

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

082810

聽聲反應-聽音辨位的研究及其應用

學校名稱：南投縣私立普台國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳穎寶	陳正勳
小六 劉子謙	徐昇民
小六 余晏伶	
小六 廖品喬	
小六 謝宜珈	

關鍵詞：聽音辨位、ARDUINO、音頻

摘要

我們實驗得知影響聽音辨位因素有：使用塑膠材質的、要有深度、口徑不能太大、頻率不同與，集音器圓大小均會影響收音。

1. 實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音也能降低環境其他頻率的聲音干擾。
2. 使用聲音感器、音頻分析器加上馬達，能偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，達到定位的效果。
3. 利用伺服馬達知道轉向的角度和三角函數推出距離。

未來我們應用戶外遊戲區定位於小孩或寵物的所在位置，也可以利用特殊救難用途。

壹、研究動機

自然課程老師和我們探討動物如何發現獵物及捕捉獵物的主題，老師說貓頭鷹是一種喜歡在夜晚活動的動物，不僅擁有非常驚人的視力系統，它們的聽覺也同樣的靈敏，經常在夜晚捕食獵物，不僅要靠視力，聽覺能力一樣能夠幫助他捕捉到食物，他有2隻不一樣大小的耳朵，而且2隻耳朵的高度也不同，這使得它能夠判斷聲音的源頭，左右兩耳的形狀與結構不相同，左耳道比右耳道寬闊，且左耳有發達的耳鼓，有利于聽覺進行定位。本次實驗我們利用麥克風左(L)右(R)立體聲聲波、馬達、Arduino等設備來模擬貓頭鷹的左右耳來探究是否能成功定位音源端的位置。

貳、研究目的

研究一、研究單一麥克風對收音效果的關係。

- 研究1-1、探討不同材質對收音效果的影響。
- 研究1-2、探討不同深度對收音效果的影響。
- 研究1-3、探討不同開口大小對收音效果的影響。
- 研究1-4、探討不同內壁對收音效果的影響。

研究二、研究單一麥克風外耳形狀對收音效果的關係。

- 研究2-1、探討外加不同形狀集音器對收音效果的影響。
- 研究2-2、探討集音器大小不同對收音效果的影響。
- 研究2-3、探討集音器圓不同厚度對收音效果的影響。
- 研究2-4、探討集音器相同錐形開口高度不同對收音效果的影響。

研究三、研究單一麥克風耳道對頻率和距離收音效果的關係。

- 研究3-1、探討不同頻率對收音效果的影響。
- 研究3-2、探討不同距離對收音效果的影響。

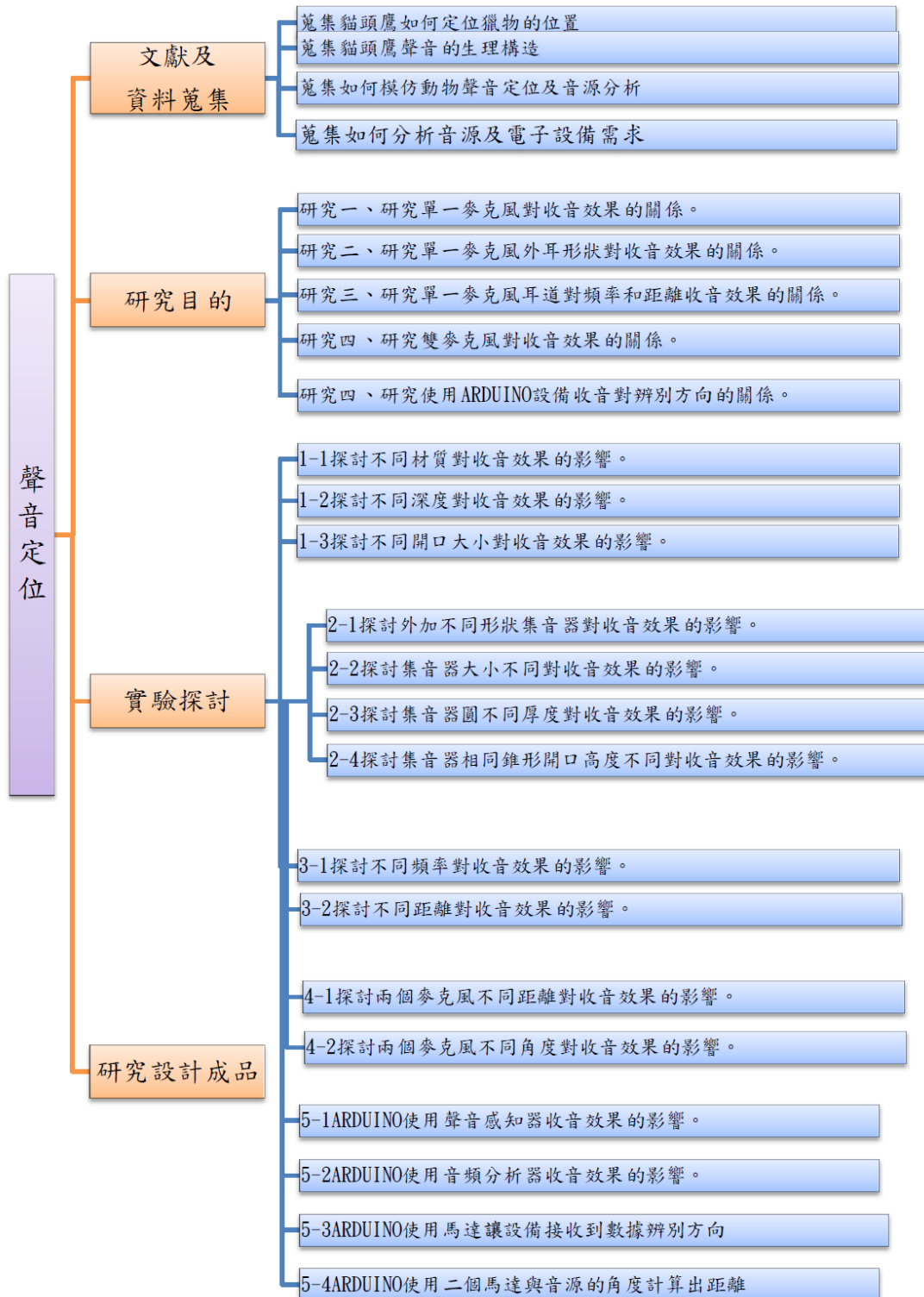
研究四、研究雙麥克風對收音效果的關係。

- 研究4-1、製作可以收左右不同聲道輸入端。
- 研究4-2、探討兩個麥克風不同距離對收音效果的影響。
- 研究4-3、探討兩個麥克風不同角度對收音效果的影響。

- 研究五、研究使用ARDUINO設備收音對辨別方向的關係。
- 研究5-1、ARDUINO使用聲音感知器收音效果的影響。
- 研究5-2、ARDUINO使用音頻分析器收音效果的影響。
- 研究5-3、ARDUINO使用馬達讓設備接收到數據辨別方向。
- 研究5-4、ARDUINO使用二個馬達與音源的角度計算出距離。

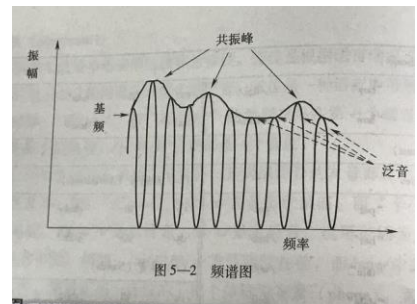
參、研究架構與文獻探討

一、研究架構



二、 文獻探討

- (一)聽覺：指聲源的振動所引起的聲波，通過外耳和中耳組成的傳音系統傳遞到內耳，經內耳的環能作用將聲波的機械能轉變為聽覺神經上的神經衝動，後者傳送到大腦皮層聽覺中樞而產生的主觀感覺。聲波是由於四周的空氣壓力有節奏的變化而產生，當物件在震動時，四周的空氣也會被影響。當物件越近，空氣的粒子會被壓縮；當物件越遠，空氣的粒子會被拉開。聽覺對於動物有重要意義，動物會利用聽覺逃避敵害，捕獲食物。而人類的語言和音樂，一定程度上是以聽覺為基礎的。當聲波的頻率和強度達到一特定值範圍內，才能引起動物的聽覺。人耳能感受到的振動頻率範圍約為20-20000赫茲。隨著年齡的增長，聽覺上限會降低。
- (二)類比訊號：大自然裡一切的訊號都屬於類比訊號，例如：麥克風是一種聲音的接收器，可以將聲音的大小轉換成電壓的大小，得到的是一個連續的電壓變化，這種「連續的訊號」稱為類比訊號，如圖所示，而用來處理類比訊號的積體電路稱為「類比積體電路(Analog IC)」。人類講話的聲音是連續的，因為我們的聲音是漸漸變大或漸漸變小，隨著聲音的大小，麥克風的電壓也會漸漸變大或漸漸變小。
- (三)數位訊號：經由加工後可以將連續的類比訊號變成 0 與 1 兩種不連續的訊號，例如：電腦在運算的時候只有低電壓（0V 代表二進位的數字 0）與高電壓（1V 代表二進位的數字 1），訊號可以由 0 直接跳到 1，也可以由 1 直接跳到 0，得到的是一個不連續的電壓變化，這種「不連續的訊號」稱為數位訊號，如圖所示，而用來處理數位訊號的積體電路稱為「數位積體電路(Digital IC)」。將類比訊號轉換成數位訊號的過程就稱為訊號數位化(signal digitization)
- (四)頻譜圖：為了研究聲音中所包含的頻率，可以用頻譜圖(spectrum)來表示某一瞬間的波形圖中的頻率分布。頻譜圖表達了聲壓或振幅和頻率的關係。其橫軸為頻率，縱軸為強度。一個持續的元音可有一個穩定的頻譜圖，圖中最低頻率峰值即為基頻，而高頻的峰值為諧音或泛音(harmonics)。相鄰泛音之間的時間相當於基頻。非周期性的語音沒有基頻和諧音，但常常可以有一較寬的頻帶，其振幅較周圍的頻率要大。對頻譜圖也要考慮到頻譜圖包絡，即把圖中的幅值用一條平滑的線連接起來。在頻譜圖包絡中可以有的一些較寬的峰值，稱為共振峰(formant)。



原文網址：<https://kknews.cc/science/vzye6p2.html>

肆、研究設備及器材

- 一、 製作工具: Arduino UNO、麵包板、電源供應器、馬達、音頻分析模組、麥克風模組
- 二、 測量工具: 直尺、電腦程式 Audacity
- 三、 使用材料: 寶特瓶、投影片
- 四、 實驗器材: 電腦程式 Audacity、音源線、喇叭、麥克風、3.5 立體耳機座、Arduino UNO、馬達、音頻分析模組、麥克風模組。
- 五、 建立聲頻產生系統及收音系統

(一)音源產生

1. 使用 Audacity 產生不同聲頻音檔
2. 利用電腦將的訊號輸出到喇叭。

(二)收音系統：

1. 用敏感度高的電容式麥克風做為我們的收音系統，並將訊號輸入電腦中進行進一步的檢視。
2. 麥克風模組可以用 Arduino 進行信號採集，利用 A0 至 A5 也可作為數位輸出、輸入腳位使用，其值介於 0~1023 間。



訊

伍、研究過程與方法

研究一、研究單一麥克風對收音效果的關係。

【研究 1-1】：探討不同材質對收音效果的影響。

一、 研究目的：

了解不同材質對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用紙碗、紙盤、塑膠碗、塑膠盤與寶特瓶，分別在正中央開直徑 2 公分的洞。
2. 固定麥克風高度 25cm，將麥克風放入樣品洞口中。
3. 設定麥克風與音箱固定距離為 50 公分
4. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，將音源收音音量設為百分之百
5. 播放 689 Hz 的聲音檔，使用電腦程式 Audacity 錄音，收音音量也設為百分之百。
6. 使用 Audacity 分析音檔音量及頻譜。

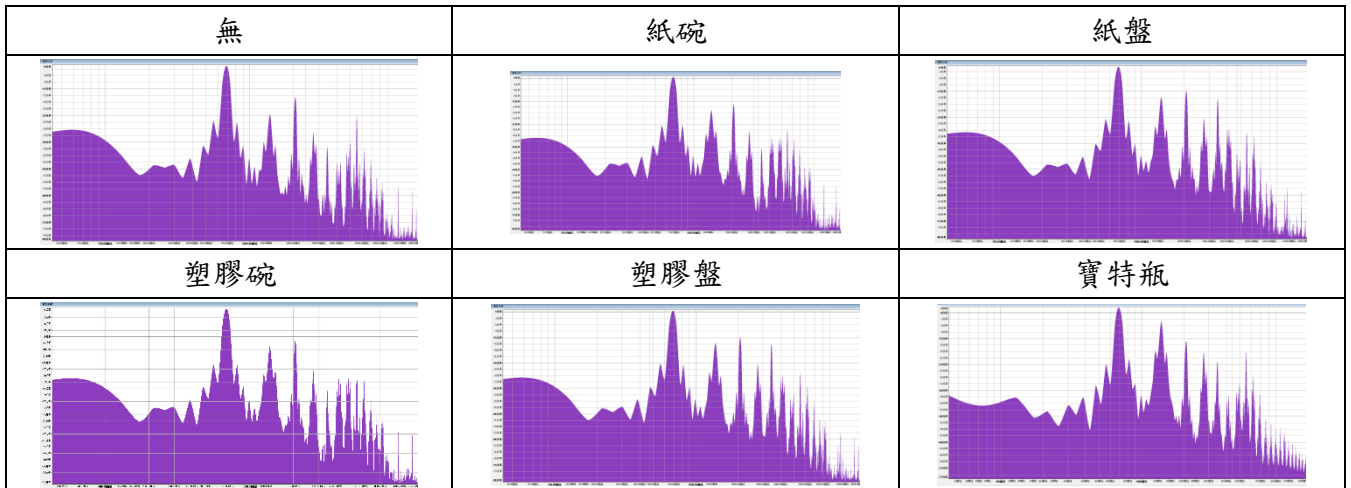
紙碗	紙盤	塑膠碗	塑膠盤	寶特瓶

三、 研究紀錄：

(一) 音量

材質	無	紙碗	紙盤	塑膠碗	塑膠盤	寶特瓶
分貝	-1.88	-0.615	-0.804	0.790	0.457	3.08

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：寶特瓶>塑膠碗>紙碗>塑膠盤>紙盤>無。
2. 比對頻譜圖可以發現寶特瓶在 689 和 1400 Hz 有明顯增強。

五、 小結：

1. 發現麥克風用其他材質的外罩有比較好，其中塑膠材質比紙類收音效果好。
2. 了解材質收音效果好後，我們也發現碗狀的收音效果比盤狀的收音效果好。
3. 因此我們想試試不同深度對收音效果的影響。

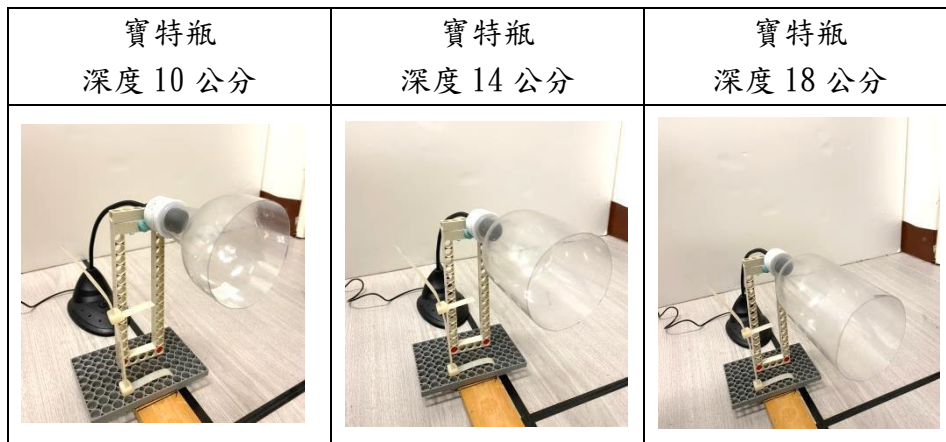
【研究 1-2】：探討不同深度對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討不同深度的塑膠瓶對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 由活動一知道塑膠材質效果比紙好，所以我們選擇接近外耳構造的長頸寶特瓶，並使用深度 10 公分、深度 14 公分與深度 18 公分來做實驗。
2. 先在瓶蓋上開一個 2 公分的洞
3. 固定 25cm 高度將麥克風放入開口中。
4. 設定麥克風與音箱固定距離為 50 公分
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，將音源收音音量設為百分之百
6. 使用電腦程式 Audacity 錄音，收音音量也設為百分之百。
7. 播放 689 Hz 的聲音檔，開始錄音。
8. 使用 Audacity 分析音檔音量及頻譜。

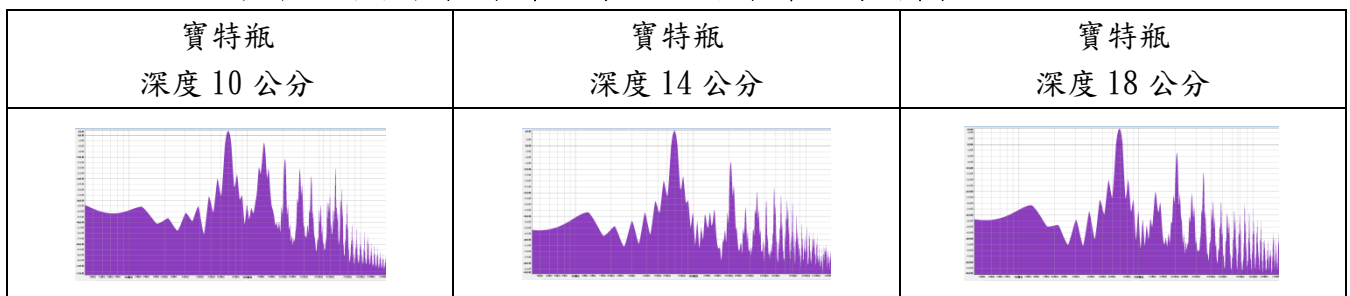


三、 研究紀錄：

(一) 音量

材質	寶特瓶 深度 10 公分	寶特瓶 深度 14 公分	寶特瓶 深度 18 公分
分貝	3.08	7.40	7.63

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：深度 18 公分 > 深度 14 公分 > 深度 10 公分。
2. 深度 18 公分和深度 14 公分音量差異不大。
3. 5000 Hz 以上收音效果：深度 18 公分 > 深度 14 公分 > 深度 10 公分。
4. 深度 18cm 在 5000 Hz 以上有明顯共振現象。

五、 小結：

1. 使用深度 18 公分有最好的收音效果。
2. 從頻譜圖來看，長度越長 9000 Hz 以上收音越好。
3. 參考活動一和本次實驗我們可以知道在 18 公分範圍內深度越深收音越好，原因可能是在高音頻部分收音較好。
4. 了解深度長短對收音效果後，我們想探討不同開口大小對收音效果的影響。

【研究 1-3】：探討不同開口大小對收音效果的影響。

一、 研究目的：

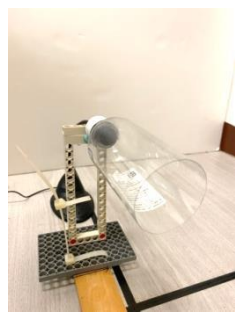
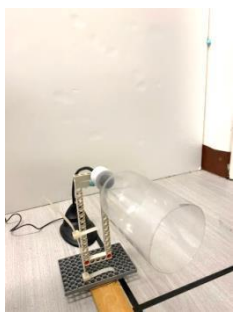

探討不同開口大小對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 固定寶特瓶深度 18 公分，使用小瓶礦泉水(口徑 5.4 公分)、氣泡飲寶特瓶

(口徑 6.8 公分)與大瓶可樂瓶(口徑 11 公分)來做實驗。

2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞
3. 固定 25cm 高度將麥克風放入開口中。
4. 設定麥克風與音箱固定距離為 50 公分
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，將音源收音音量設為百分之百
6. 使用電腦程式 Audacity 錄音，收音音量也設為百分之百。
7. 播放 689 Hz 的聲音檔，開始錄音。
8. 使用 Audacity 分析音檔音量及頻譜。

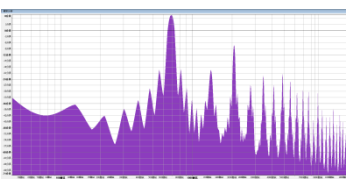
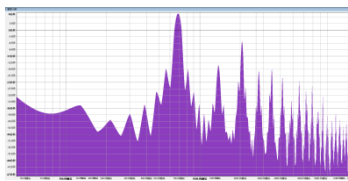
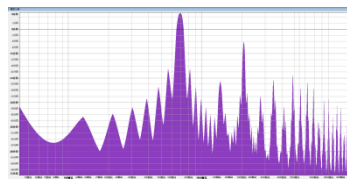
小瓶礦泉水 (口徑 5.4 公分)	氣泡飲寶特瓶 (口徑 6.8 公分)	大瓶可樂瓶 (口徑 11 公分)
		

三、 研究紀錄：

(一) 音量

材質	小瓶礦泉水 (口徑 5.4 公分)	氣泡飲寶特瓶 (口徑 6.8 公分)	大瓶可樂瓶 (口徑 11 公分)
分貝	7.36	7.89	7.55

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)

小瓶礦泉水 (口徑 5.4 公分)	氣泡飲寶特瓶 (口徑 6.8 公分)	大瓶可樂瓶 (口徑 11 公分)
		

四、 實驗結果：

1. 分貝大小：氣泡飲寶特瓶>小瓶礦泉水>大瓶可樂瓶。
2. 頻譜圖：無明顯差異。

五、 小結：

1. 使用口徑 6.8cm 有最好的收音效果，口徑過大不一定會有最好的收音效果。
2. 實驗後我們發現口徑 6.8cm 收音最好，我們想如果在塑膠瓶內壁包上不同材質的表面會不會有不同的結果。因此，下一個活動要探討不同內壁對收音效果的影響。

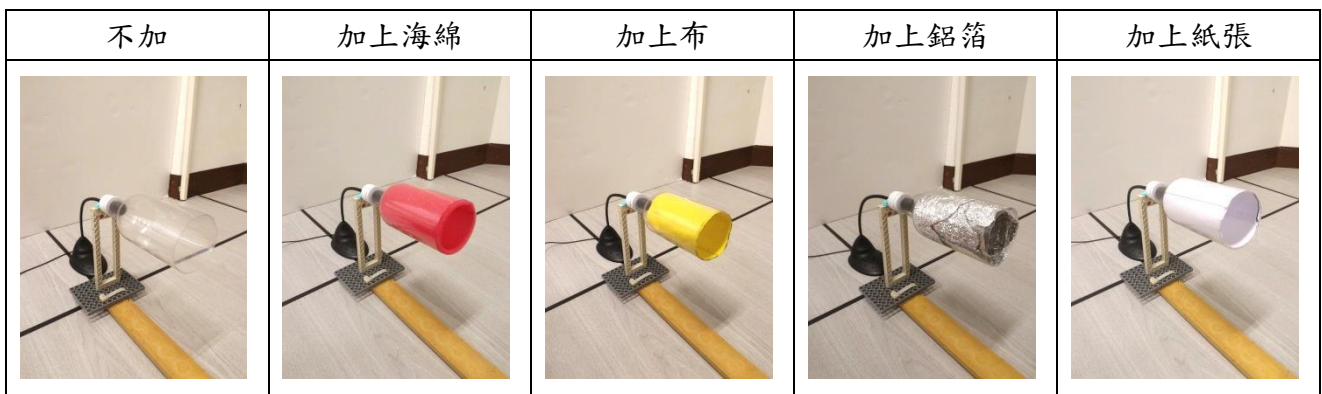
【研究 1-4】：探討不同內壁對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討不同內壁對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，使用寶特瓶的內壁上使用海綿、布、鋁箔紙、紙張和原本寶特瓶來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞
3. 固定 25cm 高度將麥克風放入開口中。
4. 設定麥克風與音箱固定距離為 50 公分
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，將音源收音音量設為百分之百
6. 使用電腦程式 Audacity 錄音，收音音量也設為百分之百。
7. 播放 689 Hz 的聲音檔，開始錄音。

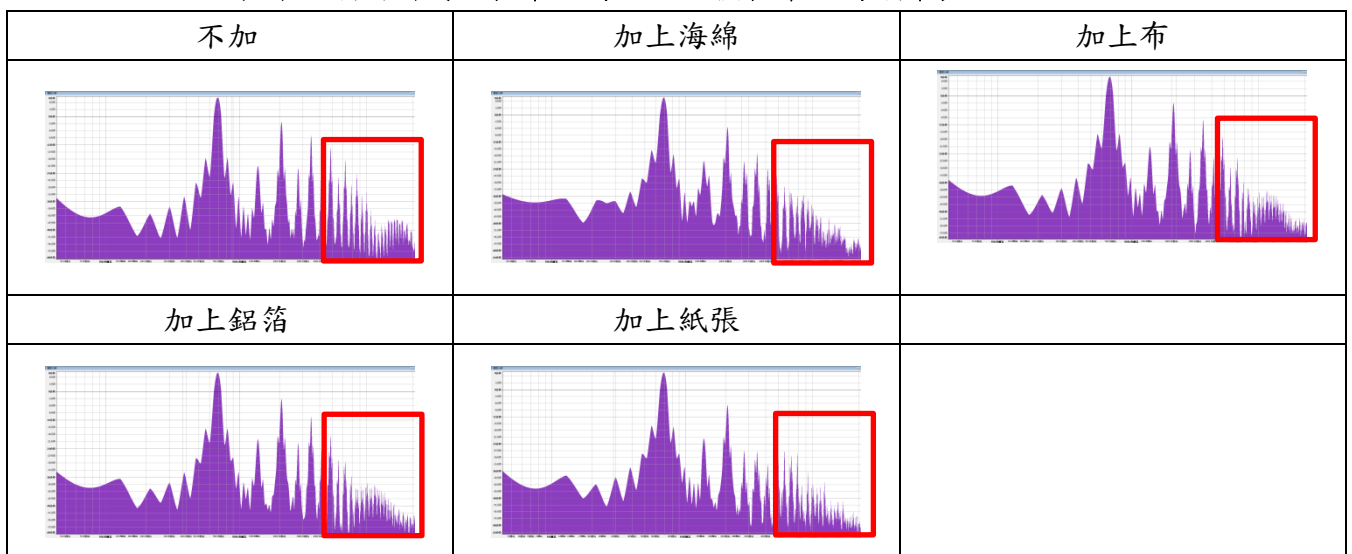


三、 研究紀錄：

(一) 音量

材質	不加	加上海綿	加上布	加上鋁箔	加上紙張
分貝	7.62	7.23	7.26	7.52	7.56

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、實驗結果：

1. 分貝大小：不加 > 加上紙張 > 加上鋁箔紙 > 加上布 > 加上海綿。
2. 頻譜圖：加上內壁材質海綿、布與紙削弱 5000 Hz 以上的收音，海綿尤其明顯。

五、小結：

1. 使用相同口徑與深度，發現內壁加上不同材質，不能增加收音效果。還是單純的塑膠會有最好的收音效果。
2. 單純塑膠材質在高音的部分能有較佳的收音效果。
3. 根據前面研究，我們知道深度 18cm 口徑 6.8cm 純塑膠瓶的收音效果最好，那麼在開口外加不同形狀會是如何結果呢？因此，我們想探討不同外耳形狀對收音效果的影響。

研究二、研究單一麥克風外耳形狀對收音效果的關係。

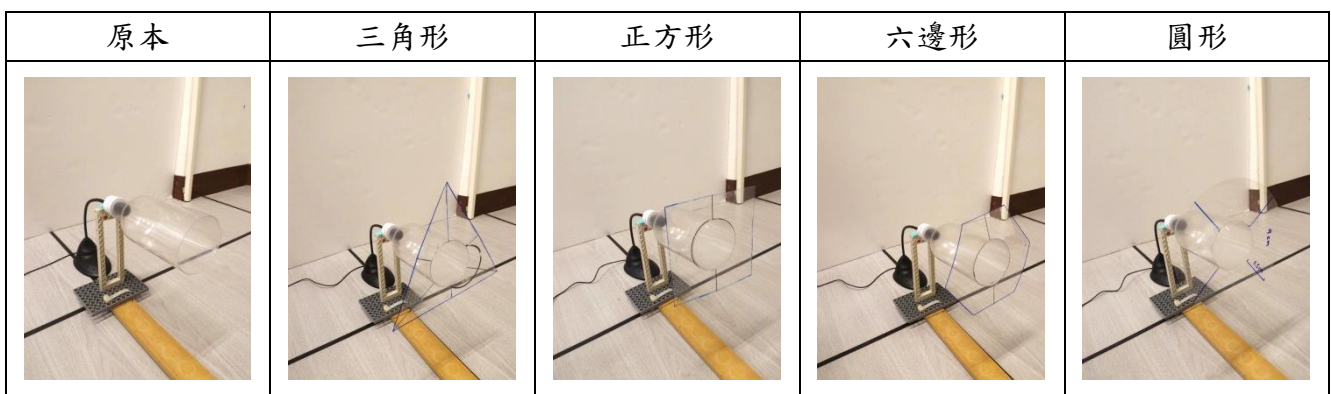
【研究 2-1】：探討外加不同形狀集音器對收音效果的影響。

一、研究目的：

探討外加不同形狀集音器對收音效果的影響。

二、研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞。
3. 固定高度將麥克風放內開口中，與音箱固定距離為 50 公分。
4. 寶特瓶前端加上使用相同面積製作三角形、正方形、六邊形與圓形的集音器。
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音，收音設為百分之百。

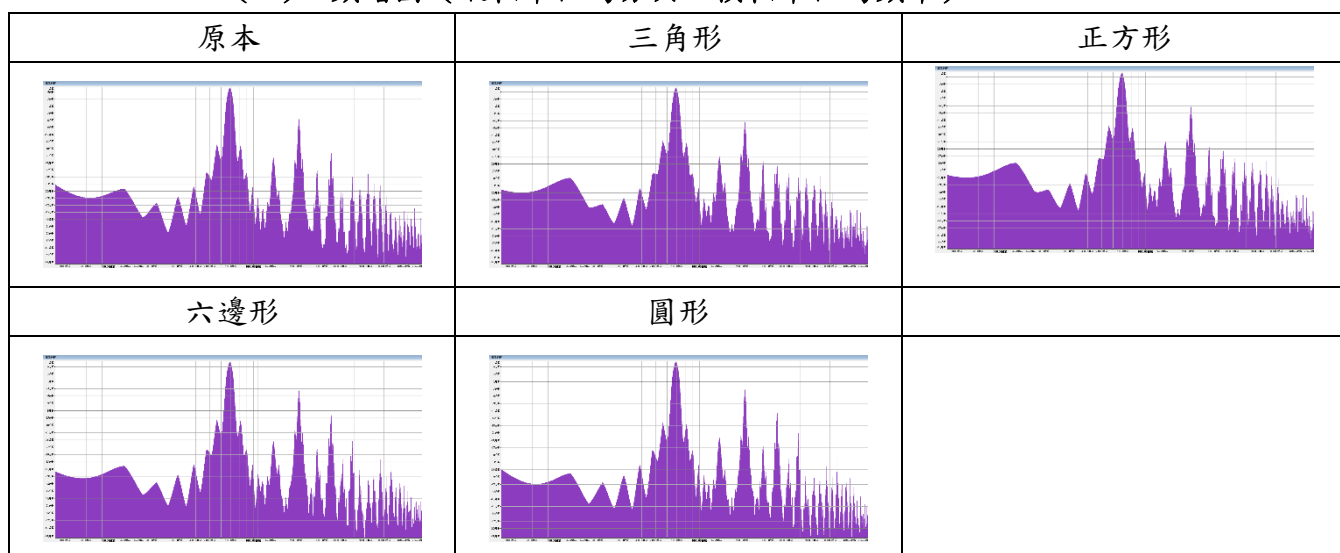


三、研究紀錄：

(一) 音量

形狀	原本	三角形	正方形	六邊形	圓形
分貝	7.60	7.50	7.51	7.81	7.83

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：圓形 > 六邊形 > 原本 > 正方形 > 三角形。

五、 小結：

1. 在寶特瓶開口前端加上集音器可以增加收音效果。
2. 集音器形狀越接近圓形會有最好的收音效果。
3. 我們了解集音器形狀後，我們試著將用不同大小的圓對收音的效果。

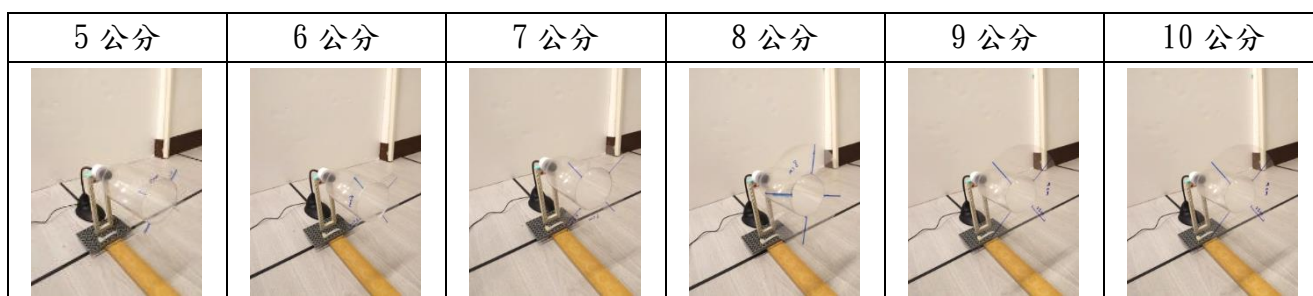
【研究 2-2】：探討集音器大小不同對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討集音器大小不同對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞。
3. 固定高度將麥克風放內開口中，與音箱固定距離為 50 公分。
4. 寶特瓶前端加上使用半徑 5 公分、半徑 6 公分、半徑 7 公分、半徑 8 公分、半徑 9 公分與、半徑 10 公分的集音器圓。
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音，收音設為百分之百。

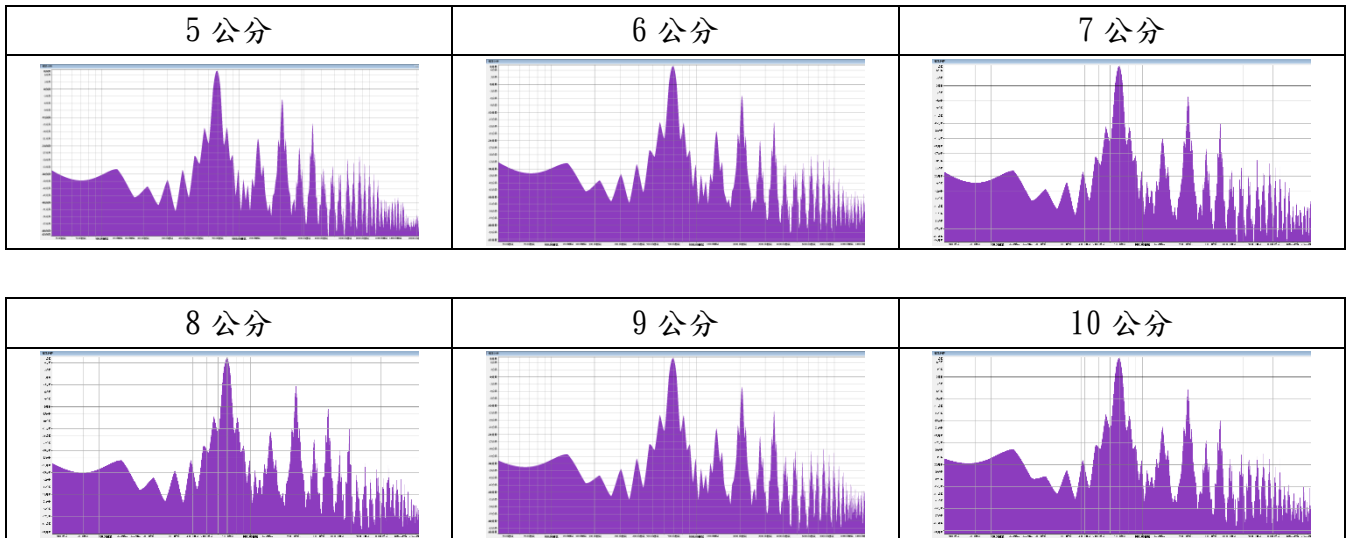


三、 研究紀錄：

(一) 音量

圓的半徑	5 公分	6 公分	7 公分	8 公分	9 公分	10 公分
分貝	7.68	7.62	7.80	7.82	7.72	7.61

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：8 公分 > 7 公分 > 9 公分 > 5 公分 > 6 公分 > 10 公分。
2. 半徑 5-8 公分集音器圓整個形狀比較挺，半徑 9-10 公分集音器圓太大容易照成下垂的情況影響收音效果。

五、 小結：

1. 半徑 8 公分集音器圓會有最佳的收音效果，集音圓太大或太小皆不會好的收音效果。
2. 集音器圓大小與寶特瓶口徑半徑比例為 0.425 為最佳。
3. 了解集音器圓的大小後，我想知道集音器圓的厚度是否對收音有影響。

【研究 2-3】：探討集音器圓不同厚度對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討集音器圓不同厚度對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

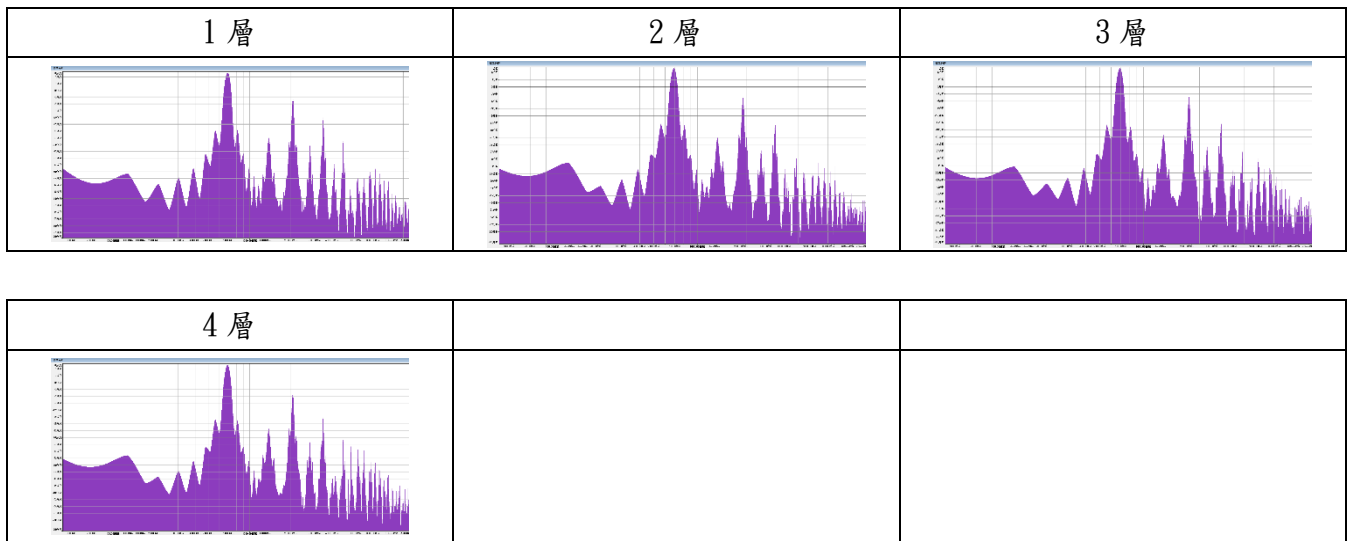
1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞。
3. 固定高度將麥克風放內開口中，與音箱固定距離為 50 公分。
4. 使用 1 層、2 層、3 層與 4 層的集音器圓實驗。
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音，收音設為百分之百。

三、 研究紀錄：

(一) 音量

集音器圓	1 層	2 層	3 層	4 層
分貝	7.83	7.69	7.68	7.63

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：1 層 > 2 層 > 3 層 > 4 層。
2. 集音器圓片數越多收音效果越差。

五、 小結：

1. 發現集音器圓片越少，集音器圓有明顯振動效果。
2. 了解集音器圓片數後，我想將集音器圓變錐形看是否影響收音效果。

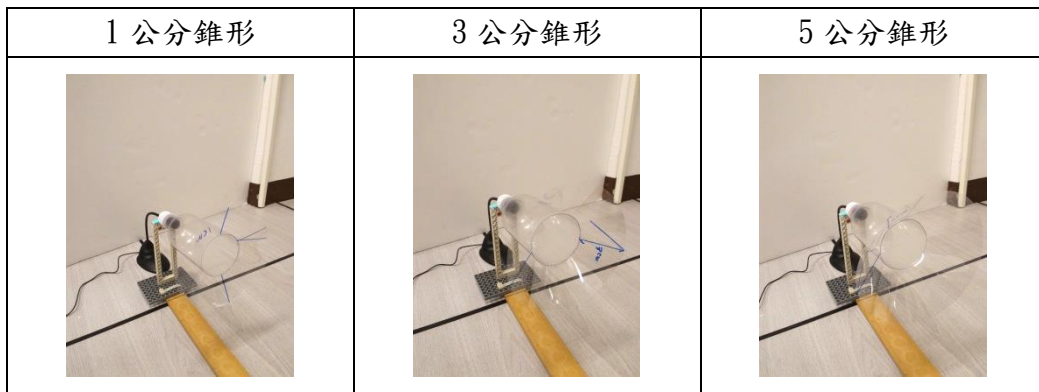
【研究 2-4】：探討集音器相同錐形開口高度不同對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討集音器相同錐形開口高度不同對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞。
3. 固定高度將麥克風放內開口中，與音箱固定距離為 50 公分。
4. 使用在寶特瓶前端加上半徑 8 公分平面圓形、1 公分高、3 公分高與 5 公分高的錐形集音器。
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音，收音設為百分之百。



三、 研究紀錄：

(一) 音量

形狀	平面圓形	1 公分高錐形	3 公分高錐形	5 公分高錐形
分貝	7.81	7.61	7.24	6.57

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：平面圓形 > 1 公分高錐形 > 3 公分高錐形 > 5 公分高錐形。

五、 小結：

1. 我們發現集音器變錐形並不會增加收音效果，集音器與寶特瓶口切齊會有較佳的收音效果。
2. 我們討論可能是因為收音麥克風的位置，我們是模擬貓頭鷹的耳朵不像天線將麥克風放在拋物面匯聚上，所以錐形不能增加收音效果。
3. 我們知道外耳形狀對收音效果的關係後，我們想知道聲音的頻率和距離對收音的效果了解，所以做了以下的實驗。

研究三、研究單一麥克風耳道對頻率和距離收音效果的關係。

【研究 3-1】：探討不同頻率對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討不同頻率對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞，寶特瓶前端加上一個半徑 8 公分平面圓形。

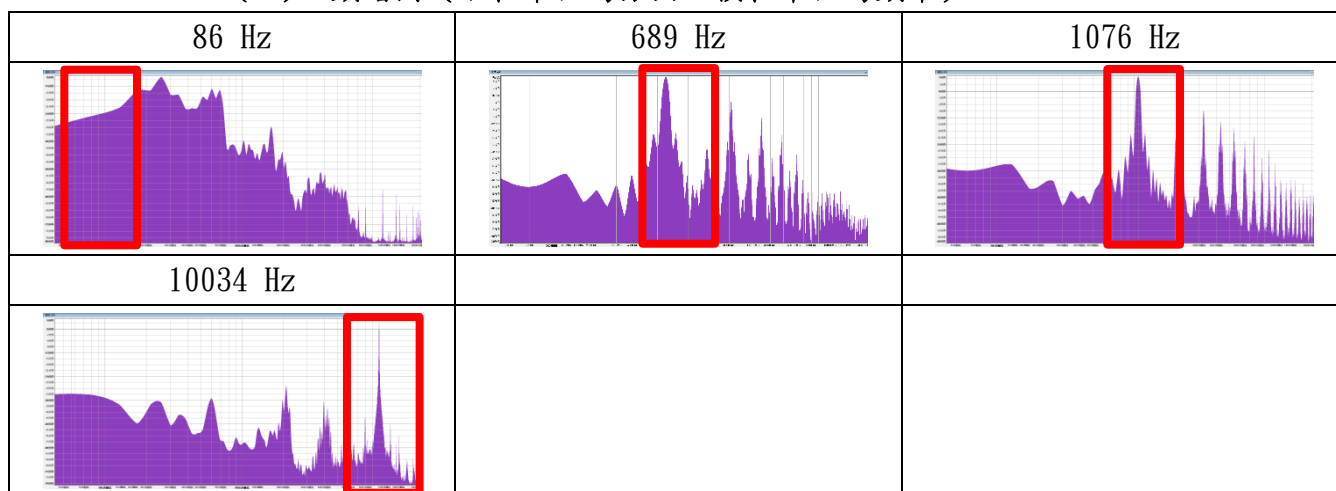
3. 固定高度將麥克風放內開口中。
4. 與音箱固定距離為 50 公分
5. 將音源設為百分之百，電腦程式 Audacity 錄音，收音設為百分之百。
6. 由於聲音分析軟體的限制，我們使用 Audacity 製作頻率 86 Hz、689 Hz、1076 Hz、10034 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音。

三、 研究紀錄：

(一) 音量

頻率	86 Hz	689 Hz	1076 Hz	10034 Hz
分貝	-30.96	7.88	6.48	4.68

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：689 Hz > 1076 Hz > 10034 Hz > 86 Hz。
2. 86 Hz 幾乎沒有變化，689 Hz 在高音頻部分有明顯共振現象，1076 Hz 也有共振現象。

五、 小結：

1. 發現除了 86 Hz 以外，頻率低會比頻率高會有最好的收音效果。
2. 我們發現 86 Hz 頻率低但收音效果不佳，於是把【研究 1-3】的寶特瓶拿來測試，結果發現效果都不佳，因此我們猜測是不是喇叭沒辦法播這麼低頻率。後來，我們使用品牌為 KINYO PS-285B 立體喇叭，最後證實我們的猜測，此喇叭響應頻率：150 Hz ~ 20K Hz，所以頻率 86 Hz 是測不出來的。
3. 由於貓頭鷹是雙耳定位，因此，了解單一麥克風對收音效果的關係後，我們想探討雙麥克風對收音效果的關係。

【研究 3-2】：探討不同距離對收音效果的影響。

一、 研究目的：

探討不同距離對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞。

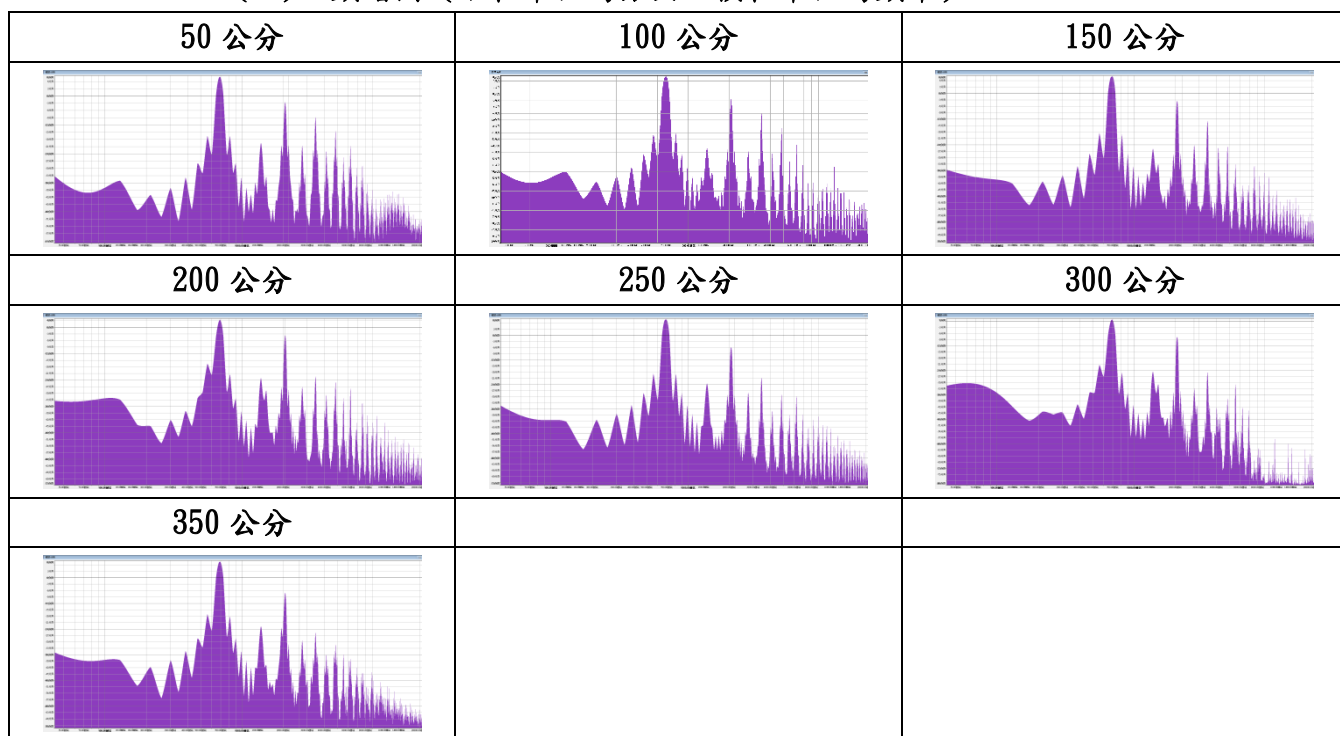
3. 二個麥克風中間間隔 20 公分，並固定高度 15 公分將麥克風放內開口中。
4. 與音箱固定二個麥克風正中間，麥克風與音箱的距離從 50 公分、100 公分、150 公分、200 公分、250 公分、300 公分與 350 公分依續錄音。
5. 將音源設為百分之百，電腦程式 Audacity 錄音，收音設為百分之百。
6. 使用 Audacity 製作頻率 689HZ 音檔，播放聲音檔，開始錄音。

三、 研究紀錄：

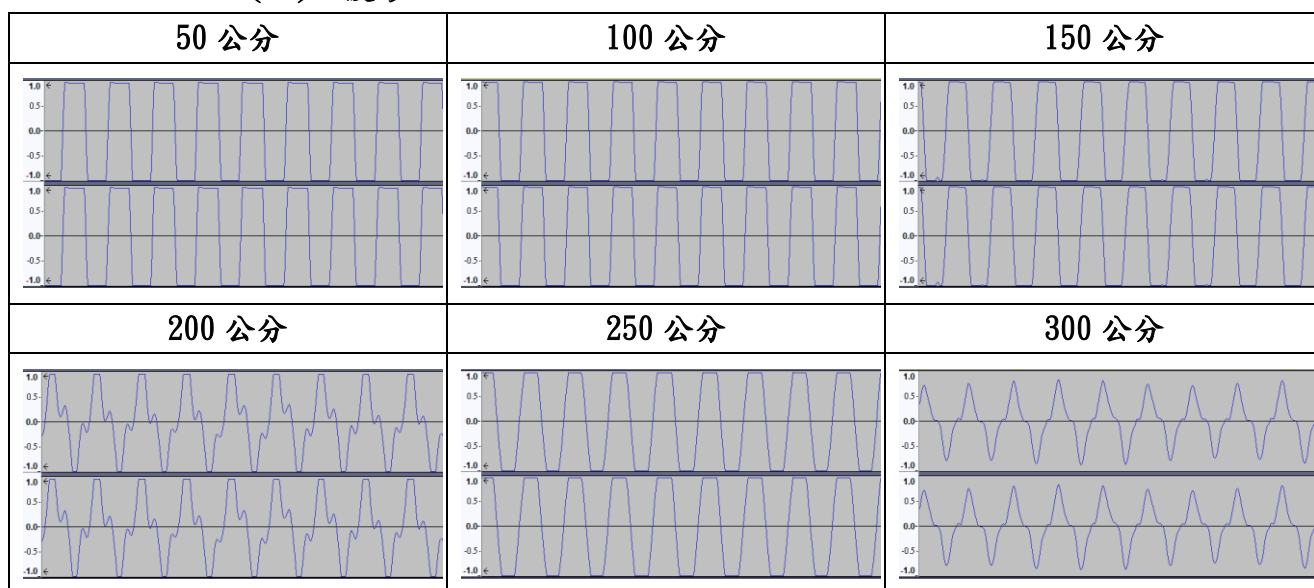
(一) 音量

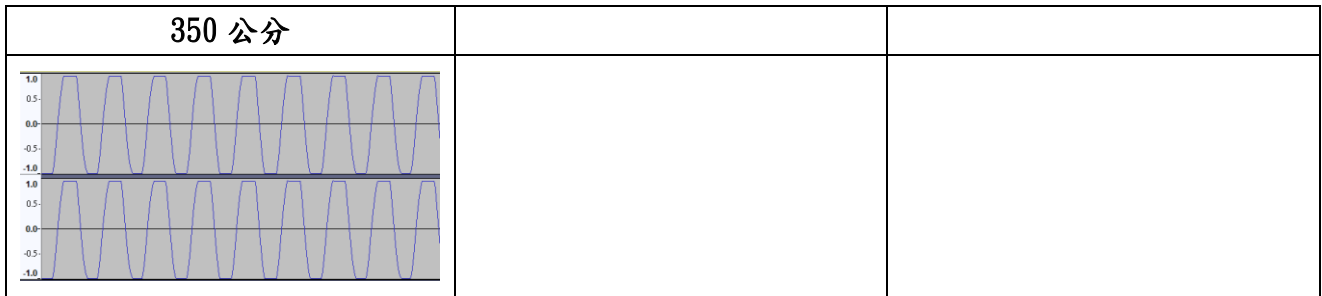
頻率	50 公分	100 公分	150 公分	200 公分	250 公分	300 公分	350 公分
分貝	7.88	7.81	7.70	3.35	7.57	1.67	7.41

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



(三) 波形





四、 實驗結果：

1. 分貝大小：50 公分 > 100 公分 > 150 公分 > 250 公分 > 350 公分 > 200 公分 > 300 公分。
2. 頻譜圖：各頻率分布無太大差異，50 公分、100 公分、150 公分、250 公分與 350 公分距離越遠 689hz 分貝越小。
3. 波形：50 公分、100 公分、150 公分、250 公分與 350 公分有完美的繩波形，200cm 與 250cm 有特別的波形。

五、 小結：

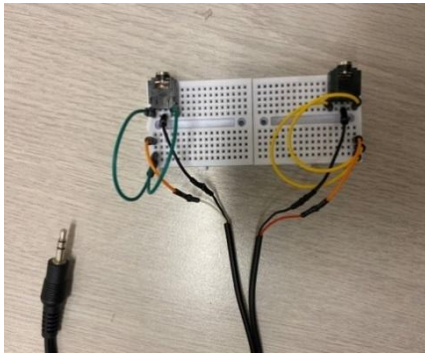
1. 發現音源放置在 50 公分、100 公分、150 公分、250 公分與 350 公分距離越遠收音越小。
2. 距離 200cm 與 250cm 反而有收音不良的結果，分析波形後發現並非完美的正弦波，可能是聲音打到牆壁反彈回來造成收音不良的原因。

研究四、研究雙麥克風對收音效果的關係。

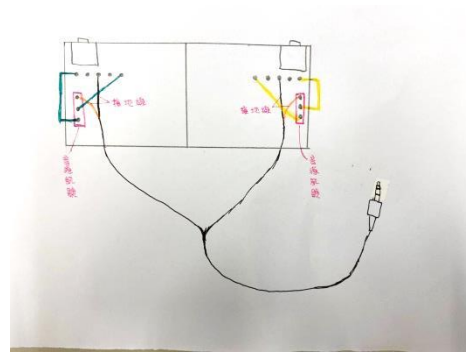
【研究 4-1】：如何製作可以收左右不同聲道輸入端。

1. 一開始我們使用兩個音效卡接上兩個麥克風當作兩隻耳朵的收音，結果發現錄完音後，二個分貝和頻譜圖都一樣，於是我們懷疑是不是二個音源輸入後整合成一個音檔，所以沒辦法分成左右聲道。
2. 我們上網搜尋資料研究音源線接頭與線材，發現音源線有分左右聲道，於是我們買了 3.5 立體耳機座，正確連接後，成功把左右聲道分開錄製。

音源線接頭介紹			3.5 立體耳機座		
左聲音 (白)(+)	右聲音 (紅)(+)	接地(-)	左聲音 (白)(+)	右聲音 (紅)(+)	接地(-)



裝置接線照片



裝置接線示意圖

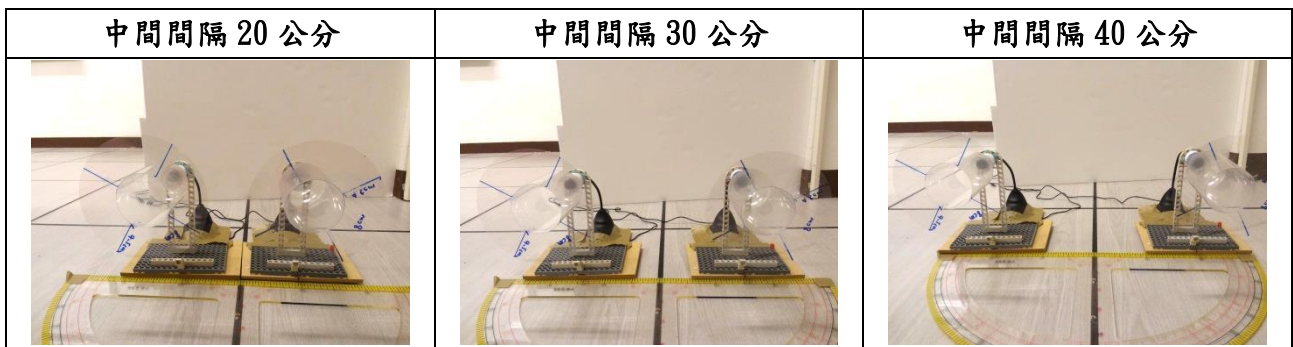
【研究 4-2】：探討兩個麥克風不同距離對收音效果的影响。

一、 研究目的：

探討兩個麥克風不同距離對收音效果的影响。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞
3. 與音箱固定二個麥克風正中間
4. 二個麥克風中間間隔 20 公分、30 公分與 40 公分，並固定高度 15 公分將麥克風放在內開口中。
5. 將音源設為百分之百，電腦程式 Audacity 錄音，收音設為百分之百。
6. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音。

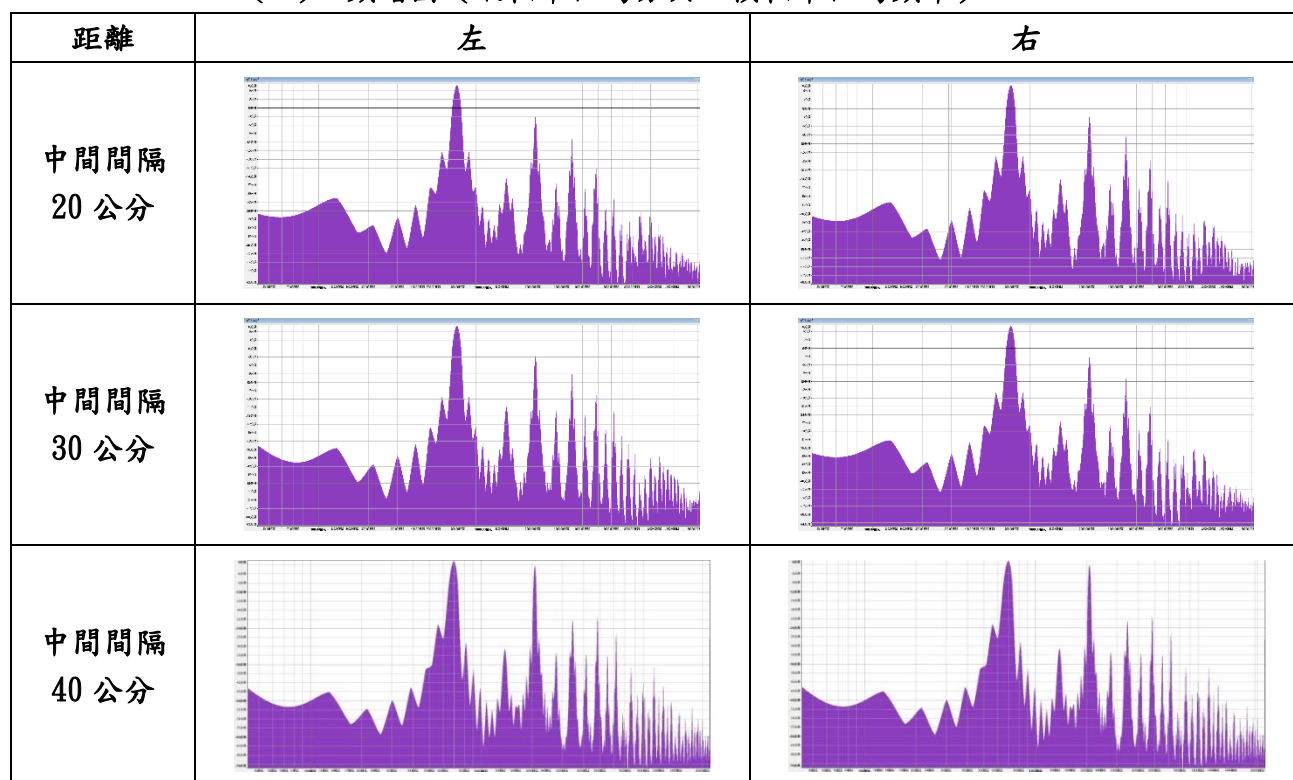


三、 研究紀錄：

(一) 音量

距離	中間間隔 20 公分	中間間隔 30 公分	中間間隔 40 公分
左分貝	7.90	7.87	7.78
右分貝	7.86	7.79	7.73

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



四、 實驗結果：

1. 分貝大小：中間間隔 20 公分 > 中間間隔 30 公分 > 中間間隔 40 公分。
2. 頻譜圖：各頻率分布無太大差異，中間間隔距離越遠 689 Hz 分貝越小。

五、 小結：

1. 使用雙麥克風放置正中間間隔 20 公分效果最佳。

【研究 4-3】探討兩個麥克風不同角度對收音效果的影響。

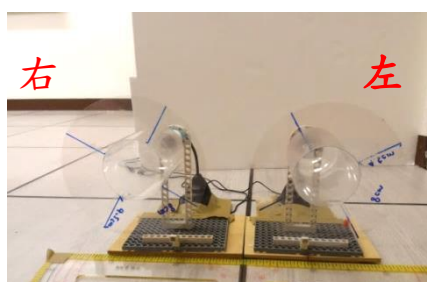
一、 研究目的：

探討兩個麥克風不同角度對收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞
3. 二個麥克風中間間隔 20 公分，並固定高度 15 公分將麥克風放內開口中。
4. 與音箱固定二個麥克風正中間，距離麥克風正中間 50cm。
5. 將音源設為百分之百，電腦程式 Audacity 錄音，收音設為百分之百。
6. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔，開始錄音。

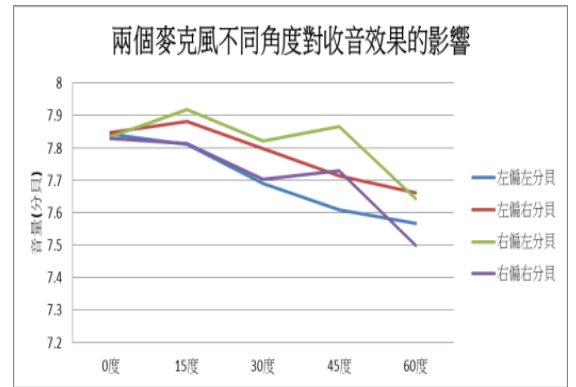
實驗裝置照



三、 研究紀錄：

(一) 音量表

角度	0 度	15 度	30 度	45 度	60 度
左偏左分貝	7.843	7.81	7.69	7.61	7.567
左偏右分貝	7.848	7.881	7.797	7.713	7.662
右偏左分貝	7.834	7.919	7.82	7.865	7.643
右偏右分貝	7.828	7.812	7.702	7.729	7.500



(二) 波形

向左偏角度	0 度	15 度	30 度
波形			
向左偏角度	45 度	60 度	
波形			

向右偏角度	0 度	15 度	30 度
波形			
向右偏角度	45 度	60 度	
波形			

四、 實驗結果：

1. 向左偏時分貝大小：右邊麥克風分貝都大於左邊麥克風。
2. 向右偏時分貝大小：左邊麥克風分貝都大於右邊麥克風。
3. 偏向角度越大，音量差異越大，但左右偏角度 15 度時，當開口正向發音源時會有最佳的收音效果。
4. 波形分析：左右麥克風收音時間差異：60 度 > 45 度 > 30 度 > 15 度

五、 小結：

1. 偏向角度越大，某一邊麥克風越接近音源時，錄音的效果會比另外一個好。
2. 偏向角度越大，左右收音時間差異越大。
3. 從波形中發現麥克風越接近音源時，會比另外一個更早收到音源。因此，我們想從左右二個麥克風收到音源的快慢和聲音大小來判定音源方位。

研究五、研究使用 ARDUINO 設備收音對辨別方向的關係

了解不同角度對收音的效果後，我們想從左右二個麥克風收到音源的快慢和聲音大小來試看看能用用來判定音源的方位。結果，試驗沒有很成功，查了資料才發現因為左右麥克風沒有微調的功能，收音的靈敏度不夠，上網查資料後我們發現可以使用具微調功能的 ARDUINO 聲音感知器配件來製作小型聲音定位器。

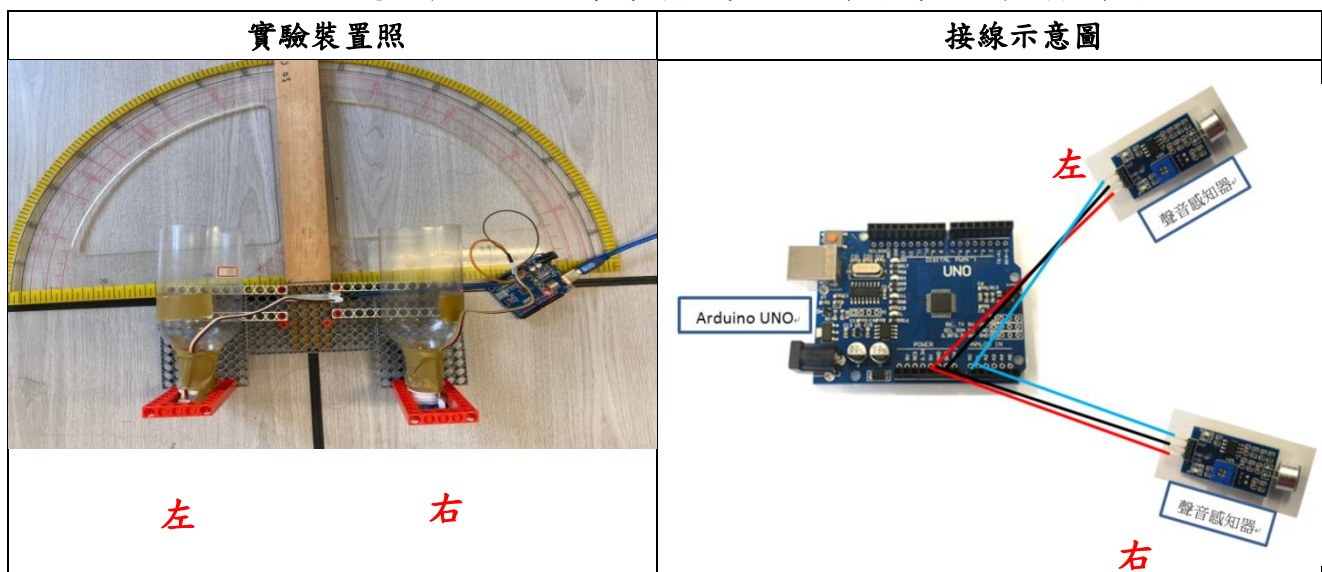
【研究 5-1】 ARDUINO 使用聲音感知器收音效果的影響。

一、 研究目的：

使用聲音感知器測試收音效果與麥克風收音的差異。

二、 研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑 6.8 公分)，深度 18 公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個 2 公分的洞
3. 使用 ARDUINO 聲音感知器來取代麥克風。
4. 與音箱固定二個聲音感知器正中間，距離麥克風正中間 50cm。
5. 使用 Audacity 製作頻率 689 Hz 音檔，播放聲音檔。
6. 利用電腦軟體 Mind+ 寫感測程式，利用聲音感知器來測量聲音大小。



程式編寫

- 擷取左右聲道強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過十次的數值平均。

擷取左聲道數值	擷取右聲道數值
<pre> 定义 L 设置 L 的值为 0 重复执行 10 次 将 L 增加 读取引脚 A0 声音强度 设置 L 的值为 变量 L / 10 </pre>	<pre> 定义 R 设置 R 的值为 0 重复执行 10 次 将 R 增加 读取引脚 A1 声音强度 设置 R 的值为 变量 R / 10 </pre>

- 最後在程式輸出呈現左右聲道數據



三、 研究紀錄：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
左數據	216	211	212	219	219	218	214	215	219	213	215.6
右數據	210	219	212	213	217	218	219	212	216	212	214.8

四、 實驗結果：

- 左右聲道能接收到聲音訊號。
- 聲音感知器經過微調後左右數據誤差在5左右。

五、 小結：

- 之前使用麥克風不能微調，改用聲音感知器可以微調後，能清楚分辨兩個麥克風的收音效果，就可以利用接收的數值來辨別方向。
- 因聲音感知器把所有的聲音都接收，所以環境中有較大的聲音就會影響方向，於是我們看到教室麥克風的接收器上，老師講話時設備的數值就會上上下下的跑，我們就上網找尋 Arduino 是否有相關的設備。

【研究 5-2】 ARDUINO 使用音頻分析器收音效果的影響。

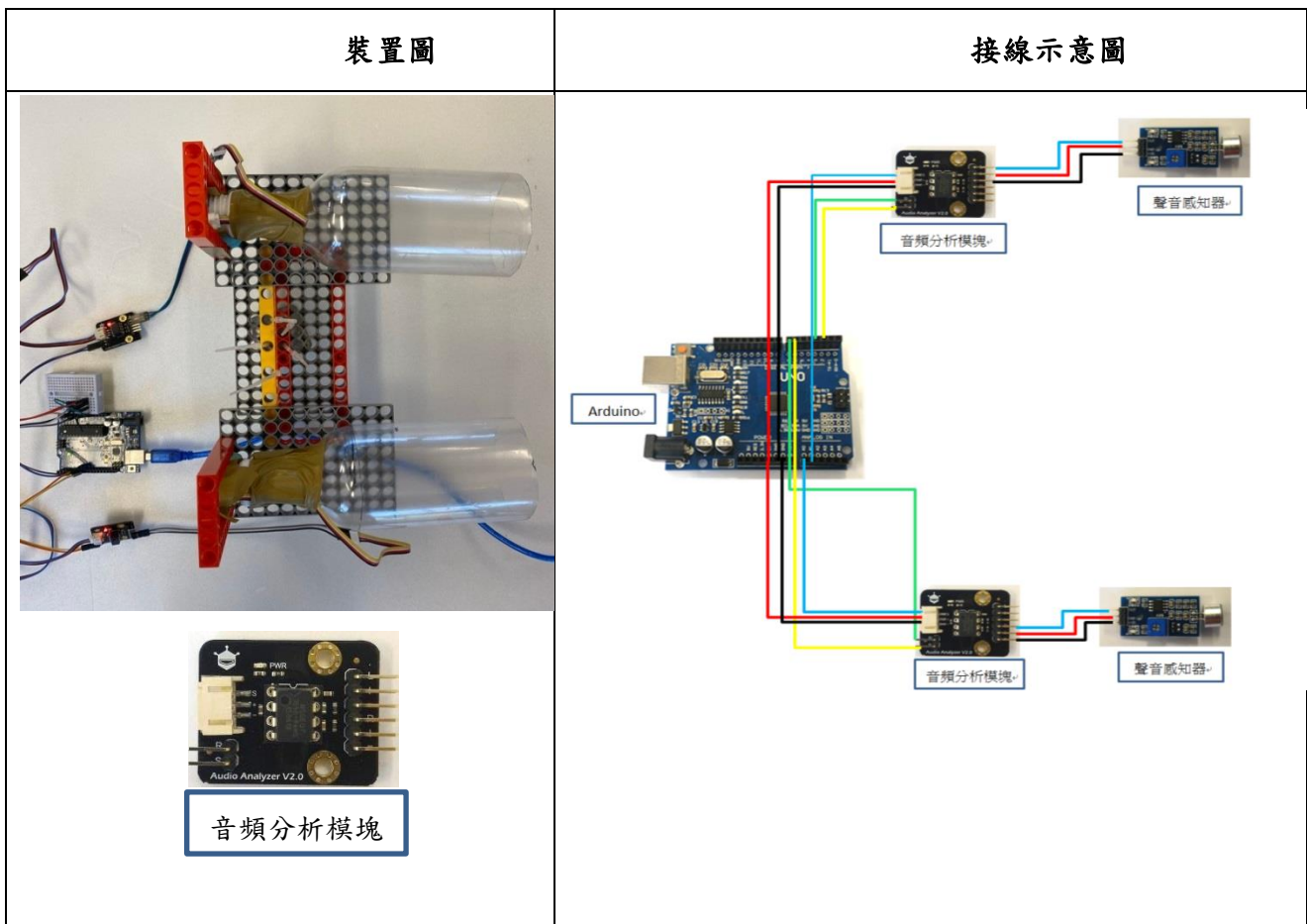
本實驗利用音頻分析模塊擷取特定波段，這款模塊的設計基於 MSGEQ7 圖形均衡濾波器。音頻信號通過該模塊會被過濾成 7 個波段。並且能夠輸出每一個頻段的幅值。這七個頻段分別是：63 Hz，160 Hz，400 Hz，1K Hz，2.5k Hz，6.25k Hz 和 16k Hz。

一、 研究目的：

ARDUINO 使用音頻分析器收音效果的影響。

二、 研究步驟：

1. 依活動一的方式在聲音感知器與 Arduino 中間加入一塊音頻分析器。
2. 利用音頻分析器就鎖定 160 Hz 頻率進行實驗。
3. 與音箱固定二個聲音感知器正中間，距離麥克風正中間 50cm。
4. 使用 Audacity 製作頻率 160 Hz 音檔，播放聲音檔。
5. 利用電腦軟體 Mind+ 寫感測程式，利用聲音感知器來測量聲音大小。



程式編寫

1. 擷取左右聲道特定音頻強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過十次的數值平均。
2. 分別輸出左右聲道擷取十次的平均值。

擷取左聲道數值	擷取右聲道數值	UNO 主程序

三、 研究紀錄：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
左數據	248	246	249	240	242	244	241	248	245	242	244.5
右數據	259	253	258	255	252	254	256	257	253	250	254.7

四、 實驗結果：

1. 左右聲道能接收到聲音訊號。
2. 聲音感知器經過音頻分析器左右數據誤差在 10 左右。

五、 小結：

1. 透過音頻分析器能降低環境其他頻率的聲音干擾。
2. 環境 160 Hz 音頻左右聲道平均數值大約 50 左右。
3. 實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音。

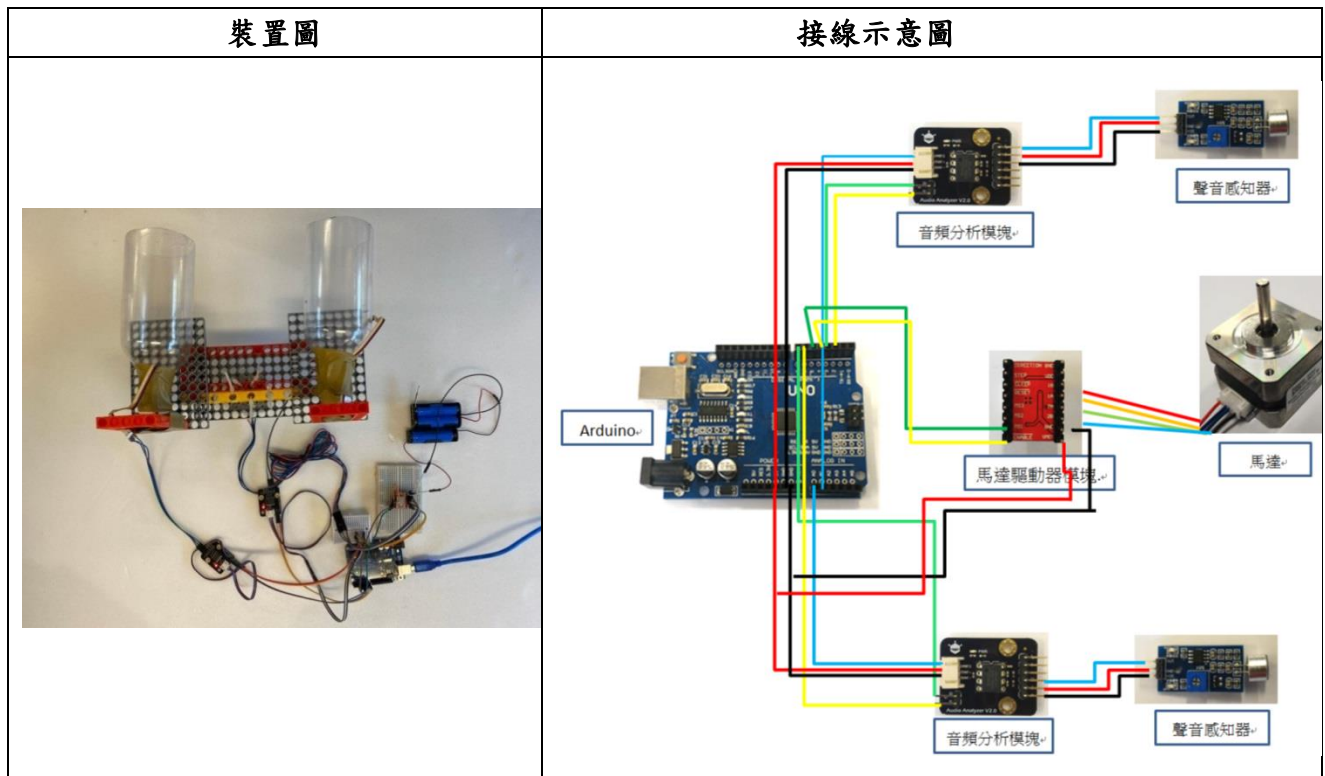
【研究 5-3】 ARDUINO 使用馬達讓設備接收到數據辨別方向。

一、 研究目的：

由前面的研究我們能利用聲音感知器及音頻分析器，選擇特定的音頻來辨別音源的方向。接下來，我們想如果加上馬達驅動，設計一個能偵測左右聲道音量，讓設備轉向音源方向的機器。

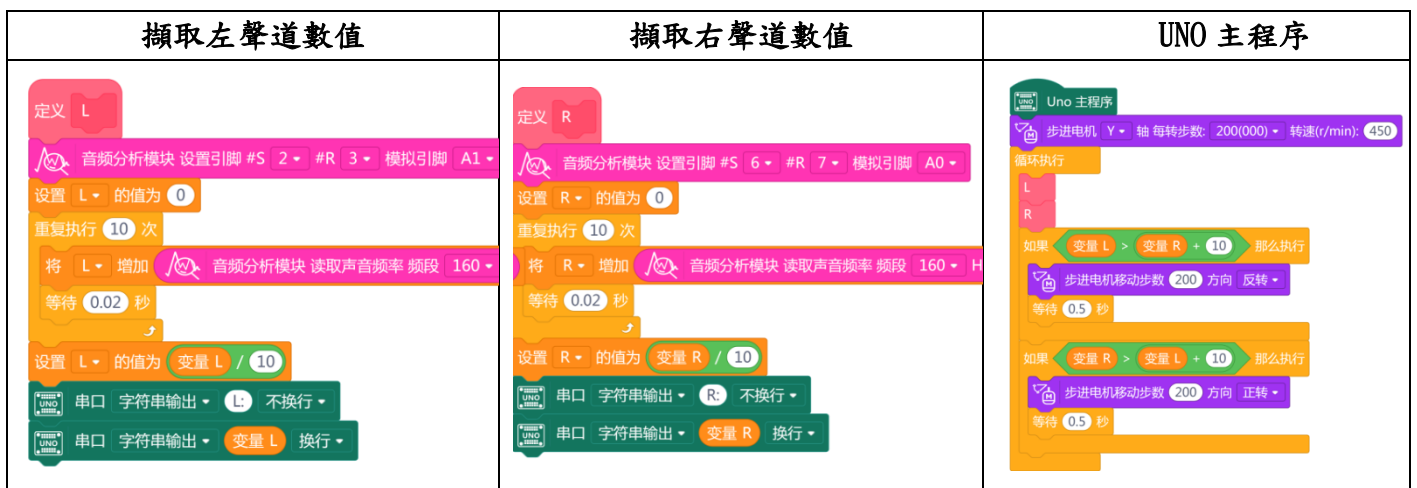
二、 研究步驟：

1. 根據前研究，在聲音感知器下方加入馬達及 A4988 馬達驅動器模塊。
2. 正確連接 A4988 馬達驅動器模塊與 ARDUINO 模塊。
3. 啟動音源測試裝置是否能轉向音源方位。



程式編寫

1. 擷取左右聲道特定音頻強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過十次的數值平均。
2. 分別輸出左右聲道擷取十次的平均值。
3. 根據擷取出來的左右聲道數值，在 UNO 主程序中辨別聲音大小控制馬達正轉或反轉。
4. 輸出馬達正轉還是反轉以及步進次數。



三、 結果

利用聲音感知器及音頻分析器，選擇 160 Hz 特定音頻加上馬達以及驅動模組，能偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，達到定位的效果。

【研究 5-4】 ARDUINO 使用二個馬達與音源的角度計算出距離。

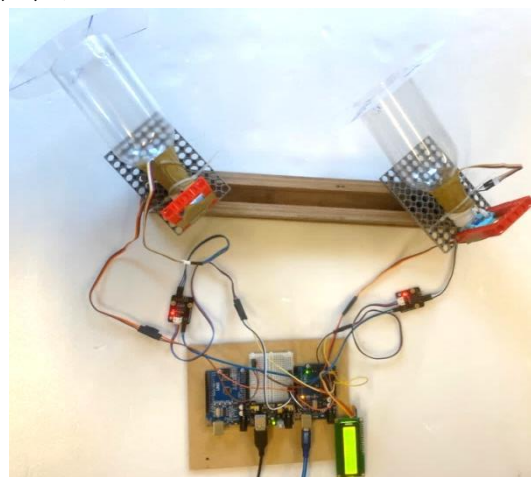
一、 研究目的：

由前面的研究我們能利用聲音感知器及音頻分析器，選擇特定的音頻來辨別音源的方向，並利用馬達設備轉向音量較大的一方達到定位的效果，於是我們想利用二個不同的馬達來找出感知器與音源之間的角度，利用已知的角度與二個感知器之間的距離推出音源和感知器之間的距離。

二、 研究步驟：

1. 根據前研究，我們無法利用現有的馬達控制轉的角度，於是我們更換馬達使用伺服器馬達。
2. 正確連接伺服器馬達分別將訊號接 UNO 的 9 與 10 pins，9 pins 是控制左邊馬達，10 pins 是控制右邊馬達。
3. 啟動音源測試裝置是否能轉向音源方位。

裝置圖



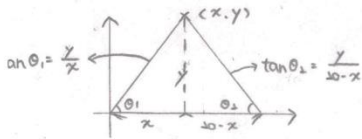
程式編寫

1. 擷取左右聲道特定音頻強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過 20 次的數值平均。
2. 分別輸出左右聲道擷取 20 次的平均值。
3. 根據擷取出來的左右聲道數值，在 UNO 主程序中辨別聲音大小控制左右馬達同時正轉或反轉。
4. 經過十次的聲音大小控制左右馬達同時正轉或反轉後，左右馬達分別利用感知器找尋音源定位得知角度，利用斜率與三角函數推出距離。

擷取左聲道數值	擷取右聲道數值
<pre>定義 L_sound 音頻分析模塊 設置引腳 #S 2 • #R 3 • 模塊引腳 A0 • 變數 L_sound = 設為 0 重覆 20 次 變數 L_sound = 改變 音頻分析模塊 讀取聲音頻率 160 • Hz 等待 0.01 秒 變數 L_sound = 設為 變量 L_sound / 20</pre>	<pre>定義 R_sound 音頻分析模塊 設置引腳 #S 4 • #R 5 • 模塊引腳 A1 • 變數 R_sound = 設為 0 重覆 20 次 變數 R_sound = 改變 音頻分析模塊 讀取聲音頻率 160 • Hz 等待 0.01 秒 變數 R_sound = 設為 變量 R_sound / 20</pre>

左馬達利用感知器找尋音源定位 得知角度	右馬達利用感知器找尋音源定位 得知角度

計算距離



$$\tan \theta_1 = \frac{y}{x} \Rightarrow y = x \cdot \tan \theta_1$$

$$\tan \theta_2 = \frac{y}{20-x} \Rightarrow y = (20-x) \cdot \tan \theta_2$$

① 得 知

$$x \cdot \tan \theta_1 = (20-x) \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot \tan \theta_1 = 20 \cdot \tan \theta_2 - x \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot \tan \theta_1 + x \cdot \tan \theta_2 = 20 \cdot \tan \theta_2$$

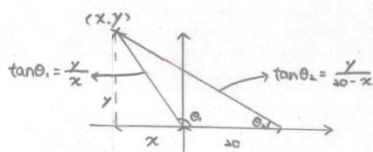
$$x \cdot (\tan \theta_1 + \tan \theta_2) = 20 \cdot \tan \theta_2$$

$$x = \frac{20 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}$$

代 入 ①

$$y = x \cdot \tan \theta_1 = \frac{20 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} \cdot \tan \theta_1$$

$$= \frac{20 \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}$$



$$\tan \theta_1 = \frac{y}{x} \Rightarrow y = x \cdot \tan \theta_1$$

$$\tan \theta_2 = \frac{y}{20-x} \Rightarrow y = (20-x) \cdot \tan \theta_2$$

① 得 知

$$x \cdot \tan \theta_1 = (20-x) \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot \tan \theta_1 = 20 \cdot \tan \theta_2 - x \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot \tan \theta_1 + x \cdot \tan \theta_2 = 20 \cdot \tan \theta_2$$

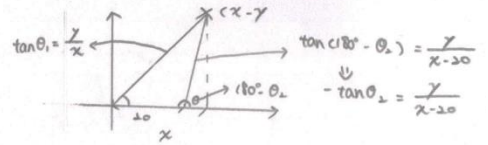
$$x (\tan \theta_1 + \tan \theta_2) = 20 \cdot \tan \theta_2$$

$$x = \frac{20 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}$$

代 入 ①

$$y = x \cdot \tan \theta_1 = \frac{20 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)} \cdot \tan \theta_1$$

$$= \frac{20 \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}$$



$$\tan \theta_1 = \frac{y}{x} \Rightarrow y = x \cdot \tan \theta_1$$

$$\tan \theta_2 = \frac{y}{x-20} \Rightarrow y = (x-20) \cdot \tan \theta_2$$

① 得 知

$$x \cdot \tan \theta_1 = (x-20) \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot \tan \theta_1 = x \cdot \tan \theta_2 - 20 \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot \tan \theta_1 - x \cdot \tan \theta_2 = -20 \cdot \tan \theta_2$$

$$x \cdot (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = -20 \cdot \tan \theta_2$$

$$x = \frac{-20 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)}$$

代 入 ①

$$y = x \cdot \tan \theta_1 = \frac{-20 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)} \cdot \tan \theta_1$$

$$= \frac{20 \cdot \tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2}{(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)}$$

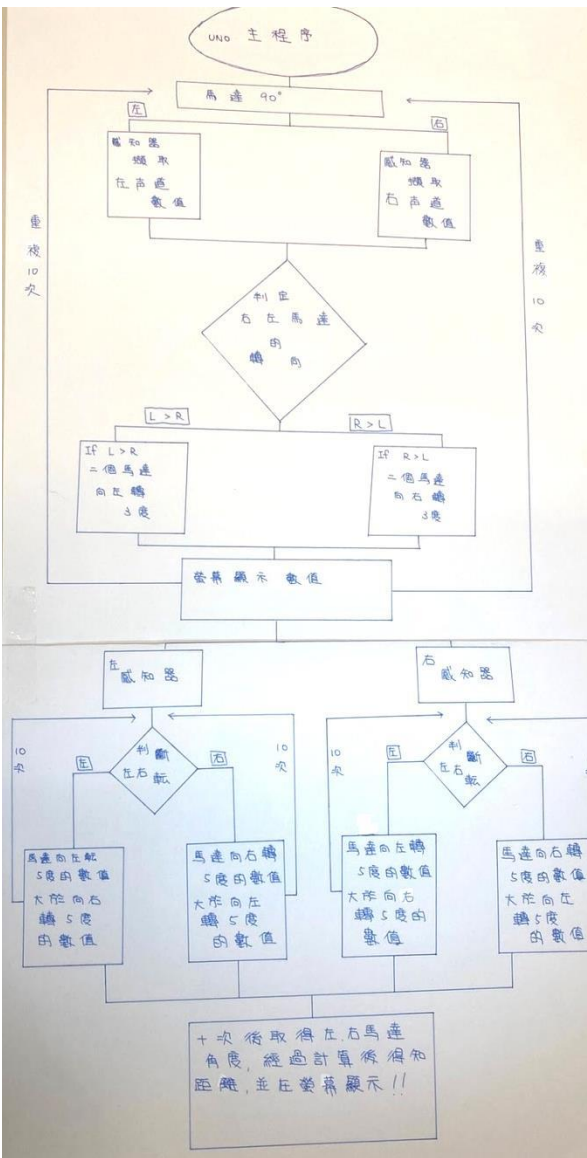
因 θ 角度大於 90 度時， $\tan \theta$ 的值为負數，所以 $\tan \theta$ 加上絕對值後皆為正數，所以歸納出距離為 $20 \times \frac{|\tan \theta_1 \times \tan \theta_2|}{|\tan \theta_1| + |\tan \theta_2|}$ ，如果二個聲音感知器的距離為 X 時，音源的位置大約在 $X \times \frac{|\tan \theta_1 \times \tan \theta_2|}{|\tan \theta_1| + |\tan \theta_2|}$ 。

NU 計算距離的函數

定义 NU

设置 NU 的值为 四舍五入 20 * 绝对值 tan 变量 angle * 绝对值 tan 变量 angle1 / 绝对值 tan 变量 angle + 绝对值 tan 变量 angle1

流程圖



UNO 主程序

```

Uno 主程序
初始化 I2C 液晶顯示屏 地址為 0x3F
變數 my variable 設為 90
重複無限次
  重複 10 次
    L sound
    R sound
    如果 變數 Lsound > 變數 Rsound + 5 那麼
      變數 my variable 設為 變數 my variable + 3
      設置 9 引腳伺服舵機為 變數 my variable 度
      設置 10 引腳伺服舵機為 變數 my variable 度
    如果 變數 Rsound > 變數 Lsound + 5 那麼
      變數 my variable 設為 變數 my variable - 3
      設置 9 引腳伺服舵機為 變數 my variable 度
      設置 10 引腳伺服舵機為 變數 my variable 度
  I2C 液晶顯示屏在第 1 行顯示 字串組合 變數 my variable 字串組合 "" 變數 my variable
  I2C 液晶顯示屏在第 2 行顯示 字串組合 變數 Lsound 字串組合 "" 變數 Rsound
  等待 1 秒
  變數 angle 設為 變數 my variable
  變數 angle1 設為 變數 my variable
  重複 10 次
    Lsound direction
    設置 9 引腳伺服舵機為 變數 angle 度
    Rsound direction
    設置 10 引腳伺服舵機為 變數 angle1 度
  I2C 液晶顯示屏在第 1 行顯示 字串組合 變數 angle 字串組合 "" 變數 angle1
  I2C 液晶顯示屏在第 2 行顯示 字串組合 變數 Lsound 字串組合 "" 變數 Rsound
  等待 0.2 秒
NU
I2C 液晶顯示屏在第 1 行顯示 變數 NU
等待 1 秒
  
```

三、 結果

利用聲音感知器及音頻分析器，選擇 160 Hz 特定音頻，偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，再利用二邊馬達各自利用感知器找尋音源定位得知角度，使用二個馬達與音源的角度和三角函數推出距離，音源的位置大約在

二個聲音感知器距離 $\times \frac{|\tan \theta 1 \times \tan \theta 2|}{|\tan \theta 1| + |\tan \theta 2|}$ ，假設二個聲音感知器的距離為 20 公

分，二個馬達角度為 89 度時， $\tan 89 = 57.28996163$ ，代入公式中得知距離為 572.8996163 公分，所以當二個聲音感知器的距離為 20 公分時最大的測量距離大約 573 公分。如果測量距離要更遠就必需增加二個聲音感知器的距離。

伍、研究結果

研究一、研究單一麥克風對收音效果的關係。

1. 發現麥克風使用塑膠材質外罩收音效果好。
2. 使用口徑 6.8 公分深度 18 公分，有最好的收音效果，內壁加上不同材質不能增加收音效果。
3. 從頻譜圖來看深度長度越長 9000 Hz 以上收音越好，所以要收高頻的聲音就需要深度越長越好。

研究二、研究單一麥克風外耳形狀對收音效果的關係。

1. 集音器的形狀越接近圓形收音效好。
2. 集音器圓大小與寶特瓶口徑半徑比例為 0.425 為最佳。
3. 集音器圓片越少，集音器圓有明顯振動效果。
4. 發現集音器變錐形並不會增加收音效果，可能是因為收音麥克風的位置，我們是模擬貓頭鷹的耳朵不像天線將麥克風放在拋物面匯聚上，所以錐形不能增加收音效果，集音器與寶特瓶口切齊會有較佳的收音效果。

研究三、研究單一麥克風耳道對頻率和距離收音效果的關係。

1. 因音箱無法發出 86 Hz 以外，頻率低會比頻率高會有最好的收音效果。
2. 放置在 50 公分、100 公分、150 公分、250 公分與 350 公分距離越遠收音越小但差距只有 0.4 分貝。
3. 要有較佳的收音效果，在麥克風的後方不要物體阻擋避免反彈回來聲音干擾。

研究四、研究雙麥克風對收音效果的關係。

1. 雙麥克風放置正中間間隔 20 公分效果最佳
2. 角度越大，某一邊麥克風越接近音源時，錄音的效果會比另外一個好，左右收音時間差異越大。
3. 麥克風開口越接近音箱時，會比另外一個更早收到音源。因此，我們想從左右二個麥克風收到音源的快慢和聲音大小來判定音源方位。

研究五、研究使用 ARDUINO 設備收音對辨別方向的關係。

1. 實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音也能降低環境其他頻率的聲音干擾。

2. 使用聲音感器、音頻分析器加上馬達，能偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，達到定位的效果。
3. 利用二邊馬達各自利用感知器找尋音源定位得知角度，使用二個馬達與音源的角度和三角函數推出距離。
4. 二個聲音感知器的距離為X時，音源的位置大約在 $X \times \frac{|\tan \theta 1 \times \tan \theta 2|}{|\tan \theta 1| + |\tan \theta 2|}$ 。
5. 當二個聲音感知器的距離為20公分時最大的測量距離大約573公分。如果測量距離要更遠就必需增加二個聲音感知器的距離。

陸、結論與討論

使用 ARDUINO 來製作聽音辨位的設備，原本使用左右聲道接收音訊的時間差，來印證聽音辨位的可行性，因 ARDUINO 的時間差能到毫秒所以無法使用時間差來計算距離，於是使用二個馬達，並利用聲音感知器來確定音源位置，再利斜率與三角函數推出距離，我們實驗得知影響聽音辨位因素有：有外罩使用塑膠材質的、要有深度、口徑不能太大、頻率不同均會影響收音，使用集音器圓大小與寶特瓶口徑半徑比例為 0.425 為最佳。

實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音也能降低環境其他頻率的聲音干擾。使用聲音感器、音頻分析器加上馬達，能偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，達到定位的效果，利用伺服馬達知道轉向的角度和三角函數推出距離。

未來我們應用戶外遊戲區定位於小孩或寵物的所在位置，也可以利用特殊救難用途。

柒、參考資料

1. 貓頭鷹，只憑一雙耳朵就能繪製3D地圖
<https://kknews.cc/zh-tw/n/oe4ro25.html>
2. Audio Analyzer Wiki
https://wiki.dfrobot.com/Audio_Analyzer_v2_SKU_DFR0126
3. 國立台灣師範大學 物理系 黃福坤(2011/06/20)·聲音的三要素—響度、音調、音品、共振和共鳴、聲波的波形與頻率的關係、聲音的產生與傳播·取自
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=modules/sound/section2>
4. 我的第一個Arduino - 柯博文老師 - PowenKo 柯博文
<http://www.powenko.com/wordpress/%E6%88%91%E7%9A%84%E7%AC%AC%E4%B8%80%E5%80%8Barduino/>

【評語】 082810

研究起因於貓頭鷹兩個耳朵構造的差異性，非常令人期待其研究成果的故事性。透過對於收音獲得的音訊在時間軸以及頻率軸的訊號強度解析是需要更多投入的討論及分析。透過音訊強度的差異，控制馬達往音訊方向轉動，可以透過尋覓音源的方向判定轉動的方向。然而在收音過程有許多環境噪音的影響，會造成判斷的誤差，這方面可以在加上帶通濾波器侷限收音頻率可以克服部分的噪音影響。

壹、研究動機

自然課程老師和我們探討動物如何發現獵物及捕捉獵物的主題，老師說貓頭鷹是一種喜歡在夜晚活動的動物，不僅擁有非常驚人的視力系統，牠們的聽覺也同樣的靈敏，經常在夜晚捕食獵物，不僅要靠視力，聽覺能力一樣能夠幫助牠捕捉到食物，牠有2隻不一樣大小的耳朵，而且2隻耳朵的高度也不同，這使得牠能夠判斷聲音的源頭，左右兩耳的形狀與結構不相同，左耳道比右耳道寬闊，且左耳有發達的耳鼓，有利於聽覺進行定位。本次實驗我們利用麥克風左(L)右(R)立體聲聲波、馬達、Arduino等設備來模擬貓頭鷹的左右耳來探究是否能成功定位音源端的位置。

貳、研究目的

研究一、研究單一麥克風對收音效果的關係。

研究1-1、探討不同材質對收音效果的影響。

研究1-2、探討不同深度對收音效果的影響。

研究1-3、探討不同開口大小對收音效果的影響。

研究1-4、探討不同內壁對收音效果的影響。

研究二、研究單一麥克風外耳形狀對收音效果的關係。

研究2-1、探討外加不同形狀集音器對收音效果的影響。

研究2-2、探討集音器大小不同對收音效果的影響。

研究2-3、探討集音器圓不同厚度對收音效果的影響。

研究2-4、探討集音器相同錐形開口高度不同對收音效果的影響。

研究三、研究單一麥克風耳道對頻率和距離收音效果的關係。

研究3-1、探討不同頻率對收音效果的影響。

研究3-2、探討不同距離對收音效果的影響。

研究四、研究雙麥克風對收音效果的關係。

研究4-1、製作可以收左右不同聲道輸入端。

研究4-2、探討兩個麥克風不同距離對收音效果的影響。

研究4-3、探討兩個麥克風不同角度對收音效果的影響。

研究五、研究使用ARDUINO設備收音對辨別方向的關係。

研究5-1、ARDUINO使用聲音感知器收音效果的影響。

研究5-2、ARDUINO使用音頻分析器收音效果的影響。

研究5-3、ARDUINO使用馬達讓設備接收到數據辨別方向。

研究5-4、ARDUINO使用二個馬達與音源的角度計算出距離。

參、研究設備及器材

一、製作工具：Arduino UNO、麵包板、電源供應器、馬達、音頻分析模組、麥克風模組

二、測量工具：直尺、電腦程式 Audacity

三、使用材料：寶特瓶、投影片

四、實驗器材：電腦程式 Audacity、音源線、喇叭、麥克風、3.5立體耳機座、Arduino UNO、馬達、音頻分析模組、麥克風模組。

五、建立聲頻產生系統及收音系統

(一)音源產生：

1. 使用Audacity產生不同聲頻音檔
2. 利用電腦將訊號輸出到喇叭。

(二)收音系統：

1. 用敏感度高的電容式麥克風做為我們的收音系統，並將訊號輸入電腦中進行進一步的檢視。
2. 麥克風模組可以用Arduino進行信號採集，利用A0至A5也可作為數位輸出、輸入腳位使用，其值介於0~1023間。

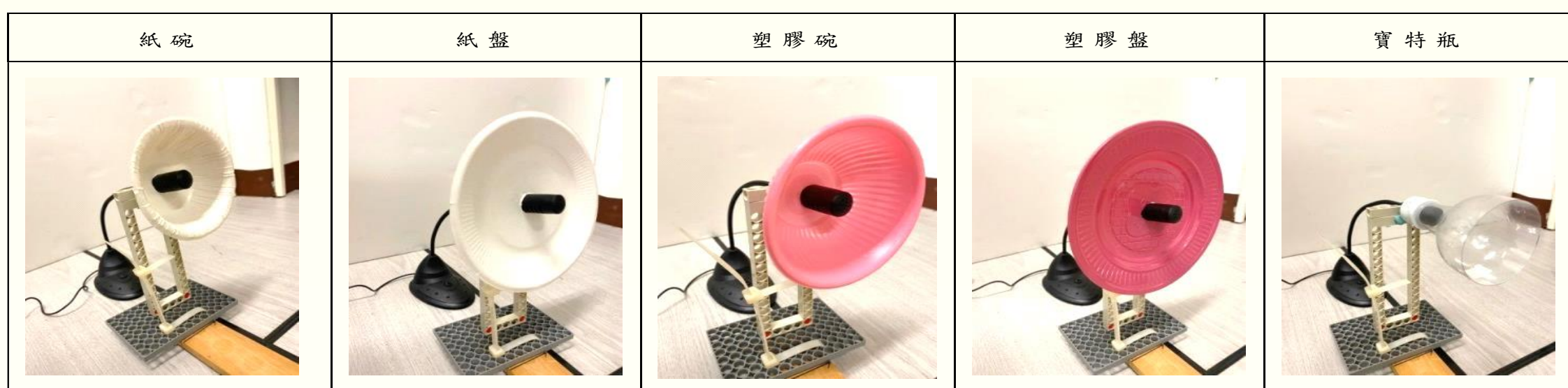
肆、研究過程與方法

研究一、研究單一麥克風對收音效果的關係。

【研究1-1】：探討不同材質對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 使用紙碗、紙盤、塑膠碗、塑膠盤與寶特瓶，分別在正中央開直徑2公分的洞。
2. 固定麥克風高度25cm，將麥克風放入樣品洞口中。
3. 設定麥克風與音箱固定距離為50公分
4. 使用Audacity製作頻率689 Hz音檔，將音源收音音量設為百分之百
5. 播放689 Hz的聲音檔，使用電腦程式 Audacity錄音，收音音量也設為百分之百。
6. 使用Audacity分析音檔音量及頻譜。

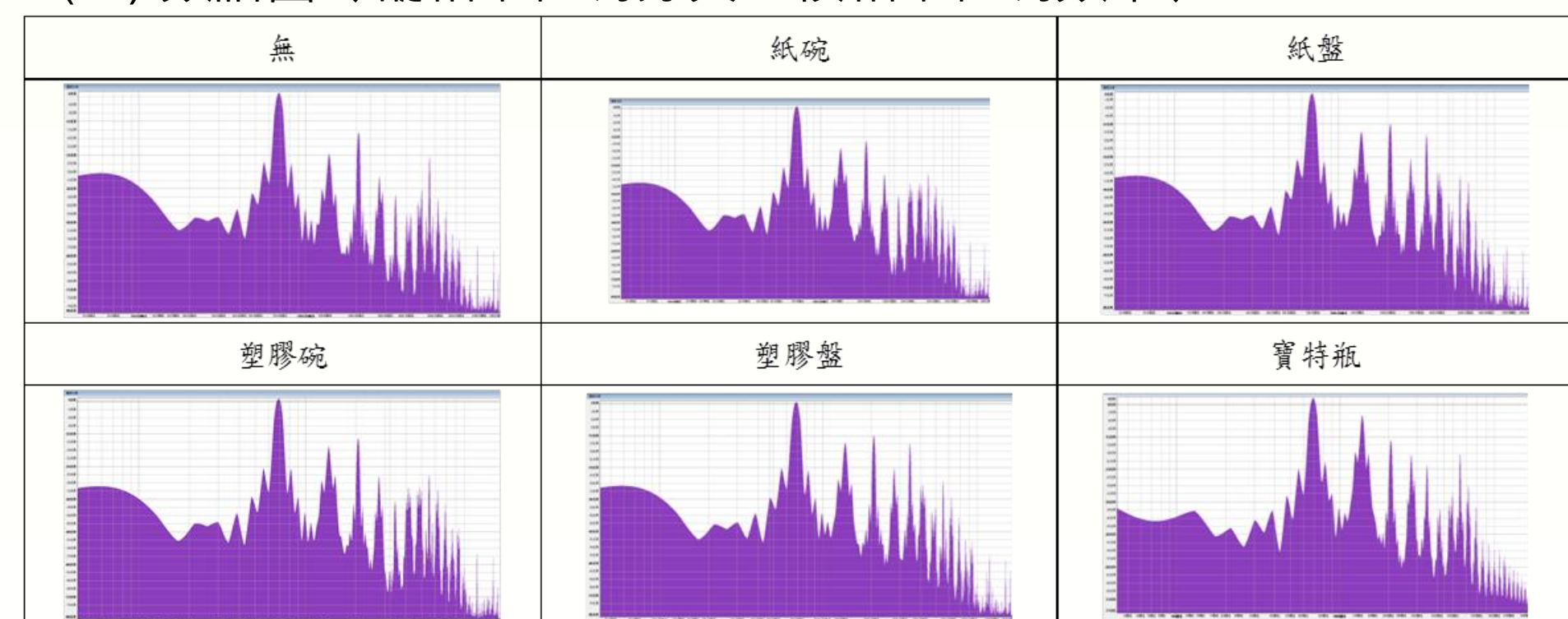


二、研究紀錄：

(一) 音量

材質	無	紙碗	紙盤	塑膠碗	塑膠盤	寶特瓶
分貝	-1.88	-0.615	-0.804	0.790	0.457	3.08

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：寶特瓶>塑膠碗>紙碗>塑膠盤>紙盤>無。
2. 比對頻譜圖可以發現寶特瓶在689和1400 Hz有明顯增強。

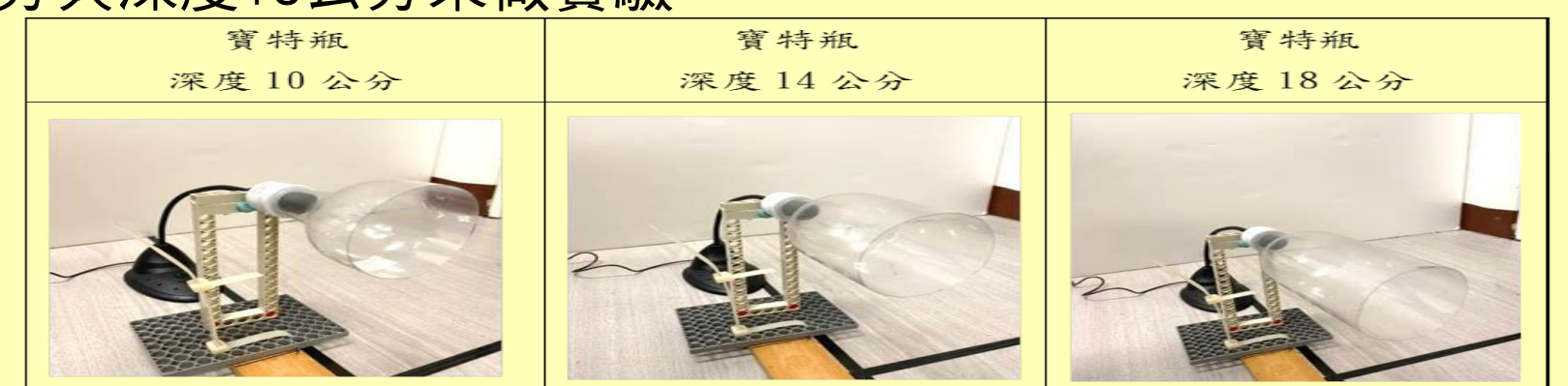
四、結論：

1. 發現麥克風用其他材質的外罩有比較好，其中塑膠材質比紙類收音效果好。
2. 了解材質收音效果好後，我們也發現碗狀的收音效果比盤狀的收音效果好。
3. 因此我們想試試不同深度對收音效果的影響。

【研究1-2】：探討不同深度對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 由研究一知道塑膠材質效果比紙好，利用研究一的相同條件，所以我們選擇接近外耳構造的長頸寶特瓶，並使用深度10公分、深度14公分與深度18公分來做實驗。

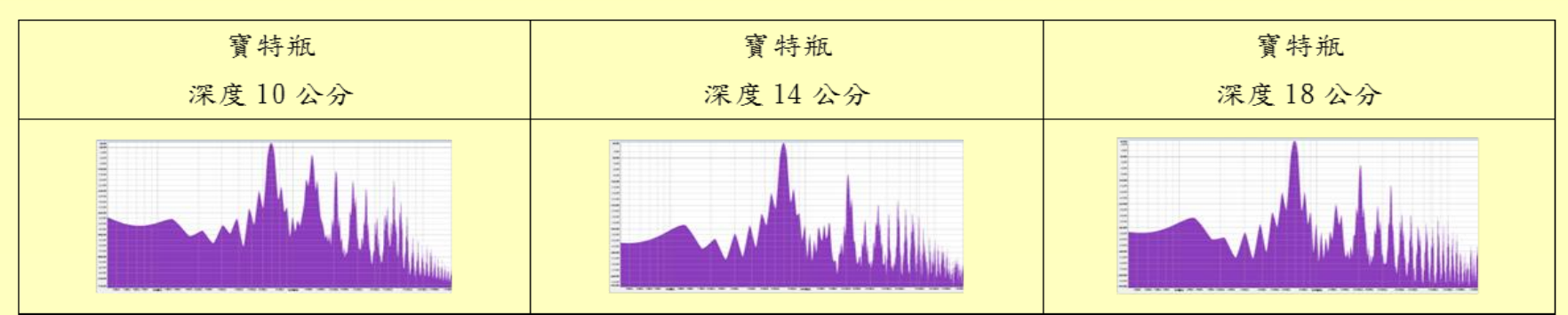


二、研究紀錄：

(一) 音量

材質	寶特瓶 深度 10 公分	寶特瓶 深度 14 公分	寶特瓶 深度 18 公分
分貝	3.08	7.40	7.63

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：深度18公分 > 深度14公分 > 深度10公分。
2. 深度18公分和深度14公分音量差異不大。
3. 5000 Hz以上收音效果：深度18公分 > 深度14公分 > 深度10公分。
4. 深度18cm在5000hz以上有明顯共振現象。

四、結論：

1. 使用深度18公分有最好的收音效果。
2. 從頻譜圖來看，長度越長9000 Hz以上收音越好。
3. 參考活動一和本次實驗我們可以知道在18公分範圍內深度越深收音越好，原因可能是在高音頻部分收音較好。
4. 了解深度長短對收音後，我們想探討不同開口大小對收音效果的影響。

【研究1-3】：探討不同開口大小對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 由研究二知道塑膠材質深度18公分，利用研究一的相同條件，固定寶特瓶深度18公分，使用小瓶礦泉水(口徑5.4公分)、氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)與大瓶可樂瓶(口徑11公分)來做實驗。

二、研究紀錄：

(一) 音量

材質	小瓶礦泉水 (口徑 5.4 公分)	氣泡飲寶特瓶 (口徑 6.8 公分)	大瓶可樂瓶 (口徑 11 公分)
分貝	7.36	7.89	7.55

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：氣泡飲寶特瓶 > 小瓶礦泉水 > 大瓶可樂瓶。
2. 頻譜圖：無明顯差異。

四、結論：

1. 使用口徑6.8公分有最好的收音效果，口徑過大不一定會有最好的收音效果。
2. 實驗後我們發現口徑6.8公分收音最好，我們想如果在塑膠瓶內壁包上不同材質的表面會不會有不同的結果。因此，下一個活動要探討不同內壁對收音效果的影響。

【研究1-4】：探討不同內壁對收音效果的影響。

一、研究步驟：

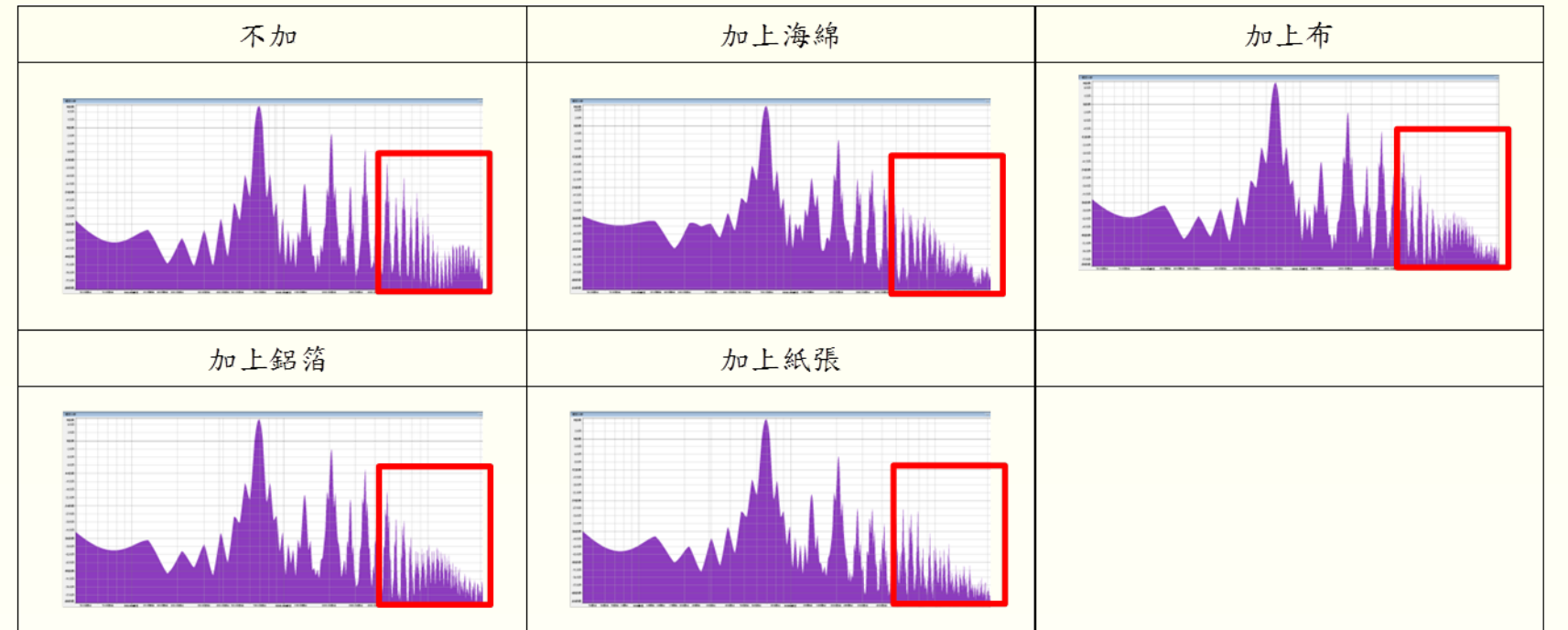
1. 由研究三知道塑膠材質、深度18公分、口徑6.8公分，利用研究一的相同條件，寶特瓶的內壁上使用海綿、布、鋁箔紙、紙張和原本寶特瓶來做實驗。

二、研究紀錄：

(一) 音量

材質	不加	加上海綿	加上布	加上鋁箔	加上紙張
分貝	7.62	7.23	7.26	7.52	7.56

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝，橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：不加 > 加上紙張 > 加上鋁箔紙 > 加上布 > 加上海綿。
2. 頻譜圖：加上內壁材質海綿、布與紙削弱 5000Hz 以上的收音，海綿尤其明顯。

四、討論：

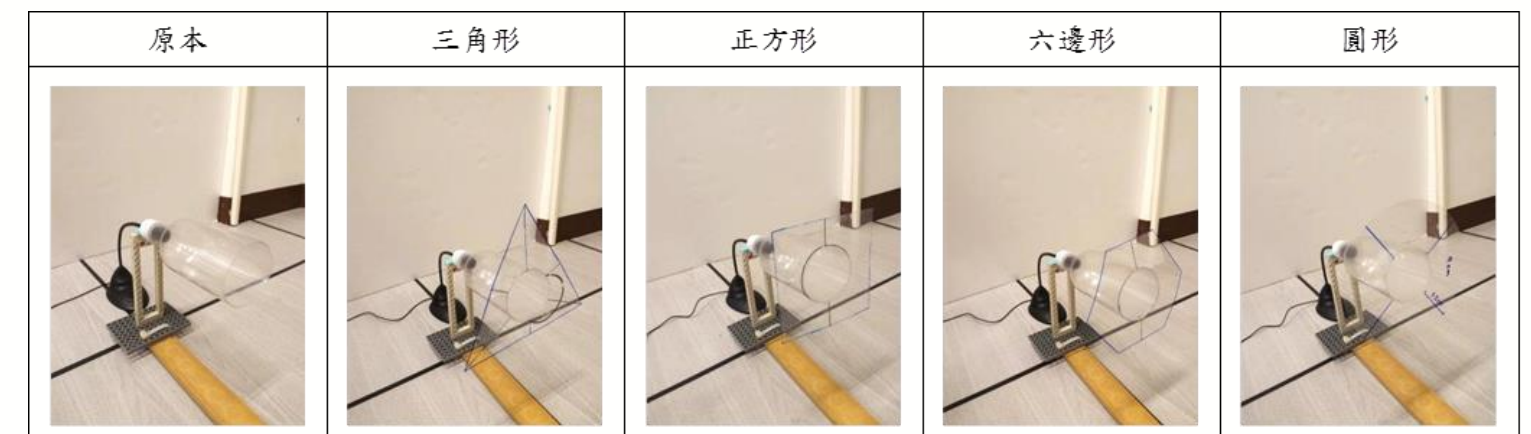
1. 使用相同口徑與深度，發現內壁加上不同材質，不能增加收音效果。還是單純的塑膠會有最好的收音效果。
2. 單純塑膠材質在高音的部分能有較佳的收音效果。
3. 根據前面研究，我們知道深度18公分口徑6.8公分純塑膠瓶的收音效果最好，那麼在開口外加不同形狀會是如何結果呢？因此，我們想探討不同外耳形狀對收音效果的影響。

研究二、研究單一麥克風外耳形狀對收音效果的關係：

【研究2-1】：探討外加不同形狀集音器對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗。
2. 寶特瓶前端加上使用相同面積製作三角形、正方形、六邊形與圓形的集音器。

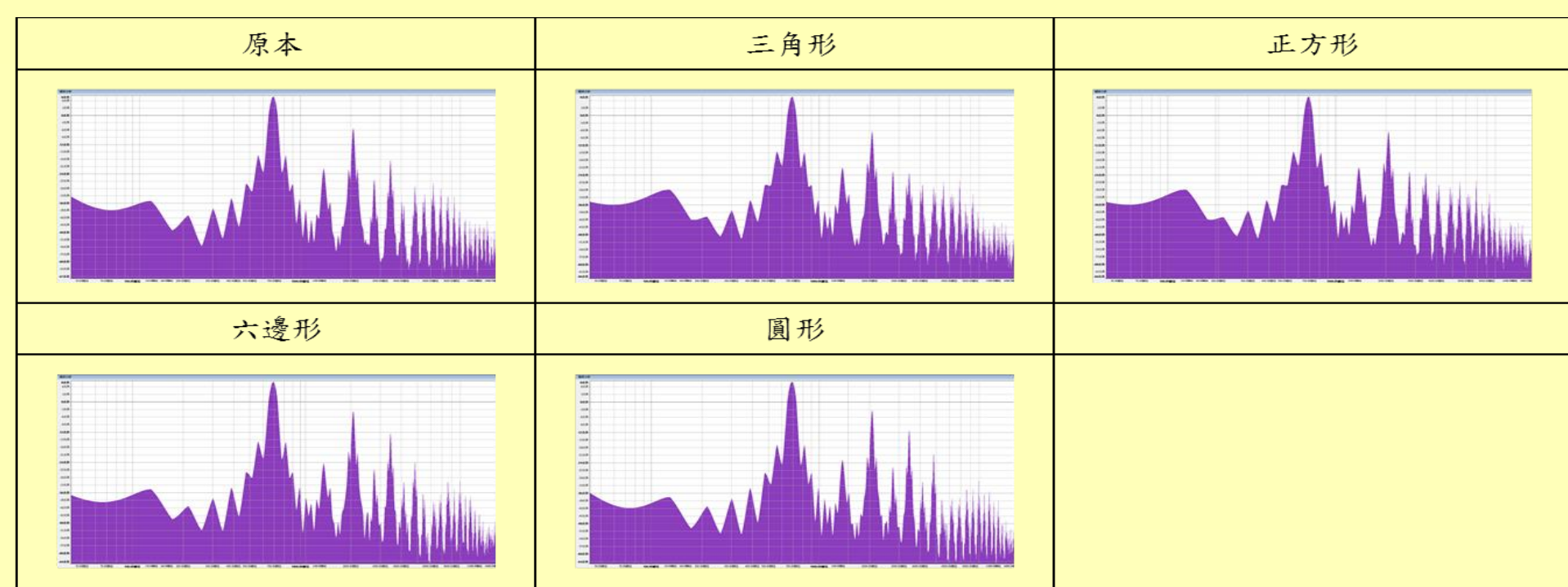


二、研究紀錄：

(一) 音量

形狀	原本	三角形	正方形	六邊形	圓形
分貝	7.60	7.50	7.51	7.81	7.83

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：圓形 > 六邊形 > 原本 > 正方形 > 三角形。

四、討論：

1. 在寶特瓶開口前端加上集音器可以增加收音效果。
2. 集音器形狀越接近圓形會有最好的收音效果。
3. 我們了解集音器形狀後，我們試著將用不同大小的圓對收音的效果。

【研究2-2】探討集音器大小不同對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 寶特瓶前端加上使用半徑5公分、半徑6公分、半徑7公分、半徑8公分、半徑9公分與、半徑10公分的集音器圓。

二、研究紀錄：

(一) 音量

圓的半徑	5 公分	6 公分	7 公分	8 公分	9 公分	10 公分
分貝	7.68	7.62	7.80	7.82	7.72	7.61

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：8公分 > 7公分 > 9公分 > 5公分 > 6公分 > 10公分。
2. 半徑5-8公分集音器圓整個形狀比較挺，半徑9-10公分集音器圓太大容易造成下垂的情況影響收音效果。

四、討論：

1. 半徑8公分集音器圓會有最佳的收音效果，集音器圓太大或太小皆不會有好的收音效果。
2. 集音器圓大小與寶特瓶口徑半徑比值為0.425為最佳。
3. 了解集音器圓的大小後，我想知道集音器圓的厚度是否對收音有影響。

【研究2-3】探討集音器圓不同厚度對收音效果的影響。

一、研究步驟：

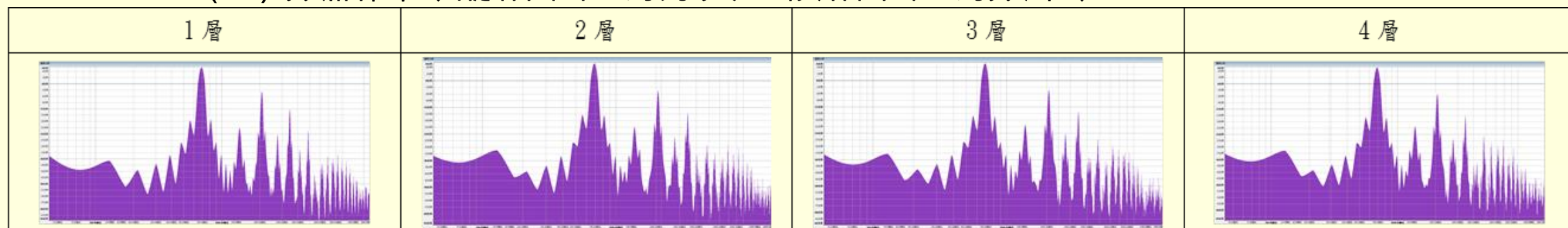
1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗。
2. 使用1層、2層、3層與4層的集音器圓實驗。

二、研究紀錄：

(一) 音量

集音器圓	1 層	2 層	3 層	4 層
分貝	7.83	7.69	7.68	7.63

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：1層 > 2層 > 3層 > 4層。
2. 集音器圓片數越多收音效果越差。

四、討論：

1. 發現集音器圓片越少，集音器圓有明顯振動效果。
2. 了解集音器圓片數後，我們想將集音器圓變成錐形看是否影響收音效果。

【研究2-4】探討集音器相同錐形開口高度不同對收音效果的影響。

一、研究步驟：

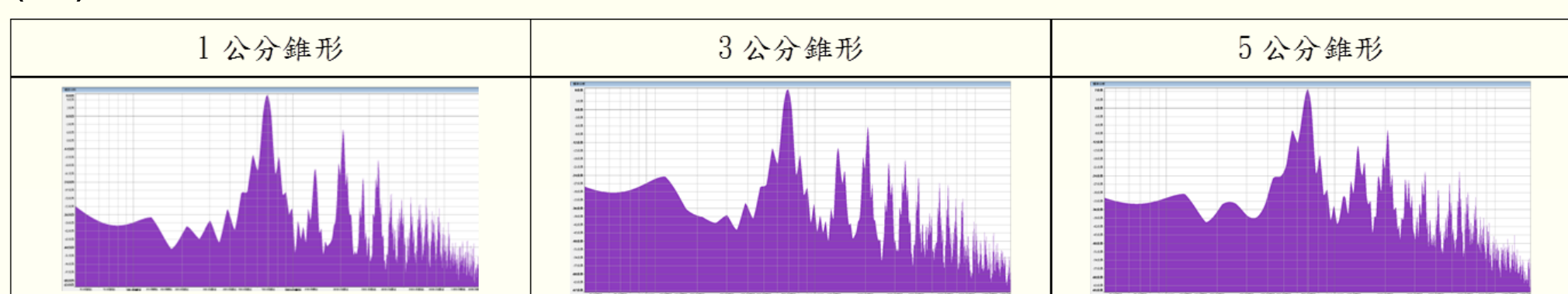
1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗。
2. 使用在寶特瓶前端加上半徑8公分平面圓形、1公分高、3公分高與5公分高的錐形集音器。

二、研究紀錄：

(一) 音量

形狀	平面圓形	1 公分高錐形	3 公分高錐形	5 公分高錐形
分貝	7.81	7.61	7.24	6.57

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：平面圓形 > 1公分高錐形 > 3公分高錐形 > 5公分高錐形。

四、討論：

1. 我們發現集音器變錐形並不會增加收音效果，集音器與寶特瓶口切齊會有較佳的收音效果。
2. 我們討論可能是因為收音麥克風的位置，我們是模擬貓頭鷹的耳朵不像天線將麥克風放在拋物面匯聚上，所以錐形不能增加收音效果。
3. 我們知道外耳形狀對收音效果的關係後，我們想知道聲音的頻率和距離對收音的效果了解，所以做了以下的實驗。

研究三、研究單一麥克風耳道對頻率和距離收音效果的關係：

【研究3-1】探討不同頻率對收音效果的影響。

一、研究步驟：

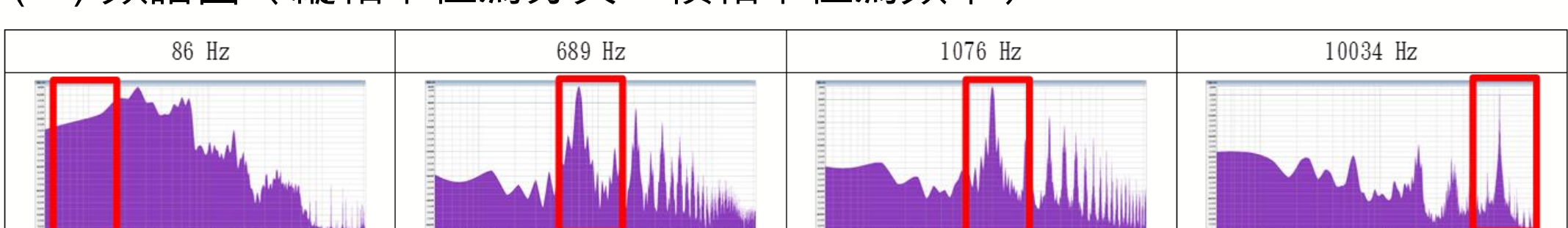
1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗，前端加上一個半徑8公分平面圓形。
2. 由於聲音分析軟體的限制，我們使用Audacity製作頻率86 Hz、689 Hz、1076 Hz、10034 Hz音檔，播放聲音檔，開始錄音。

二、研究紀錄：

(一) 音量

頻率	86 Hz	689 Hz	1076 Hz	10034 Hz
分貝	-30.96	7.88	6.48	4.68

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：689 Hz > 1076 Hz > 10034 Hz > 86 Hz。
2. 86 Hz幾乎沒有變化，689 Hz在高频部分有明顯共振現象，1076 Hz也有共振現象。

四、討論：

1. 發現除了86 Hz以外，頻率低會比頻率高會有最好的收音效果。
2. 我們發現86 Hz頻率低但收音效果不佳，於是把【研究1-3】的寶特瓶拿來測試，結果發現效果都不佳，因此我們猜測是不是喇叭沒辦法播這麼低頻率。後來，我們使用品牌為KINYO PS-285B 立體喇叭，最後證實我們的猜測，此喇叭響應頻率：150 Hz ~20K Hz，所以頻率86 Hz是測不出來的。
3. 由於貓頭鷹是雙耳定位，因此，了解單一麥克風對收音效果的關係後，我們想探討雙麥克風對收音效果的關係。

【研究3-2】探討不同距離對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗。
2. 與音箱固定二個麥克風正中間，麥克風與音箱的距離從50公分、100公分、150公分、200公分、250公分、300公分與350公分依序錄音。

二、研究紀錄：

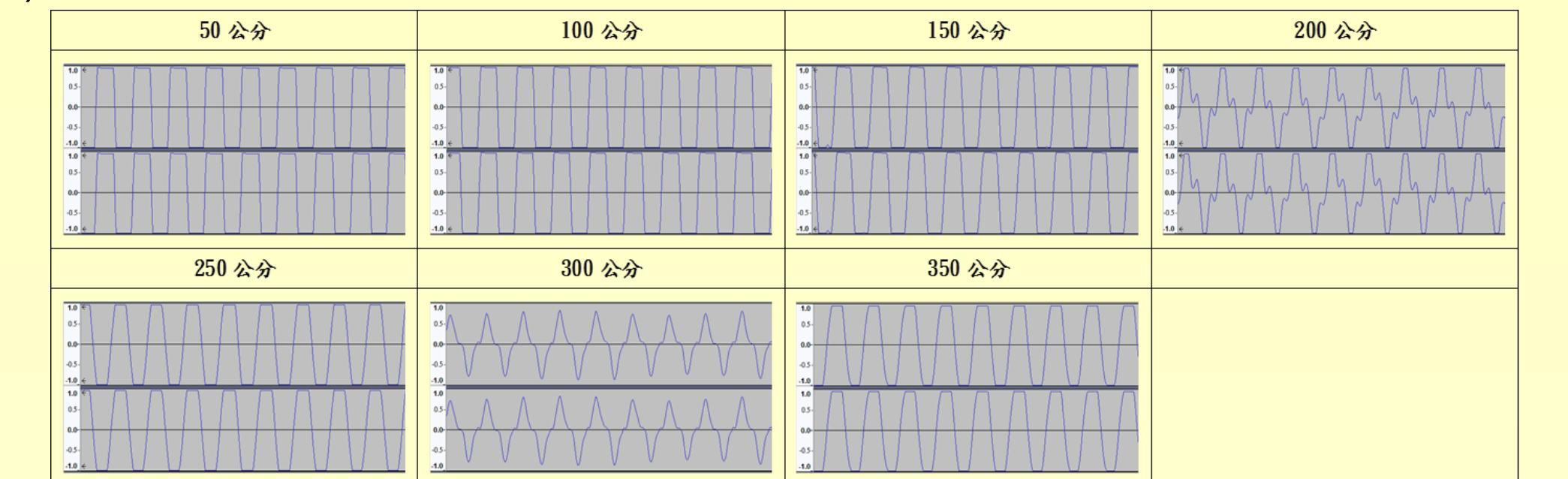
(一) 音量

頻率	50 公分	100 公分	150 公分	200 公分	250 公分	300 公分	350 公分
分貝	7.88	7.81	7.70	3.35	7.57	1.67	7.41

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



(三) 波形



三、實驗結果：

1. 分貝大小：50公分 > 100公分 > 150公分 > 250公分 > 350公分 > 200公分 > 300公分。
2. 頻譜圖：各頻率分布無太大差異，50公分、100公分、150公分、250公分與350公分距離越遠689Hz分貝越小。
3. 波形：50公分、100公分、150公分、250公分與350公分有完美的繩波形，200公分與300公分有特別的波形。

四、討論：

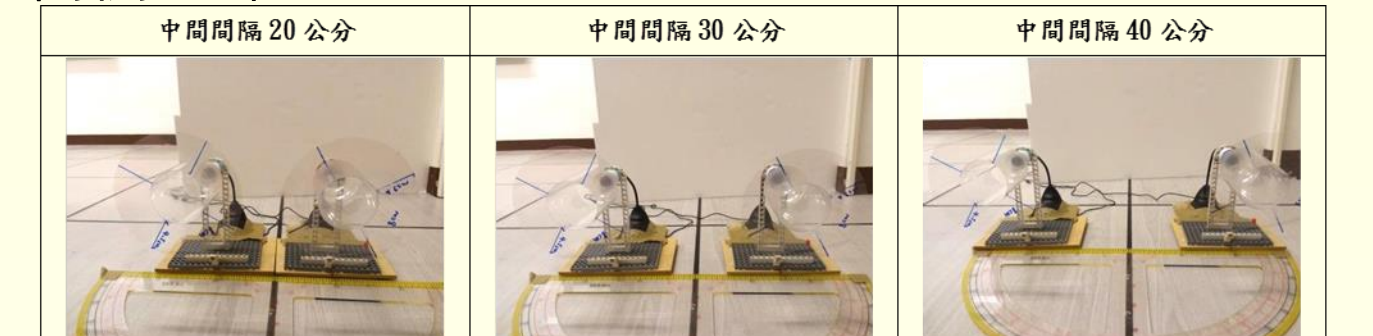
1. 發現音源放置在50公分、100公分、150公分、250公分與350公分距離越遠收音越小。
2. 距離200公分與300公分反而有收音不良的結果，分析波形後發現並非完美的正弦波，可能是聲音打到牆壁反彈回來造成收音不良的原因。

研究四、研究雙麥克風對收音效果的關係：

【研究4-1】探討兩個麥克風不同距離對收音效果的影響。

一、研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗。
2. 皆在瓶蓋上開一個2公分的洞，二個麥克風中間間隔20公分、30公分與40公分，並固定高度15公分將麥克風放在內開口中。

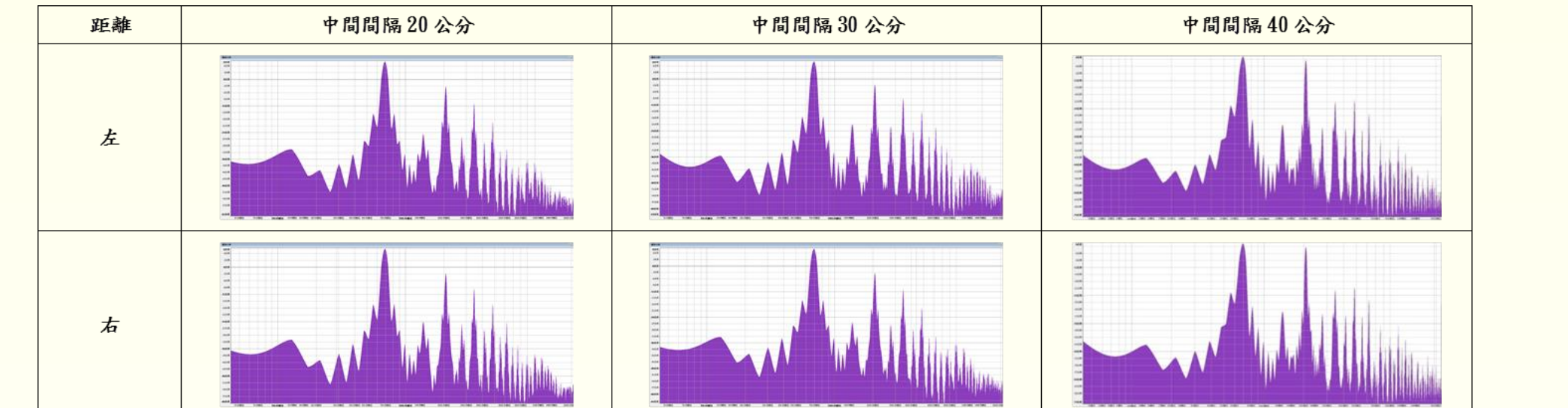


二、研究紀錄：

(一) 音量

距離	中間間隔 20 公分	中間間隔 30 公分	中間間隔 40 公分
左分貝	7.90	7.87	7.78
右分貝	7.86	7.79	7.73

(二) 頻譜圖 (縱軸單位為分貝, 橫軸單位為頻率)



三、實驗結果：

1. 分貝大小：中間間隔20公分 > 中間間隔30公分 > 中間間隔40公分。
2. 頻譜圖：各頻率分布無太大差異，中間間隔距離越遠689 Hz分貝越小。

四、討論：

1. 使用雙麥克風放置正中間間隔20公分效果最佳。

【研究4-2】探討兩個麥克風不同角度對收音效果的影響。

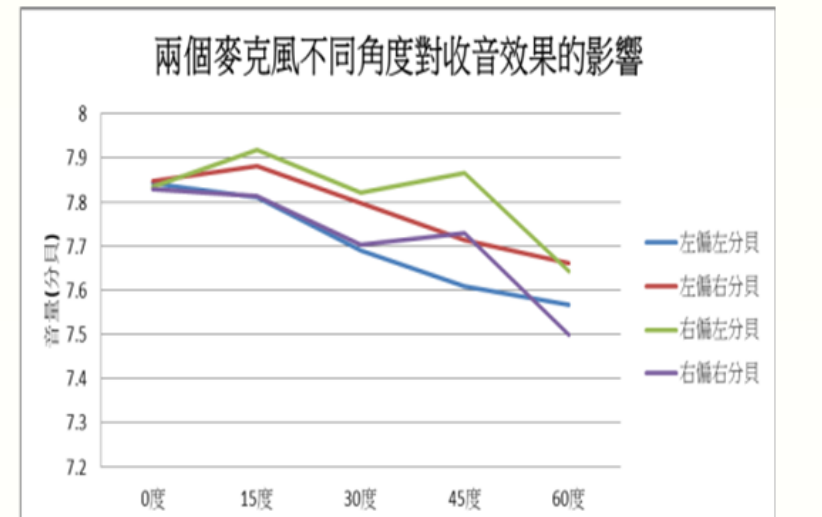
一、研究步驟：

1. 使用氣泡飲寶特瓶(口徑6.8公分)，深度18公分來做實驗，二個麥克風中間間隔20公分，並固定高度15公分將麥克風放在內開口中。

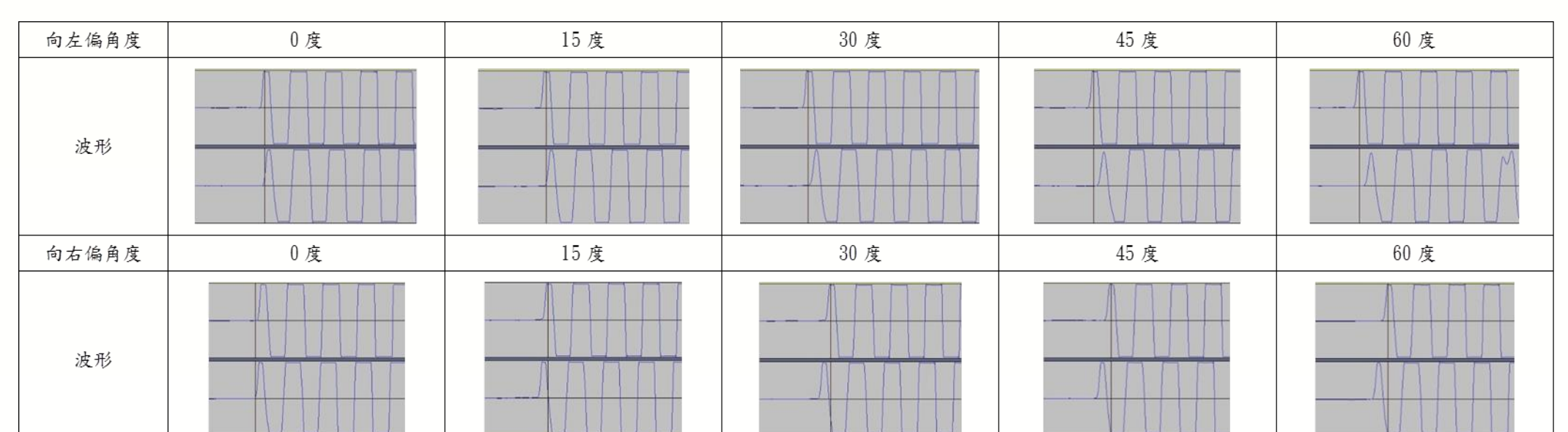
二、研究紀錄：

(一) 音量表

角度	0度	15度	30度	45度	60度
左偏左分貝	7.843	7.81	7.69	7.61	7.567
左偏右分貝	7.848	7.881	7.797	7.713	7.662
右偏左分貝	7.834	7.919	7.82	7.865	7.643
右偏右分貝	7.828	7.812	7.702	7.729	7.500



(二) 波形



三、實驗結果：

1. 向左偏時分貝大小：右邊麥克風分貝都大於左邊麥克風。
2. 向右偏時分貝大小：左邊麥克風分貝都大於右邊麥克風。
3. 偏向角度越大，音量差異越大，但左右偏角度15度時，當開口正向發音源時會有最佳的收音效果。
4. 波形分析：左右麥克風收音時間差異：60度 > 45度 > 30度 > 15度

四、討論：

1. 偏向角度越大，某一邊麥克風越接近音源時，錄音的效果會比另外一個好。
2. 偏向角度越大，左右收音時間差異越大。
3. 從波形中發現麥克風越接近音源時，會比另外一個更早收到音源。因此，我們想從左右二個麥克風收到音源的快慢和聲音大小來判定音源方位。

研究五、研究使用ARDUINO設備收音對辨別方向的關係。

【研究5-1】ARDUINO使用聲音感知器收音效果的影響。

一、研究步驟：

程式編寫

1. 擷取左右聲道強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過十次的數值平均。

擷取左聲道數值	擷取右聲道數值	輸出呈現左右聲道數據

二、研究紀錄：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
左數據	216	211	212	219	219	218	214	215	219	213	215.6
右數據	210	219	212	213	217	218	219	212	216	212	214.8

三、實驗結果：

1. 左右聲道能接收到聲音訊號。
2. 聲音感知器經過微調後左右數據誤差在5左右。

四、討論：

1. 之前使用麥克風不能微調，改用聲音感知器可以微調後，能清楚分辨兩個麥克風的收音效果，就可以利用接收的數值來辨別方向。
2. 因聲音感知器把所有的聲音都接收，所以環境中有較大的聲音就會影響方向，於是我們看到教室麥克風的接收器上，老師講話時設備的數值就會上上下下的跑，我們就上網找尋Arduino是否有相關的設備。

【研究5-2】ARDUINO使用音頻分析器收音效果的影響。

一、研究目的：

實驗利用音頻分析模塊擷取特定波段，這款模塊的設計基於MSGEQ7圖形均衡濾波器。音頻信號通過該模塊會被過濾成7個波段。並且能夠輸出每一個頻段的幅值。這七個頻段分別是：63Hz、160Hz、400Hz、1kHz、2.5kHz、6.25kHz和16kHz。

二、研究步驟：

程式編寫

1. 擷取左右聲道特定音頻強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過十次的數值平均。

擷取左聲道數值	擷取右聲道數值	UNO 主程序

三、研究紀錄：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
左數據	248	246	249	240	242	244	241	248	245	242	244.5
右數據	259	253	258	255	252	254	256	257	253	250	254.7

四、實驗結果：

1. 左右聲道能接收到聲音訊號。
2. 聲音感知器經過音頻分析器左右數據誤差在10左右。

五、討論：

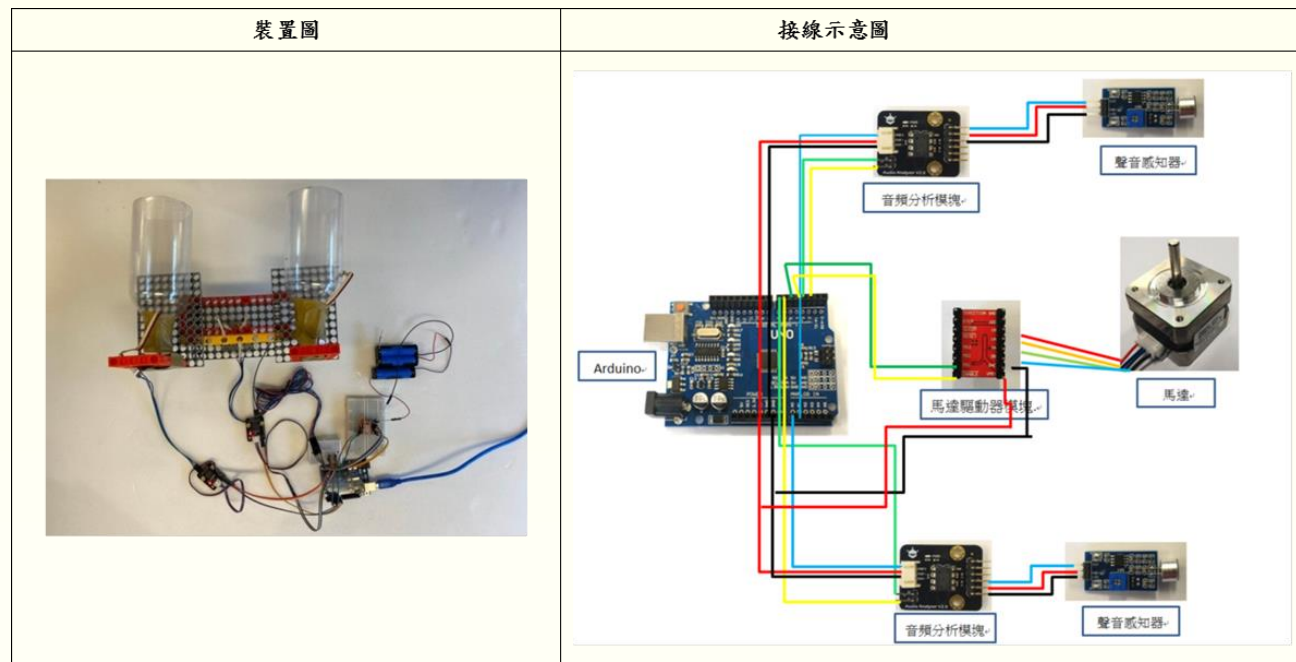
1. 透過音頻分析器能降低環境其他頻率的聲音干擾。
2. 環境160 Hz音頻左右聲道平均數值大約50左右。
3. 實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音。

【研究5-3】ARDUINO使用馬達讓設備接收到數據辨別方向。

一、研究目的：

由前面的研究我們能利用聲音感知器及音頻分析器，選擇特定的音頻來辨別音源的方向。接下來，我們想如果加上馬達驅動，設計一個能偵測左右聲道音量，讓設備轉向音源方向的機器。

二、研究步驟：



程式編寫

1. 擷取左右聲道特定音頻強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過十次的數值平均。
2. 分別輸出左右聲道擷取十次的平均值。
3. 根據擷取出來的左右聲道數值，在UNO主程序中辨別聲音大小控制馬達正轉或反轉。
4. 輸出馬達正轉還是反轉以及步進次數。

擷取左聲道數值	擷取右聲道數值	UNO 主程序

三、討論：

利用聲音感知器及音頻分析器，選擇160Hz特定音頻加上馬達以及驅動模組，能偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，達到定位的效果。

【研究5-4】ARDUINO使用二個馬達與音源的角度計算出距離。

一、研究目的：

由前面的研究我們能利用聲音感知器及音頻分析器，選擇特定的音頻來辨別音源的方向，並利用馬達設備轉向音量較大的一方達到定位的效果，於是我們想利用二個不同的馬達來找出感知器與音源之間的角度，利用已知的角度與二個感知器之間的距離推出音源和感知器之間的距離。

二、研究步驟：

程式編寫

1. 擷取左右聲道特定音頻強度：使用程式中為了要讓數值誤差更小，所以每一筆左右數據都先經過20次的數值平均。
2. 分別輸出左右聲道擷取20次的平均值。
3. 根據擷取出來的左右聲道數值，在UNO主程序中辨別聲音大小控制左右馬達同時正轉或反轉。
4. 經過十次的聲音大小控制左右馬達同時正轉或反轉後，左右馬達分別利用感知器找尋音源定位得知角度，利用斜率與三角函數推出距離。

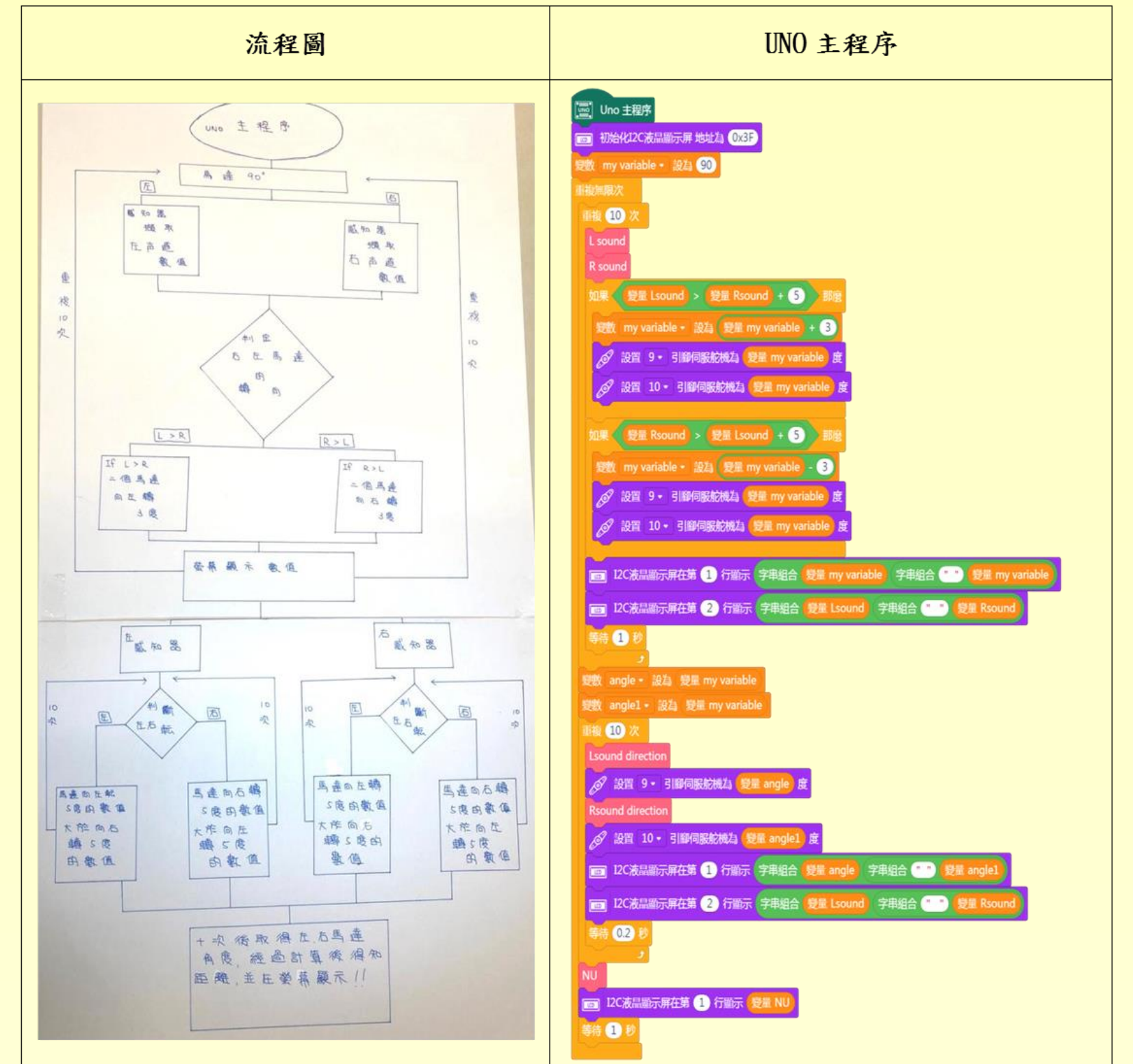
擷取左聲道數值	擷取右聲道數值	左馬達利用感知器找尋音源定位得知角度	右馬達利用感知器找尋音源定位得知角度

計算距離

因 θ 角度大於90度時， $\tan \theta$ 的值为負數，所以 $\tan \theta$ 加上絕對值後皆為正數，所以歸納出距離為

$$20 \times \frac{|\tan \theta_1 \times \tan \theta_2|}{|\tan \theta_1| + |\tan \theta_2|}$$

，如果二個聲音感知器的距離為 X 時，音源的位置大約在 $X \times \frac{|\tan \theta_1 \times \tan \theta_2|}{|\tan \theta_1| + |\tan \theta_2|}$



陸、研究討論

研究一、研究單一麥克風對收音效果的關係。

1. 發現麥克風使用塑膠材質外罩，口徑6.8公分深度18公分，有最好的收音效果，內壁加上不同材質不能增加收音效果。
2. 從頻譜圖來看深度越長9000 Hz以上收音越好，所以要收高頻的聲音就需要深度越長越好。

研究二、研究單一麥克風外耳形狀對收音效果的關係。

1. 集音器的形狀越接近圓形收音效果越好，寶特瓶口徑(6.8公分)與集音器圓(16公分)比值為0.425為最佳。
2. 集音器圓片越少，集音器圓有明顯振動效果。
3. 發現集音器變錐形並不會增加收音效果，可能是因為收音麥克風的位置，我們是模擬貓頭鷹的耳朵不像天線將麥克風放在拋物面匯聚上，所以錐形不能增加收音效果，集音器與寶特瓶口切齊會有較佳的收音效果。

研究三、研究單一麥克風耳道對頻率和距離收音效果的關係。

1. 因音箱無法發出86 Hz以外，頻率低會比頻率高會有最好的收音效果。
2. 放置在50公分、100公分、150公分、250公分與350公分距離越遠收音越小但差距只有0.4分貝，要有較佳的收音效果，在麥克風的後方不要物體阻擋避免反彈回來聲音干擾。

研究四、研究雙麥克風對收音效果的關係。

1. 雙麥克風放置正中間隔20公分效果最佳，
2. 角度越大，某一邊麥克風越接近音源時，錄音的效果會比另外一個好，左右收音時間差異越大。
3. 麥克風開口越接近音源時，會比另外一個更早收到音源。因此，我們想從左右二個麥克風收到音源的快慢和聲音大小來判定音源方位。

研究五、研究使用ARDUINO設備收音對辨別方向的關係。

1. 實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音也能降低環境其他頻率的聲音干擾。
2. 利用二邊馬達各自利用感知器找尋音源定位得知角度，使用二個馬達與音源的角度和三角函數推出距離。
3. 二個聲音感知器的距離為 X 時，音源的位置大約在 $X \times \frac{|\tan \theta_1 \times \tan \theta_2|}{|\tan \theta_1| + |\tan \theta_2|}$ 。
4. 當二個聲音感知器的距離為20公分時最大的測量距離大約573公分。如果測量距離要更遠就必需增加二個聲音感知器的距離。

柒、研究結論與建議

使用ARDUINO來製作聽音辨位的設備，原本使用左右聲道接收音訊的時間差，來印證聽音辨位的可行性，因ARDUINO的時間差能到毫秒所以無法使用時間差來計算距離，於是使用二個馬達，並利用聲音感知器來確定音源位置，再利用斜率與三角函數推出距離。

實驗證明音頻分析器能幫助篩檢特定音頻的聲音也能降低環境其他頻率的聲音干擾。使用聲音感知器、音頻分析器加上馬達，能偵測左右聲道音量大小，讓設備轉向音量較大的一方，達到定位的效果，利用伺服馬達知道轉向的角度和三角函數推出距離。

未來我們應用戶外遊戲區定位於小孩或寵物的所在位置，也可以利用特殊救難用途。

捌、參考資料

1. 貓頭鷹只憑一雙耳朵就能繪製3D地圖 <https://kknews.cc/zh-tw/n/oe4ro25.html>
1. Audio Analyzer Wiki <https://wiki.dfrobot.com>
2. 國立台灣師範大學 物理系 黃福坤，聲音的三要素—響度、音調、音品、共振和共鳴、聲波的波形與頻率的關係、聲音的產生與傳播，取自 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=modules/sound/section2>
3. 柯博文老師 <http://www.powenko.com/wordpress>