.95%。顯示在噪音的學習環境對於學生的學習成效有嚴重的影響，高頻噪音的影響比低頻噪音的影響大。

2. 學童正處於發展記憶力和注意力的關鍵階段，這些能力對學習至關重要，噪音各方面能力有記憶力發展和注意力發展速度，分別比其他學童慢 23% 與 5%。(環境資訊中心、2022)。

(二) 實驗組與比對組學習成效顯著差異分析

利用 Excel ttest 進行，t 檢定(Independent Sample t test)比較兩樣本的平均數是否有顯著差異分析，A、B 兩組的 $p < 0.05$ ，為顯著差異。

由表 6-6，發現實驗組高頻組、實驗組低

頻組與比對組 $p < 0.05$ ，顯示實驗組有噪音的環境下，對於學生在學習上有顯著的影響，高頻的影響比低頻影響更大。

表 6-6 t 檢定結果

組別	比對組 無噪音	實驗組 低頻組	實驗組 高頻組
比對組無噪音	×	0.025	0.008
實驗組低頻組	0.025	×	0.490
實驗組高頻組	0.008	0.490	×

(三) 研究結果學生學習問卷分析

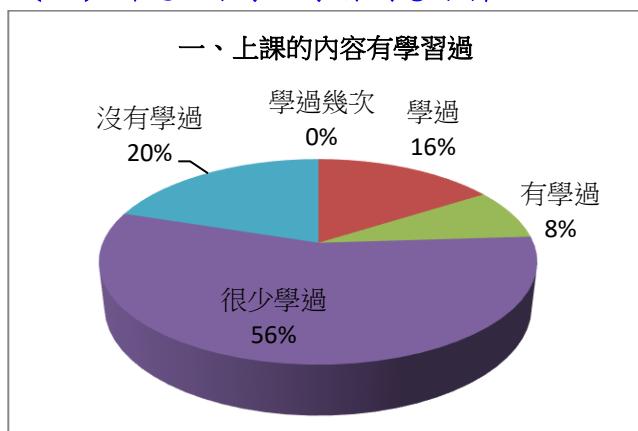


圖 6-56 上課的內容有學習過(作者自繪)

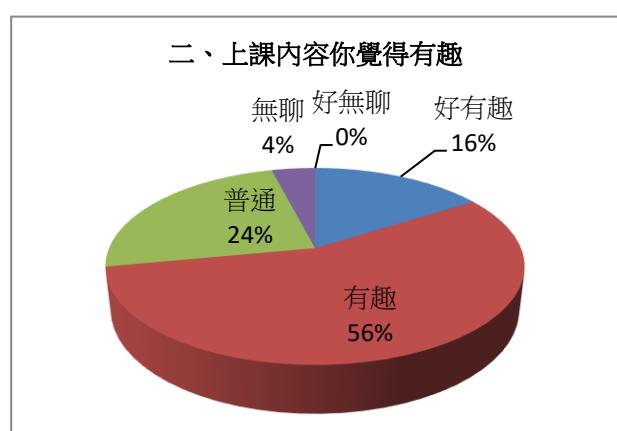


圖 6-57 上課內容有趣性(作者自繪)

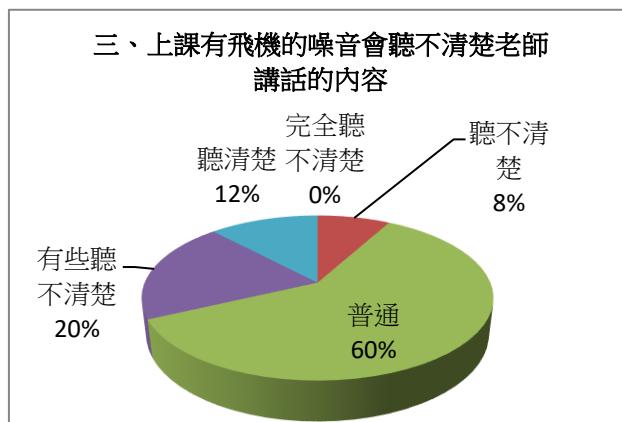


圖 6-58 聽不聽清楚老師講話(作者自繪)

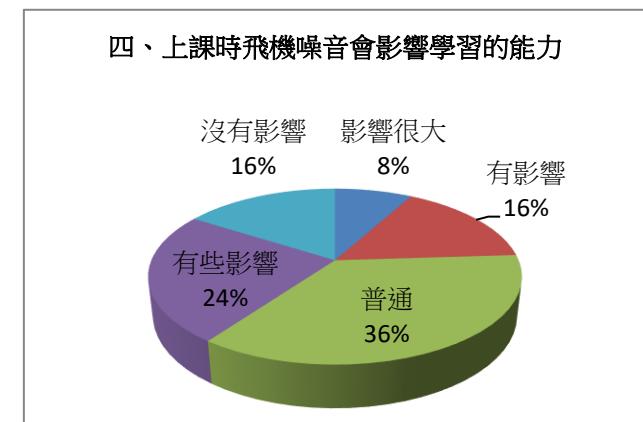


圖 6-59 飛機噪音影響學習能力(作者自繪)

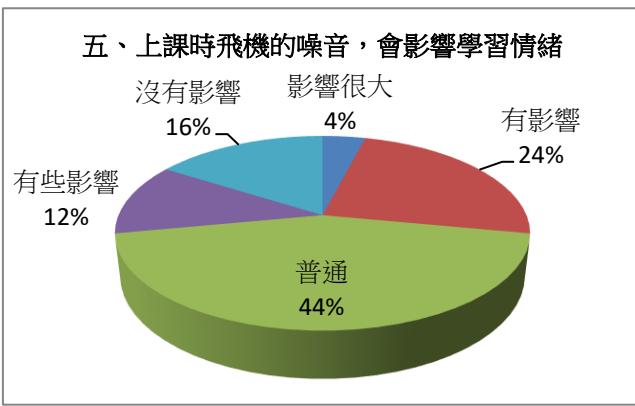


圖 6-60 上課噪音對於情緒的影響(作者自繪)

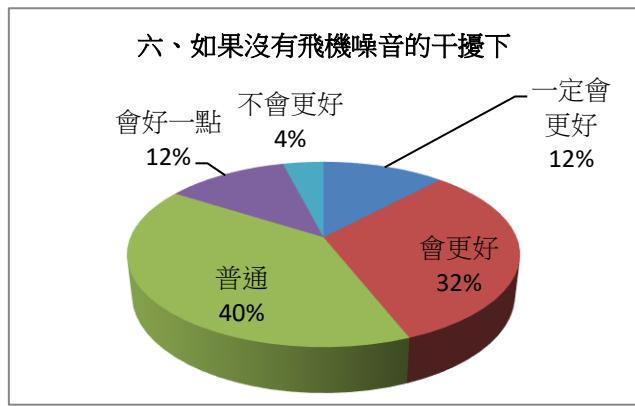


圖 6-61 沒有噪音會更好(作者自繪)

(四) 討論學生學習後問卷

- 上課內容：由圖 6-51，上課內容大部分學生很少學習過的課程內。由圖 6-52 於課程內容有 72% 有趣，對於學習是有正向的效果。
- 飛機噪音干擾：由圖 6-53，有 68% 的學生飛會因機噪音會干擾老師的講話的內容。
- 圖 6-54，有 60% 的學生飛會因機噪音會干擾學習能力。
- 圖 6-55，有 72% 飛機的噪音對學習情情緒會有影響。
- 圖 6-56，有 84% 認為沒有飛機噪音的情況下，學習成效會更好。兒童在吵雜的環境下變得不注意聲音訊號的不良作用，將對兒童學習及認知的發展有相當的影響。(台中市政府環保局、2024)。

6. 問題皮爾森相關性分析

由表 6-4 發現，會聽不清楚老師講話、噪音會影響學習能力、影響學習情緒、沒干擾學習效果皮爾森相關性中度相關以上，其中影響學習情緒與噪音會影響學習能力高度相關 0.93，噪音會影響學生的學習情緒，進一步影響學生的學習能力。反覆暴露在高於 85 分貝的環境下，更會造成聽力損害 (信誼文教基金會 2018)。

表 6-6 問卷問題皮爾森相關性分析

問題內容	1 上課的內容是否有學習	2 上課內容有趣	3 會聽不清楚老師講話	4 噪音會影響學習能力	5 影響學習情緒	6 沒干擾學習效果
1 上課的內容是否有學習	×	0.22	0.20	0.27	0.10	0.10
2 上課內容有趣	0.22	×	0.18	-0.19	-0.23	0.14
3 會聽不清楚老師講話	0.20	0.18	×	0.65	0.61	0.43
4 噪音會影響學習能力	0.27	-0.19	0.61	×	0.93	0.65
5 影響學習情緒	0.10	-0.23	0.61	0.93	×	0.62
6 沒干擾學習	0.10	0.14	0.43	0.65	0.62	×

(五) 研究結果訪談 4 位學生

- 上課播放的飛機噪音與現在的學習環境相同嗎？(我是指開窗戶上課時)。
學生 1:差不多，一樣吵。學生 2:都很大聲。學生 3:相同。學生 3:感覺差不多。
- 如果飛機噪音會影響上課時，老師會如何處理？你會如何處理？
學生 1 老師會停下來，我會暫停上課。學生 2 老師會關窗戶，然後大聲講話。我有時還

是會聽不清楚。學生 3:老師會停止上課，等飛機飛過去再講。我就發呆。學生 4:老師都會停下來，等飛機的聲音沒有了才繼續講話。我也停下來等。

3. 平常上課飛機的噪音會影響學習能力、學業成績、學習的情緒嗎？

學生 1:我覺得不會。學生 2:有時候老師講到一半，停下來之後還要再講一次，課會上不完。學生 3:不知道。只是覺得上課都會停一下。學生 4:有時會被飛機聲影響，聽不到同學說什麼，上課也是，常常停下來，有點怪怪的。

4. 學校飛機的噪音在短時間無法完全改善，你如何調適自己來適應噪音的環境。

學生 1:上課會有干擾，其他都還好。學生 2:習慣就好。學生 3:有飛機經過時，太大聲，我會摀耳朵。學生 4:有時會飛機聲影響很大，教學進度會落後。

5. 你對於學校降低噪音有好的建議，來提升的學習能力。

學生 1 加強隔音窗。學生 2:隔音窗要好一點。學生 3:冬天開窗很吵，還是要有空調才能關窗。學生 4:要加強教室隔音。

(六) 討論訪談 4 位學生訪談內容

1. 實驗教學環境與現在打開門窗的教學環境相似。
2. 飛機的噪音太大時，老師會暫停上課，學生思考停頓，會影響上課的進度與學習的連慣性。
3. 平常上課飛機的噪音會影響學習能力、學業成績、學習的情緒，飛機噪音會中斷老師上課的進度，學生也因飛機的噪音聽不清楚老師上課的內容。
4. 如何調適自己來適應噪音的環境，習慣就好、會摀耳朵、常常停下來的消極作為。
5. 每年的 10 月到隔年的 3 月，是飛機飛過學校最多，飛機噪音最大期間，為了節能不能開空調，讓我們感到疑惑，我們想要加強教室隔音，提供安靜的學習環境。

七、監測學校校園與教室內外的空氣品質差異對於學習影響

(一) 研究結果空氣品質檢測

表 6-7 學校不同場所空氣品質檢測表

檢測班級 與場所 污染物	前停 車場	操場	502 整天 開窗	508 開門 沒學 生	507 開門 有學 生	503 下課 開門 有學 生	507 開門 有學 生	501 關窗 上課	407 沒學 生開 門	410 沒上 課開 門
HCHO ppm	0.021	0.035	0.039	0.243	0.342	0.338	0.342	1.344	0.227	1.749
TVOC ppm	0.06	0.09	0.225	1.614	1.999	1.999	1.999	1.999	1.426	1.999
PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28	31	30	28	26	35	26	30	25	23
PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	42	45	39	36	34	42	34	37	36	26
CO ppm	0	0	1	6	22	10	22	52	4	69
CO ₂ ppm	435	428	417	2114	2231	2421	2231	5000	1873	5000

(二) 討論空氣品質檢測

1. 學校校園戶外環境，空氣品質 6 項檢測都達到環保署標準。
2. 502 班要整天開啟門窗，讓空氣對流才能達到環保署標準。

3. 501 班關閉門窗上課，HCHO 超標 16.8 倍、TVOC 達到儀器最大監測值 1.999 超標 3.56 倍 CO 超標 5.77 倍，CO₂ 達到儀器最大監測值 5000，超標 5 倍。
4. 410 班沒上課開門，HCHO 超標 21.86 倍、TVOC 達到儀器最大監測值 1.999 超標 3.56 倍 CO 超標 7.66 倍，CO₂ 達到儀器最大監測值 5000，超標 5 倍。
5. 教室開門窗上課，空氣品質可達環保署標準，學校因為長期飛機噪音影響下，都緊閉門窗，空氣對流不佳，空氣中的污染物不斷增加，造成教室空氣品質不良。
6. 尤其是四年級教室，最靠近飛機航道，靠近飛機航道的一側門窗很少開啟，空氣對流不良，沒有學生上課，空氣品質不良。
7. 學習環境的舒適度，可以直接影響學習效果。如果空氣中充滿了揮發性有機化合物、懸浮微粒等污染物，將會影響學生的學習與專注力。尤其是二氧化碳過高影響專注力（環保部 2024）。

柒、結論

一、訪問當地耆老與資深老師了解學校附近噪音問題

(一) 對於在飛機噪音的處理裝隔音設備，消極的作為，對噪音越無感，習慣有噪音隔絕飛機噪音，有些學生會飛機噪音分心。在節電政策上，冬天不能開空調，因此大家都開窗，受到噪音影響最大。機場飛機起落，部分地區無法興建大樓，影響大園建設發展。

(二) 飛機在學校上空約 120 公尺飛過。不會因為機種高度而不同 因為飛機下降是經由計算而來每個機種都是一樣的下滑高度有時會因為風速的關係調整落地的外型，風向會影響選擇哪條跑道落地。

二、學生問卷調查了解飛機噪音對學生影響與學習現況

(一) 噪音對學習的影響

1. 上課時飛機接近教室時聽不清楚 63.87%：顯示飛機噪音對於學生學習會有影響。
2. 飛機噪音影響學習能力 47.11%：飛機的噪音對學生學習能力有負面的影響。
3. 飛機噪音影響最大課程以體育課 60.5% 最高。
4. 飛機噪音對戶外對話影響較大 47.32%，飛機的噪音對學生交談有負面的影響。
5. 教室的隔音效果 76.9% 不佳，會影響學習效果，學校現有的隔噪音設備有待加強。
6. 40.4% 飛機噪音對午休有影響，表示有 40% 在中午無法獲得休息的時間。
7. 停止交談 37.24% 最高，其次找安靜地方 25.33%，這表示飛機噪音會讓談話中斷。

(二) 飛機噪音對心理與生理的影響

1. 飛機噪音對心理影響 32.29%，對於飛機的噪音還是缺乏安全感。
2. 飛機噪音對聽力影響總量分析 40.6%，部份學生仍感覺聽力受到損害。
3. 總量分析飛機噪音影響看醫生 24.21%，比例很高，這與資深老師所述大不同，需要進一步的了解學生的情況。

三、檢測學校不同的地方噪音大小對學生學習影響

- (一) 學校噪音最大的地方後停車場音量約 92dB-103dB，瞬間最大值 115dB，站在底下有一股強烈的壓迫感，喜飛機的機友可以到學校體驗飛機噪音的震撼力。
- (二) 影響教學最大為操場飛機噪音影響最大課程以體育課 60.5% 最高。

四、探討飛機接近學校到飛機離開聲音變化對學生學習影響

- (一) **人耳對高頻(2000~3000Hz)最敏感**：飛機接近學校時頻率高頻(2289~4597Hz)為主，遠離時以中頻(198~350Hz)為主，由頻譜分析發現，飛機的噪音頻率，並不是都卜勒效應，飛機頻率變化非常複雜。以頻率而言飛機接近學校時對於學生的影響最大。
- (二) **學校飛機噪音真的很大**：在後停車場，大型飛機 98dB 以上，中型飛機響度 95-98 dB，小型飛機響度 (92-95) dB。
- (三) **飛機接近與遠離頻率非度普勒效應**：飛機接近時通常在高頻 (2000-4000Hz)，飛機飛越頭頂後，忽然轉為低頻 (200-500Hz)。

五、分析不同飛機聲音變化差異對學習的影響

- (一) **飛機產生噪音不同**：相同機型飛機在第一峰值頻率會有變化，每一架飛機飛過學校所產生噪音的頻率會有差異。不同機型的飛機頻率變化，會有很大的差異，飛機的噪音頻率就像人類的聲紋一樣，每一台飛機產生的聲音都不同。
- (二) **響度的變化不同**：飛機的響度變有差異，相同機型的飛機響度會有差異，推測原因可能是飛機構造複雜，加上使用的年限，會造成飛機噪音大小與頻率的差異。

六、模擬不同頻率飛機噪音環境對於學生學習效能與情緒影響

(一) 實驗組的學習效能

- 1. 噪音造成學習效能降低**：實驗組高頻組與低頻組的學習效能，分別降低 36.19% 與 28.95%。顯示在噪音的學習環境對於學生的學習成效有嚴重的影響，高頻噪音的影響比低頻噪音的影響大。
- 2. 無噪音優於噪音**：有噪音的學習環境與無噪音的學習環境，學習效能有顯著的差異。

(二) 上課後問卷分析

- 1. 聽不清楚影響學習**：會聽不清楚老師講話、噪音會影響學習能力、影響學習情緒。
- 2. 學習情緒與學習能力相關**：皮爾森相關性分析，其中影響學習情緒與噪音會影響學習能力高度相關 0.93，噪音會影響學生的學習情緒，進一步影響學生的學習能力。
- 3. 飛機噪音中斷學習**：機噪音會中斷老師上課的進度，學生也因飛機的噪音聽不清楚老師上課的內容。
- 4. 每年的 10 月到隔年的 3 月噪音最大**：飛機飛過學校最多，飛機噪音最大的期間，為了節能不能開空調，讓我們感到疑惑，加強教室隔音，提供安靜的學習環境。

七、監測學校校園與教室內外的空氣品質差異對於學習影響

教室長時間關閉，空氣對流不良，HCHO 超標 21.86 倍、TVOC 達到儀器最大監測值 1.999ppm 超標 3.56 倍 CO 超標 7.66 倍，CO₂ 達到儀器最大監測值 5000ppm，超標 5 倍。

八、學生期待真的很小，只要希望加強學校的隔音設備，一點點對於政府與桃園機場要求。

九、建議

- (一) 四、五、六年級不要開啟西面的窗戶降飛機噪音，增設空氣換氣系統增加空氣對流提升空氣品質並降低飛機噪音。
- (二) 學校種植闊葉喬木（茄苳樹、大葉山欒、瓊崖海棠等）冬天不會落葉的樹木降低飛機的噪音。
- (三) 如果要興建校舍建議在距離跑到最遠的籃球場可以降低 10dB 噪音。

捌、參考文獻

- 一、天下文化 (2007)。習以為常的背景噪音，可能對大腦產生傷害？《大腦這樣「聽」》
<https://pansci.asia/archives/361641>
- 二、王思閔、符絮棻 (2019)。植物有耳朵？環境中噪音對植物蒸散作用之探討。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。
- 三、王志麟 (2008)。航空航天噪音對高中職學生影響之研究—以台南機場航道下七所高中職校為例。學術論文。
- 四、台中市政府環保局 (2024)。噪音影響。
- 五、台灣桃園國際機場噪音的時空分布分析。
- 六、石祐竹、李維揚、廖嘉哲 (2011)。聲聲不息 没沒蠅蠅—聲音對果蠅的影響 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。
- 七、余燕慧 (2007)。台灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適。國立臺灣師範大學，學術論文。
- 八、白秋華 (2003)。學校內部噪音對教師教學品質與學生學習效果之影響研究---以台中縣瑞峰國小為例。國立臺灣師範大學，學術論文。
- 九、林依靜 (203)。國民小學環境噪音影響學童聽力及實地語音辨識能力研究。國立成功大學，學術論文。
- 十、林竑丞、陳詠欽、陳鼎紘 (2019)。噪音對斑胸草雀求偶行為的影響。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 十一、張詔博 (2013)。華語識字低落兒童在安靜與噪音環境下的語音知覺表現。臺北市立教育大學，學術論文。
- 十二、黃泳晞 (2014)。身體越來越差？小心！你的健康可能被噪音謀殺。
早安健康 <https://www.edh.tw/article/5298>
- 十三、黃韋銓林宇澤李泓毅 (2024) 飛機起降聲的影響之探討——以「海星高中」為例。
- 十四、賴漢文 (2008)。環境噪音對學生學習成效之影響研究。立德大學，學術論文。
- 十五、彭中敬 (2012)。校園環境噪音對國三學生煩擾度及學習成就的影響—以桃園縣某中為例。國立中央大學，學術論文。
- 十六、噪音影響孩子的記憶力。信誼文教基金會。
- 十七、環境部 空氣品質改善維護資訊網
https://air.moenv.gov.tw/EnvTopics/NoisenRadiation_4.aspx
- 十八、環境資訊中心 (2022)。噪音「有毒」 研究證實：交通噪音顯著影響學童認知發展。
<https://parents.hsin-yi.org.tw/Library/Article/5615>
- 十九、振動噪音產學技術聯盟網站 <https://aitanhv.blogspot.com/>

【評語】080308

1. 主題切合在地生活，關心校園真實環境，展現學生對生活周遭問題的敏銳觀察力。
2. 數據紀錄詳實，從噪音分貝、頻率分析到學生學習成效的實驗，皆有清楚的圖表與分析，科學探究精神明顯。
3. 研究結果顯示飛機噪音的確會影響學習力與專注力，可以提供學校或相關單位的參考並改善學習的情境。
4. 可將研究成果以更簡單易懂的方式，分享給全校師生或社區，提升大家對噪音議題的認識與重視。

作品海報



飛機下的童年

飛機噪音對學童學習效能的影響

摘要

透過訪談與學生問卷，應用Audacity分析飛機噪音頻率與響度變化，進行實驗教學活動，檢測教室內空氣品質。研究結果：每架飛機噪音影響上課時間8-15秒，室外響度92-103dB，教室開窗響度73-85dB，頻率以為高頻(1500~4000Hz)為主，飛機最大架次(20/小時)。學生問卷分析結果：上課飛機接近教室時聽不清楚64%，噪音影響學習能力47%，體育課影響最61%大，噪音學生交談負面影響47%。教室的隔音效果不佳76.9%。心理影響32%，聽力影響41%，噪音要看醫生24%。教學活動：在噪音環境下，比對組學習效能優於實驗組1.63倍，顯示在噪音環境下，學習成效明顯差下降。教室長時間關閉，空氣品質嚴重不良CO₂、TVOC、HCHO嚴重超標，建議加強學校隔音與通風設備，冬天要開空調。

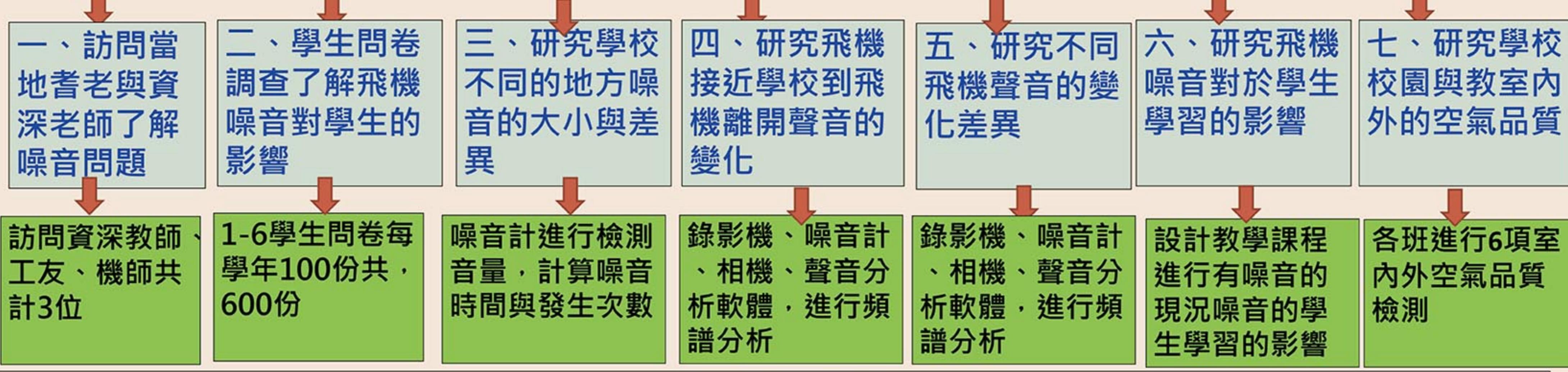
壹、研究動機

學校位於機場附近，第三級航空噪音防制區日夜音量75dB以上區域，每天都暴露於飛機噪音中。常常被噪音干擾，而且也沒辦法常常開窗上課，老師使用麥克風上課，飛機的音量還是蓋過老師的聲音，老師必須暫停上課，飛機的噪音會影響學習能力、學業成績、學習的情緒，飛機噪音會中斷老師上課進度。

貳、研究目的

- 一、訪問當地耆老與資深老師了解學校附近噪音問題
- 二、學生問卷調查了解飛機噪音對學生的影響
- 三、研究學校不同的地方噪音的大小與差異
- 四、研究飛機接近學校到飛機離開聲音的變化
- 五、研究不同飛機聲音的變化差異
- 六、研究飛機噪音對於學生學習的影響
- 七、研究學校校園與教室內外的空氣品質

研究架構



參、文獻探討

本校為第三級航空噪音防制區：航空噪音日夜音量七十五dB以上之等噪音線內區域。本校與鄰近學校比較飛機噪音平均為72.31dB，比最近的溪海國小65.74 dB高將近7dB。若長期處於音量70dB的環境，就會讓人產生焦慮不安，引發各種症狀。(環境部、2024)。

肆、研究設備與器材

- 一、錄音錄影設備：錄音機3台、行車紀錄器3台、dB計3台、單眼數位相機4台、空氣品質監測器。
- 二、聲音分析軟體：Audacity，進行聲音頻譜分析。

伍、研究結果與討論

一、訪問當地耆老與資深老師了解學校附近噪音問題

(一) 研究結果與討論

- 1.對於在飛機噪音的處理裝隔音設備，習慣有噪音隔絕飛機噪音，消極的作為，對噪音越無感，有些學生會飛機噪音分心。在節電政策上，冬天不能開空調，因此大家都開窗，受到噪音影響最大。機場飛機起落，部分地區無法興建大樓，影響大園建設發展。
- 2.飛機在本校上空約120公尺飛過，不會因為機種高度而不同。因為飛機下降是經由計算而來，每個機種都是一樣的下滑高度，有時會因為風速的關係，調整落地的外型，風向會影響選擇哪條跑道落地。

二、學生問卷調查了解飛機噪音對學生的影響

(一) 研究結果與討論 (有效問卷537份)

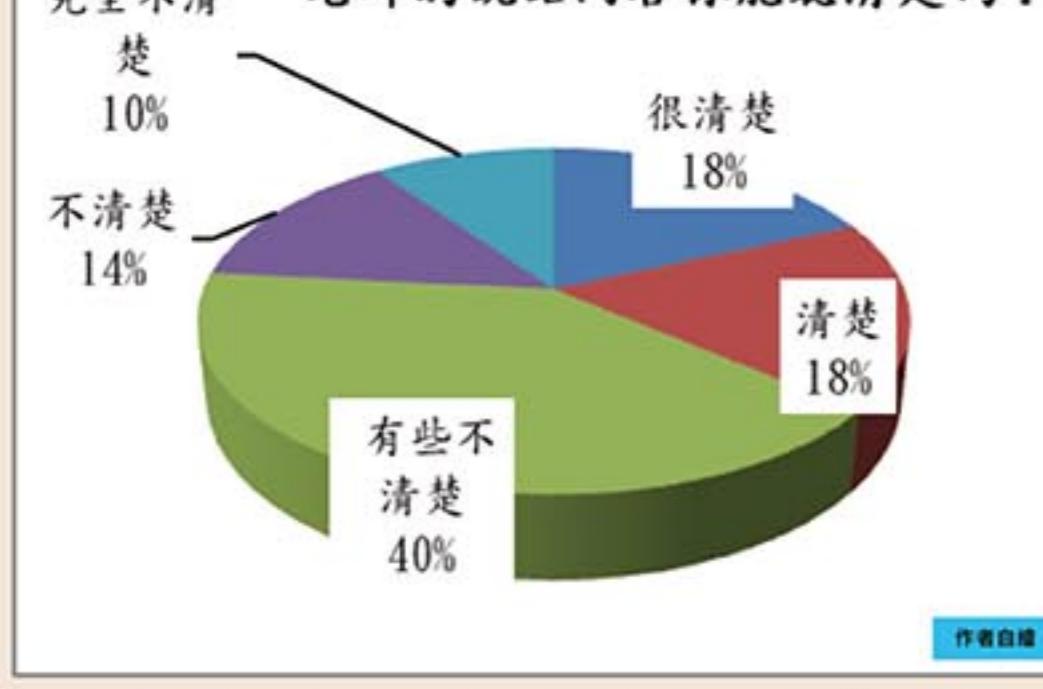


圖5-1老師說話聽清楚情況總量分析

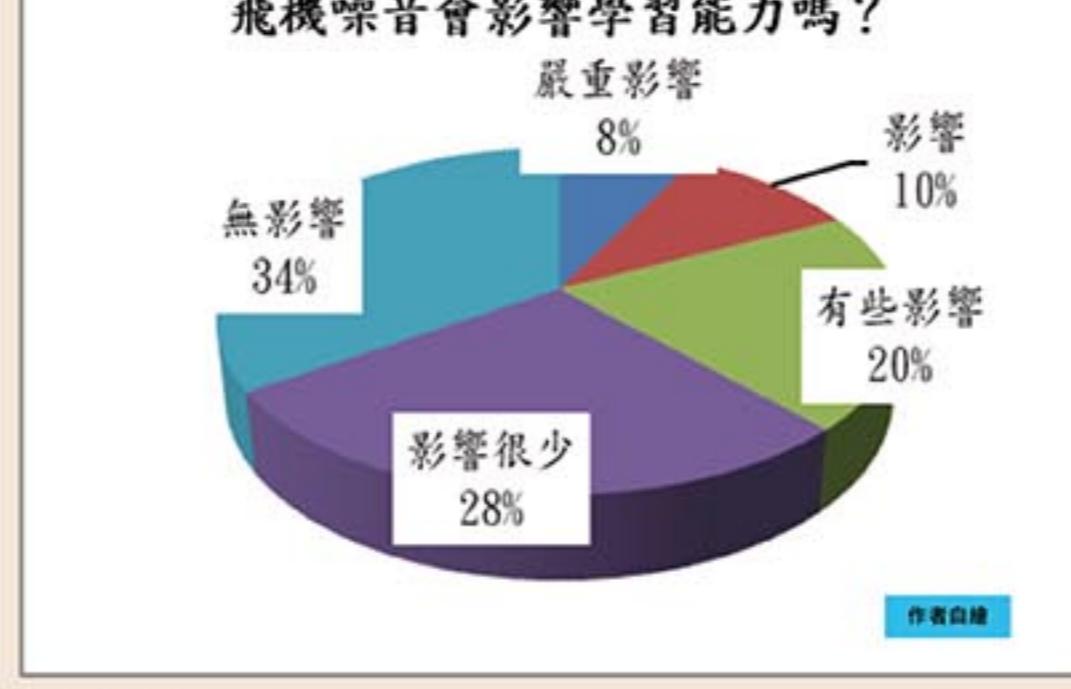


圖5-2飛機噪音影響學習能力總量分析

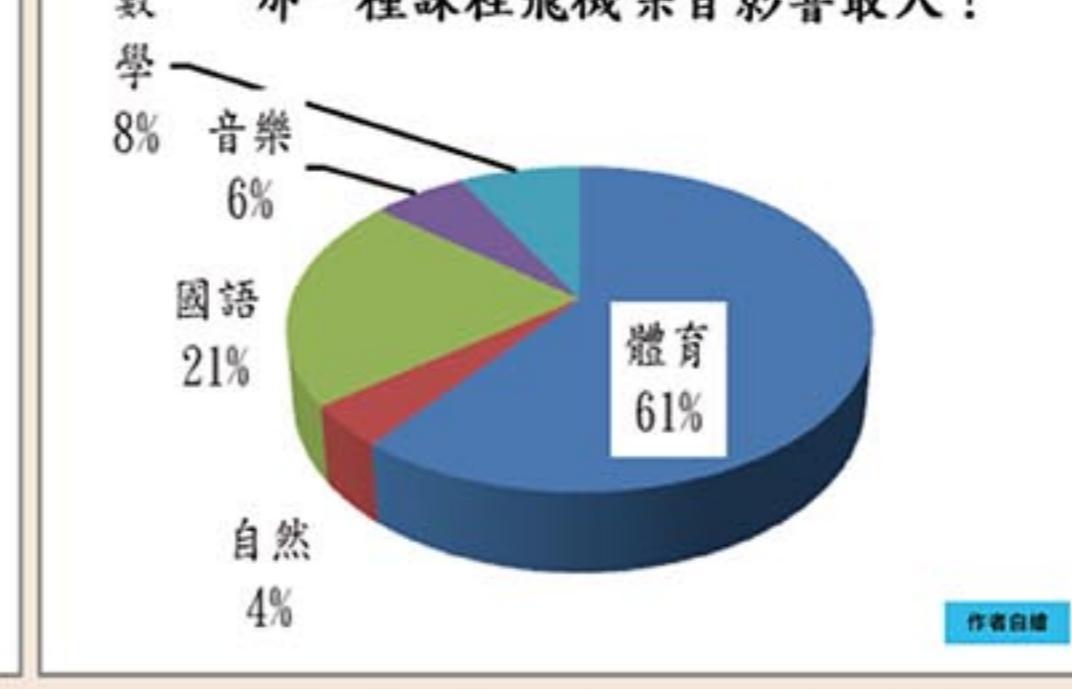


圖5-3飛機噪音影響最大課程總量分析

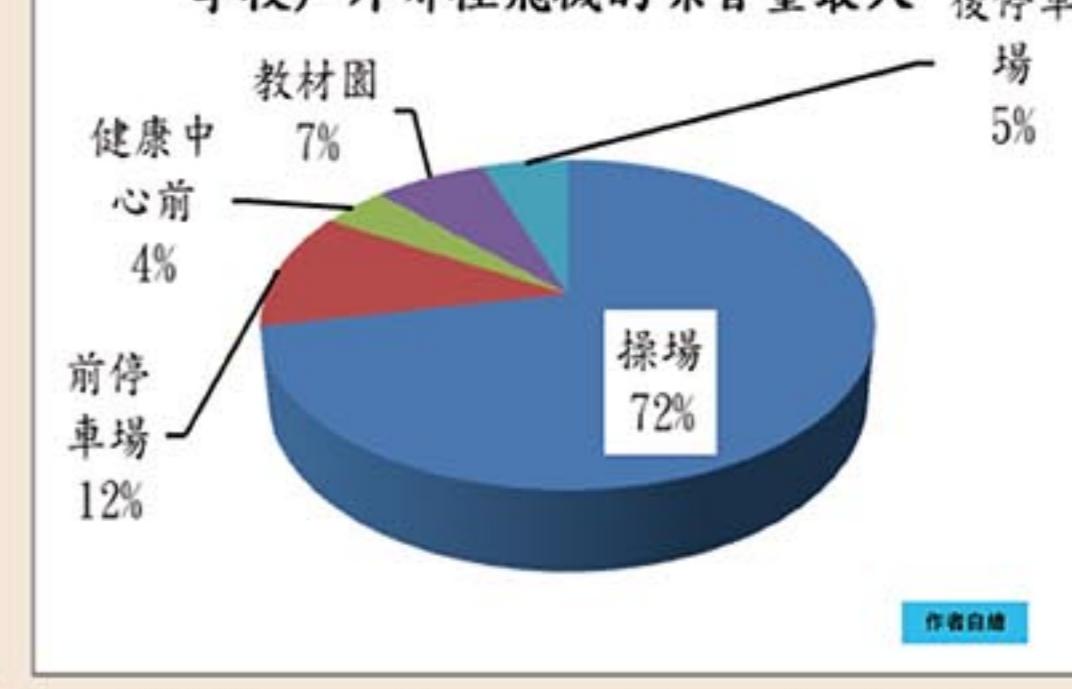


圖5-4學校飛機噪音最大地方總量分析

- 1.上課時飛機接近教室時聽不清楚64%飛機噪音對於學生學習影響很大。
- 2.飛機噪音影響學習能力41%：飛機的噪音對學生學習能力有負面的影響。

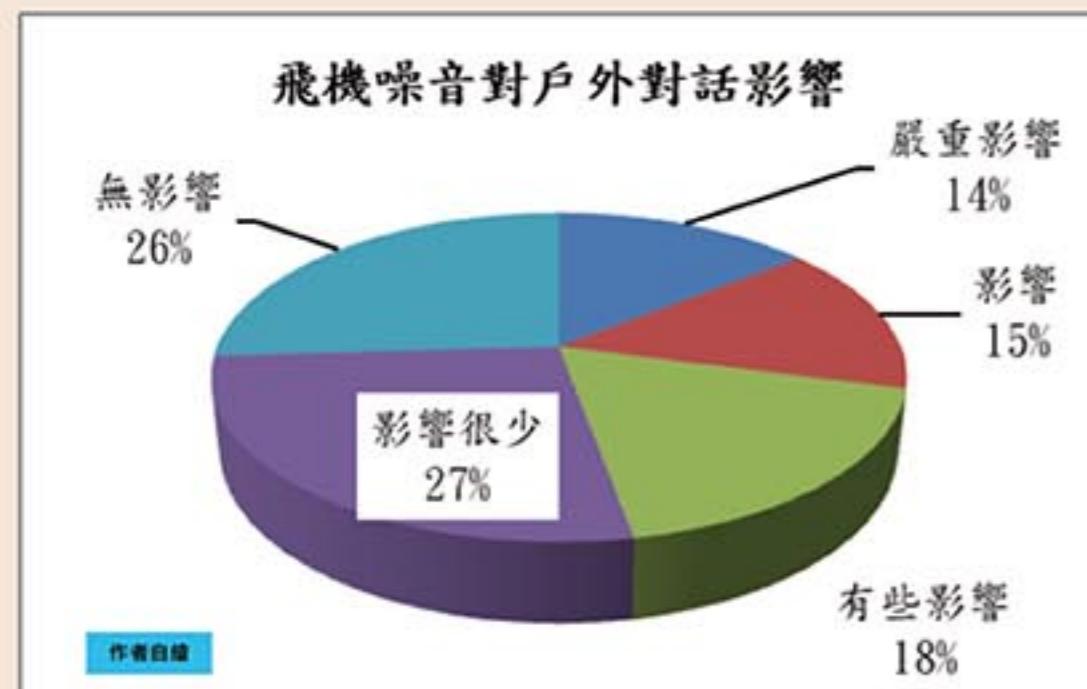


圖5-5飛機噪音對戶外對話影響總量分析

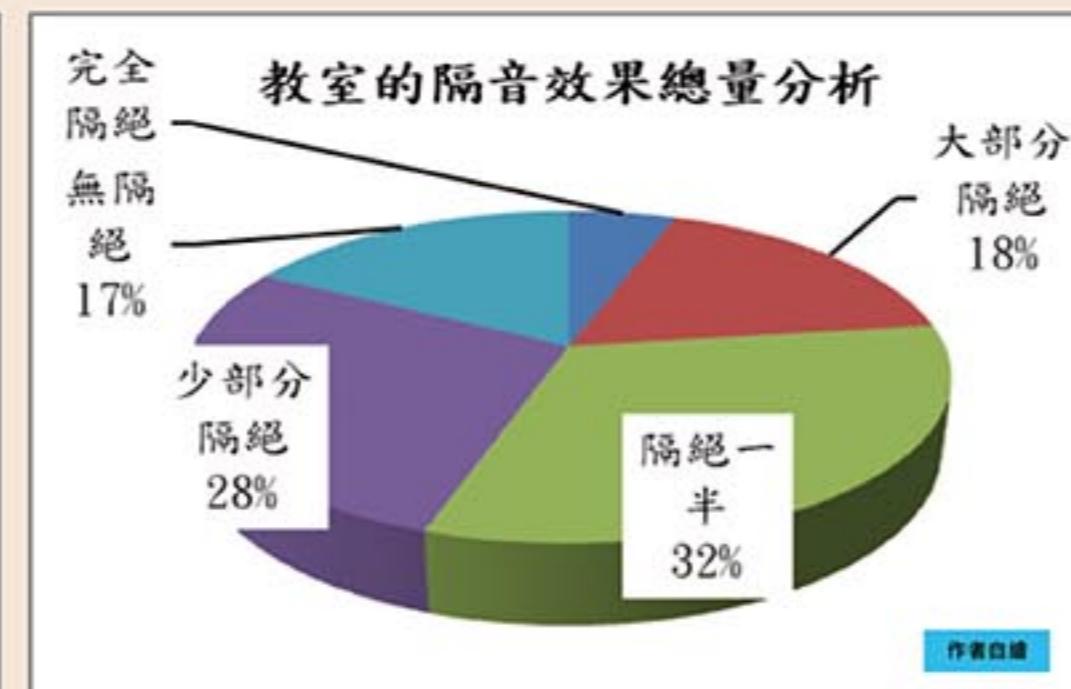


圖5-6教室的隔音效果總量分析

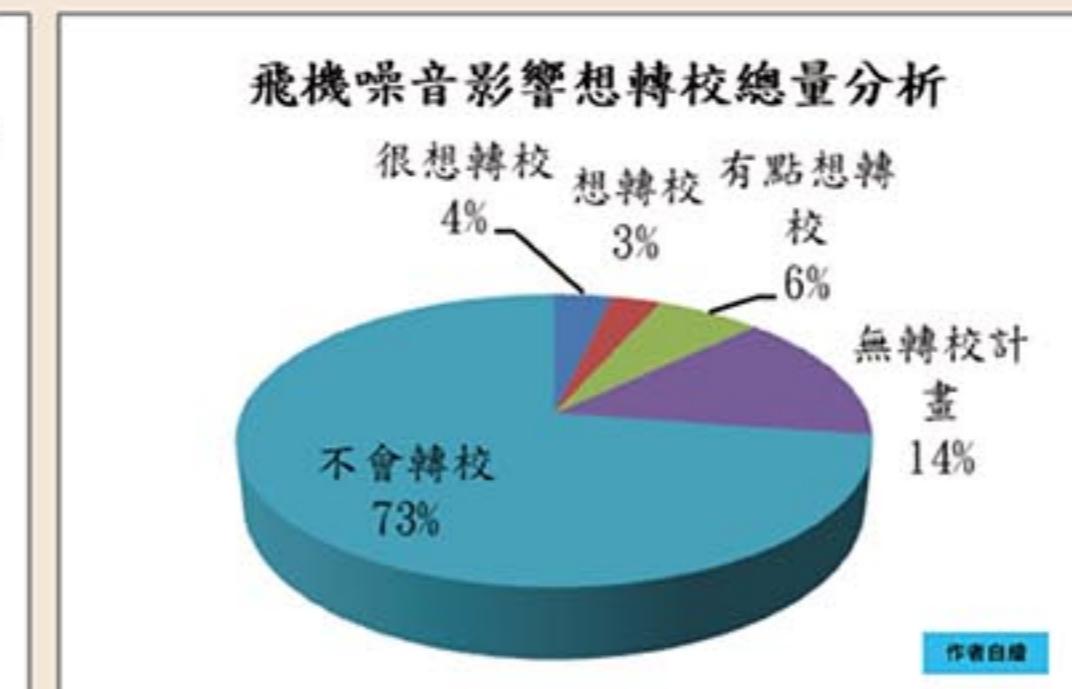


圖5-7飛機噪音影響想轉校總量分析

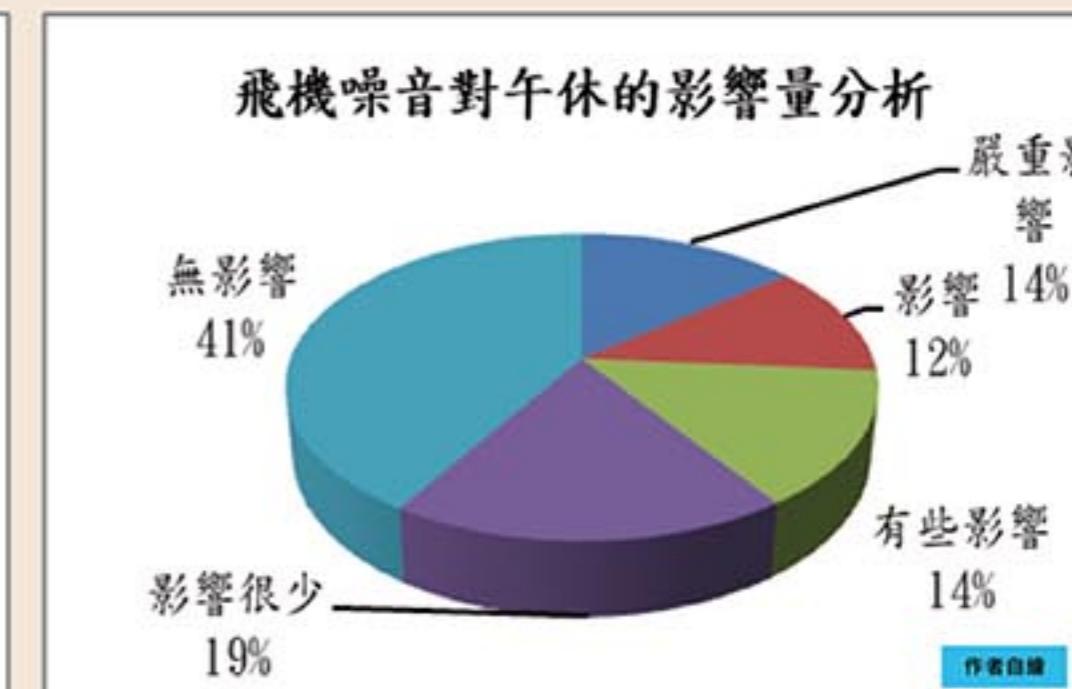


圖5-8飛機噪音對午休的影響總量分析

- 5.飛機噪音對戶外對話影響較大47%，飛機的噪音對學生交談有負面的影響。

- 6.教室的隔音效果77%不佳，會影響學習效果，學校現有的隔噪音設備有待加強。

- 8.飛機噪音對午休有影響40%在中午無法獲得休息的時間。

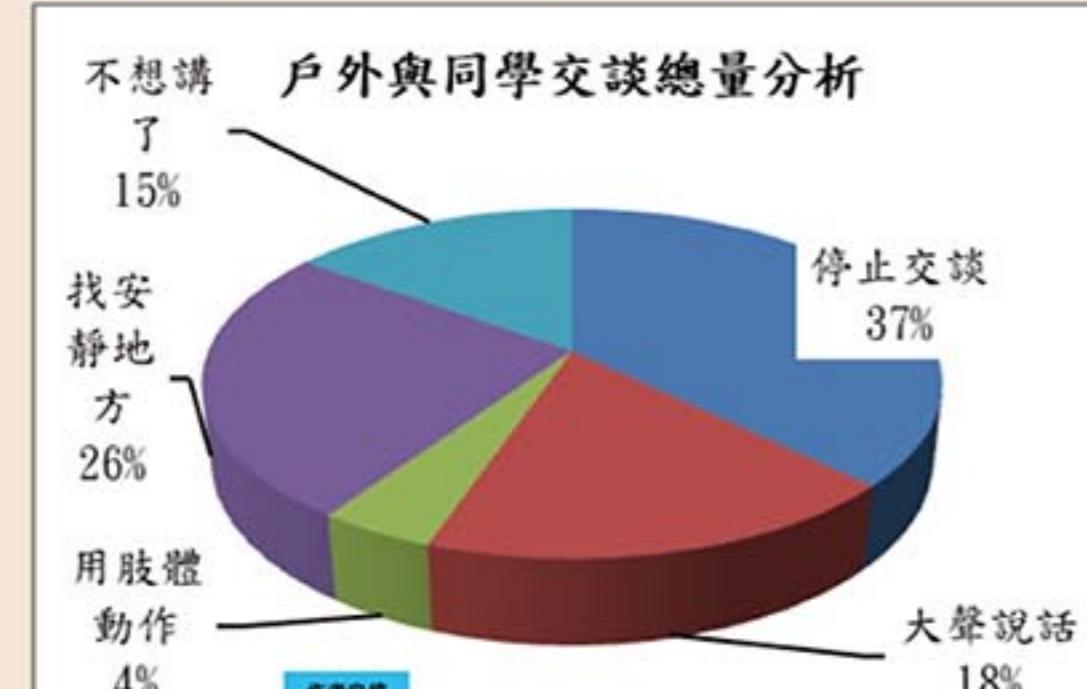


圖5-9戶外與同學交談總量分析

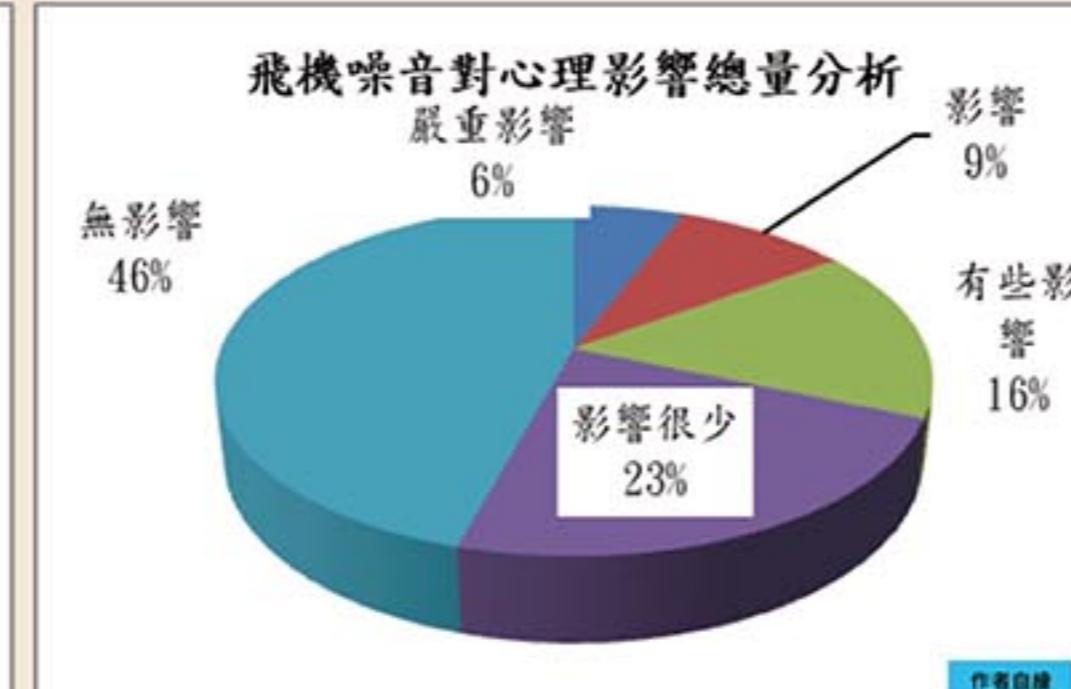


圖5-10飛機噪音對心理影響總量分析

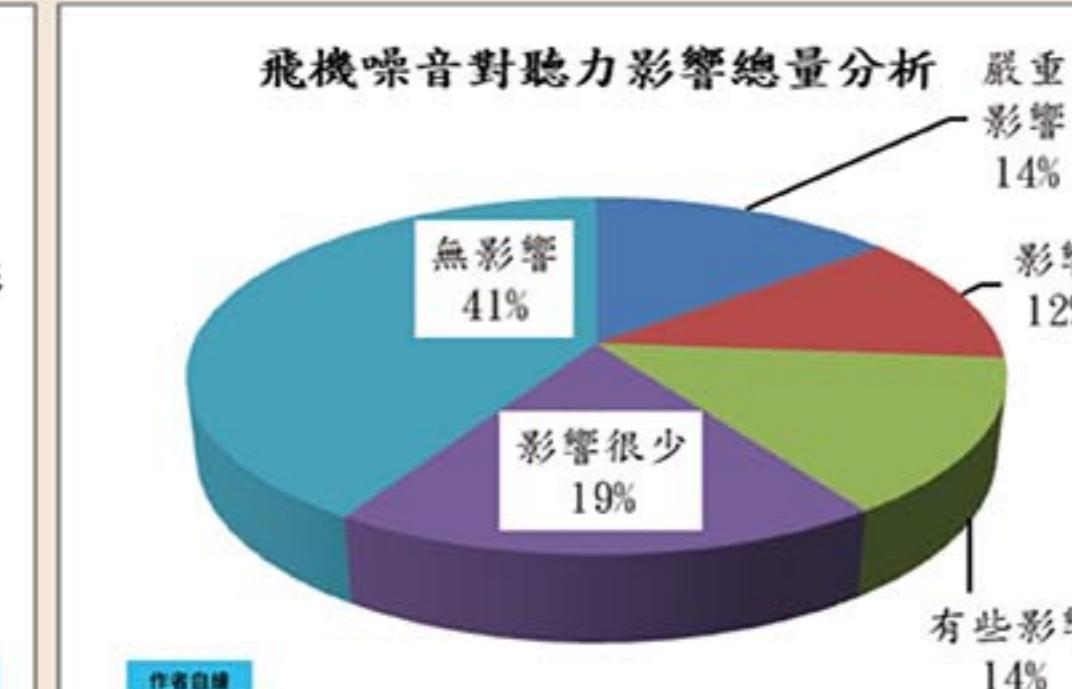


圖5-11飛機噪音對聽力影響總量分析

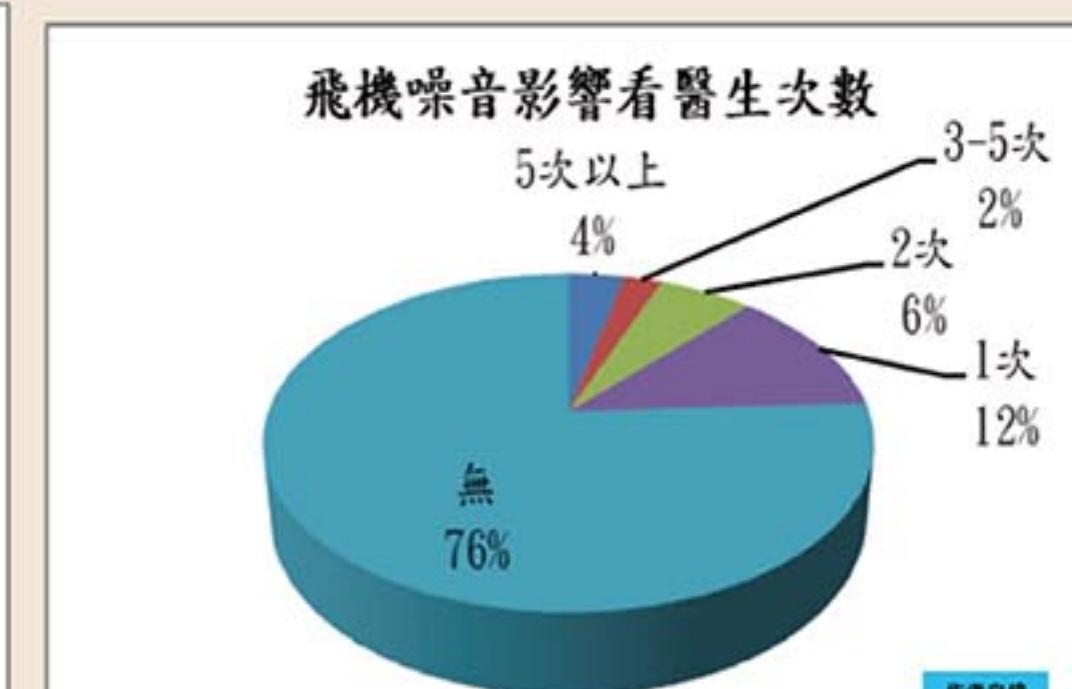


圖5-12飛機噪音影響看醫生次數分析

- 9.停止交談37%最高，其次找安靜地方25%，飛機噪音會讓談話中斷。

- 10.飛機噪音對心理影響32%，對於飛機的噪音還是缺乏安全感。

- 11.飛機噪音對聽力影響總量分析41%，部份學生仍感覺聽力受到損害。
- 12.總量分析飛機噪音影響看醫生24%比例很高。

三、研究學校不同地方飛機噪音大小

(一) 研究結果 (依據距離航道的遠近)

表5-1學校噪音位置、大小、頻率分析表

觀測地點	距離航道 (公尺)	噪音來源	噪音響度 (dB)	瞬間最大響度 (dB)	每架次影響時間 (秒)	影響教室 (年級)	主要下午 12-16 時	A320 B737	A330 A350 B777 B787	A380 B747
後停車場	50	第一航道降落	95-103	115	10-18	一、二、三、四	8-20 次/時	10-14 秒	10-16 秒	12-18 秒
前停車場	152	第一航道降落	83-95	107	8-16	五、六	8-20 次/時	8-12 秒	10-14 秒	10-16 秒
校門口	252	第一航道降落	78-92	97	8-15	操場	8-20 次/時	8-10 秒	8-12 秒	10-14 秒

- 學校噪音最大的地方後停車場音量約92dB-103dB，瞬間最大值115dB，站在底下有一股強烈的壓迫感，喜歡飛機的機友可以到本校體驗飛機噪音的震撼力。距離航道越近噪音量越大。
- 主要噪音：第一航道降落的飛機聲音，機型越大，噪音時間越長，飛機最降落高架次在下午12-16約8-20架次。
- 噪音影響時間：8-18秒，距離航道越近，噪音影響越大，影響最大的教室為一、二（幾乎經過頭頂）、四年級（側向距離70公尺）影響最大。其次為五、六年級（152公尺）、操場（202公尺）聲音也不小。

四、研究飛機接近學校到飛機離開聲音的變化

(一) 研究結果 (依據第一峰值頻率時間序變化分為5種類型)

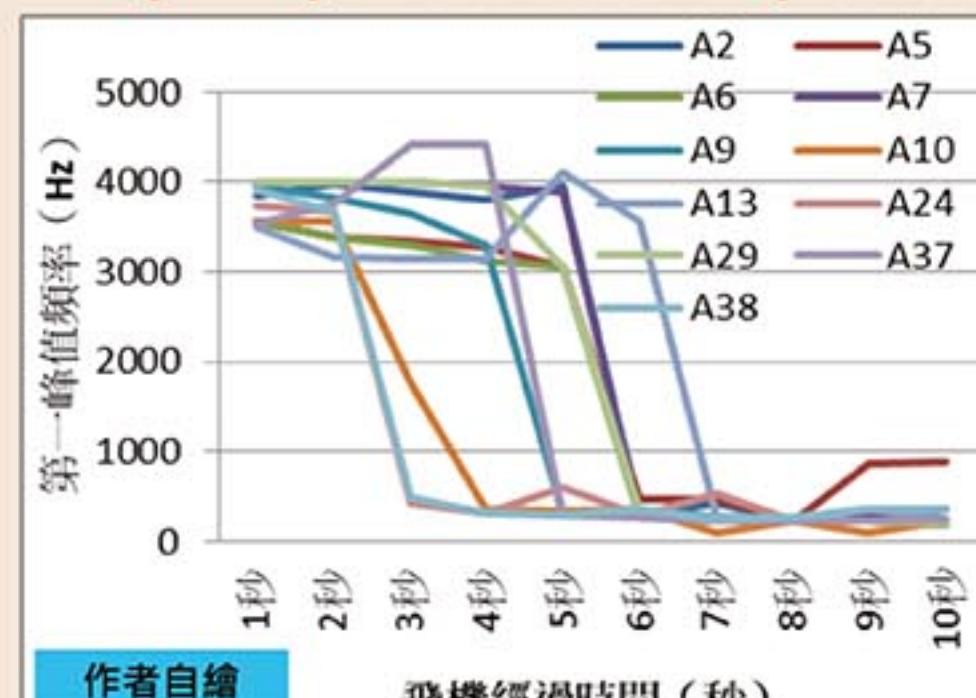


圖5-13類型一：高頻 (3500-4000Hz) 轉中頻 (188~887Hz) 共11架次。

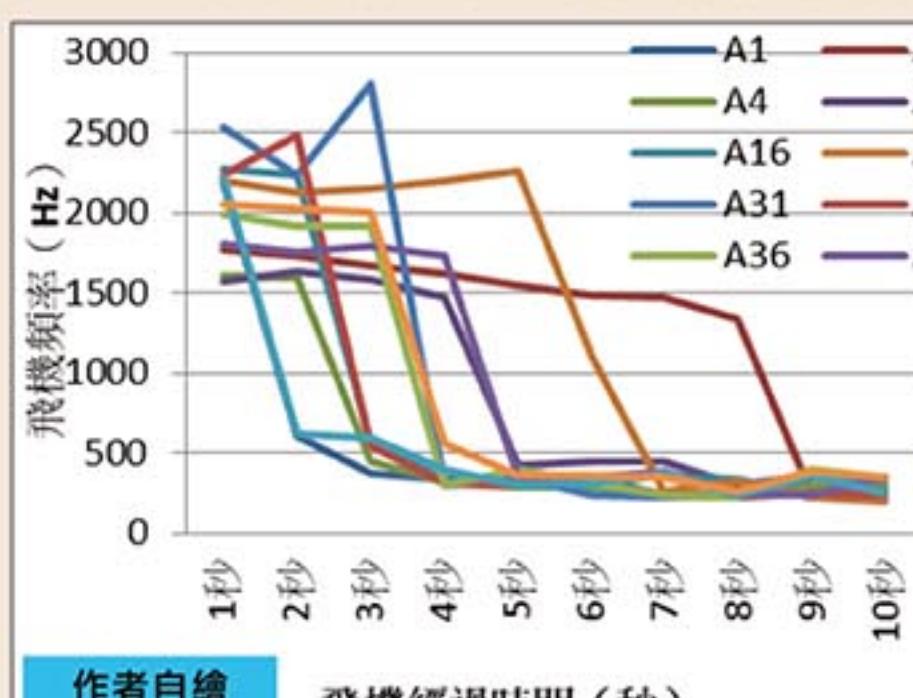


圖5-14類型二：中高頻 (1574-2534Hz) 轉中頻 (198~350Hz) 共12架次

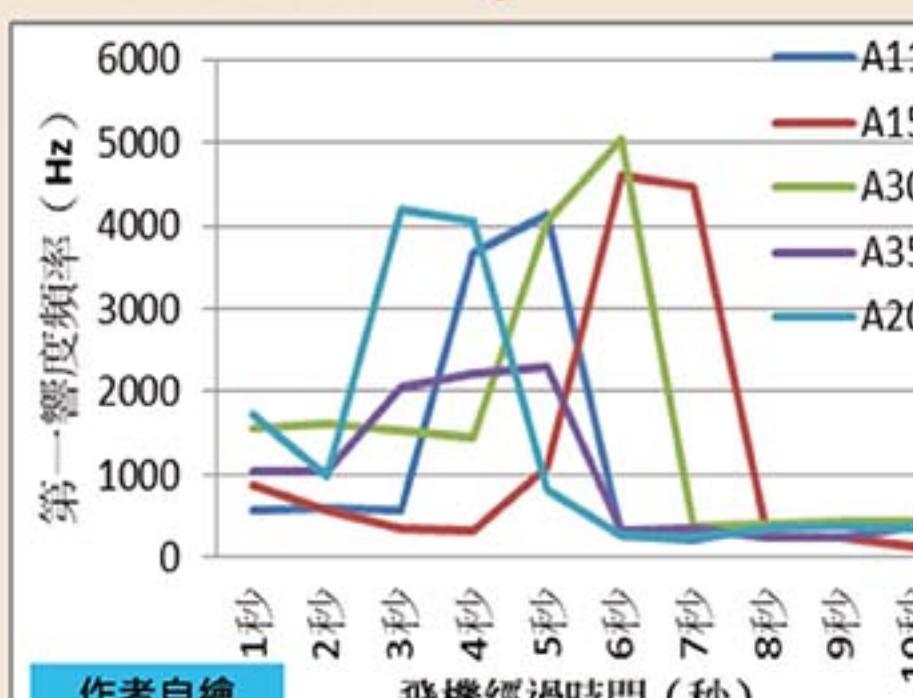


圖5-15類型三：中高頻或 (285-1711Hz) 轉高頻 (2289~4597Hz) 再轉中頻 (119~390Hz) 共5架次

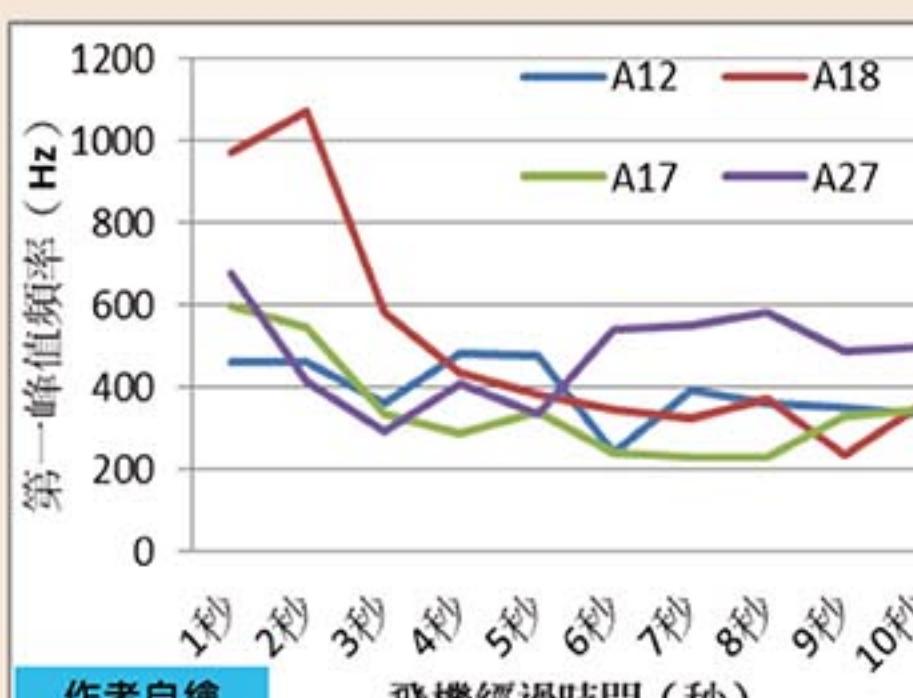


圖5-16類型四維持在中頻 160-1280Hz共4架次

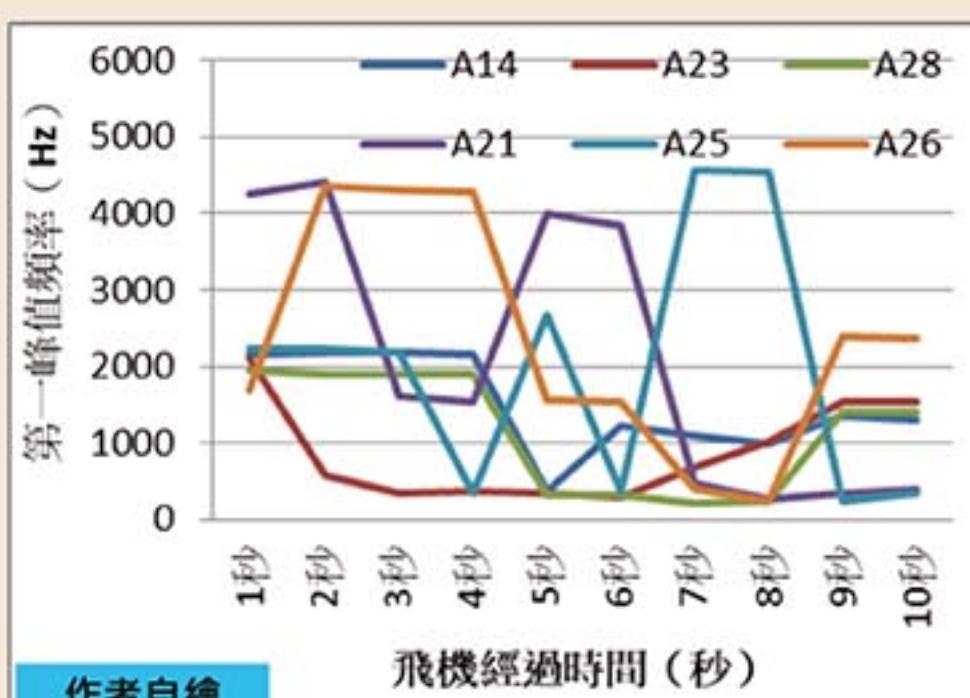


圖5-17類型5：無法找到規則性共6架次

1.由頻譜分析發現飛機的噪音頻率不像相關研究報告所述，當飛機接近時頻率增加，飛機遠離時頻率較低的都卜勒效應。

2.飛機噪音主要以高頻為主，人耳對高頻率的聲音比較靈敏，尤其2,000~4,000Hz是最敏感的頻率範圍，高頻率飛機噪音對於學生影響很大。

(二) 研究結果對比響度與響度分析

1.由圖5-18發現，飛機對比響度可分為3大類對比響度較大 (-15dB以上) 為大型飛機，對比響度 (-15--20dB) 中型飛機，對比響度 (-20dB以下) 小型飛機。

2.由圖5-19發現，飛機響度可分為3大類，響度較大 (100dB以上) 為大型飛機，對比響度 (95-100dB) 中型飛機，對比響度 (95dB以下) 小型飛機。

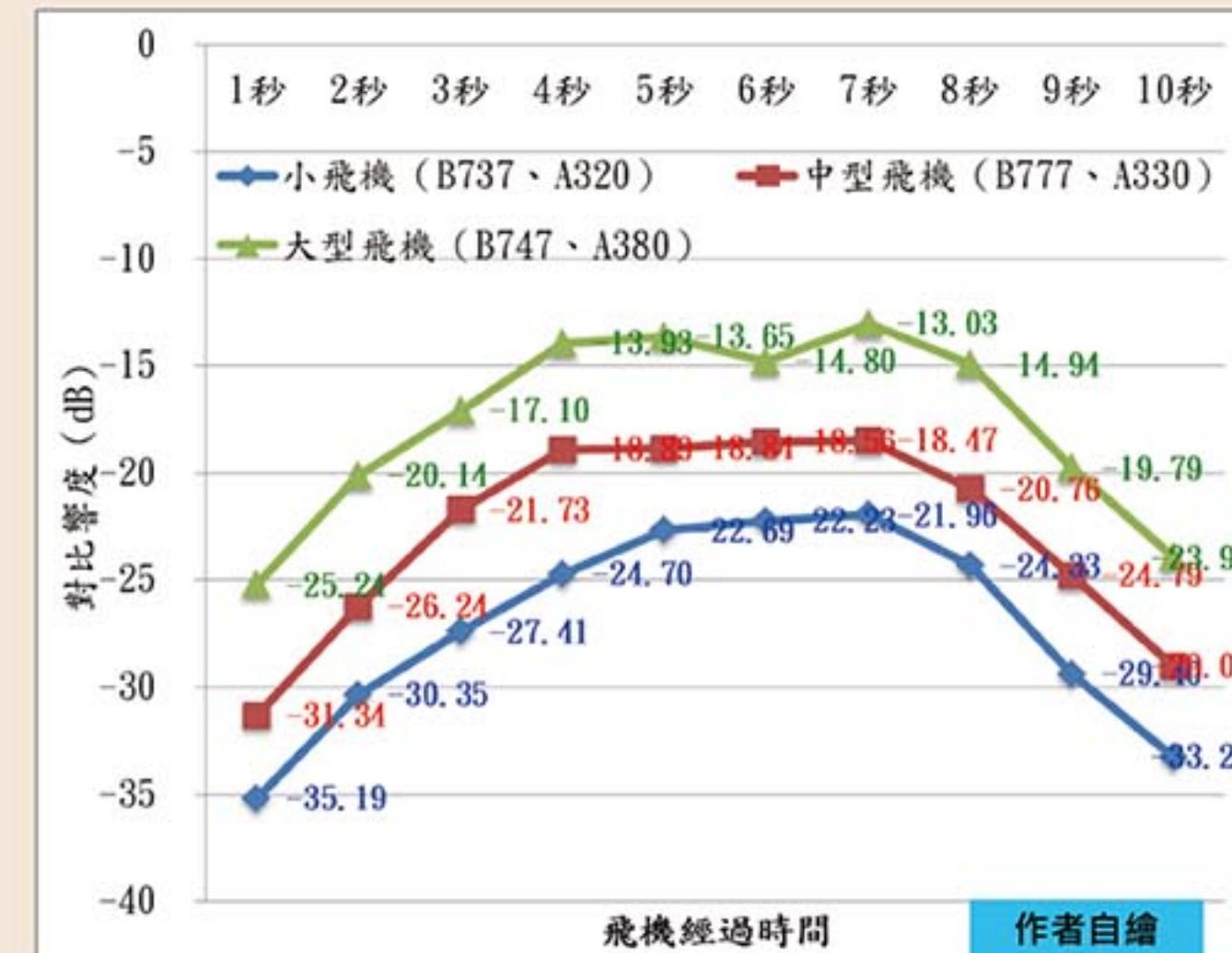


圖5-18 不同飛機對比響度分析圖

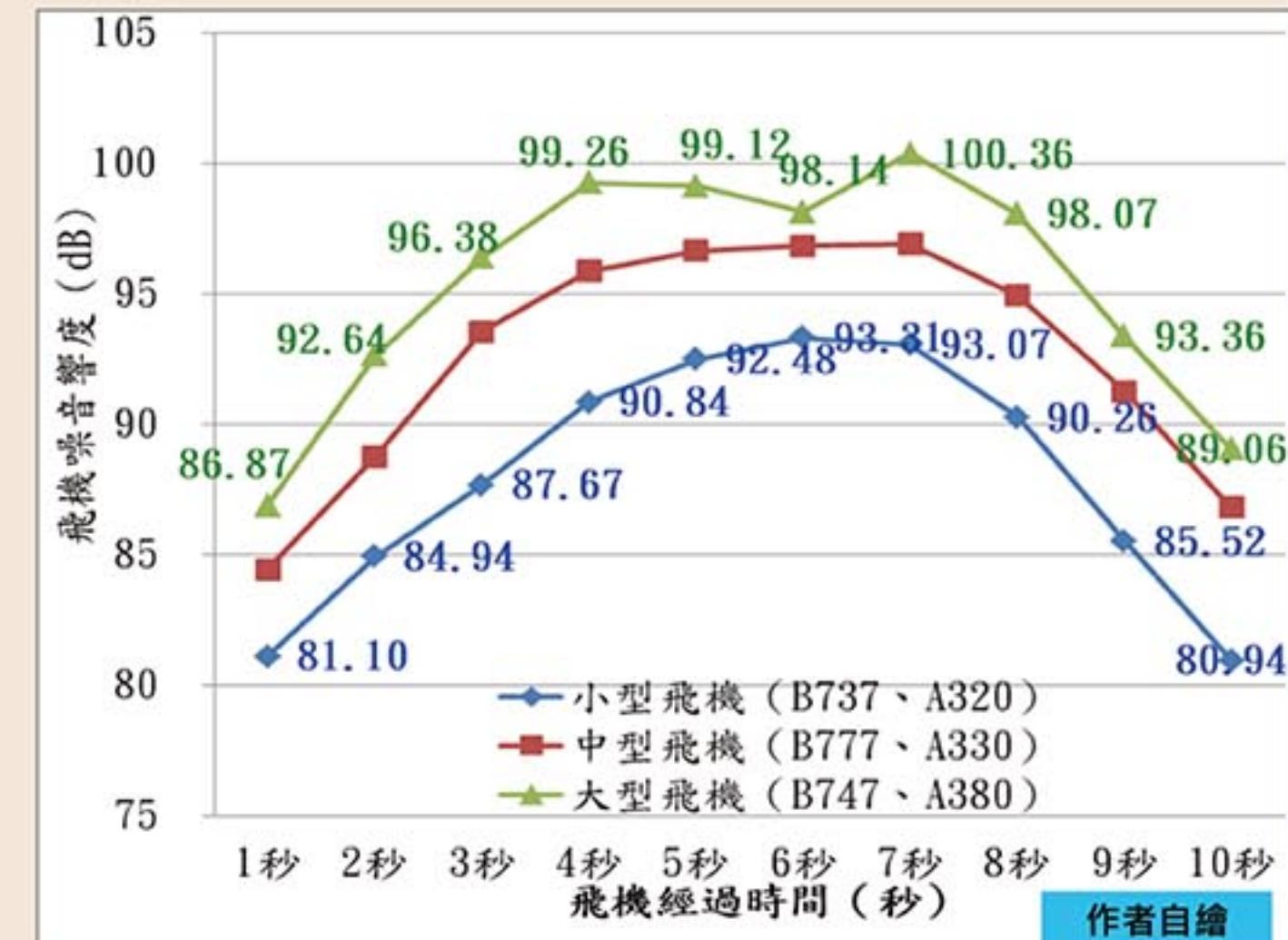


圖5-19 不同飛機響度分析圖

五、研究飛機聲噪音變化差異

(一) 研究結果相同飛機噪音的差異 (A320系列)

1.由圖5-20，相同的飛機在第一峰值頻率會有變化，每一架飛機飛過學校所產生噪音的頻率會有差異。

2.由圖5-21響度的變化，飛機的響度變化上的差異，有時會出現比較高的響度，推測原因可能是飛機構造複雜，加上使用的年限，會造成飛機噪音大小與頻率的差異。

3.圖5-22，對比響度與響度比較，發現響度與對比響度響度變化圖相類似，皮爾森相關性為0.86，對比響度與響度相關性很高。

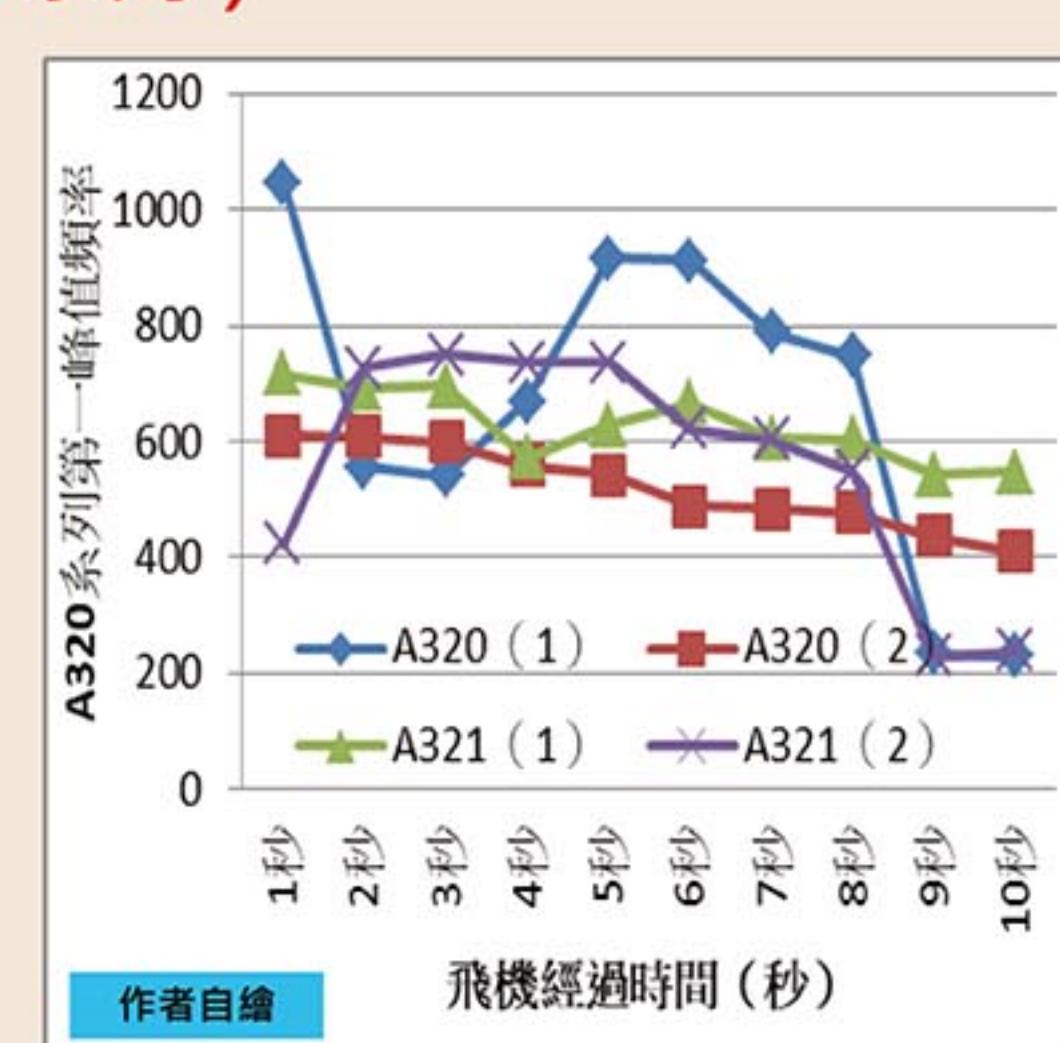


圖5-20 A320、A321第一峰值頻率變化

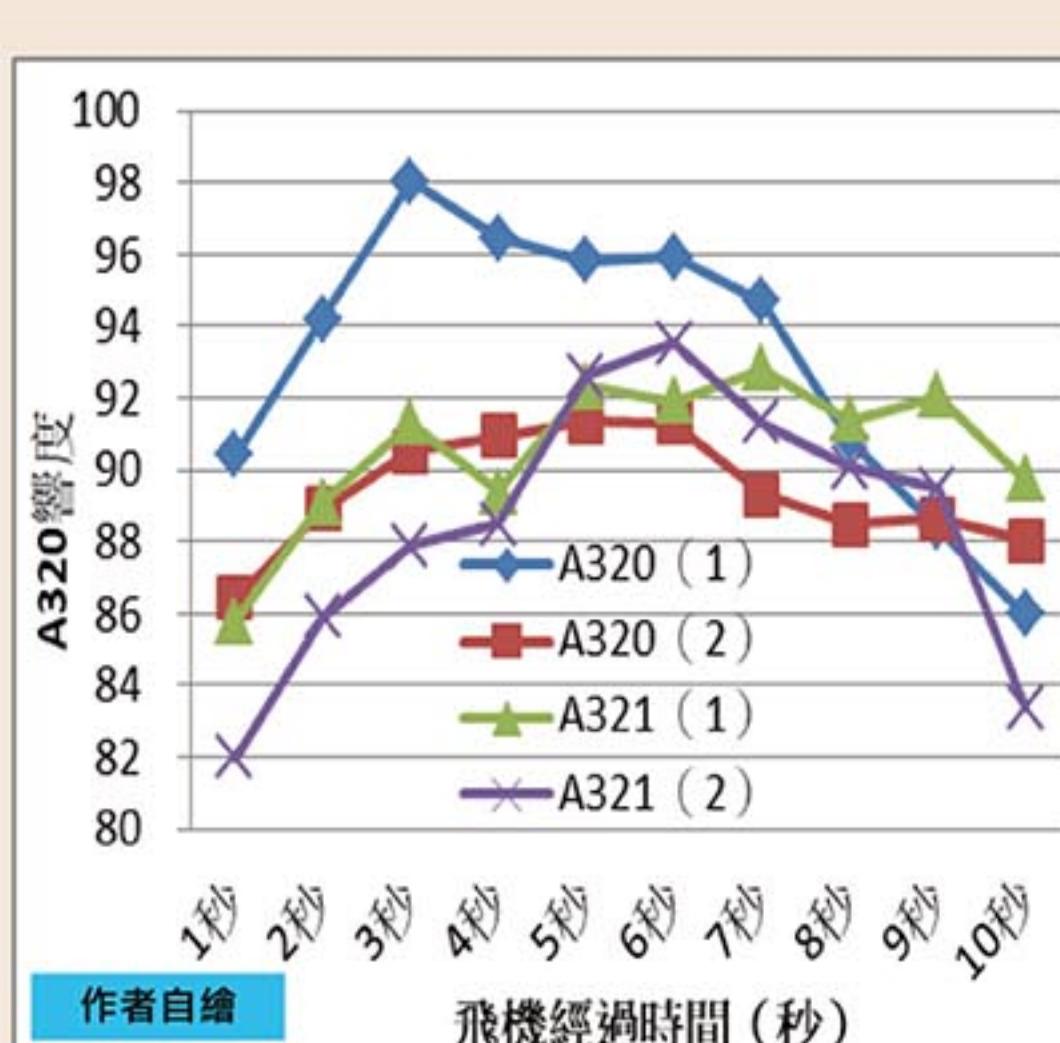


圖5-21 A320、A321響度變化

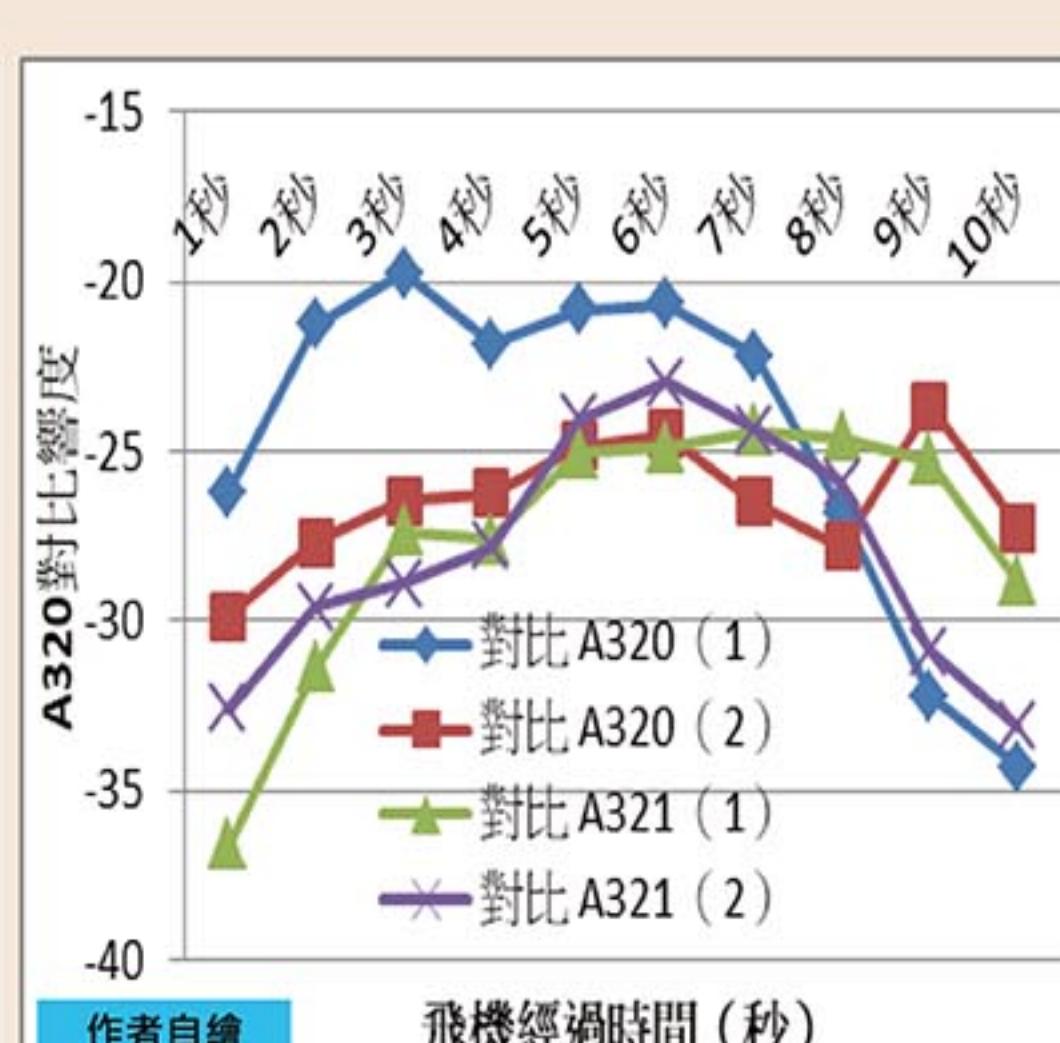


圖5-22 A320、A321對比響度

(二) 研究結果不同飛機的頻率差異

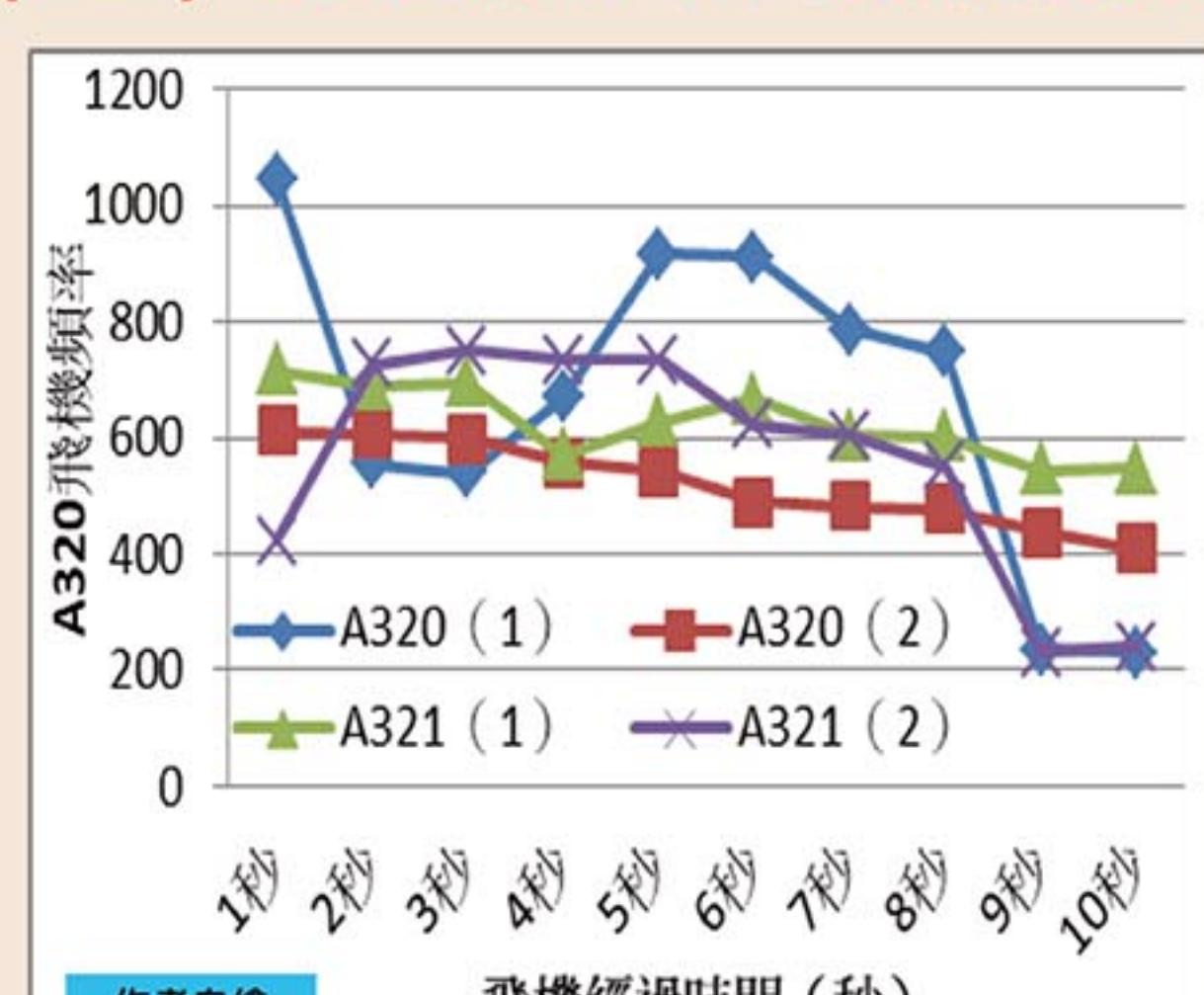


圖5-23 A320飛機頻率分析

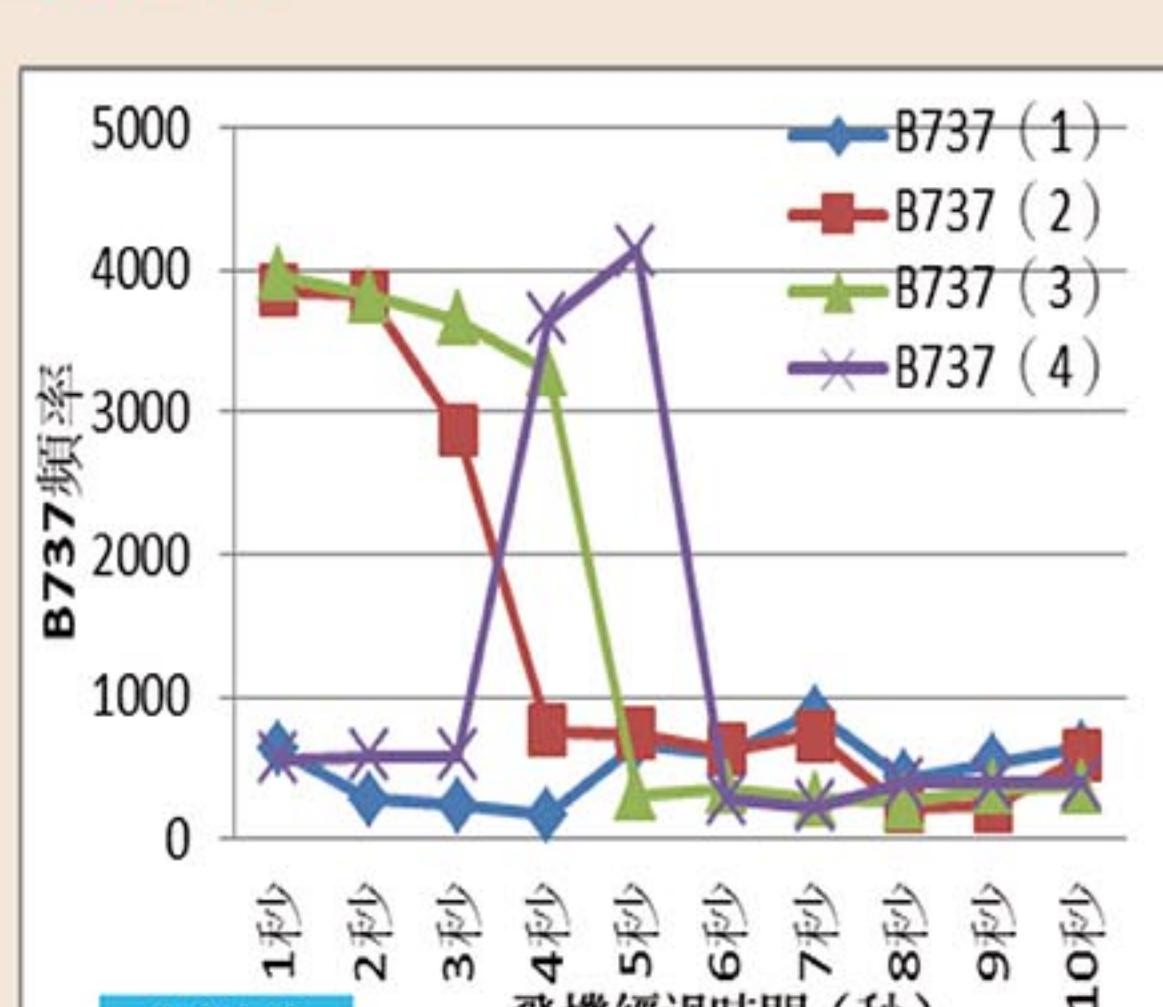


圖5-24 B737飛機頻率分析

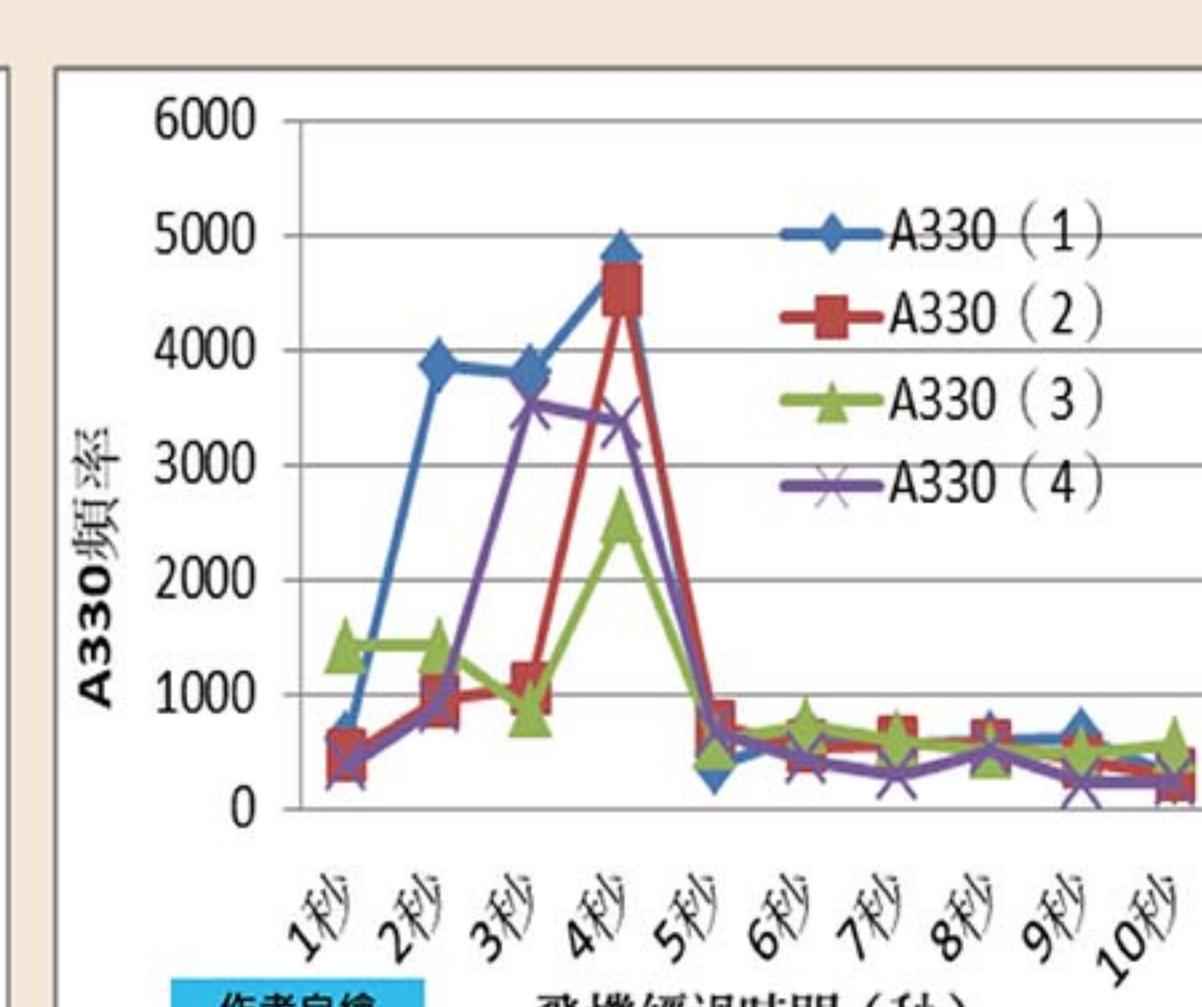


圖5-25 A330飛機頻率分析

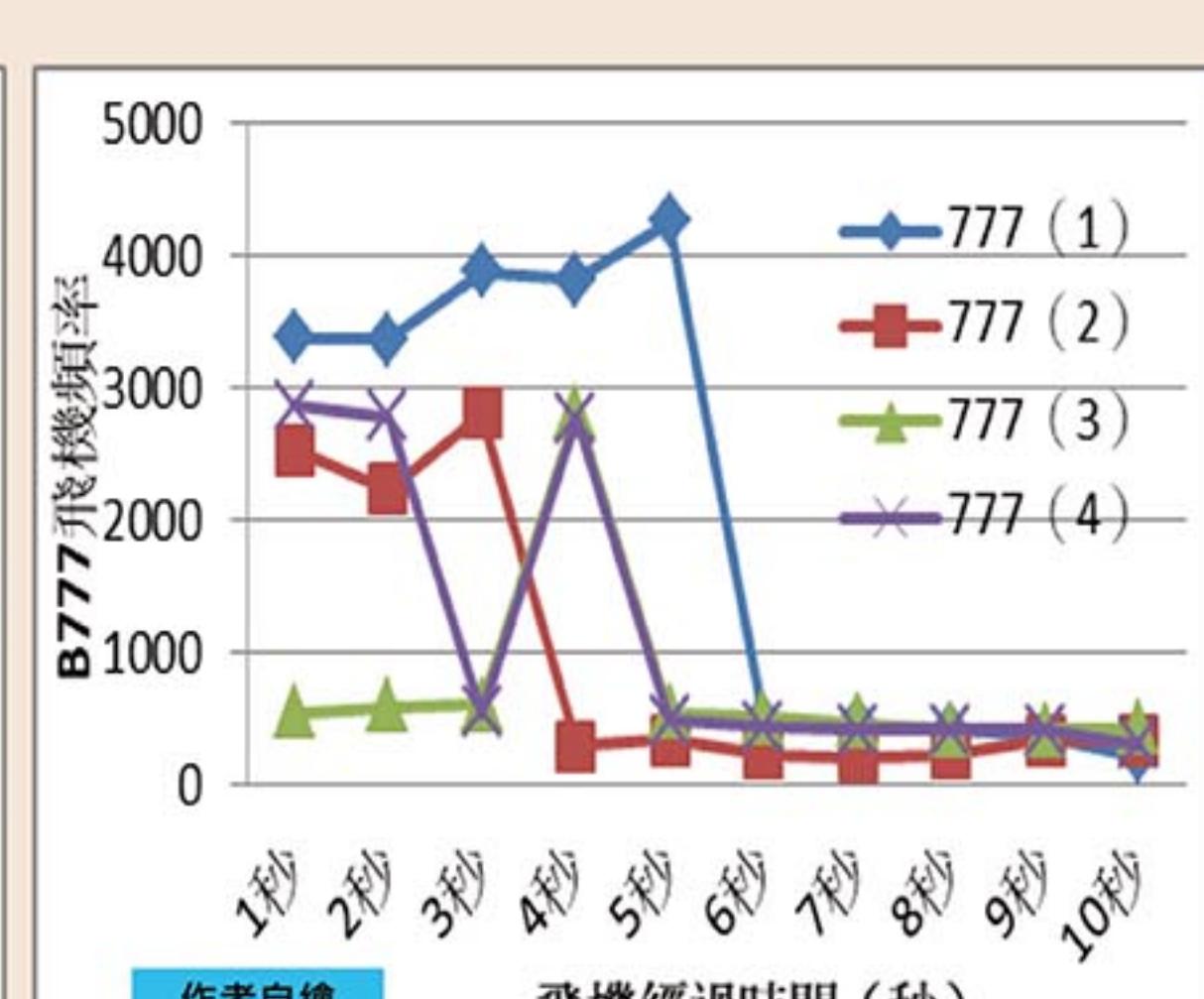


圖5-26 B777飛機頻率分析

1.由圖5-23~5-326，不同機型的飛機頻率變化，會有很大的差異，相同的機型也會有差異，飛機的噪音頻率就像人類的聲紋一樣，飛機產生的聲音都不同。

2.A320頻率在中頻對於人耳影響較小，聽起來噪音會比較小聲。B777頻率在高頻，對於人耳影響較大，聲音聽起來比較大聲。

(三) 研究結果不同飛機的噪音響度比較

1.由圖6-27、圖6-28，飛機噪音不同類型有差異，飛機剛接近前3秒差異不大，飛機接近頭頂時，中型飛機 (A330、B777) 噪音量變大，B777中型飛機噪音量最大，可能是飛機的體型較大。

2.飛機噪音量最大時，不是在頭頂的位置，是飛機越頭頂後0.5-1.0秒後，噪音最大可能飛機經過本校高度約120公尺，加上觀測位置與航道的距離，產生的時間差。

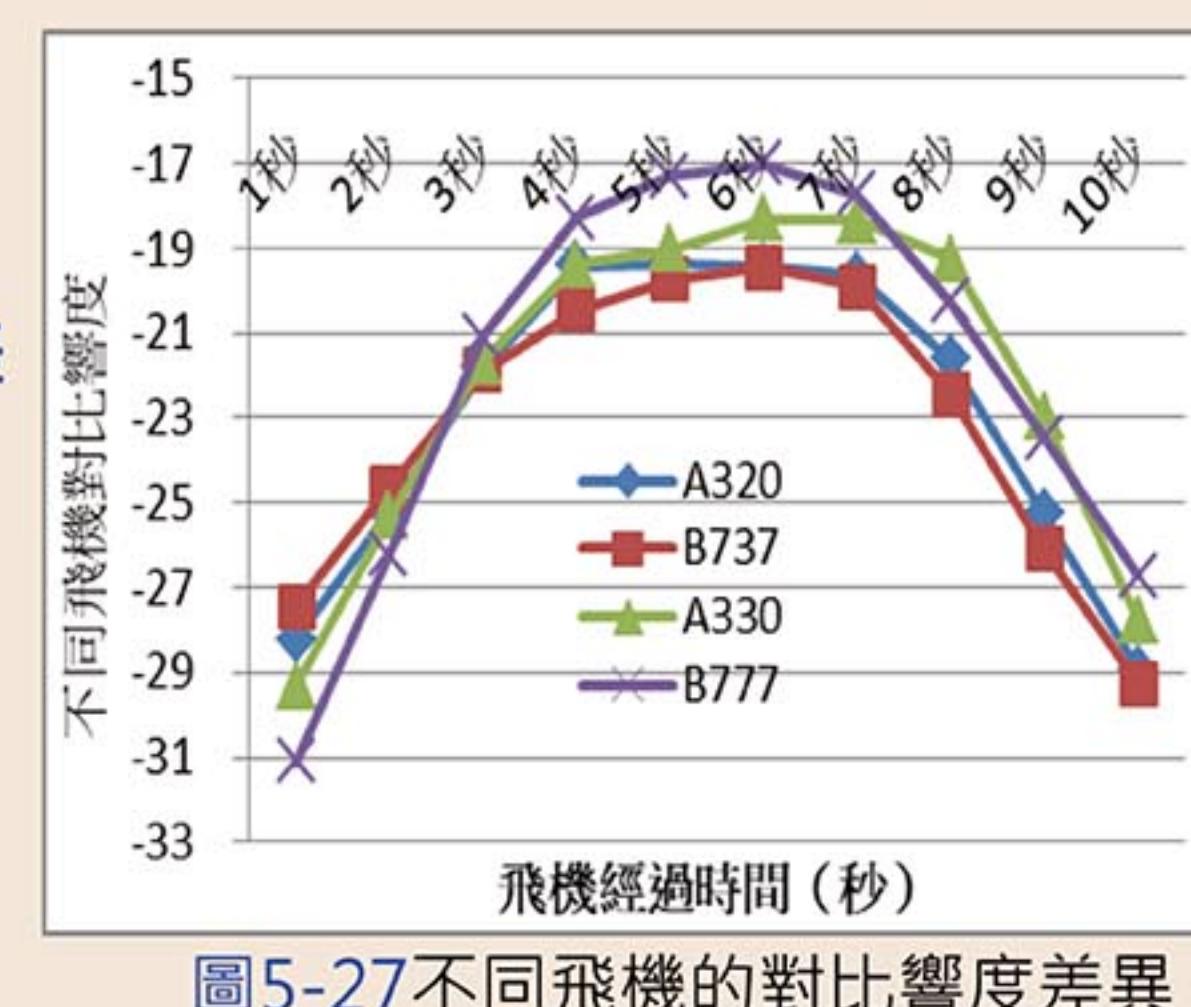


圖5-27不同飛機的對比響度差異

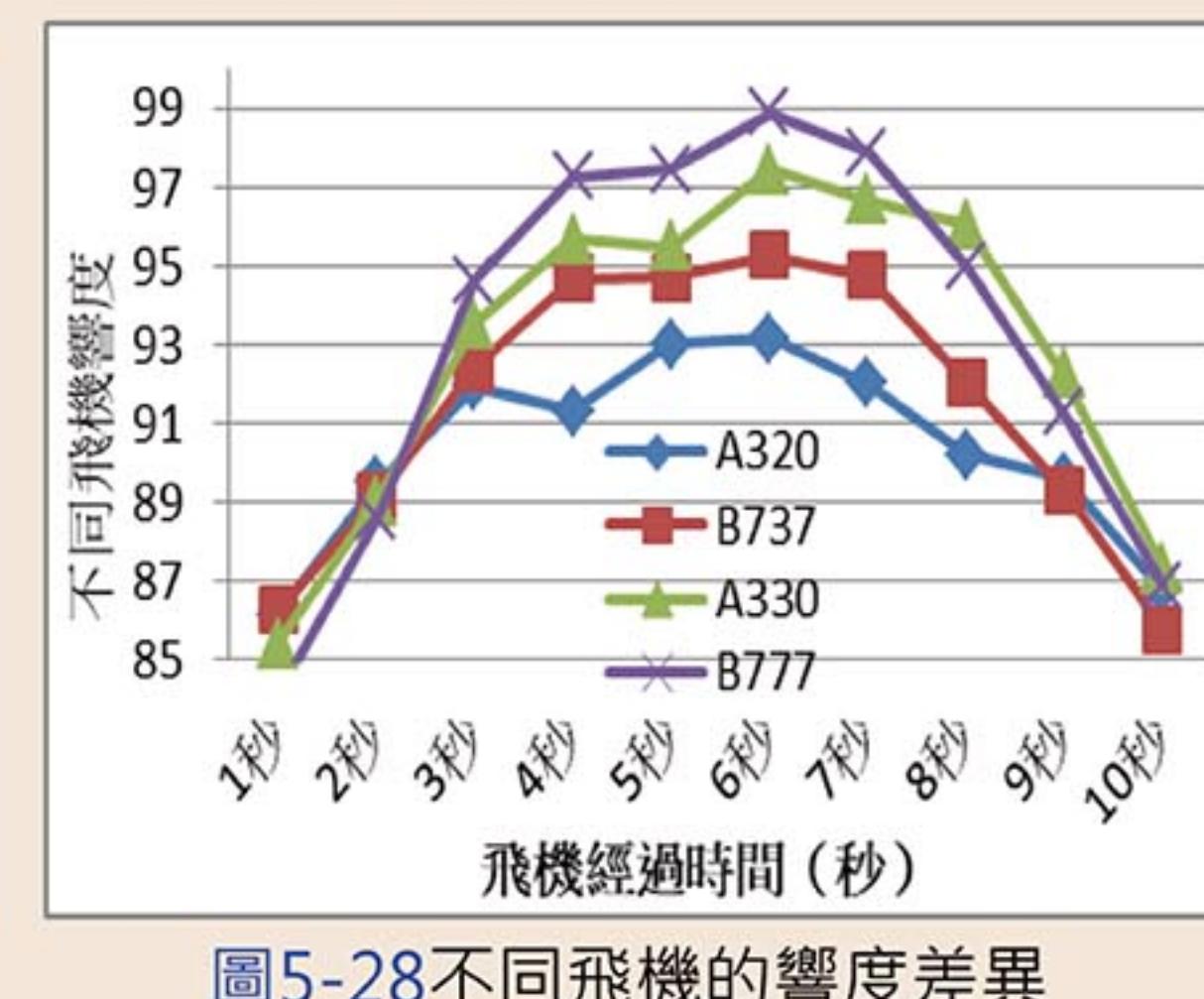


圖5-28不同飛機的響度差異

六、研究飛機噪音對於學生學習的影響

(一) 研究結果學習效能分析

由圖5-30，實驗組高頻答對提升4.32題，實驗組低頻4.81題，比對組無噪音答對提升6.77題。顯示噪音學習環境對於學生學習成效有嚴重影響，高頻噪音的影響比低頻噪音影響較大。噪音使各方面能力有記憶發展和注意力發展速度，分別比其他學童慢23%與5%。(環境資訊中心，2022)。

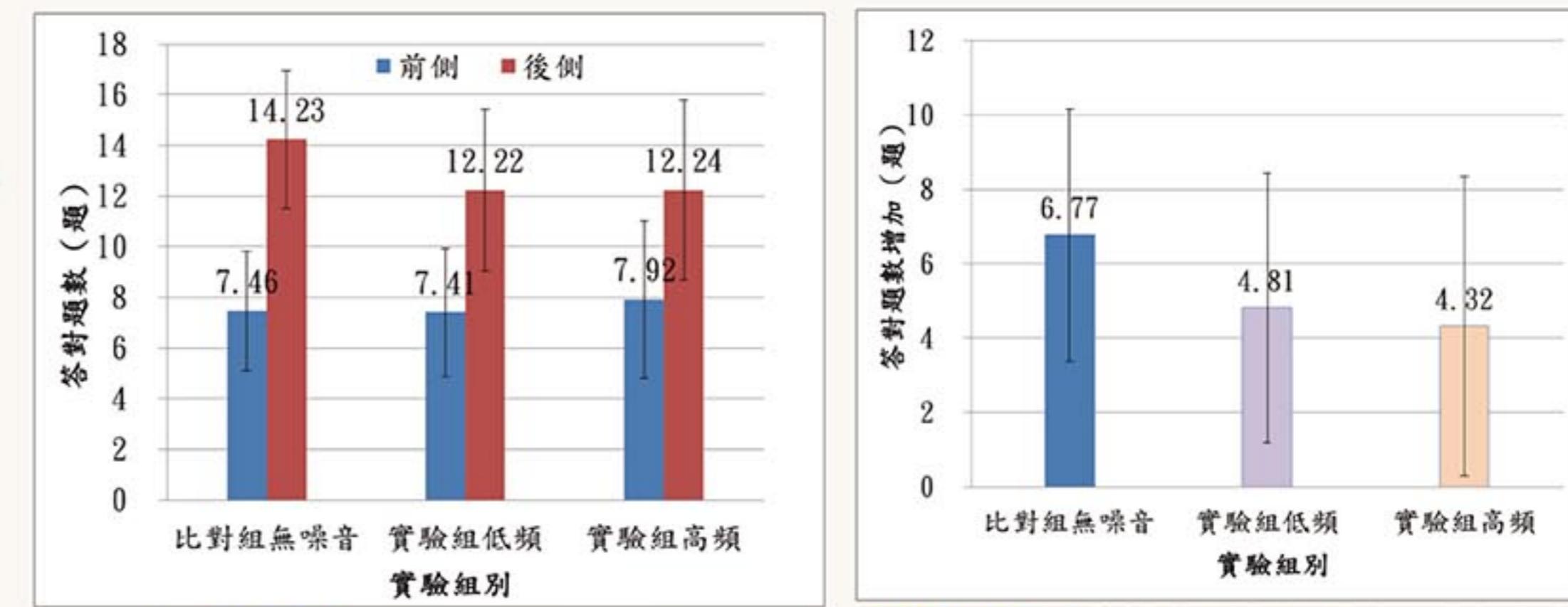


圖5-29答對題數分析表

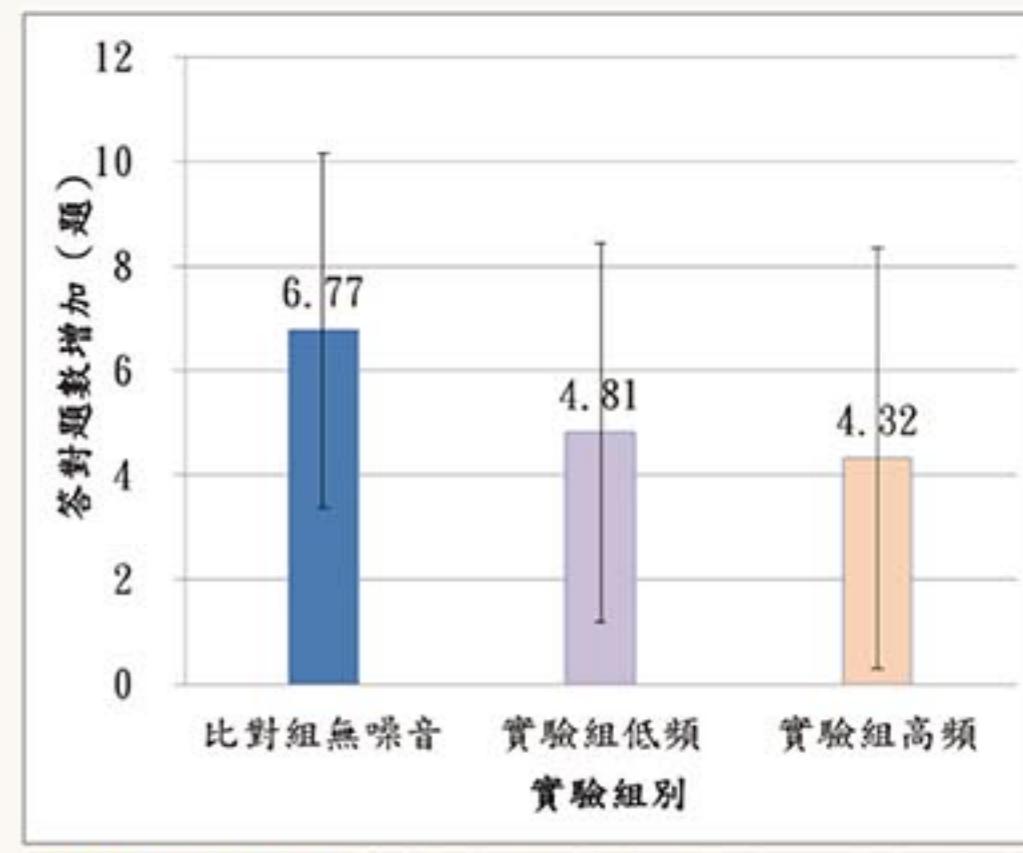


圖5-30答對題數增加分析表

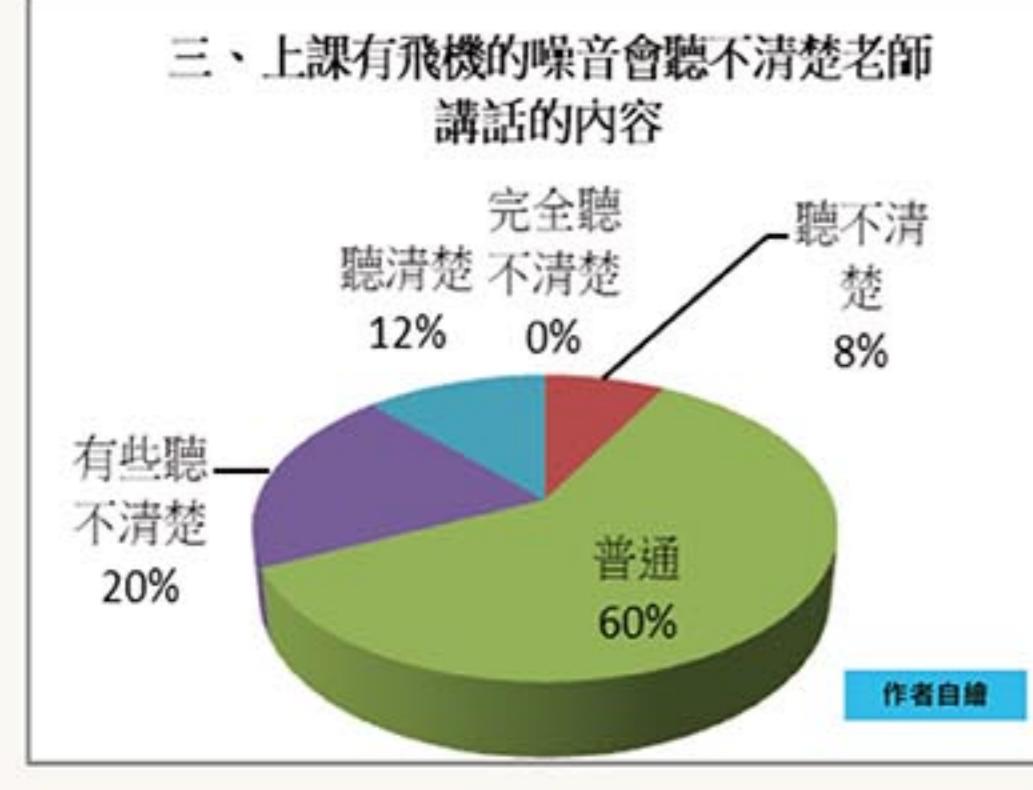


圖5-31飛機的噪音會聽不清楚老師講話的內容68%。學習能力60%。

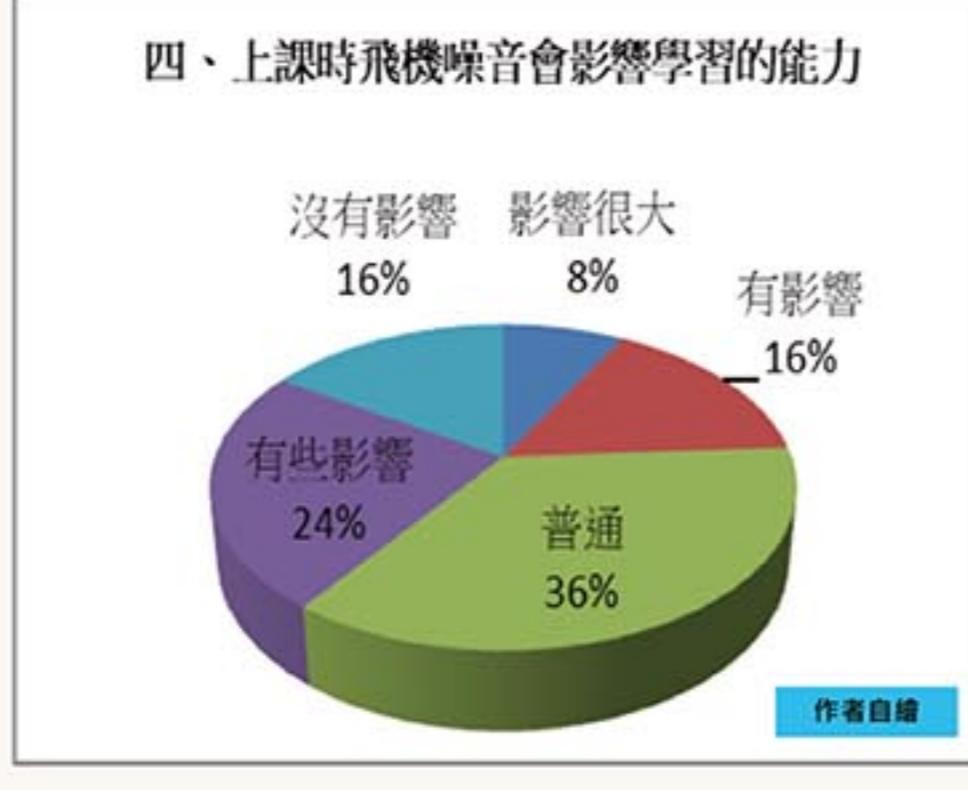


圖5-32飛機噪音影響學習的能力

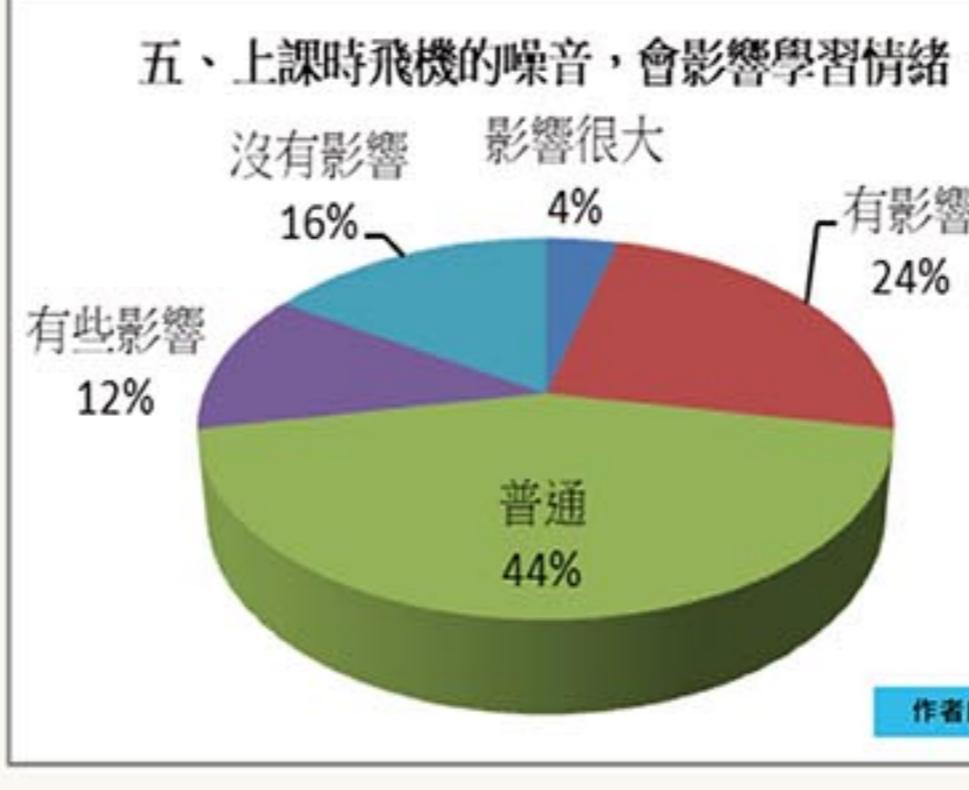


圖5-33飛機的噪音，會影響學習情緒

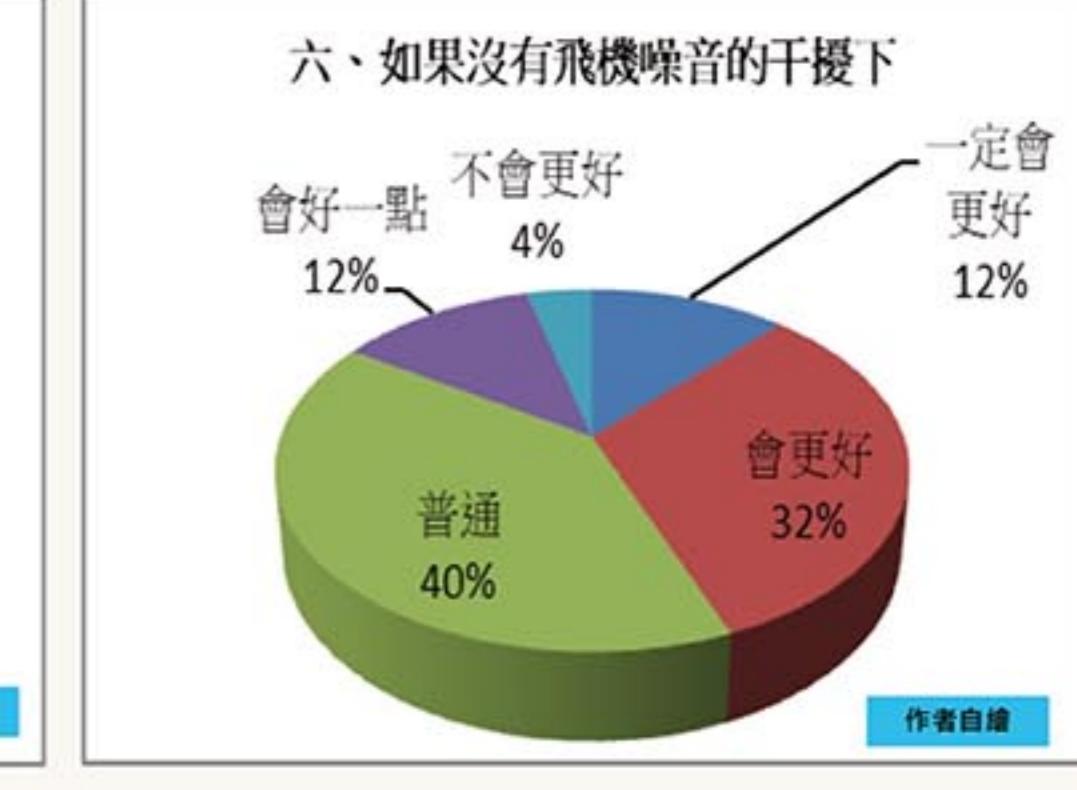


圖5-34如果沒有飛機的干擾學習成效會更佳84%。

表5-2 T檢定結果比對表

組別	比對組 無噪音	實驗組 低頻組	實驗組 高頻組
比對組無噪音	×	0.025	0.008
實驗組低頻組	0.025	×	0.490
實驗組高頻組	0.008	0.490	×

表5-3問卷問題皮爾森相關性分析

問題內容	3 會聽不清楚老師講話	4 噪音會影響學習能力	5 影響學習情緒	6 沒干擾學習效果
3 會聽不清楚老師講話	×	0.65	0.61	0.43
4 噪音會影響學習能力	0.61	×	0.93	0.65
5 影響學習情緒	0.61	0.93	×	0.62
6 沒干擾學習效果	0.43	0.65	0.62	×

(三) 上課學生問卷皮爾森相關性分析

- 由表5-3發現，會聽不清楚老師講話、噪音會影響學習能力、影響學習情緒、干擾學習效，皮爾森相關性中度相關。
- 影響學習情緒與噪音會影響學習能力高度相關0.93，噪音會影響學生的學習情緒。

(四) 訪談4位學生訪談內容分析

- 實驗教學環境與現在教室打開門窗的教學環境相似。
- 飛機的噪音太大時，老師會暫停上課，學生思考停頓，會影響上課的進度與學習的連慣性。
- 平常上課飛機的噪音會影響學習能力、學業成績、學習的情緒，飛機噪音會中斷老師上課的進度，學生也因飛機的噪音聽不清楚老師上課的內容。
- 學生調適自己來適應噪音的環境，習慣就好、會摳耳朵、學習常常停下來的消極作為。
- 每年的10月到隔年的3月，是飛機飛過本校最多，飛機噪音最大的期間，為了節能不能開空調，讓我們感到疑惑，我們想要加強教室隔音，提供安靜的學習環境。

七、學校校園與教室內外的空氣品質

(一) 研究結果

教室長時間關閉，空氣對流不良，HCHO超標21.86倍、TVOC達到儀器最大監測值1.999ppm超標3.56倍，CO超標7.66倍，CO₂達到儀器最大監測值5000ppm超標5倍，造成空氣品質嚴重惡化。

班級 污染物	502 整天開窗	508 開門沒學生	507 開門有學生	503 下課開門有學生	507 開門有學生	501 關窗上課	407 沒學生開門	410 沒上課開門
HCHO	0.039	0.243	0.342	0.338	0.345	1.344	0.227	1.749
TVOC	0.225	1.614	1.999	1.999	1.999	1.999	1.426	1.999
PM2.5	30	28	26	35	26	30	25	23
PM10	39	36	34	42	34	37	36	26
CO	1	6	22	10	22	52	4	69
CO ₂	417	2114	2231	2421	2231	5000	1873	5000

表5-4學校不同場所空氣品質檢測表

陸、結論

- 學校隔音設備不佳，學生習慣有噪音環境學習，會飛機噪音分心，老師上課中斷。
- 飛機的噪音室外環境83-103dB，頻率以高頻為主1500-4000Hz，室外高分貝的音量與高頻的作用下，對於人體心理與生理會有嚴重的影響。
- 每年的10月到隔年的3月，是飛機飛過本校最多，飛機噪音最大的期間，為了節能不能開空調，讓我們感到疑惑，加強教室隔音，提供安靜的學習環境。
- 在噪音環境下，比對組學習效能優於實驗組1.63倍，顯示在噪音環境下，學習成效明顯下降。
- 教室長時間關閉，空氣對流不良，HCHO、TVOC、CO、CO₂空氣品質嚴重超標。
- 將研究結果提供給學校做為噪音防制參考

- 加強學校隔音與通風設備，冬天要開空調。
- 學生不在教室上課要開門窗通風加強空氣對流、裝設空氣清淨對流系統。
- 種植不落葉大型喬木茄苳樹、大葉山欒、瓊崖海棠、錫蘭橄欖，降低飛機的噪音
- 一、二、三、四年級教室，遷移到離飛機航道最遠的籃球場可降低噪音6~8dB。

柒、參考文獻

- 一、天下文化 (2007)。習以為常的背景噪音，可能對大腦產生傷害？《大腦這樣『聽』》 <https://panciasia/archives/361641>
- 二、王思閔、符繁英 (2019)。植物有耳朵？環境中噪音對植物蒸散作用之探討。中華民國第59屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 三、王志麟 (2008)。航空航太噪音對高中生影響之研究 - 以台灣機場航廈七所高中職校為例。學術論文。
- 四、臺中市政府環保局 (2024)。噪音影響。
- 五、台灣桃園國際機場噪音的時空分布分析。
- 六、石祐添、李進擴、廖麗華 (2011)。臺灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適。國立臺灣師範大學。學術論文。
- 七、余慧慧 (2007)。噪音對大腦產生傷害？《大腦這樣『聽』》 <https://panciasia/archives/361641>
- 八、白秋華 (2003)。學校內部噪音對教師教學品質與學生學習效果之影響研究---以中縣瑞峰國小為例。國立臺灣師範大學。學術論文。
- 九、林依靜 (203)。國民小學環境噪音影響學童聽力及聽力語音辨識能力研究。國立成功大學。學術論文。
- 十、林依靜、陳詠真、陳鼎益 (2019)。噪音對植物幹旱求偶行動的影響。中華民國第59屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 十一、張培德 (2013)。植物識字低活力在安靜與噪音環境下的語音知覺表現。臺北市立教育大學。學術論文。
- 十二、黃詩婷 (2014)。身體越來越矮？小心！你身體可能被噪音謀殺。《安健網》<https://www.edh.tw/article/5298>
- 十三、黃詩婷林宇澤李泓毅 (2024) 飛機起降聲的影響之探討 - 以「海星高中」為例。
- 十四、張承文 (2008)。環境噪音對學生學習成效之影響研究。立德大學。學術論文。
- 十五、張承文 (2012)。環境噪音對學生學習成效之影響研究。立德大學。學術論文。
- 十六、張承文 (2008)。環境噪音對學生學習成效之影響研究。立德大學。學術論文。
- 十七、環境部 空氣品質改善推動資訊網 https://airmoenv.gov.tw/EnvTopics/NoiseRadiation_4.aspx
- 十八、環境資訊中心 (2022)。噪音「有毒」研究證實：交通噪音顯著影響學童認知發展。《父母》<https://parents.hsin-yi.org.tw/Library/Article/5615>