

嘉義縣第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學

組 別：國小組

作品名稱：一線生機—天線與數位電視訊號的探討

關鍵詞：DIY 天線、都卜勒矩環式天線、鋁箔紙

編號：

一線生機—天線與數位電視訊號的探討

摘要

目前電視訊號分為類比訊號和數位訊號，而政府將在民國 101 年 6 月 30 日結束類比訊號發射，因此我們想在教室裡的液晶電視安裝室內天線以收看數位電視節目。在實驗中我們發現，自製天線和市售天線在面向數位訊號基地台發射的正確方位以及空曠無阻礙的地方，都能接收到良好的訊號，如果天線設置在室內，想要接收到數位電視訊號來觀看電視節目，除了要尋找最近的數位電視發射台還要面向發射台方向，實驗中在教室內安裝天線以自製天線四邊形邊長 14 公分銅製天線加上鋁箔紙，比市售天線所接收到的數位電視訊號品質穩定。

壹、研究動機

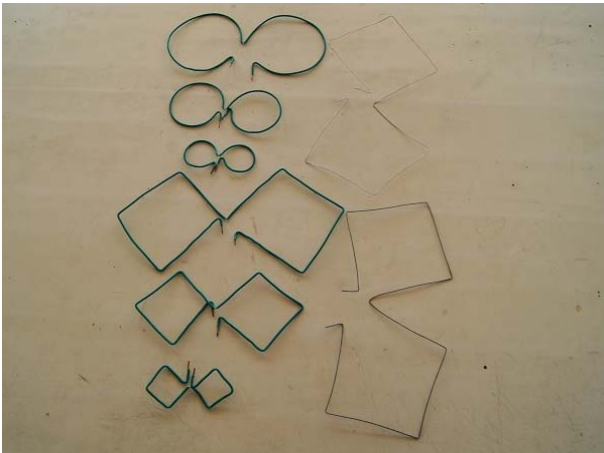
學校在每間班級教室都設置液晶電視，它的功能除了在上課時能讓老師將電腦畫面連結到電視，使大家能清楚看到畫面外，應該還能收看現在的無線數位電視節目，但經測試後我們卻發現液晶電視在教室內卻看不到電視節目，雖然液晶電視有內建數位訊號接收器，但無外接天線，而且老舊教室內無預留電視天線的管路，無法將天線安裝於樓頂，加上電視又安裝在教室的牆壁上無法移動，所以收不到訊號。為了解決在教室內裝數位天線觀看數位電視節目的問題，我們進行了這次的實驗。

貳、研究目的

研究目的	研究問題
一、調查數位電視訊號發射位置與接收的最佳方位。	(一)哪裡是數位電視訊號發射的來源與天線最佳接收方位？
二、探討自製天線與數位電視訊號接收品質的關係。	(二)不同材質的自製天線是否影響數位電視訊號接收的品質？ (三)不同邊長的自製天線是否影響數位電視訊號接收的品質？ (四)不同形狀的自製天線是否影響數位電視訊號接收的品質？
三、比較各種天線在教室內接收數位電視訊號強弱的關係。	(五)教室內外對天線接收訊號程度有何影響？ (六)自製天線加鋁箔紙對訊號強弱有何影響？

參、研究設備及器材

同軸電纜、鐵線、銅線、不鏽鋼線、市售一字型天線、市售雙開天線、電腦、數位電視接收器及所附贈天線、指北針。



自製各種形狀大小材質不同的天線



電視太高，所以利用電腦來進行實驗
其位置在電視正下方

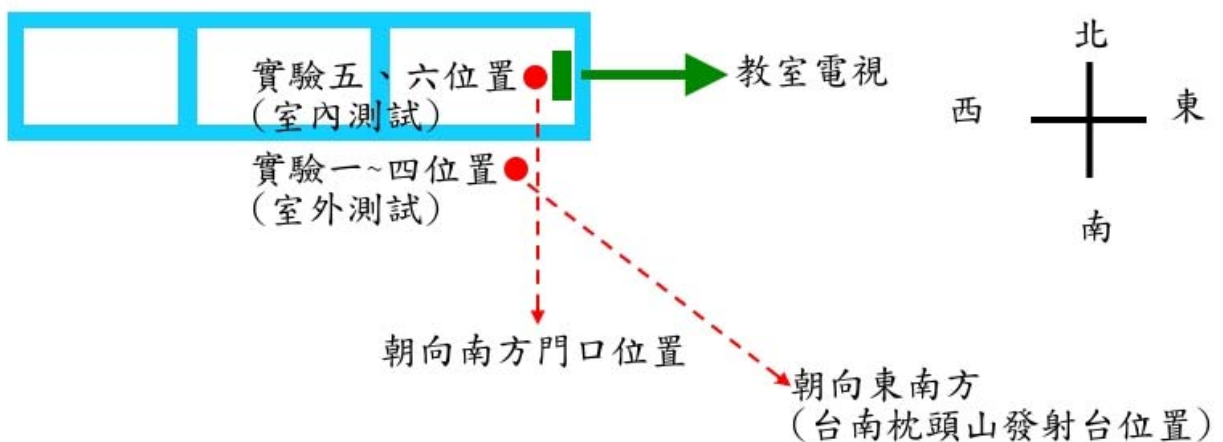


市售各種不同天線
(雙開天線、一字型天線、附贈天線)



數位電視接收器+附贈天線

實驗位置說明說明：



肆、研究過程或方法

一、調查數位電視訊號發射位置與接收的最佳方位。

實驗一：哪裡是數位電視訊號發射的來源與天線最佳接收方位？

數位電視訊號發射的來源在哪裡？我們搜尋社團法人台灣數位電視協會的網站，他們教導大家要將天線朝向最近的發射站才会有最強的訊號，網站中目前有列出已經建置及規劃中的數位電視訊號發射站，離我們學校最近的數位無線電視訊號發射站為「台南枕頭山發射站」，其次為「番路鄉隙頂補隙站」、「南投發射站」、「中寮發射站」（如圖 1-1），於是我們使用 Google Map 定位找出學校與發射站的位置關係。

（一）步驟：

在社團法人台灣數位電視協會的網站尋找這四座發射站的座標，分別是「台南枕頭山發射站」（北緯 23.32805，東經 120.487232）、「番路鄉隙頂補隙站」（北緯 23.437333，東經 23.437333）、「南投發射站」（北緯 23.947778，東經 120.6325）、「中寮發射站」（北緯 22.832667，東經 120.432019），將以上這四個座標標示在 Google 地圖上，再尋找學校位置（北緯 23.484641，東經 120.177158）標示於地圖（圖 1-2），連結學校與四座發射站的直線，並透過 Google 地圖計算得到兩點距離（網站中的距離以英里為單位，乘以 1.6092 來換算成以公里為單位），結果如下表 1-1。

中區	南投發射站	5kW	台中市、潭子、烏日、大里、快官、芬園、草屯、南投、霧峰、彰化、花壇、員林、北斗、斗南、雲林縣	已建置完成
	集集大山轉播站	400W	埔里、水里、魚池、集集、竹山、鹿谷、信義	已建置完成
	台中清水	100W	台中縣清水鎮宇沙鹿鎮地區	已建置完成
	台中吊神山	100W	台中東勢鎮、和平鄉、苗栗卓蘭鎮	已建置完成
	苗栗大湖	100W	苗栗大湖地區	已建置完成
中南區	枕頭山發射站	3.4Kw	雲林縣、嘉義縣市、台南縣市	已建置完成
	番路鄉隙頂	100W	嘉義竹崎鄉、阿里山鄉、番路鄉，以及阿里山公路	規畫中
	85大樓發射站	5kW	高雄市	已建置完成
	中寮發射站	5KW	台南縣市、高雄縣市、屏東縣市(東港、竹田、枋寮、崁頂、南州)	已建置完成

圖 1-1 台灣數位電視協會網站—數位無線電視訊號發射站

	台南枕頭山	番路鄉隙頂	南投發射站	中寮發射站
性質	發射站(已建置)	補隙站(規劃中)	發射站(已建置)	發射站(已建置)
發射功率	3400W	100W	5000W	5000W
北緯	23.32805	23.437333	23.947778	22.832667
東經	120.487232	120.657472	120.6325	120.432019
方位 (以學校為中心)	東南	東	東北	南東南
距離學校(公里)	36.2 公里	49.3 公里	69.4 公里	76.8 公里

表 1-1 數位電視訊號發射站與學校的關係
(學校位置為北緯 23.484641, 東經 120.177158)

合作者

編輯

學校與數位電視訊號發射站

台南枕頭山(發射站)=43.26英里=69.4公里
番路鄉隙頂(補隙站)=30.64英里=49.3公里
南投(發射站)=22.5英里=36.2公里
中寮(發射站)=47.71英里=76.8公里

-  枕頭山發射站
+23° 19' 40.98", +120° 29' 14.04"
-  隙頂補隙站
+23° 26' 14.40", +120° 39' 26.90"
-  南投發射站
+23° 56' 52.00", +120° 37' 57.00"
-  中寮發射站
+22° 49' 57.60", +120° 25' 55.27"
-  我們的學校
+23° 29' 4.71", +120° 10' 37.77"
-  南投發射站
南投發射站
-  隙頂補隙站
隙頂補隙站
-  枕頭山發射站
枕頭山
-  中寮發射站
中寮發射站



圖 1-2 Google 地圖標示學校與發射站的距離關係

(二)實驗測試：

- ◎實驗假設：天線朝向基地台能有最好的收訊效果(本次實驗方位為東南方)。
- ◎實驗器材：同軸電纜、附贈天線、市售一字型天線、市售雙開天線(說明書上建議先調成 180 度，如收訊欠佳時，可把天線呈 45 度斜角來使用)、數位電視接收器、電腦、指北針。
- ◎控制變因：面對東南方天空 45 度角，前無障礙物。
- ◎操縱變因：不同天線。
- ◎應變變因：數位頻道的接收品質。

我們將數位電視接收器和電腦，朝東南方放置於走廊空曠處(如下圖 1-3)，並且記錄顯示於螢幕上的訊號品質數值，如下圖 1-4。

測試方式為每一種天線輪流測試 17 個頻道(依附贈天線→市售一字型天線→市售 180 度雙開天線→市售 45 度雙開天線)，每一個頻道紀錄第 5 秒(切換頻道後 5 秒內數值不穩定)、第 10 秒和第 15 秒的數值，當所有天線都測試完 17

個頻道，再反向從最後一種天線開始，重複上面的記錄方式，得到三個數值(依市售 45 度雙開天線→市售 180 度雙開天線→市售一字型天線→附贈天線)，所以最後每一種天線在每個頻道都會得到 6 個數值，得到最後的平均訊號品質，如下表 1-2(無訊號以粉紅色來標示)。

對照頻率 (MHZ)	頻道/天線種類	附贈天線	一字型天線	雙開天線 (180 度)	雙開天線 (45 度)
533-539	(1)中視	10.0%	99.5%	100.0%	99.8%
	(2)中視新聞台	6.7%	98.8%	99.8%	99.7%
	(3)中視綜藝台	13.3%	99.5%	100.0%	100.0%
542-548	(4)公視	10.0%	99.5%	99.8%	100.0%
	(5)DIMO	10.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	(6)客家電視台	10.0%	99.8%	99.8%	99.8%
554-560	(7)民視	10.0%	99.7%	100.0%	99.7%
	(8)民視交通台	13.3%	100.0%	99.7%	99.8%
	(9)民視新聞台	13.3%	99.8%	100.0%	100.0%
	(10)民視 HD 台	10.0%	99.7%	100.0%	99.8%
566-572	(11)公視 HiHD	10.0%	100.0%	100.0%	99.8%
578-584	(12)台視	10.0%	100.0%	99.5%	99.8%
	(13)台視財經台	13.3%	99.7%	99.8%	99.8%
	(14)台視健康台	6.7%	99.8%	99.8%	99.8%
590-596	(15)華視	10.0%	99.8%	100.0%	100.0%
	(16)華視教育台	13.3%	100.0%	99.5%	99.8%
	(17)華視休閒台	13.3%	99.8%	100.0%	100.0%

表 1-2 數位電視訊號發射站與天線接收的品質關係

(三)討論與歸納：

社團法人台灣數位電視協會網站中有說明尋找訊號的強度特性及判斷方法的內容，與表 1-1 對照後得知：

1. 訊號電波依據規劃覆蓋區域進行傳遞，強度依距離因素漸次衰減，得到此次最近距離發射站應為「台南枕頭山」。
2. 訊號電波會因為地形阻擋及地物密度差異而無法穿透，使訊號電波衰減，而學校建築為坐北朝南的建築，故天線以面對東南方最佳。
3. 訊號電波會因為電磁干擾因素，造成傳遞慣性改變(如：下雨、各種交通工具經過、電塔……等)，使訊號電波強度改變，因此我們選擇無下雨且無交通工具經過的教室，來進行以下天線與接收數位電視訊號的實驗。
4. 實驗中，除了數位電視接收器所附贈的天線收訊狀況較差之外，其他兩組市

售天線都有相當穩定且高品質的接收效果，因此可見附贈天線收訊能力本身就較弱，若無正確的面對發射站方向，收訊可能會更差。

所以實驗一「哪裡是數位電視訊號發射的來源與天線最佳接收方位？」經過地圖標示及實驗，呈現出如表 1-1、表 1-2 的判斷距離、方位和收訊品質，這次實驗的天線方向，應面對東南方的「台南枕頭山」為最佳。



圖 1-3 天線朝東南方裝設在空曠處



圖 1-4 螢幕上所顯示的訊號品質



圖 1-5 可快速更換天線設計



圖 1-6 在 Google 地圖標示發射台與學校

二、探討自製天線與數位電視訊號接收品質的關係。

實驗二：不同材質的自製天線是否影響數位電視訊號接收的品質？

以前一般家庭接收類比訊號的天線，大都是設置在樓頂的魚骨型天線，而電視訊號數位化之後，天線的種類變得更多樣化了，除了原本較有的魚骨型天線，還有跟同學搜集了棒型、盒型、雙開(V字型)和一字型……等多種天線，我們也透過網路搜尋到 DIY 天線數量最多的形狀是雙四邊形所組成的天線，不僅材料容易取得、作法不困難，價格也十分便宜，效果也不錯，於是我們想利用這樣的天線來測試教室內的電視是否能接收到數位電視訊號。

我們看過參考資料中的「DIY 數位電視天線」後，得知 DIY 天線常用的材料是衣架或銅線，都是屬於金屬類，因此蒐集了家裡和學校可拿到的材料，包括銅線、不鏽鋼線和鐵線，本次實驗不採用衣架的原因是——衣架雖然大多為鐵線材質，但是衣架的品牌及種類實在太多，內含物不一定為金屬，因此用鐵線來代替衣架，與參考資料中 DIY 天線略有不同。

網路上的 DIY 教學是利用衣架折成兩個正四邊形，再接入同軸電纜，而這種四邊形天線稱之為「都卜勒矩環式天線」。而四邊形的邊長，此次實驗訂為 14cm，則是透過公式計算如下：

原理(公式): $300000 \div \text{頻率} \times 0.96 \div 4 = \text{mm (1/4 波長接收)}$

$300000 \div 596 \times 0.96 \div 4 = \text{約 } 121\text{mm}$ (取數位電視最高頻率 596 MHz)

$300000 \div 530 \times 0.96 \div 4 = \text{約 } 136\text{mm}$ (取數位電視最低頻率 530 MHz)

※取最大邊長製作天線，包含四邊形彎角部分取 14cm 為一邊的邊長。

[註一]300000 是指電波行進速度為每秒 30 萬公里。

[註二]頻率單位為 MHz。

[註三]0.96 是電波在金屬內的短縮率。

[註四]除以 4 是因為取 4 分之一波長會得到的值是 mm(公釐)。

◎實驗假設：不同材質的自製天線影響數位電視訊號接收的品質。

◎實驗器材：同軸電纜、附贈天線、市售雙開天線、鐵線、不鏽鋼線、銅線、數位電視接收器、電腦、指北針。

◎控制變因：四邊形的邊長皆為 14 公分，面對東南方前無障礙物。

◎操縱變因：不同材質的金屬天線。

◎應變變因：數位頻道的接收品質。

◎對照組：附贈天線、市售雙開天線。

(一)步驟：

因為教室裡的電視裝設位置太高，在進行實驗時不利於頻繁的拆裝，而且還有安全上的顧慮，所以我們使用數位電視接收器和電腦，置於電視機正下方進行測試，此外將鐵線、不鏽鋼線、銅線分別折成兩個四邊形(如下圖 2-2)，再用同一條同軸電纜連結到數位電視接收器和電腦(如下圖 2-3)，並朝東南方置於走廊空曠處，我們再記錄顯示於螢幕上的訊號品質數值。

測試方式為每一種材質天線輪流測試 17 個頻道(依附贈天線→市售雙開天線→鐵線→不鏽鋼線→銅線)，每一個頻道記錄第 5 秒(切換頻道後 5 秒內數值不穩定)、第 10 秒和第 15 秒的數值，當所有天線都測試完 17 個頻道，再反向從最後一種天線開始，重複上面的記錄方式，得到三個數值(依銅線→不鏽鋼線→鐵線→市售雙開天線→附贈天線)，所以最後每一種天線在每個頻道都會得到 6 個數據，得到最後的平均訊號品質，如下表 2-1、圖 2-1(無訊號以粉紅色標示，畫面不順暢、停格或出現延遲、馬賽克的現象則以橘色標示)。

對照頻率 (MHZ)	頻道/天線材質	附贈天線	市售雙開天線 (45 度)	鐵	不鏽鋼	銅線
533-539	(1)中視	3.3%	99.8%	100.0%	100.0%	99.8%
	(2)中視新聞台	3.3%	99.8%	100.0%	100.0%	100.0%
	(3)中視綜藝台	13.3%	99.8%	100.0%	100.0%	99.8%
542-548	(4)公視	10.0%	100.0%	97.2%	100.0%	100.0%
	(5)DIMO	20.0%	100.0%	98.0%	100.0%	100.0%
	(6)客家電視台	25.2%	100.0%	96.7%	100.0%	100.0%
554-560	(7)民視	6.7%	99.8%	99.3%	61.5%	100.0%
	(8)民視交通台	10.0%	99.8%	100.0%	69.0%	99.8%
	(9)民視新聞台	10.0%	100.0%	96.8%	64.3%	99.8%
	(10)民視 HD 台	10.0%	100.0%	99.5%	73.7%	100.0%
566-572	(11)公視 HiHD	6.7%	100.0%	99.8%	99.5%	100.0%
578-584	(12)台視	8.3%	99.8%	99.3%	99.0%	100.0%
	(13)台視財經台	6.7%	100.0%	99.8%	90.8%	100.0%
	(14)台視健康台	6.7%	100.0%	100.0%	93.5%	99.8%
590-596	(15)華視	25.0%	100.0%	95.2%	97.8%	100.0%
	(16)華視教育台	16.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	(17)華視休閒台	3.3%	100.0%	99.8%	100.0%	99.8%

表 2-1 同邊長同形狀不同材質天線與頻道收訊品質的關係

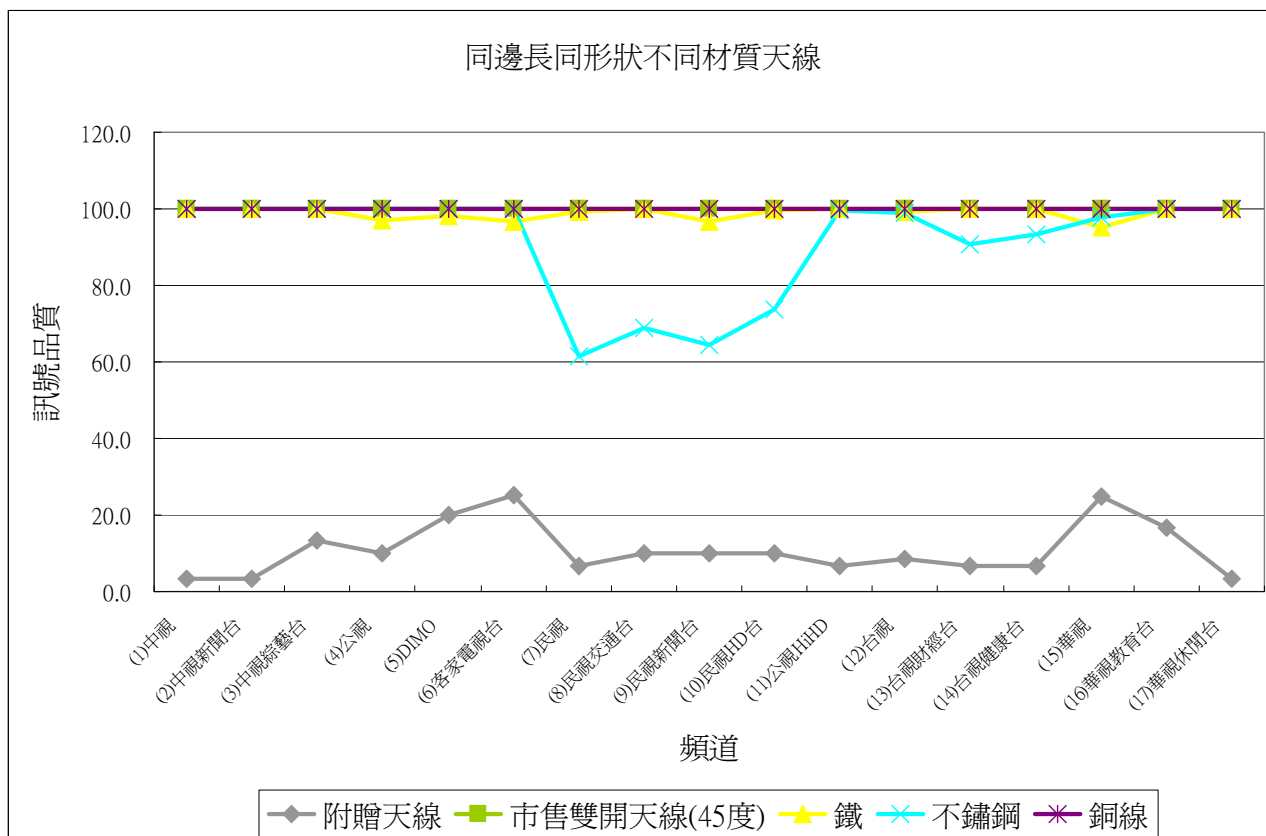


圖 2-1 同邊長同形狀不同材質天線與頻道收訊品質的折線圖

(二)討論與歸納：

從以上的測試結果可以看出，數位電視接收器所附贈的天線和同廠牌市售雙開天線這兩種天線比較，以附贈天線收訊狀況差；鐵線、不鏽鋼線、銅線天線對於訊號品質有影響。其中不鏽鋼材質的天線對於 554-560MHZ 的民視頻道收訊品質，明顯低於鐵線和銅線，觀看時會有畫面暫停或是馬賽克畫面。鐵線雖在幾個頻道訊號品質略降，但畫面和聲音都十分流暢，也可證明參考資料中的「DIY 數位電視天線」中使用鐵製衣架所折成的天線，收訊品質也會不錯。市售雙開天線和銅線收訊品質都很好，但是價格差異相當大，市售雙開天線約 400 元，而銅線的成本約 20 元。所以在這個實驗中，三種不同材質天線以銅線最好，若無銅線可用鐵線代替，而且自製銅線所製成的天線可以取代市售雙開天線。根據以上實驗，實驗二中假設「不同材質的自製天線影響數位電視訊號接收的品質」成立。

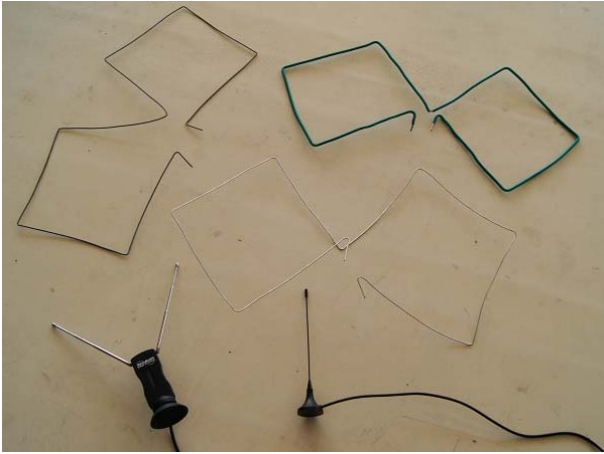


圖 2-2 附贈天線、市售雙開天線、鐵線、不鏽鋼線、銅線



圖 2-3 DIY 天線連結至同一條同軸電纜

實驗三：不同邊長的自製天線是否影響數位電視訊號接收的品質？

邊長我們是由實驗二的公式得到的，但是如果不依照公式算出的邊長做實驗，難道就無法接收到數位電視訊號？或是只要用收訊品質最好的銅線所折成的四邊形，就一定能接收到數位電視訊號呢？於是我們將比較邊長分別為 14 公分、10 公分和 6 公分的四邊形銅製天線的收訊狀況。

◎實驗假設：不同邊長的自製天線會影響數位電視訊號接收的品質。

◎實驗器材：同軸電纜、市售雙開天線、邊長 14 公分、10 公分、6 公分的四邊形銅製天線、數位電視接收器、電腦、指北針。

◎控制變因：銅製天線，面對東南方天空 45 度角，前無障礙物。

◎操縱變因：各種不同邊長的天線。

◎應變變因：數位頻道的接收品質。

◎對照組：市售雙開天線。

(一)步驟：

使用數位電視接收器和電腦，置於教室電視機正下方進行測試，此外將邊長分別為 14 公分、10 公分、6 公分(圖 3-3)的四邊形銅線，用同一條同軸電纜連結到數位電視接收器和電腦，並朝東南方天空置於走廊空曠處，我們再記錄顯示於螢幕的訊號品質數值。(圖 3-4)

測試方式為每一種材質的天線輪流測試 17 個頻道(依市售雙開天線→邊長

14 公分天線→邊長 10 公分天線→邊長 6 公分天線)，每一個頻道記錄第 5 秒(切換頻道後 5 秒內數值不穩定)、第 10 秒和第 15 秒的數值，當所有天線都測試完 17 個頻道，再反向從最後一種天線開始，重複上面的記錄方式，得到三個數值(依邊長 6 公分天線→邊長 10 公分天線→邊長 14 公分天線→市售雙開天線)，所以最後每一種天線在每個頻道都會得到 6 個數據，得到最後的平均訊號品質，如下表 3-1、圖 3-1。

對照頻率 (MHZ)	頻道/邊長	市售雙開天線 (45 度)	5 公分	10 公分	14 公分
533-539	(1)中視	100.0%	99.8%	98.5%	99.7%
	(2)中視新聞台	99.8%	99.5%	99.0%	100.0%
	(3)中視綜藝台	100.0%	99.5%	99.3%	99.8%
542-548	(4)公視	99.8%	98.3%	98.3%	100.0%
	(5)DIMO	100.0%	99.0%	92.5%	99.7%
	(6)客家電視台	100.0%	98.3%	92.2%	100.0%
554-560	(7)民視	99.8%	97.7%	93.8%	99.8%
	(8)民視交通台	100.0%	97.0%	93.7%	100.0%
	(9)民視新聞台	99.8%	94.8%	92.7%	99.5%
	(10)民視 HD 台	99.8%	97.5%	96.3%	100.0%
566-572	(11)公視 HiHD	100.0%	96.7%	99.5%	99.8%
578-584	(12)台視	100.0%	98.3%	99.0%	100.0%
	(13)台視財經台	99.7%	97.5%	99.5%	99.7%
	(14)台視健康台	100.0%	99.8%	99.0%	100.0%
590-596	(15)華視	100.0%	99.7%	99.7%	99.7%
	(16)華視教育台	99.8%	97.8%	99.5%	100.0%
	(17)華視休閒台	99.8%	99.7%	99.3%	99.8%

表 3-1 不同邊長同形狀同材質的天線與頻道

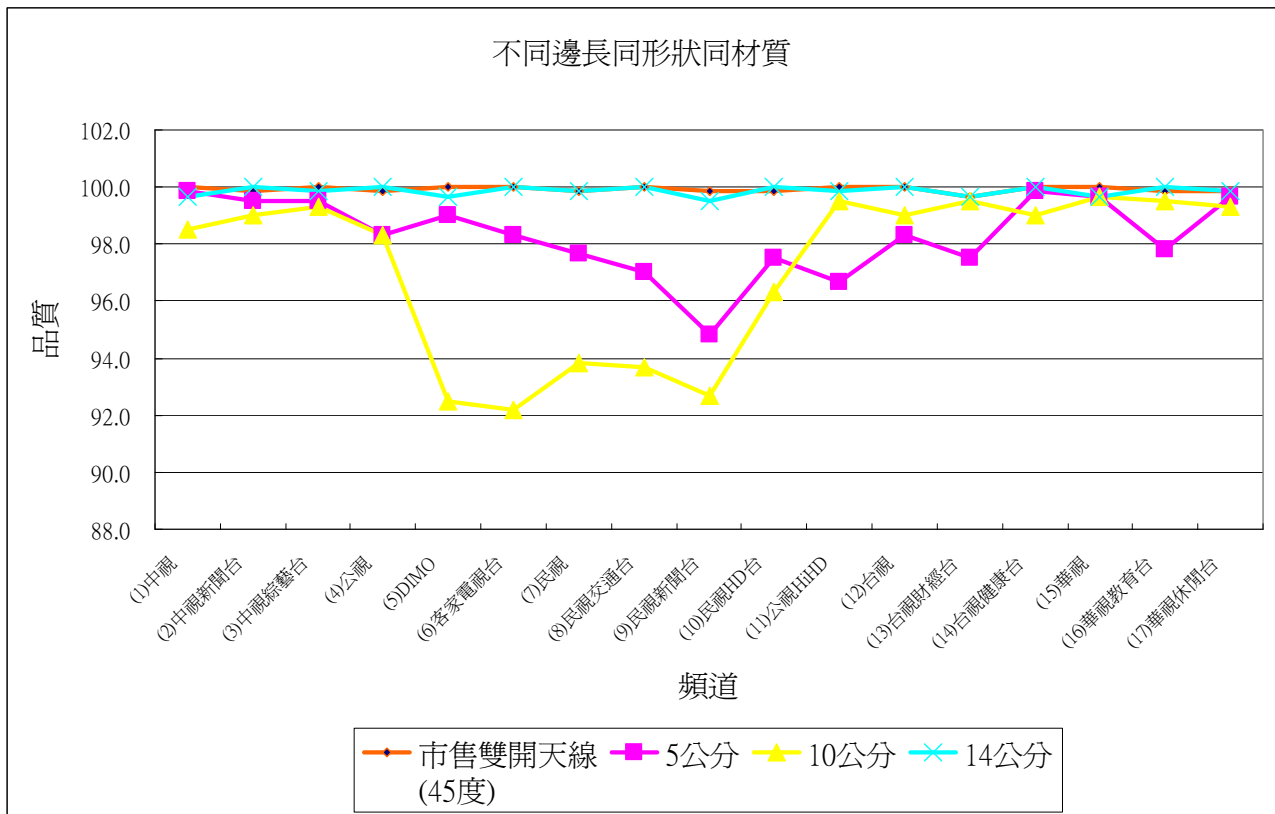


圖 3-1 不同邊長同形狀同材質的天線與頻道折線圖

(二) 討論與歸納：

我們將天線的邊長做不同變換，由表 3-1 和圖 3-1 可以看出來變化不大，雖然邊長 6 公分和 10 公分的四邊形天線訊號略差於邊長 14 公分的天線，但是平均訊號品質都大於 92%，都是相當好的狀況。不過邊長 6 公分和 10 公分的四邊形天線訊號，紀錄顯示在單一頻道的數值有起伏震盪，都大於邊長 14 公分的天線；邊長 6 公分的天線訊號品質最大有 9% 的變化，邊長 10 公分的天線訊號品質最大有 5% 的變化，而邊長 14 公分的天線訊號品質最大只有 1% 的變化。為了更了解邊長和天線的關係，我們將邊長不同的三組四邊形銅線天線加入實驗五，置於教室內阻礙較多的環境中進行實驗。實驗中假設「不同邊長的自製天線會影響數位電視訊號接收的品質」成立。



圖 3-3 邊長 14、10、6 公分四邊形銅製天線

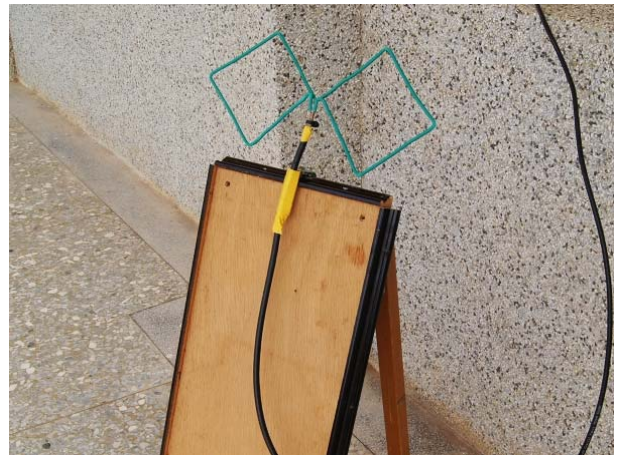


圖 3-4 實驗三的實驗設置情形

實驗四：不同形狀的自製天線是否影響數位電視訊號接收的品質？

網路上 DIY 製作的天線多為四邊形，若改變天線造型，對於電視訊號接收的品質是否有影響？根據問題二公式所得到的四邊形邊長為 14 公分，我們則有另一個疑問：如果我們把天線折成很多邊形，就會跟圓形很像，那麼以同樣周長折成直徑為 14~17 公分的圓，是不是也可以做成天線？如以下公式計算：

公式： $300000 \div \text{頻率} \times 0.96 = \text{mm 總波長接收}$

$300000 \div 596 \times 0.96 = \text{約 } 453\text{mm}$ (取數位電視最高頻率 596 MHz)

$300000 \div 530 \times 0.96 = \text{約 } 543\text{mm}$ (取數位電視最低頻率 530 MHz)

$\text{圓周} = \text{直徑} \times 3.14$

$45\text{cm} = \text{直徑} \times 3.14$ 直徑 = 14.3cm

$54\text{cm} = \text{直徑} \times 3.14$ 直徑 = 17.2cm

◎實驗假設：不同形狀的自製天線會影響數位電視訊號接收的品質。

◎實驗器材：同軸電纜、市售雙開天線、直徑分別為 15 公分、10 公分和 5 公分的圓形銅製天線、數位電視接收器、電腦、指北針。

◎控制變因：銅製天線，朝東南方天空 45 度角，前無障礙物。

◎操縱變因：不同直徑的圓形天線。

◎應變變因：數位頻道的接收品質。

◎對照組：市售雙開天線。

(一)步驟：

我們使用數位電視接收器和電腦，置於教室的電視機正下方進行測試，此外將銅線分別折成直徑為 15 公分、10 公分(圖 3-2)與 5 公分(圖 3-3)的圓形，用同一條同軸電纜連結到數位電視接收器和電腦，並朝東南方置於走廊空曠處，我們再記錄顯示於螢幕上的訊號品質數值。

測試方式為每一種材質的天線輪流測試 17 個頻道(依市售雙開天線→直徑 15 公分圓形天線→直徑 10 公分圓形天線→直徑 5 公分圓形天線)，每一個頻道紀錄第 5 秒(切換頻道後 5 秒內數值不穩定)、第 10 秒和第 15 秒的數值，當所有天線都測試完 17 個頻道，再反向從最後一種天線開始，重複上面的記錄方式，得到三個數值(依直徑 5 公分圓形天線→直徑 10 公分圓形天線→直徑 15 公分圓形天線→市售雙開天線)，最後每一種天線在每個頻道都會得到 6 個數據，得到最後的平均訊號品質，如下表 4-1、圖 4-1(無訊號以粉紅色標示)。

對照頻率 (MHZ)	頻道/天線形狀	市售雙開天線	圓形直徑 15 公分	圓形直徑 10 公分	圓形直徑 5 公分
533-539	(1)中視	100.0%	99.8%	99.8%	97.5%
	(2)中視新聞台	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%
	(3)中視綜藝台	99.8%	99.8%	100.0%	96.0%
542-548	(4)公視	100.0%	99.8%	98.5%	99.0%
	(5)DIMO	100.0%	99.7%	100.0%	97.5%
	(6)客家電視台	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%
554-560	(7)民視	99.8%	100.0%	99.0%	6.7%
	(8)民視交通台	100.0%	100.0%	100.0%	6.7%
	(9)民視新聞台	99.8%	99.8%	100.0%	10.0%
	(10)民視 HD 台	100.0%	100.0%	100.0%	10.0%
566-572	(11)公視 HiHD	100.0%	99.8%	96.0%	99.0%
578-584	(12)台視	100.0%	100.0%	100.0%	97.7%
	(13)台視財經台	99.8%	100.0%	98.8%	96.7%
	(14)台視健康台	100.0%	100.0%	99.7%	97.5%
590-596	(15)華視	99.8%	99.8%	99.7%	97.2%
	(16)華視教育台	99.8%	99.8%	99.8%	96.2%
	(17)華視休閒台	100.0%	100.0%	99.3%	95.8%

表 4-1 銅製圓形天線與頻道收訊品質的關係

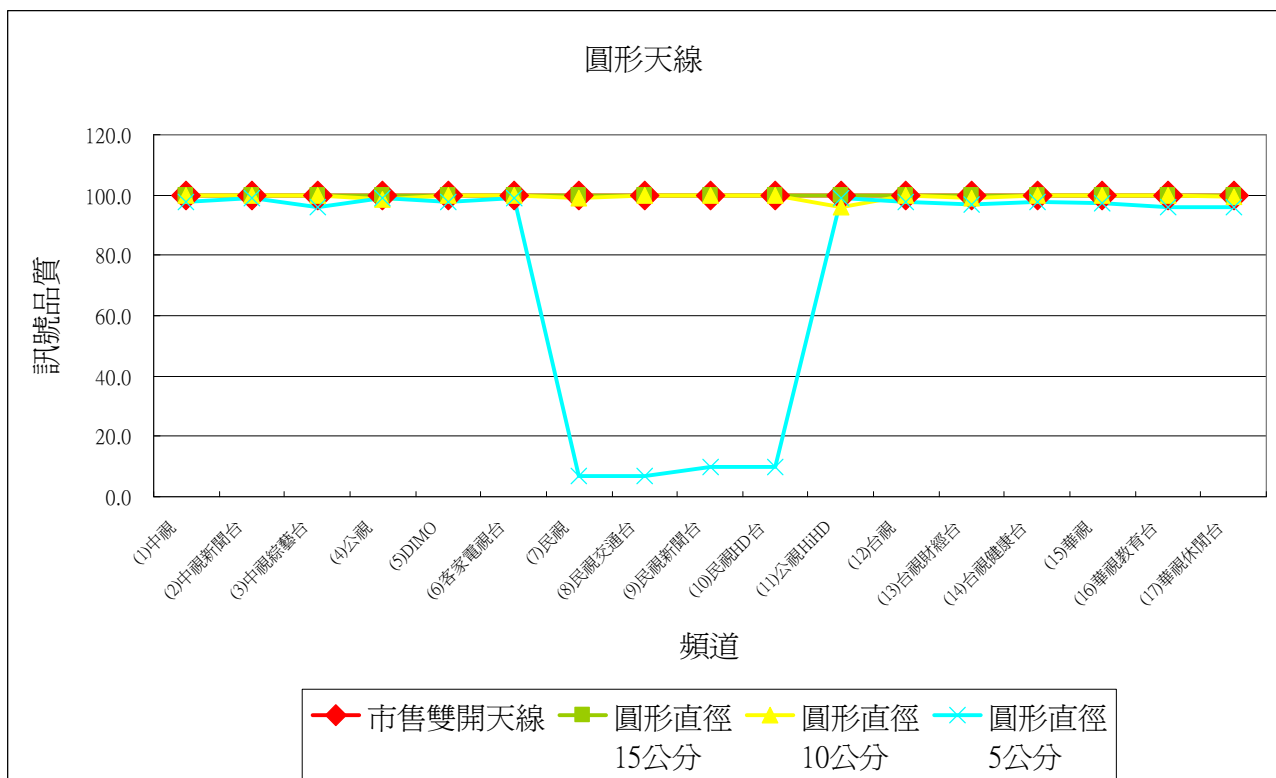


圖 4-1 銅製圓形天線與頻道收訊品質的折線圖

(二) 討論與歸納：

根據表 4-1 和圖 4-2 顯示，符合公式的直徑 15 公分圓形天線和不符合公式的直徑 10 公分圓形天線，都能有效接收到數位頻道的訊號，而直徑 5 公分的圓形天線在 554-560MHZ 的民視頻道區都無法收到訊號，和表 3-1、圖 3-1 的不同大小的四邊形銅製天線的結果不大相同，因此我們將直徑 15 公分的圓形天線和直徑 10 公分的圓形天線也加入到實驗五中，看看形狀、大小不同的天線，在室內是否有明顯的差別。實驗四假設「不同形狀的自製天線會影響數位電視訊號接收的品質」成立。



直徑 15、10、5 公分的圓形銅製天線



圓形銅製天線實驗情形

三、比較各種天線在教室內數位電視訊號強弱的關係。

實驗五：教室內外對天線接收訊號程度有何影響？

經過以上的實驗比較市售天線和自製天線在空曠地方收訊的狀況之後，發現市售天線和自製天線都能有良好的訊號接收品質，不過要從教室拉天線到空曠的地方或是屋頂，都需要施工裝設管路或是鑽孔這類破壞性的處理，如果只安裝在教室內，天線是否還能收到訊號？於是我們將天線移到教室內，並將天線朝向教室門口(南方)裝設，利用市售天線和自製天線做測試。

◎實驗假設：教室內外對天線接收訊號程度有影響。

◎實驗器材：同軸電纜、市售雙開天線、邊長 14 公分、10 公分以及 6 公分的四邊形銅製天線、直徑為 15 公分和 10 公分的圓形銅製天線、數位電視接收器、電腦、指北針。

◎控制變因：教室內電視機下方，天線朝教室門口(南方)。

◎操縱變因：各種不同邊長形狀的天線。

◎應變變因：數位頻道的接收品質。

◎對照組：市售雙開天線。

(一)步驟：

我們使用數位電視接收器和電腦，置於教室的電視機正下方進行測試：將用同一條同軸電纜連結到數位電視接收器和電腦的邊長 14 公分、10 公分、6 公分的四邊形銅製天線、直徑為 15 公分、10 公分的圓形銅製天線(如圖 5-2)，以及市售雙開天線，置於實驗桌旁朝向南方，再記錄顯示於螢幕的訊號品質數值(圖 5-3)。

測試方式為用每一種材質的天線輪流測試 17 個頻道(依市售雙開天線→邊長 14 公分的四邊形銅製天線→邊長 10 公分的四邊形銅製天線→邊長 5 公分的四邊形銅製天線→直徑 15 公分的圓形銅製天線→直徑 10 公分的圓形銅製天線)，記錄每一個頻道第 5 秒(切換頻道後 5 秒內數值不穩定)、第 10 秒和第 15 秒的數值，當所有天線都測試完 17 個頻道，再反向從最後一種天線開始，重複上面的記錄方式，得到三個數值(依直徑 10 公分的圓形銅製天線→直徑 15 公分的圓形銅製天線→邊長 5 公分的四邊形銅製天線→邊長 10 公分的四邊形銅製天線→邊長 14 公分的四邊形銅製天線→市售雙開天線)，最後每一種天線在每個

頻道都會得到 6 個數據，得到最後的平均訊號品質，如下表 5-1、圖 5-1(無訊號以粉紅色標示，畫面不順暢、有停格或出現延遲、馬賽克的現象以橘色標示)。

對照頻率 (MHZ)	頻道/天線種類	雙開天線 (45 度)	四邊形 邊長 14cm	四邊形 邊長 10cm	四邊形 邊長 5cm	圓形 直徑 15cm	圓形 直徑 10cm
533-539	(1)中視	88.8%	10.0%	93.8%	98.8%	57.5%	97.0%
	(2)中視新聞台	90.8%	15.0%	88.5%	98.8%	23.7%	90.8%
	(3)中視綜藝台	91.2%	11.7%	91.0%	99.2%	45.7%	97.3%
542-548	(4)公視	99.7%	96.8%	96.2%	89.7%	86.5%	69.7%
	(5)DIMO	99.5%	97.3%	90.5%	86.5%	96.3v	70.8%
	(6)客家電視台	99.8%	96.2%	91.5%	93.3%	94.2%	70.2v
554-560	(7)民視	16.7%	21.0%	6.7%	15.0%	8.3%	10.0%
	(8)民視交通台	10.0%	11.7%	10.0%	13.3%	18.0%	7.5%
	(9)民視新聞台	10.0%	68.3%	10.0%	11.7%	8.3%	15.0%
	(10)民視 HD 台	3.3%	58.5%	21.7%	18.3%	14.7%	15.5%
566-572	(11)公視 HiHD	10.8%	11.7%	91.5%	57.8%	8.3%	95.8%
578-584	(12)台視	34.3%	5.0%	10.0%	53.5%	4.0%	10.0%
	(13)台視財經台	43.2%	8.3%	13.0%	63.8%	34.8%	13.3%
	(14)台視健康台	42.8%	12.3%	15.0%	65.0%	15.5%	13.3%
590-596	(15)華視	91.3%	99.5%	98.5%	79.3%	99.5%	98.8%
	(16)華視教育台	89.7%	98.3%	97.8%	92.7%	99.7%	99.2%
	(17)華視休閒台	89.0%	99.2%	98.3%	95.3%	99.3%	97.2%

表 5-1 教室內各種天線與頻道接收品質的關係

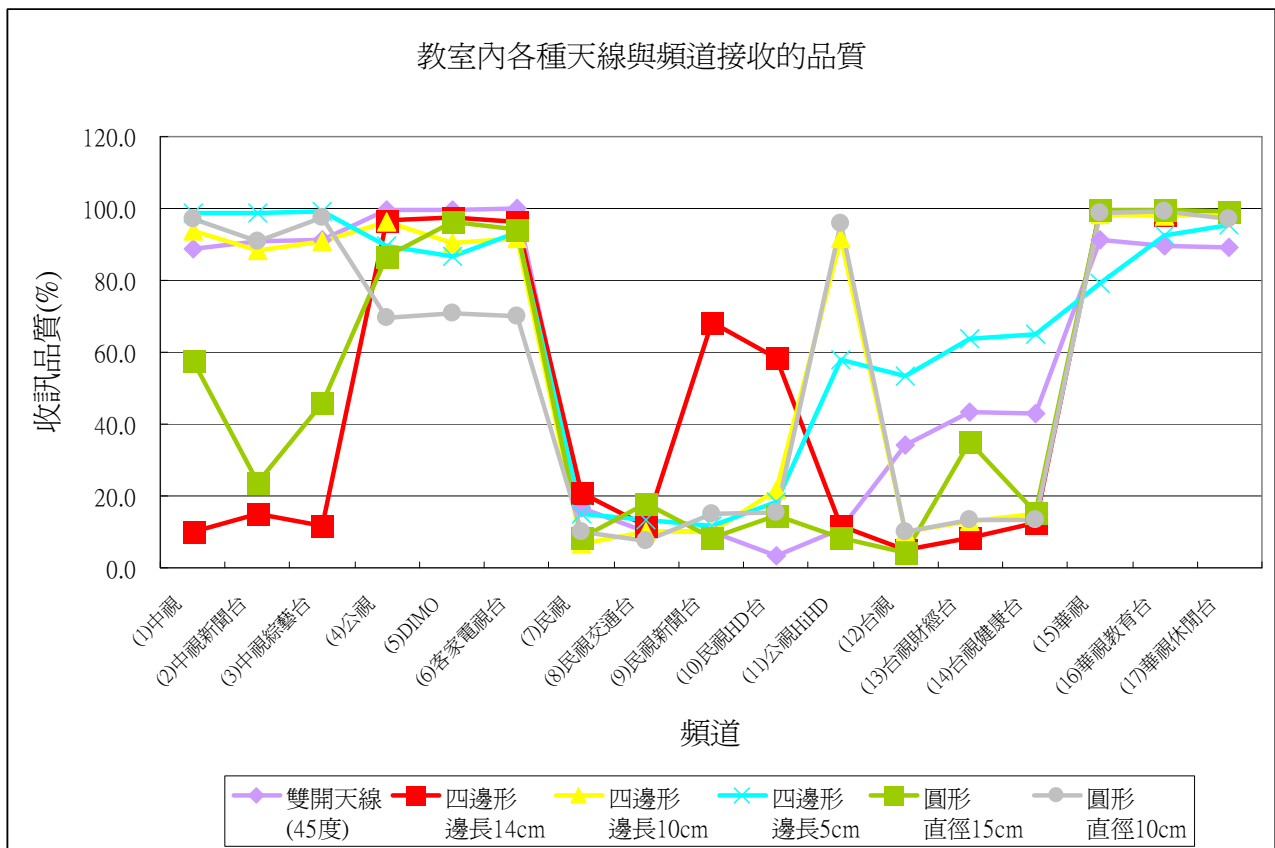


圖 5-1 教室內各種天線與頻道接收的品質關係曲線圖

(二)討論與歸納：

由表 5-1、圖 5-1 中觀察各類型的天線，在室內收訊狀況都有高有低，沒有一種天線能順暢接收 17 個頻道的訊號，而雙開天線能正常收訊的頻道並沒有比於自製天線多，都不大符合室內天線的需求。此外，由實驗三和實驗四所挑選出符合公式原則設計的天線，收訊品質並沒有優於其他不符合公式的天線，讓我們比較意外的，反倒是在接收 533-539MHZ 的中視頻道區時，不符合公式的天線都能有比較好的接收品質。因此，我們可以由實驗五比較實驗一到實驗四的資料，得知當室內需要架設天線時，不管是市售天線或是自製天線，越靠近發射台方向和窗戶旁空曠處，收訊效果就越好。實驗五假設「教室內外對天線接收訊號程度有影響」成立。



圖 5-2 使用實驗三與實驗四收訊良好的天線
進行室內實驗



圖 5-3 室內天線面向教室門口進行測試

實驗六：自製天線加鋁箔紙對訊號強弱有何影響？

我們從實驗五發現，不管是市售天線或是自製天線，都無法完整順暢的接收到 17 個頻道，因此在參考資料中的「DIY 數位電視天線」中，建議想要加強收訊效果，可以在天線後方裝設可反射電波的裝置，如鐵片、烤肉架或是鋁箔紙……等，因此我們將市售雙開天線、邊長 14 公分、10 公分、6 公分的四邊形銅製天線、直徑 15 公分、10 公分的圓形銅製天線後方加上鋁箔紙板(圖 6-2)，測試是否能增強收訊品質(圖 6-3)。

◎實驗假設：自製天線加鋁箔紙對訊號強弱有影響。

◎實驗器材：同軸電纜、市售雙開天線、邊長 14 公分、10 公分、6 公分的四邊形銅製天線、直徑 15 公分、10 公分的圓形銅製天線、數位電視接收器、電腦、指北針。

◎控制變因：教室內電視機下方，天線面向教室門口(南方)。

◎操縱變因：各種不同形狀邊長的天線加裝鋁箔紙板，根據參考資料設定距離為 8 公分。

◎應變變因：數位頻道的接收品質。

◎對照組：市售雙開天線。

(一)步驟：

我們使用數位電視接收器和電腦，置於教室的電視機正下方進行測試：把同一條同軸電纜連結到數位電視接收器和電腦的邊長 14 公分、10 公分、6 公分的四邊形銅製天線、直徑 15 公分、10 公分的圓形銅製天線，以及市售雙開天線，

置於實驗桌旁朝向南方，並在距離天線正後方 8 公分處放置鋁箔紙板，再記錄顯示於螢幕上的訊號品質數值。

測試方式為每一種材質的天線輪流測試 17 個頻道(依市售雙開天線→邊長 14 公分的四邊形銅製天線→邊長 10 公分的四邊形銅製天線→邊長 6 公分的四邊形銅製天線→直徑 15 公分的圓形銅製天線→直徑 10 公分的圓形銅製天線)，記錄每一個頻道第 5 秒(切換頻道後 5 秒內數值不穩定)、第 10 秒和第 15 秒的數值，當所有天線都測試完 17 個頻道，再反向從最後一種天線開始，重複上面的記錄方式，得到三個數值(依直徑 10 公分的圓形銅製天線→直徑 15 公分的圓形銅製天線→邊長 5 公分的四邊形銅製天線→邊長 10 公分的四邊形銅製天線→邊長 14 公分的四邊形銅製天線→市售雙開天線)，最後每一種天線在每個頻道都會得到 6 個數據，得到最後的平均訊號品質，如下表 6-1、圖 6-1(畫面不順暢、有停格或是出現延遲、馬賽克的現象以橘色標示)。

對照頻率 (MHZ)	頻道/天線種類	雙開天線 (45 度)	四邊形 邊長 14cm	四邊形 邊長 10cm	四邊形 邊長 5cm	圓形 直徑 15cm	圓形 直徑 10cm
533-539	(1)中視	99.8%	90.7%	98.5%	99.0%	99.3%	100.0%
	(2)中視新聞台	99.7%	88.2%	98.7%	99.3%	97.3%	100.0%
	(3)中視綜藝台	100.0%	100.0%	99.7%	99.2%	95.5%	99.5%
542-548	(4)公視	99.7%	99.7%	99.2%	90.5%	96.7%	99.5%
	(5)DIMO	99.2%	99.8%	99.0%	86.7%	97.8%	99.8%
	(6)客家電視台	100.0%	99.2%	99.2%	91.8%	98.5%	100.0%
554-560	(7)民視	94.3%	99.2%	58.7%	37.3%	85.0%	58.7%
	(8)民視交通台	94.8%	99.8%	57.5%	37.2%	89.7%	61.8%
	(9)民視新聞台	95.8%	99.2%	66.5%	35.3%	89.7%	65.0%
	(10)民視 HD 台	96.3%	99.8%	62.2%	45.2%	91.2%	58.0%
566-572	(11)公視 HiHD	87.3%	96.5%	98.5%	63.2%	99.7%	100.0%
578-584	(12)台視	99.0%	99.7%	99.5%	69.2%	98.3%	99.2%
	(13)台視財經台	92.7%	98.5%	99.5%	93.0%	99.3%	99.8%
	(14)台視健康台	94.5%	99.7%	98.5%	94.8%	97.7%	98.7%
590-596	(15)華視	99.8%	100.0%	98.7%	90.0%	98.5%	98.8%
	(16)華視教育台	99.5%	99.7%	99.2%	97.7%	99.7%	98.7%
	(17)華視休閒台	99.7	99.3%	99.0%	98.5%	99.8%	98.3%

表 6-1 教室內自製天線加裝鋁箔紙與頻道接收品質的關係

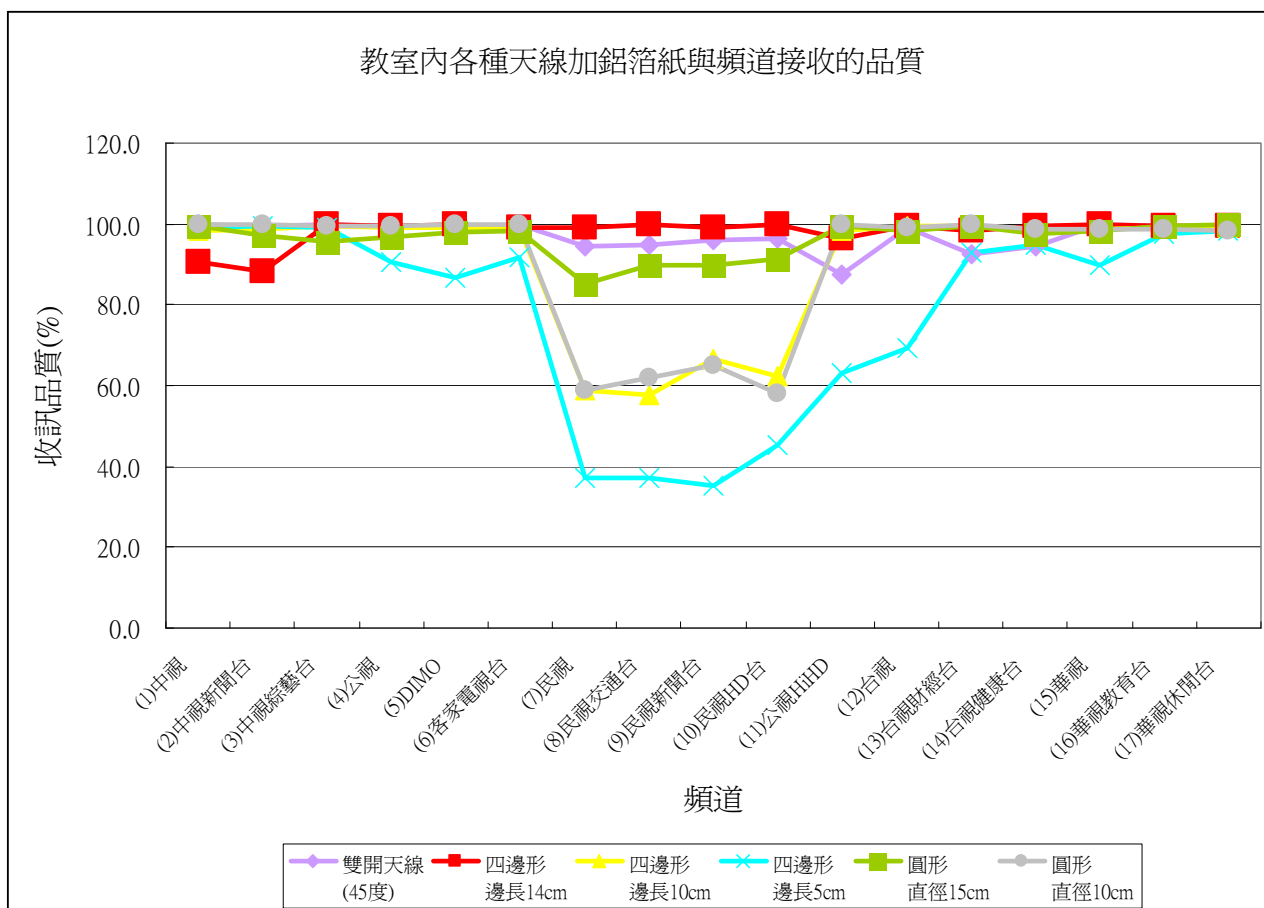


圖 6-1 教室內自製天線加裝鋁箔紙與頻道接收品質的折線圖

(二)討論與歸納：

由表 6-1、圖 6-1 和表 5-1、圖 5-1 中，我們可以知道加上鋁箔紙板，可以增加收訊品質，不管是市售天線或是自製天線，都有明顯的改變，而且品質改善最多的是符合公式製作的「邊長 14 公分的四邊形銅製天線」與「直徑 15 公分的圓形銅製天線」，而「邊長 14 公分的四邊形銅製天線」更比「直徑 15 公分的圓形銅製天線」有效；不符合公式製作的天線雖然接收品質也有上升，不過在 554-560MHZ 的民視頻道區，都還是無法順暢的觀看節目，代表不適合當作室內天線，所以實驗六「自製天線加鋁箔紙對訊號強弱有影響」成立。



圖 6-2 DIY 製作鋁箔紙反射板



圖 6-3 鋁箔紙反射板和天線

伍、研究結果

- 一、離學校最近的發射站為「台南枕頭山」。
- 二、以學校為中心，天線設置點要以面對東南方為最佳。
- 三、自製天線以銅線的材質的訊號接收品質最好，鐵線次之。
- 四、天線設在室外空曠處，四邊形邊長 14 公分的銅製天線能有最好的收訊效果。
- 五、在室內用市售天線和自製天線都無法順暢觀看 17 個數位頻道。
- 六、在室內用市售天線和自製天線都需要加裝鋁箔紙板來增加收訊品質。

於是我們將上述實驗所製作的天線安裝在教室的液晶電視上(如下圖 7-1~圖 7-4)，採用邊長 14 公分的四邊形銅製天線，安裝在教室門框上方(因為無法轉向最近發射台「台南枕頭山」的東南方向，因此所以和窗戶平行，面向南方)，背後放置鋁箔紙板增加收訊品質，以上製作一支天線和同軸電纜的材料費不用 100 元，和市售的天線相比便宜又得到良好的效果，真是一舉兩得。



圖 7-1 將同軸電纜固定到教室的窗戶上



圖 7-2 安裝天線和鋁箔紙板



圖 7-3 教室液晶電視和天線的位置



圖 7-4 數位節目訊號接收正常，畫面清晰穩定

陸、討論

- 一、在實驗一中，數位電視接收器所附贈的天線，收訊狀況較其他兩種天線差，其中實驗使用的市售雙開天線與電視接收器為同樣廠牌，查詢網站後發現目前實驗使用的電視接收器與實驗的雙開天線有搭配販賣且特價中。由實驗一可看出這樣的搭配購買，才能有最好的收訊品質。
- 二、在實驗一中，尋找第二近的發射站為嘉義隙頂補隙站，該站與學校位於同一個縣市，雖然尚未設立，不過即使設立後也無法在學校所在鄉鎮加強收訊品質，因為發射的功率較弱，網站內容標示補隙站(100W)和主發射站(3400W)差距幾十倍，若是加強發射功率，在學校的收訊品質應該可以更好。
- 三、在實驗二中討論數位電視天線有魚骨型和盒型，這兩種形狀的天線在我們這次的實驗中並沒有出現，原因是魚骨型天線太佔空間，放在教室內不太恰當。盒型天線經過測試，收訊品質低於 20%，後來發現盒型天線是搭配專屬數位電視機上盒才能使用，推測原因可能是供應電源不同，數位電視機上盒所使用的是家用插頭 110 伏特的電壓，而實驗的數位電視接收器是用 usb 電源供電，無法使盒型天線運作，所以本次實驗沒有採用魚骨型和盒型兩種天線。

- 四、實驗二經公式得到的得到的天線長度，但是市售的一字型天線和雙開天線單邊天線的長度分別是 10 公分和 11 公分，總長度為 24 公分和 26 公分，這樣也可以有不錯的收視品質，可見天線的形狀可以有很多種不同的變化，也或許市售天線的內部藏有不同的特殊設計。
- 五、從實驗三可知，邊長不同的四邊形天線收訊品質都很好，和我們預想的情形不同，推測原因是這次的實驗在晴朗空曠的環境下進行，假如是雲量增多或是在雨天測試，結果可能會有所不同。不過天氣不穩定時，天空中數位訊號強弱變化的時間很快，可能會造成實驗誤差太大，若要進行實驗，可能需要多台電腦和無線電視接收器配合。
- 六、實驗四中直徑 5 公分的圓形天線，並沒有像邊長 5 公分的四邊形天線一樣，可以使 17 個頻道都有很好的收訊品質，在 554-560MHZ 的民視頻道區裡都無法收訊，我們在想，是不是可以發明專門看某個頻道或是某個頻道不能收看的天線？這樣就可以用天線控制收視頻道，而不用在電視機上特別設定。
- 七、實驗五的各種天線在室內的收訊都不好，不過在實驗時我們曾經將天線接觸金屬的東西，如：鐵架、門把……等，可讓收訊品質變好，假如真的無法將天線放在靠窗且面向發射站的位置時，或是無法像實驗六在天線後面加裝金屬反射板，可以試試看將天線安裝在金屬材質的東西上。
- 八、在實驗六中，鋁箔紙的放置距離是根據參考資料，設定在天線正後方 8 公分處，我們曾經將整塊的鋁箔紙板貼在天線上，發現收訊品質非但不會更好，而且還會下降，不過鋁箔紙板是否一定要距離天線 8 公分或是正後方，則要看室內的擺設狀況做調整，影響的因素太多，應該依實際狀況機動調

整，測試出最佳反射位置。另外鋁箔紙板的大小是否會影響收訊的品質，也是值得討論之一，就像是我們看過有人有家裡裝衛星電視小耳朵有大有小，不過太大的鋁箔紙板也會造成困擾，因此這次我們選用的要裝設在玻璃窗上的尺寸。

柒、結論

- 一、尋找適合架設數位電視天線的方位，要先查詢離自己最近的發射站。
- 二、天線朝著距離最近的發射站方向，才有最佳的接收效果。
- 三、自製數位電視天線，銅線材質有最好的收訊品質，鐵線次之。
- 四、在室外空曠處，邊長 14 公分的四邊形自製數位電視天線能有最好的收訊效果。
- 五、在室內，市售天線和自製天線都無法完整順暢的觀看 17 個數位頻道。
- 六、在室內，市售天線和自製天線都可以加裝鋁箔紙板來提高收訊效果。
- 七、天線放置在室外的收訊品質一定比室內好，不過當無法安裝在室外時，盡量選擇靠近室外的位置，例如：窗、門等。

捌、參考資料及其他

- 一、DTVC 社團法人台灣數位電視協會。數位電視頻道播出表。民 100 年 1 月 4 日。取自：http://www.dtv.org.tw/view_01.html。
- 二、John Chong (民 100) 電波強度特性及判斷方法。民 100 年 1 月 4 日，取自：<http://sites.google.com/site/chienfengantenna/home/04>。
- 三、d120000 (民 94) DIY 數位電視天線。民 100 年 1 月 11 日，取自：<http://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=496&t=99913&p=1>。
- 四、Arthur Hsu's (民 98) FAQ: DIY 數位電視天線。民 100 年 1 月 11 日，取自：<http://www.cchsu.com/Arthur/2009/09/19/331/>。
- 五、江懷瑾 曾韻璇 李函妮 李欣儒(民 96)。中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書 — 尋覓植物中的天線寶寶。民 99 年 11 月 23 日，取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/elementary/080821.pdf>。