

第六屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA6-288

作品名稱：Spot Audio

--反射罩聚集聲光效果之研究

姓名：張又勻

關鍵字：指向性、反射、干涉

壹、摘要

本研究中，探討一般喇叭及加裝反射罩後的指向特性，並結合燈光裝置，開發出可以依情境調整的特殊喇叭。

首先針對一般喇叭進行聲音擴散，以判別一般喇叭是否具有好的指向性。實驗發現，一般喇叭在低頻時的指向性不好(聲源向外擴散的情形明顯)，在高頻會比低頻好一些，沒有明確的指向特性。但一般喇叭前後的聲場強度約相同，且前後聲場分布幾近對稱。所以如果兩個相鄰一般喇叭同時發射訊號，會因為一般喇叭的指向性差，而互相干擾，使聲音聽不清楚。

為了改善這個問題，便在一般喇叭前方加裝反射罩，透過反射罩(半球形)將聲音反射並平行主軸射出，達到增加指向性的效果。實驗發現，高頻的指向性會比低頻好

另測量具號角型反射罩的號角型喇叭聲場分布。實驗結果指向性並無明顯指向性，但其號角型反射罩使大部分聲音強度集中於前方，約為後方的 1.5 倍；將其裝上反射罩測量的結果，聲音集中效果明顯提升，各頻率都具有良好的指向性。

小反射罩(半徑 20cm)的集中效果沒有大反射罩好(半徑 30cm)，推測原因為反射罩尺寸不夠大，使聲音產生繞射的現象。

結合 1m 左右尺寸的反射罩及號角型喇叭，再加上能提供三原色光的燈泡，便是具有指向性之情境喇叭的雛型了！

貳、研究動機

我在餐廳吃飯時，常常遇到一種狀況：每個來餐廳吃飯的人，都有不同的原因。有些人是為了談公事；有人是與朋友一起慶生；或只是純粹吃飯...等等。正在慶生的人，免不了高聲談笑，若旁邊坐的是談公事的人，就會彼此干擾；或是隔壁桌的人正在談分手，餐廳卻放著歡樂的音樂，一悲一喜，場面十分尷尬。

如果開發出反射罩喇叭，使聲音具有指向性，那麼每桌的人就可以依當時的情況播放適合的音樂，彼此便不會互相干擾。

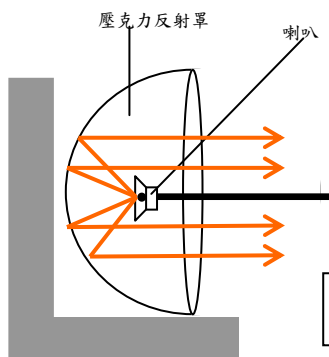
再加上燈光的設備，歡樂的場合使用偏紅光；正式的場合用白光或偏藍光，增加用餐氣氛，使一個場合同時可以擁有不同的情境，解決上述問題。

參、研究目的

- 一、一般喇叭在不同頻率下之聲場研究
- 二、號角喇叭在不同頻率下之聲場研究
- 三、加裝反射罩之一般喇叭與擴音器在不同頻率下之聲場研究
- 四、不同反射面積的反射率之研究
- 五、不同材質反射面的反射率之研究
- 六、燈光顏色與場合
- 七、實品設計

肆、文獻探討

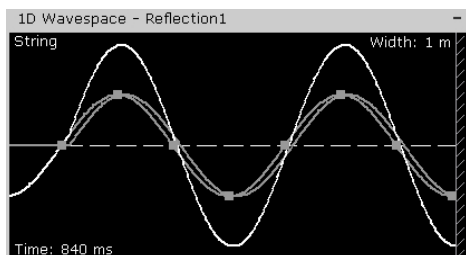
一、反射原理



理想反射罩為拋物面，以球面取代拋物面，焦點的位置約半徑的二分之一處。

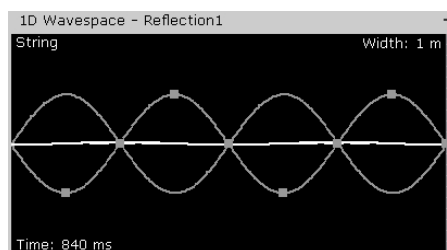
由焦點射出的聲音經反射罩後會平行主軸。

二、干涉



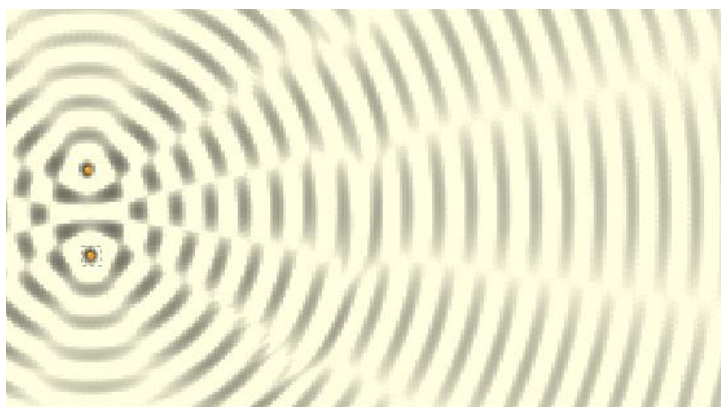
建設性干涉（相長性干涉）

波峰與波峰相疊合，產成更高波峰，
波谷與波谷相疊合，產成更低波谷。



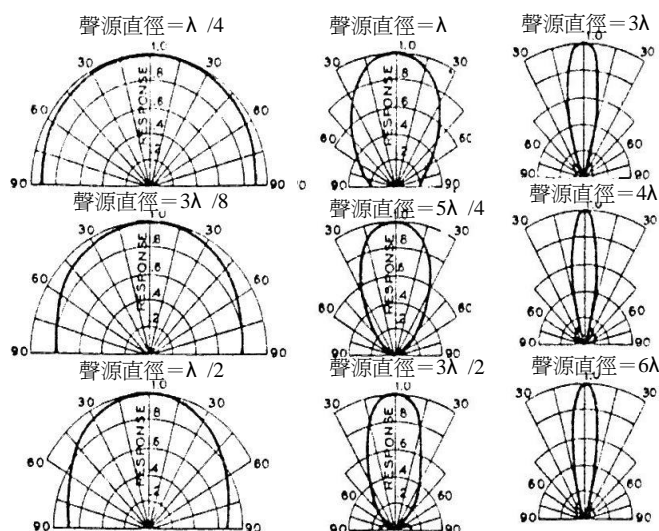
破壞性干涉（相消性干涉）

波峰與波谷相疊合抵消。



兩聲源其頻率越小所產生的音場圖越近似於單點聲源(球形分布)，其頻率越高，越具有指向性。

三、聲場分布與頻率關係



四、聲音的強度

定義:在接收聲波的物體表面上，每單位面積每秒所接收到的能量稱為聲音的強度。

在聲學上，通用的聲壓振幅的表示方式為分貝(Decibel, dB)，聲壓值(L)以分貝作為表示的定義如下。

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \right]$$

L 為分貝數值

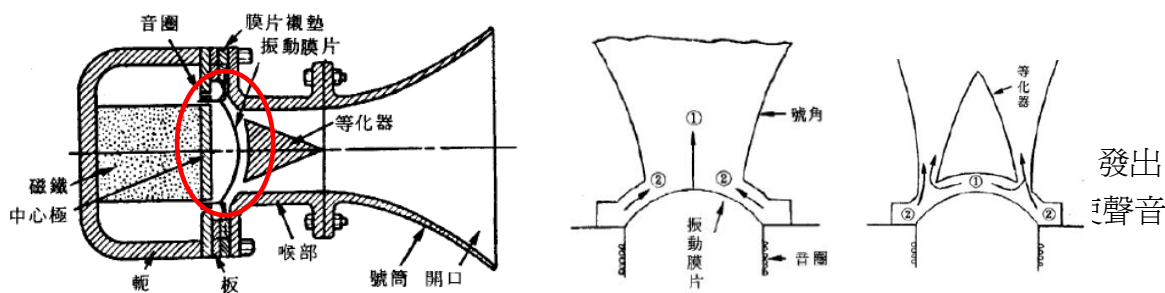
I_0 為特定參考密度(單位) Watt/m^2

I 為待測參考密度(單位) Watt/m^2

在專業音響的性能測試中，常以分貝為標準，而本研究有些是從數位量測裝置所得的振幅值(電壓)來量測訊號，振幅的單位為電壓，而 I (功率) = V^2/R (電壓平方除以電阻)，電阻在相同頻率聲波發射時是恆為定值的，所以給定電壓值，可以得出相對功率值。

而我們定義在喇叭的正前方的功率值為 I_0 ，各方位角的功率值定為 I ，代入 LOG 運算，這樣可以算出相對的分貝數值。

五、號角型喇叭結構與原理：



為減少此距離差，則須在振動膜片的中心位置裝上一個等化器，使中心與邊緣所發出聲音的相位差減少，以防止聲音強度下降(如圖三)。

且單元振膜加上號角之後，由於空氣壓力的阻抗匹配良好，因此可以使得發聲的效率大為提升十數倍甚至高達五十倍。這樣也意味著要達到相同的音壓，使用號角技術可以大大的降低單元的輸出，相對之下單元在小振幅的運動中可以獲得更低的失、更線性的表現。

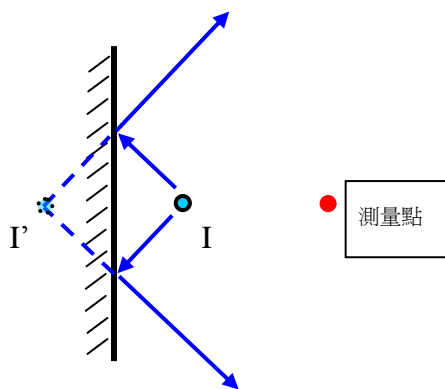
六、吸音係數：一般關係是如下

$$\alpha = 1 - I_r / I_i = I_i - I_r / I_i$$

I_i = 入射音之強度 I_r = 反射音之強度 I_r / I_i = 反射率

一般 α 值介於 0 與 1 之間， α 值為 0 表示完全反射， α 值為 1 完全吸收，也就是說 α 值越大，

七、聲音反射強度：



聲源 I 發出聲波後，經反射得一反射聲波，將其延長可交一點於反射面後(如圖中虛線)，則此點可視為一點虛聲源 I'。

則反射可視為兩聲源 I 及 I' 同時發出聲波的結果，於反射面前方測量到的聲場強度會增強。

八、顏色心理學：

色彩的直接心理效應來自色彩的物理光刺激對人的生理發生的直接影響。

心理學家對此曾做過許多實驗。他們發現，在紅色環境中，人的脈搏會加快，血壓有所升高，情緒興奮衝動。而處在藍色環境中，脈搏會減緩，情緒也較沉靜。

有的科學家發現，顏色能影響腦電波，腦電波對紅色反應是警覺，對藍色的反應是放鬆，這些經驗向我們明確地肯定了色彩對人心理的影響。

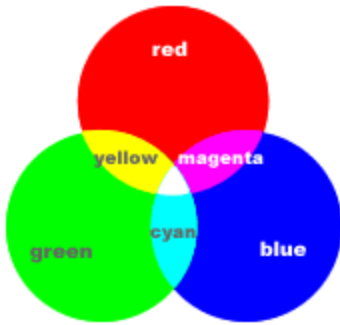
冷色與暖色是依據心理錯覺對色彩的物理性分類，對於顏色的物質性印象，大致由冷暖兩個色系產生：

波長長的紅光和橙、黃色光，本身有暖和感，以次光照射到任何色都會有暖和感，所以，冬日把臥室的窗簾換成暖色，就會增加室內的暖和感。而波長短的紫、藍、綠色光，有寒冷的感覺，在冷食或冷的飲料包裝上使用冷色，視覺上會引起你對這些食物冰冷的感覺。

冷色與暖色除帶給我們溫度上的不同感覺以外，還會有重量感、濕度感等感受。比方說，暖色偏重，冷色偏輕；暖色有密度強的感覺，冷色有稀薄的感覺；兩者相比較，冷色的透明感更強，暖色則透明感較弱；冷色顯得濕潤，暖色顯得乾燥；冷色有很遠的感覺，暖色則有迫近感。

所以，若接待處選用粉紅，人便能有熱烈歡迎的感受；房間洗手間用上綠或藍，便有清新感覺；房間的米色窗簾，令人感覺溫暖。

九、光的三原色及可見光 RGB 值：



光的三原色為紅、綠、藍，可以透過混合三原色的方式做出一個光譜。

將光的三原色加在一起就可以做出白光；混合任兩個原色，就會產生三個次原色：青、洋紅、黃；完全拿掉這三原色的光則產生黑色。

	R	G	B
紅	255	0	0
橙	255	140	0
黃	225	255	0
綠	0	255	0
藍	0	0	225
靛	0	225	255
紫	100	0	135
黑	0	0	0
白	255	255	255

十、照明方式

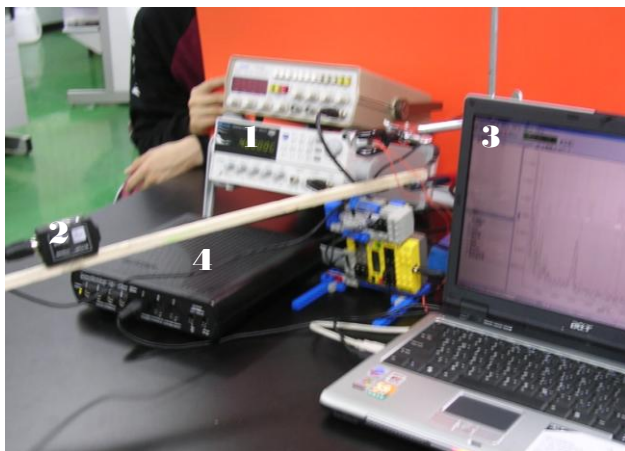
室內照明的方式依燈光與被照物的關係可概分為：前投式、後投式、下投式、上投式及物體式照明五種形式。

1. 前投式照明：即由被照物前方投光的方式，其又依燈光在被照物表面佈光的情況分為：整面式照明、強調照明、光束圖案及陰影效果。
2. 後投式照明：光源置於被照物後方，或者藉其它構件來隱藏光源，使光線由被照物後方或構件漫射光線的一種照明方式。主要可分為：剪影效果、背後／背景照明及結構性照明。
3. 向下式照明：向下式照明係光線垂直向下投光的方式，可依投光的對象分為：水平面一向下式照明，及垂直面一漸層式照明。
4. 向上式照明：向上式照明(uplighting)係光線向上照射，藉天花板或牆壁上方的反射光線的一種間接照明方式，亦可用於強調建築特色如樑柱、圓拱或天花板造型或趣味等。
5. 物體式照明：光線的一種間接照明方式，亦可用於強調建築特色如樑柱、圓拱或天花板造型或趣味等。

物體式照明除了基本照明功能外，其在三度空間中的量體與形狀亦為室內搭配設計或選擇的項目之一。因此對於燈具本身的造型與美感的重視遠甚於其它照明方式，亦相形減弱了對其照明機能的要求，故通常物體式照明並不單獨存在而須搭配使用其它照明設施。物體式照明可分為：閃爍式照明及裝飾性燈具二種。

伍、研究設備

一、測量儀器



- 1.訊號產生器：輸出訊號置喇叭
- 2.聲音感測器：測量聲音強度
- 3.頻譜：分析聲音強度
- 4.pasco750：傳送感測數據至電腦分析

二、一般喇叭



電腦揚聲器(直徑 6.5cm)



號角型喇叭(大聲公)

三、反射罩(直徑 60cm)

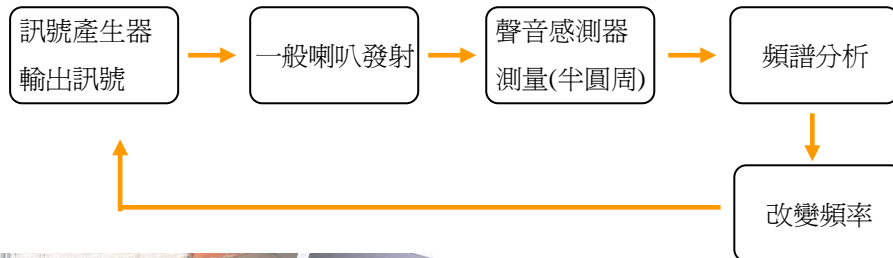


[壓克力反射罩與一般喇叭]

陸、研究過程及結果

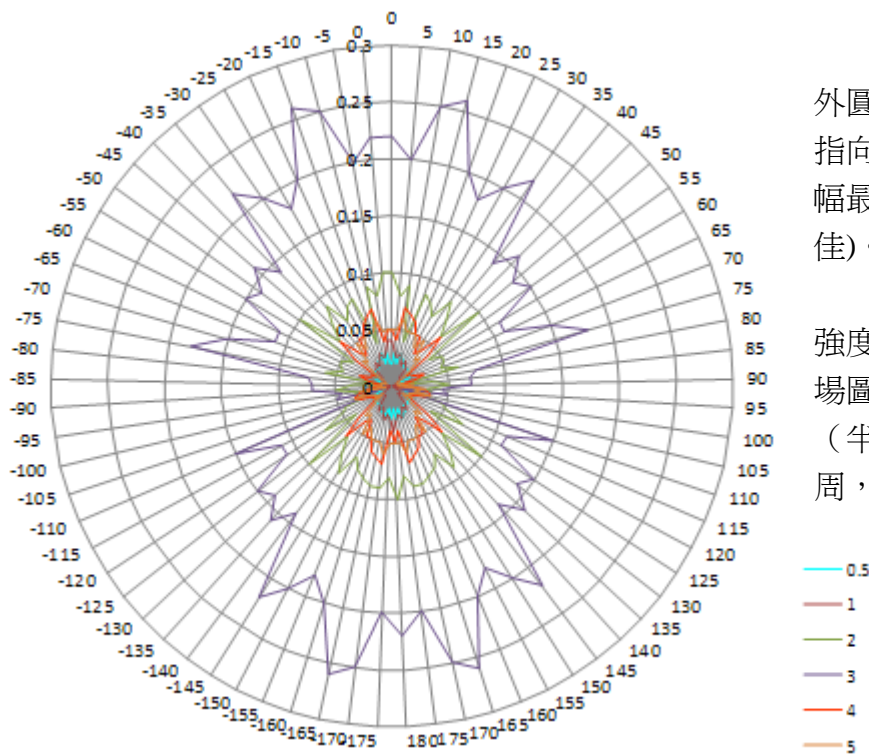
一、一般喇叭在不同頻率下之聲場研究：探討一般喇叭的聲場分布是否有指向性

(1) 實驗過程



1. 喇叭(直徑 6.5cm)
2. pasco 500
3. 電腦(頻譜分析)
4. GLX
5. 訊號產生器
6. 角度感測器

(2) 實驗結果

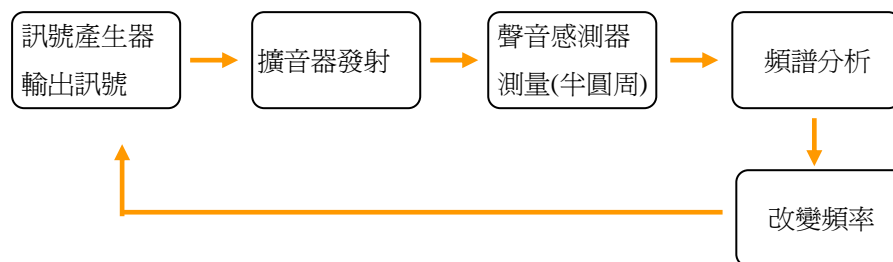


各頻率均勻向外圓周擴散，無明顯指向性。以 3k 的振幅最大(響應頻率最佳)。

喇叭前後聲場強度約相同；前後聲場圖形也幾近對稱。(半徑 1m 的 1/4 圓周，每轉 5° 量測)

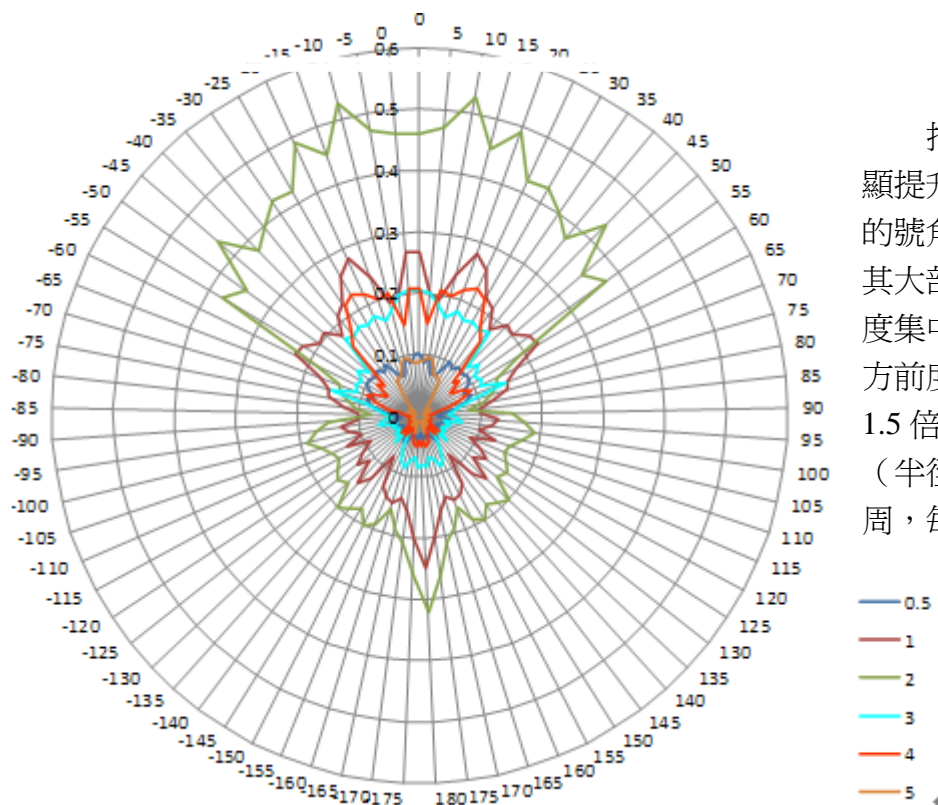
二、擴音器在不同頻率下之聲場研究：探討具有號角型反射罩的喇叭聲場分布是否有指向性

(1) 實驗過程



1. 錐形擴音器(大聲公)
2. pasco 500
3. 電腦(頻譜分析)
4. X-plore GLX
5. 訊號產生器
6. 角度感測器

(2) 實驗結果



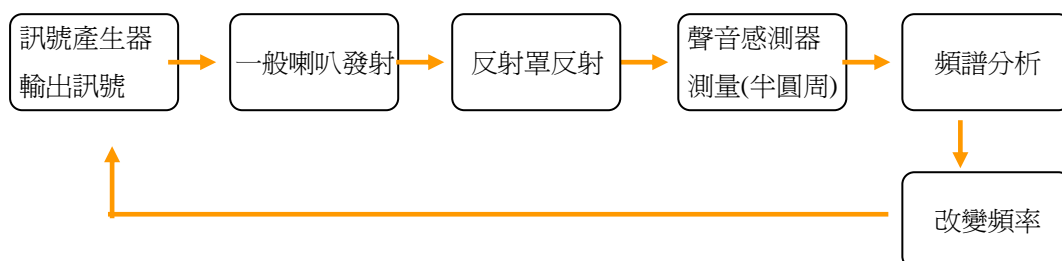
指向性雖無明顯提升，但因為喇叭的號角型反射罩使其大部分的聲音強度集中於正前方。前方強度約為後方的1.5倍。
 (半徑 1m 的 1/4 圓周，每轉 5° 量測)

- 0.5
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

三、加裝反射罩之一般喇叭與擴音器在不同頻率下之聲場研究

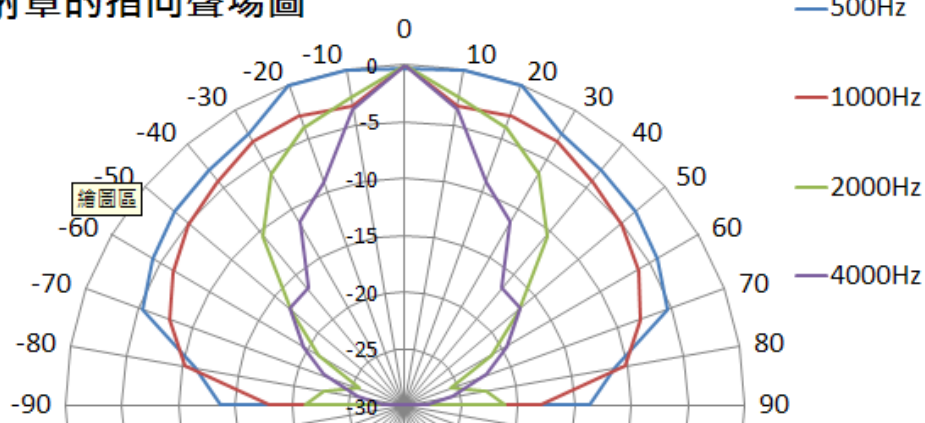
1. 加裝反射罩之一般喇叭：研究半球型反射罩對一般喇叭聲音集中的效果

(1) 實驗過程



(2) 實驗結果

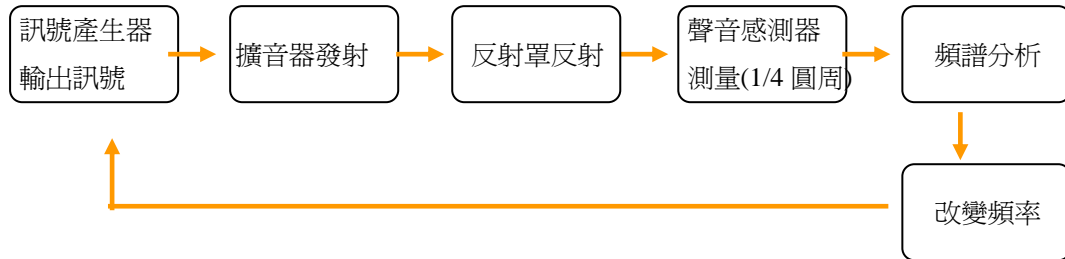
加裝反射罩的指向聲場圖



在加裝反射罩後，集音效果並沒有明顯改善；低頻聲波還是會向外擴散，高頻聲波還是會有較好之指向性。(測量半徑 1m，每轉 10°量測)。

2. 加裝反射罩之號角型喇叭：研究半球型反射罩對號角型喇叭聲音集中的效果

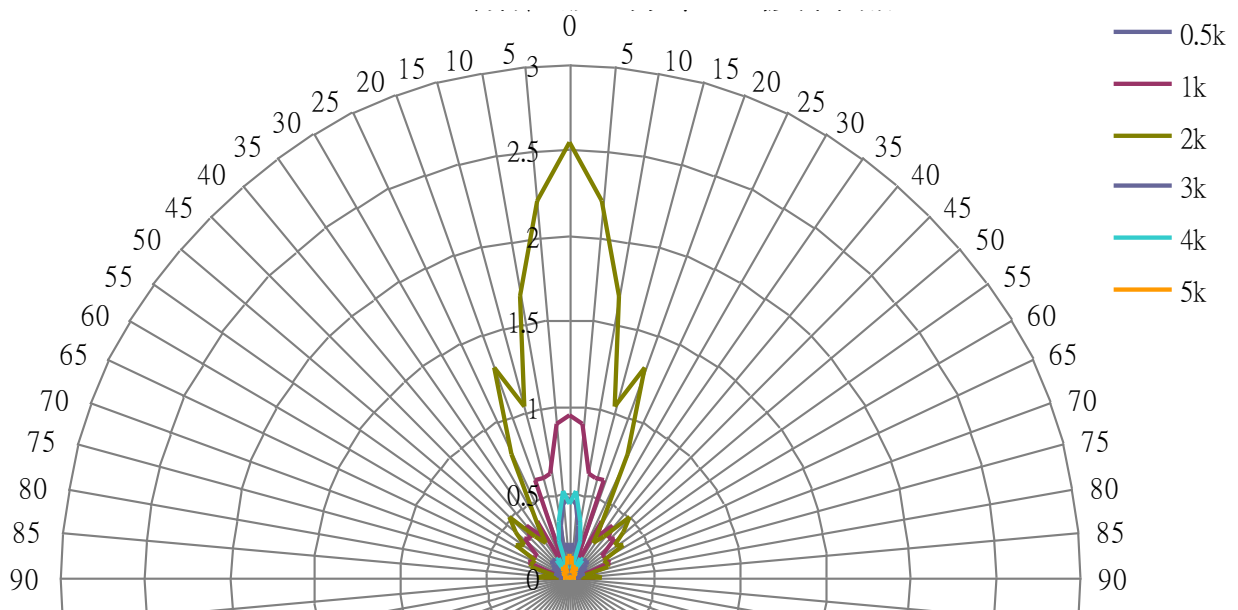
(1) 實驗過程



(2) 實驗結果

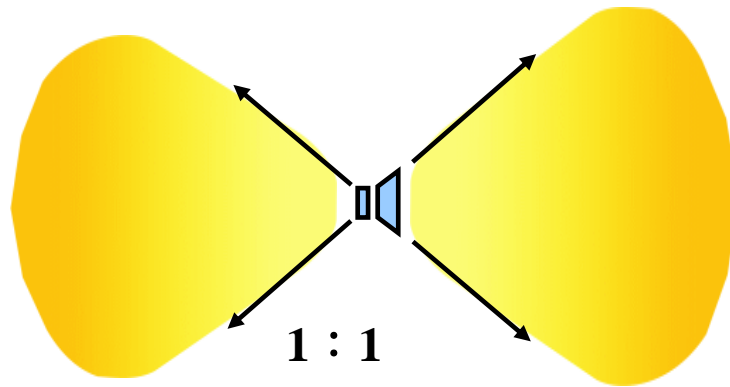


1. 半球形反射罩 (半徑 30cm)
2. 此處裝號角型喇叭
3. 電腦(頻譜分析)
4. 訊號產生器
5. X-plore GLX
6. 角度感應器



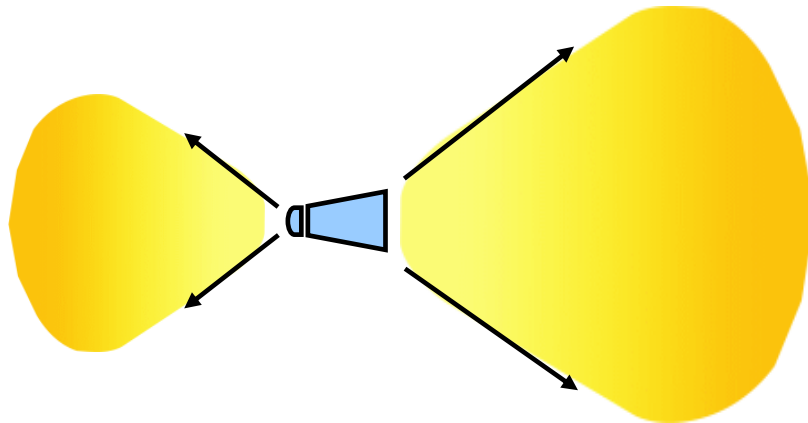
實驗結果比一般喇叭好上許多，各頻率都具有良好的指向性。
(測量半徑 1m，每轉 5°量測)。

探討：



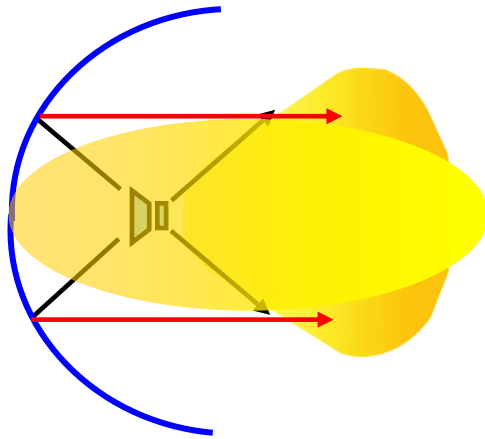
說明：

喇叭前後因無錐形反射罩集中聲音，產生的聲場強度約相同。



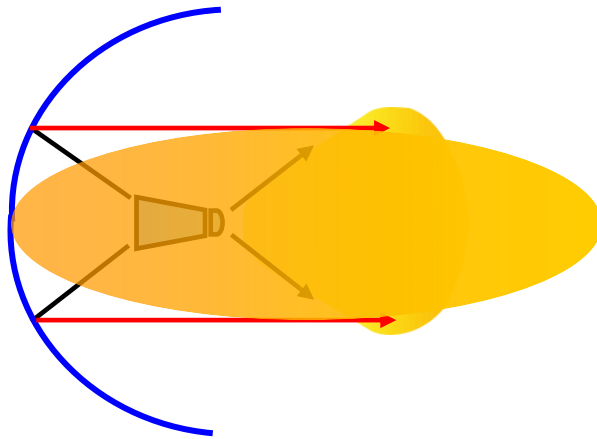
說明：

喇叭前後因錐形反射罩集中聲音於大聲公前方，使前方的聲場強度較強；後方較弱。



一般喇叭前後聲場強度差異不大，反射罩只能反射總能量的 1/2，集中的總能量便只有 1/2；而從喇叭背面發射的 1/2 總能量，無反射罩反射，則呈圓周擴散。

因此，一般喇叭加裝反射罩後，指向性雖較無加裝時好，卻無明顯效果。

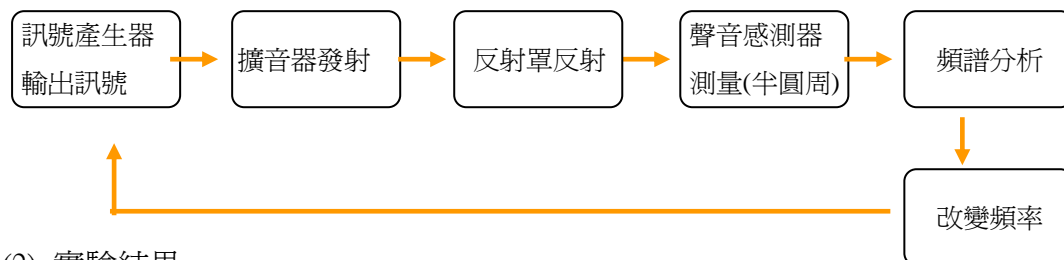


擴音器前後聲場強度約相差 1.5 倍，大部分的總能量被反射罩反射，集中效果佳。

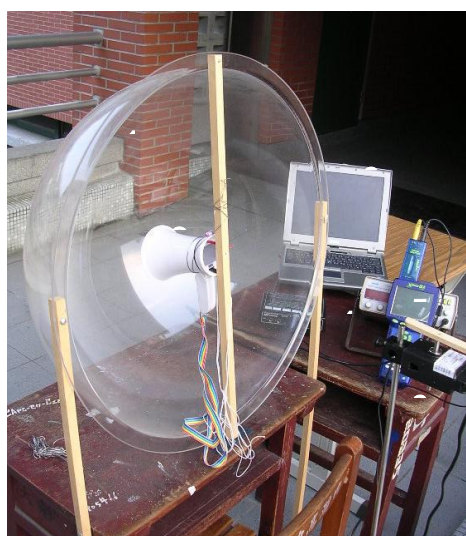
而擴音器背面無錐形反射罩反射，聲場能量較低，雖會呈圓周擴散，但因弱於反射罩集中的聲音能量，整體的指向性較佳。

四、不同反射面積的反射率之研究：因不同形狀的反射罩較難取得，改以改變反射罩尺寸，探討不同反射面積聲音集中效果的變化。

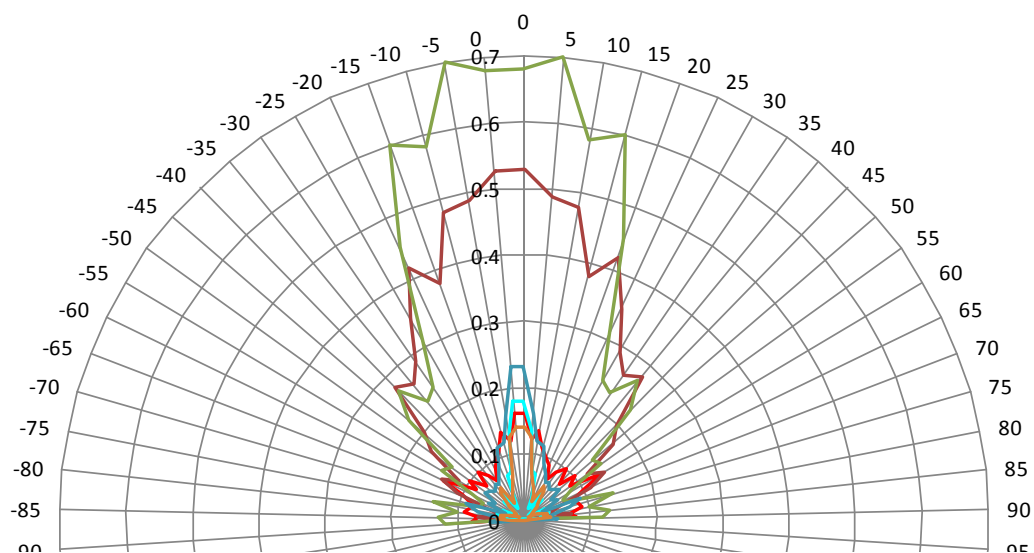
(1) 實驗過程



(2) 實驗結果



1. 半球形反射罩 (半徑 30cm)
2. 此處裝號角型喇叭
3. 電腦(頻譜分析)
4. 訊號產生器
5. X-plore GLX
6. 角度感應器



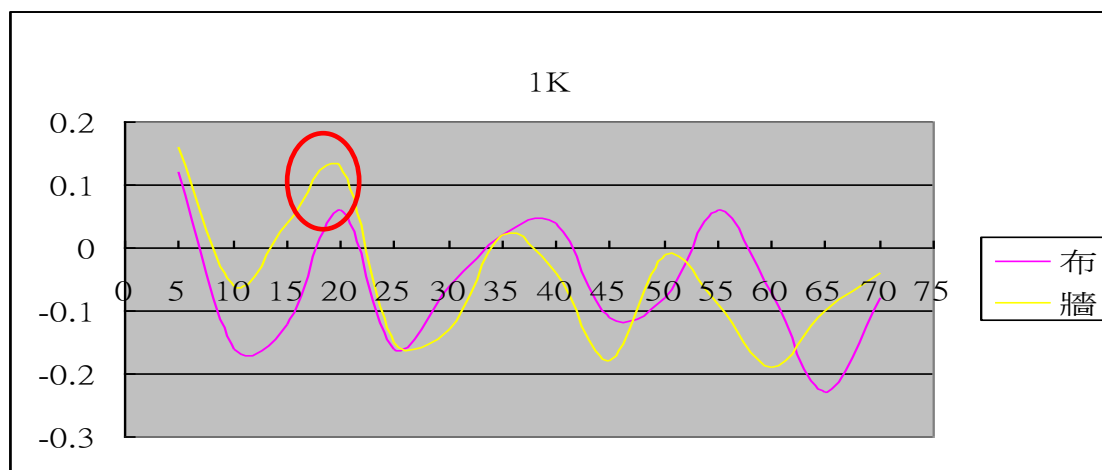
半徑 20cm 的反射罩(反射面積較小)指向性與 30cm 的反射罩相較之下較差，但卻依然比加裝反射罩之一般喇叭的指向性來的好。

其中 1k、2k 的振幅較大，但指向性較差，而高頻的振幅雖小，指向性卻較好。

五、不同材質反射面的反射率之研究

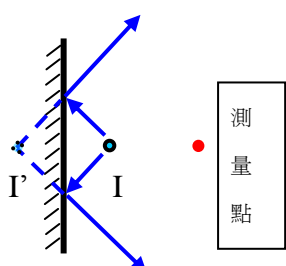
1. 實驗測量：

- (1) 聲音衰減：聲源與反射面的距離不同，會使入射波與反射波產生建設性干涉與破壞性干涉的現象，使測量到的聲波呈現週期性變化(如下圖)。



以 1K 為例，在 25°C 時波長約為 34cm，而當聲源與反射面距離為半波長的整數倍時聲音強度有最大值(理論值)。

- (2) 反射率測量：將聲源與反射面距離固定在聲音強度最大處測量不同材質的反射聲音強度，以避免入射波與反射波因相位差產生干涉，影響實際反射強度大小。



聲源 I 發出聲波後，經反射得一反射聲波，將其延長可交一點於反射面後(如圖中虛線)，則此點可視為一點虛聲源 I'。
則反射可視為兩聲源 I 及 I' 同時發出聲波的結

2. 實驗影響因素：

- (1) 場地過於狹窄，雖牆壁兩側掛有布幔吸音，仍有至牆壁反射的聲波影響實驗數據精準度。
(2) 反射面過小，因實驗聲波成圓週性擴散，可能有部分聲波非經由反射面反射，而使實驗數據產生誤差。

此實驗尚有改進空間，但目前還未找到適合方式測量反射率，因此附上文獻提供的主要室內裝飾材料的吸音係數表。

	125Hz	500Hz	2000Hz	4000Hz
玻璃	0.04	0.05	0.05	
厚毛毯	0.1	0.5	0.82	
裝修過天花板	0.19	0.23	0.25	0.3
油漆過木地板	0.08	0.12	0.15	0.16

六、燈光顏色與場合

色彩的直接心理效應來自色彩的物理光刺激對人的生理發生的直接影響，而冷色與暖色則是依據心理錯覺對色彩的物理性分類，對於顏色的物質性印象，大致由冷暖兩個色系產生。

以下為文獻整理：

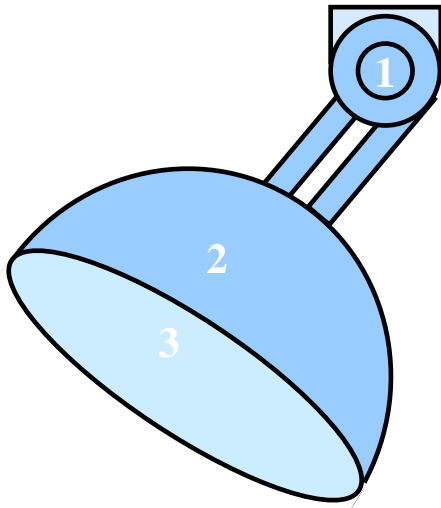
	人的反應	適合場所
紅、橙、黃色光(波長長)	有暖和感 脈搏加快 血壓升高 情緒興奮衝動 感到警覺	冬日 氣氛愉悅的場合 櫃檯或接待處 梳妝台
紫、藍、綠色光 (波長短)	有寒冷的感覺 脈搏減緩 情緒較沉靜 感到放鬆	夏日 較正式場合 洗手間



若在反射罩上裝上白、紅、藍、綠四種燈泡，可依場合調整至適合的燈光顏色。

三、實品設計

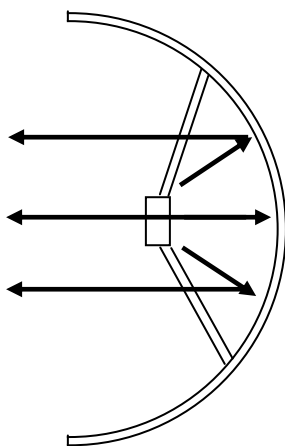
(1)裝置設計圖



1. 轉軸：控制聲音及光向方向。
2. 反射罩：將聲音及光集中在正前方。
3. 聲光裝置

三、實品設計

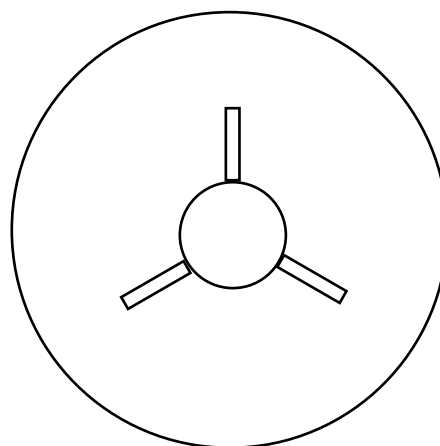
(2)局部圖



側視剖面圖

喇叭裝置在反射罩的半徑二分之一處(焦點處)。

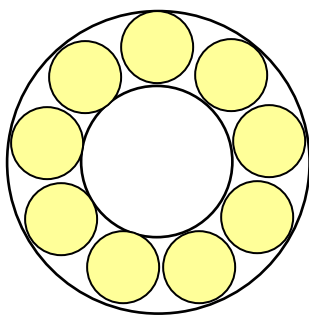
透過反射罩將聲音反射集中於正前方，增加指向性。



正視圖

將聲光同步裝置裝上支架固定在反射罩上。

以三支支架 120 度裝設(三等分)，較為美觀。



聲光同步裝置

一般喇叭放置在正中央，LED 燈組環繞其四周。將燈泡朝向反射罩內部可防止眼睛直接接觸燈光，產生不適。

每個燈組合紅藍綠(RGB)三種燈泡，可依情境調整光線色彩。

陸、結論

- 一、一般喇叭的聲場均勻向外圓周擴散，無明顯指向性。且喇叭前後聲場強度約相同；前後聲場圖形也幾近對稱。
- 二、號角型喇叭的聲場指向性雖無明顯改善，但因其號角形反射罩使大部分聲音強度集中於前方，前後的聲場強度約相差 1.5 倍。
- 三、一般喇叭在加裝反射罩後，集音效果並無想像中好；低頻聲波仍會向外擴散，高頻聲波則具有較好之指向性。推測有可能是反射罩相對於我們所使用喇叭不夠大，使聲波產生繞射的結果，或者是反射罩只能反射喇叭正前方的聲音。
- 四、號角型喇叭在加裝反射罩後，實驗結果比一般喇叭好上許多，各頻率都具有良好的指向性。
- 五、號角型喇叭加裝小型反射罩(半徑 20cm；反射面積較小)指向性與大的反射罩(半徑 30cm)相較之下較差，但仍比加裝反射罩之一般喇叭的指向性來的好。
- 六、波長長的色光(暖色)，適合氣氛愉悅的場所；波長短的色光(冷色)，則適合需要理性的場所。

柒、文獻資料

- 一、林明瑞(民 90)。高級中學物理上冊。南一。
- 二、林明瑞(民 90)。高級中學物理下冊。南一。
- 三、蔣亨進(民 96)。高級中學基礎物理。龍騰。
- 四、顏色美：http://www.kimen.com.tw/New_Folder/AA02/AC5.htm
- 五、網站配色奧秘大公開：
<http://taiwan.cnet.com/builder/design/story/0,2000020730,20017463,00.htm>
- 六、<http://www.ks-hifi.com/dr.chen/200308/chen0308.htm>
- 七、<http://www.noise.com.tw/technique/paper/paper03.pdf>
- 八、石曉蔚個人網站：
<http://www.iali.com.tw/publications/applications/chap4.htm>