

# 小話筒的研究

## 國小教師組物理第一名

台北市西門國民小學

作者：謝石龍·游美津

### 一、研究動機：

國民小學自然科學實驗教材第三冊第九單元是“小話筒”的教材，手冊上建議教師讓學生利用搜集的材料自製。教學時，學生用過紙杯、塑膠杯、竹管子等做話筒的試驗，聽起來，有的清楚，有的效果不佳。指導教授——師大物理研究所郭所長曾提出“究竟怎樣做話筒，效果最好？”“怎樣操作的結果會怎樣？”的問題一直沒有得到答案。而在小學的教學上，這是重要的問題，因此值得我們研究，提供教學上的參考。

### 二、研究目的：

- (一)以一種材料做話筒及使用兩種材料混合製作，傳聲效果有無差別？
- (二)使用何種材料混合製作的話筒，傳聲效果較好？
- (三)話筒筒身的口徑多大，傳聲效果較好？
- (四)話筒筒身的長度多長，傳聲效果較好？
- (五)使用那一種連接線，傳聲效果較好？
- (六)連接線的伸張度多大，傳聲效果較好？
- (七)連接線中有障礙物時，傳聲效果受影響嗎？
- (八)三個以上的話筒複合連接，傳聲效果如何？

### 三、材料及用具：

- (一)材料：紙杯、塑膠杯、鋁杯、紙筒、竹筒、鐵皮管、塑膠管、

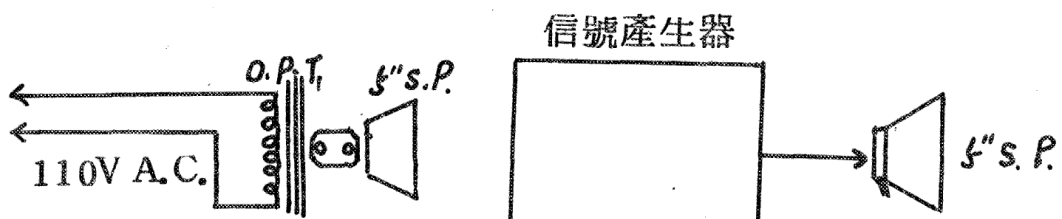
鋁板、保麗龍板、喇叭紙、各種薄紙、各種絲線、細漆包線、錫箔紙。

- (二)用具：1. 5" 喇叭， $5K\Omega / 3-4\Omega$  輸出變壓器。2.  $50K\Omega$  麥克風，6AQ5 三燈A.F. 放大器， $V\mu$  表。3. 信號產生器。4. 示波器。5. 法碼（每個10g）。6. 滑輪。

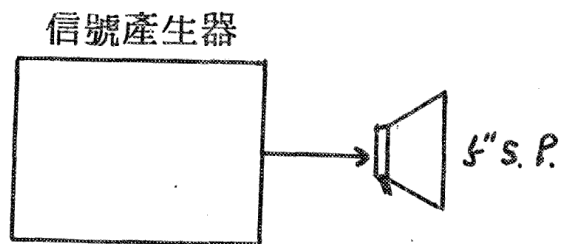
#### 四、研究經過：

(一)發聲器的製作：爲使進入話筒的聲音之頻率、音量保持不變。

1. 用5" D.M. 喇叭連接 $5K\Omega$ 輸出，插於110V 變流電源，使發出“噓……60HZ A.C. Hum。〔如圖一〕
2. 用信號產生器（Oscillator）連接喇叭，發出可改變頻率的聲音。〔如圖二〕



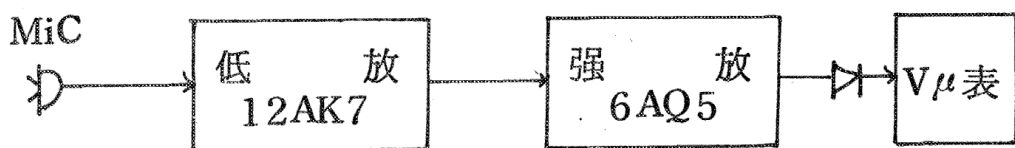
〔圖一〕



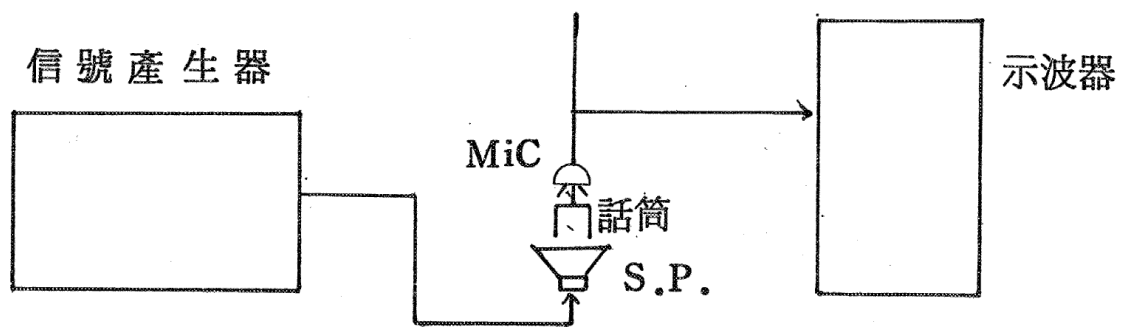
〔圖二〕

(二)測量器的製作：

1.  $V\mu$  表指數法：以麥克風接收話筒發出的聲波輸入“音頻擴大器”輸出給 $V\mu$ 表，讀出 $V\mu$ 表上之指數（ $V\mu$ 表之刻度自行改製）〔如圖三〕。
2. 波幅測量法：以麥克風接收話筒底部振動聲波，輸入“示波器”拍攝映現於示波器上之波幅〔如圖四〕。



〔圖三〕



〔圖四〕

(二)測量方法之改進：

1. 垂直伸張法：

(1)發聲器(5"喇叭)釘牢在天花板上。

(2)接受聲波話筒(遊戲時之發話筒)繫緊於木架，置於喇叭下方，對準喇叭正中央，話筒與喇叭口距離2.5 cm。

聲音再生話筒(遊戲時之聽筒)隨連接線下垂，讓話筒之重量(以竹筒為準—34g)自然拉直伸張連接線。

(3)測量：

①麥克風固定於地面上，套入“再生話筒”內(2cm)。

②每5秒鐘看 $V_{\mu}$ 表上的指數記錄之。

(4)結果：經三天測試結果，傳聲效果極不穩定，指數變化無法比較出好壞，其原因可能是：①連接線吊於天花板上，由下方話筒之重量拉下，時間不同，線之伸張度亦不一致。②線不停地旋轉，聽筒不穩定，致傳聲效果有異。

2. 水平伸張法：

(1)發聲器(5"喇叭)釘於椅背上。

(2)接受聲波話筒繫緊於桌沿，距喇叭2cm。

聲音再生話筒繫線過滑輪，下垂，掛法碼；並用膠帶將話筒貼於玻璃片，玻璃片下墊玻璃管數枝(以減少摩擦力)

。

(3)測量：

- ①由法碼拉下，伸張連接線後，取回話筒（聲音再生筒）  
10cm，放手，再令法碼伸張。
  - ②伸張 5 次後，套入麥克風（1cm）開始測量。
  - ③由未掛法碼起，逐次增加 10g 法碼一個，測量聲音再生  
話筒之音量。
- (4)結果：如表一所示

[ 表 一 ]

法 碼 個 數 ( 連 接 線 伸 張 度 )	1	2	3	4	5	6	7	8
V $\mu$ 表 指 數 ( 傳 聲 效 果 )	89	87	40.8	54.5	43.7	34.7	20	12.5

- ①音量最大時，係在不掛法碼時，但無法確定各線之伸張  
度。
- ②掛 10g, 20g 法碼時，音量雖大，各次伸張度並不一致  
。
- ③掛 40g 法碼時，音量雖非最大，但最為穩定，故以下之  
測量均以 40g 法碼為準。

(四)問題之探討：

1 使用一種材料之話筒與兩種材料混合製作，傳聲效果之比較。

(1)受測話筒之種類：如表二，圖五、六所列話筒。

(2)保持不變之原因：

- ①發聲器之發聲頻率（60HZ）音量。
- ②話筒重量（34g）。
- ③連接線長度（31m）。
- ④伸張連接線之法碼（40g）。
- ⑤A.F. Amp 定位器（第一次調整後不動）。
- ⑥MiC 插入長度（1cm）

操縱的變因：製作話筒的材料。

應變之變因：各話筒再生之音量（V $\mu$ 表之指數）。

(3)每種各測量 10 次，記錄  $V\mu$  表指數，求平均數。

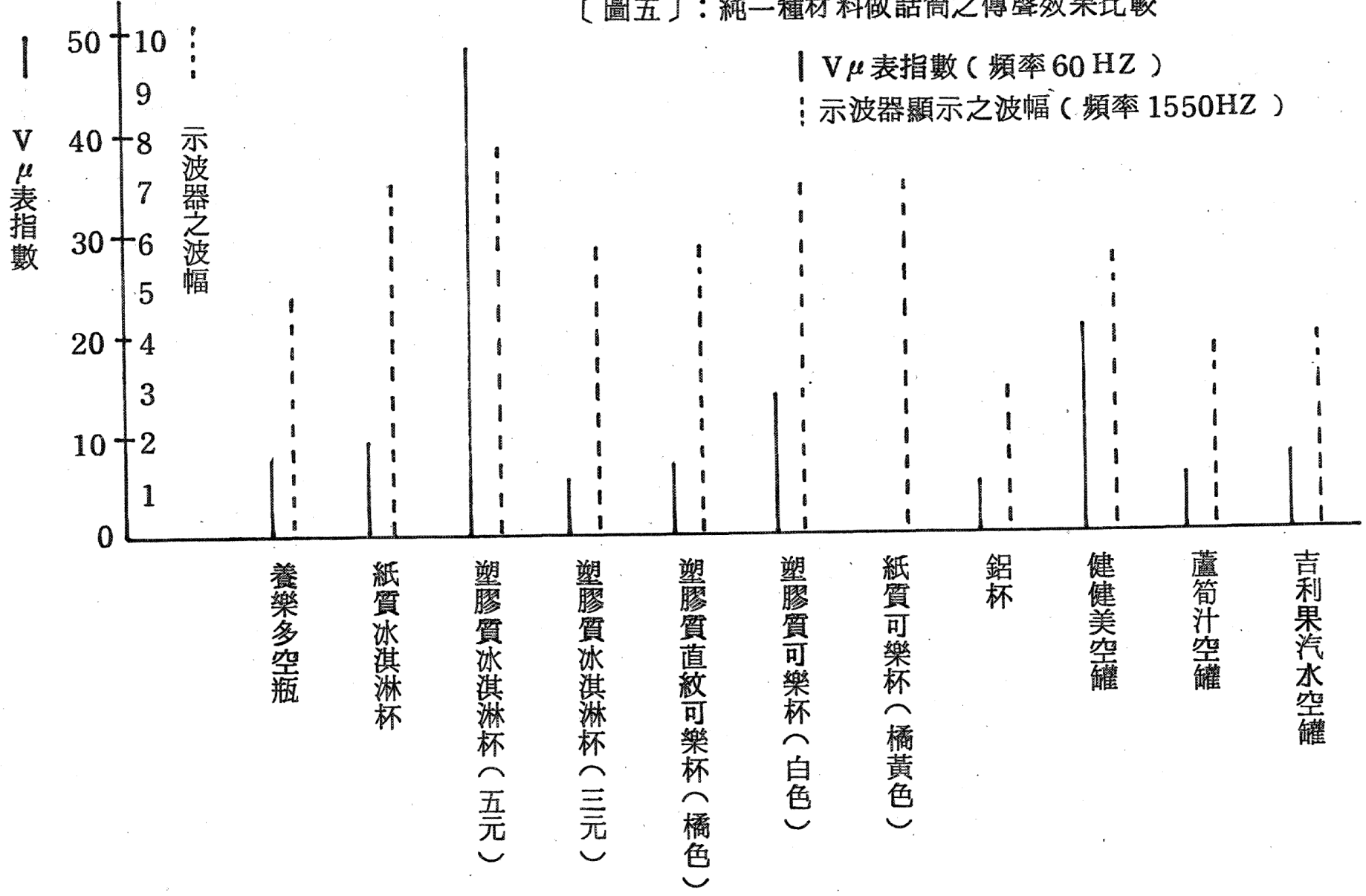
(4)結果：如表二，圖五、六所示。

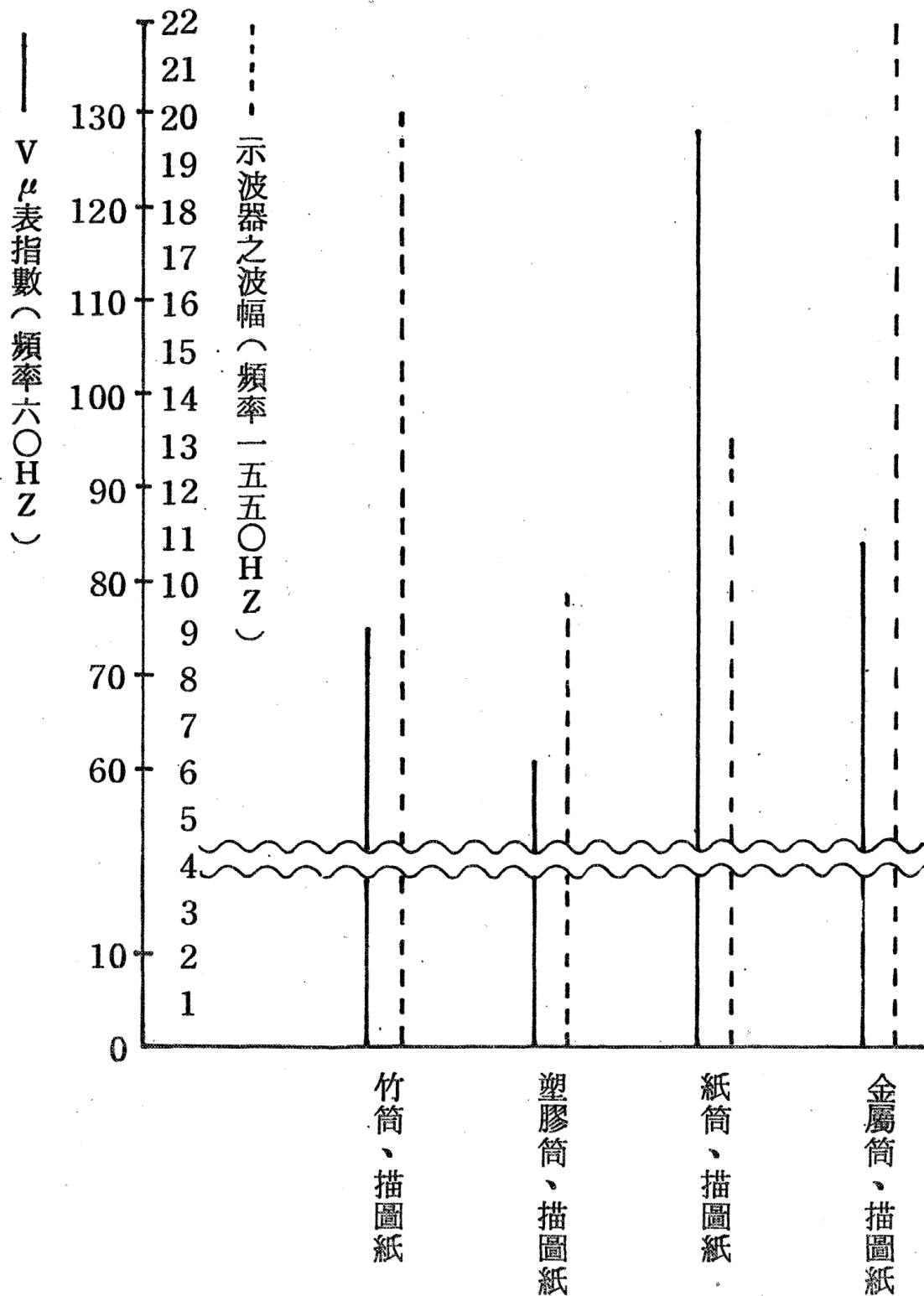
〔表二〕 一種材料與兩種材料混合製作話筒之傳聲效果比較

材 料	次數 $V\mu$ 表指數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	
		純 種 材 料 製 作 之 話 筒	養樂多空瓶	10	10	10	7.5	10	10	10	10	7.5	7.5
紙質冰淇淋杯 (小美)	10		10	10	10	10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	9	
塑膠質冰淇淋杯 (五元)	45		42.5	50	50	47.5	50	50	45	47.5	50	47.8	
塑膠質冰淇淋杯 (三元)	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
塑膠質直紋可樂 杯 (橘色)	7.5		7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	
塑膠質可樂杯 (白色)	12.5		12.5	12.5	12.5	12.5	10	12.5	12.5	10	10	11.8	
紙質可樂杯 (橘黃色)	17.5		17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	
鋁 杯	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
健健美空瓶	22.5		22.5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21
蘆筍汁空罐	6		6	7	6	7	6	7	6	7	6	6.5	
吉利果汽水空罐	10	7.5	10	7.5	7	10	7.5	7.5	7.5	7.5	8.2		
兩 種 材 料 混 合 製 作 話 筒	竹筒、描圖紙	80	75	75	60	80	85	80	75	60	70	74	
	塑膠筒、描圖紙	62.5	55	55	67.5	60	60	60	65	60	70	62	
	紙筒、描圖紙	125	115	120	125	130	145	130	130	135	130	128.5	
	金屬筒、描圖紙	70	85	75	95	105	85	85	95	90	70	86.5	

由此結果得知：混合材料（筒和底的材料不同）傳聲效果較好，一種材料做的話筒效果差得多，可能是使用混合材料時，聲波引起底部（薄紙）的振動，效果好；而一種材料時，聲波引起底部的振動，因底部與筒身同一材料，底部的振動擴展到筒身，使振動減弱，故效果差。

〔圖五〕：純一種材料做話筒之傳聲效果比較





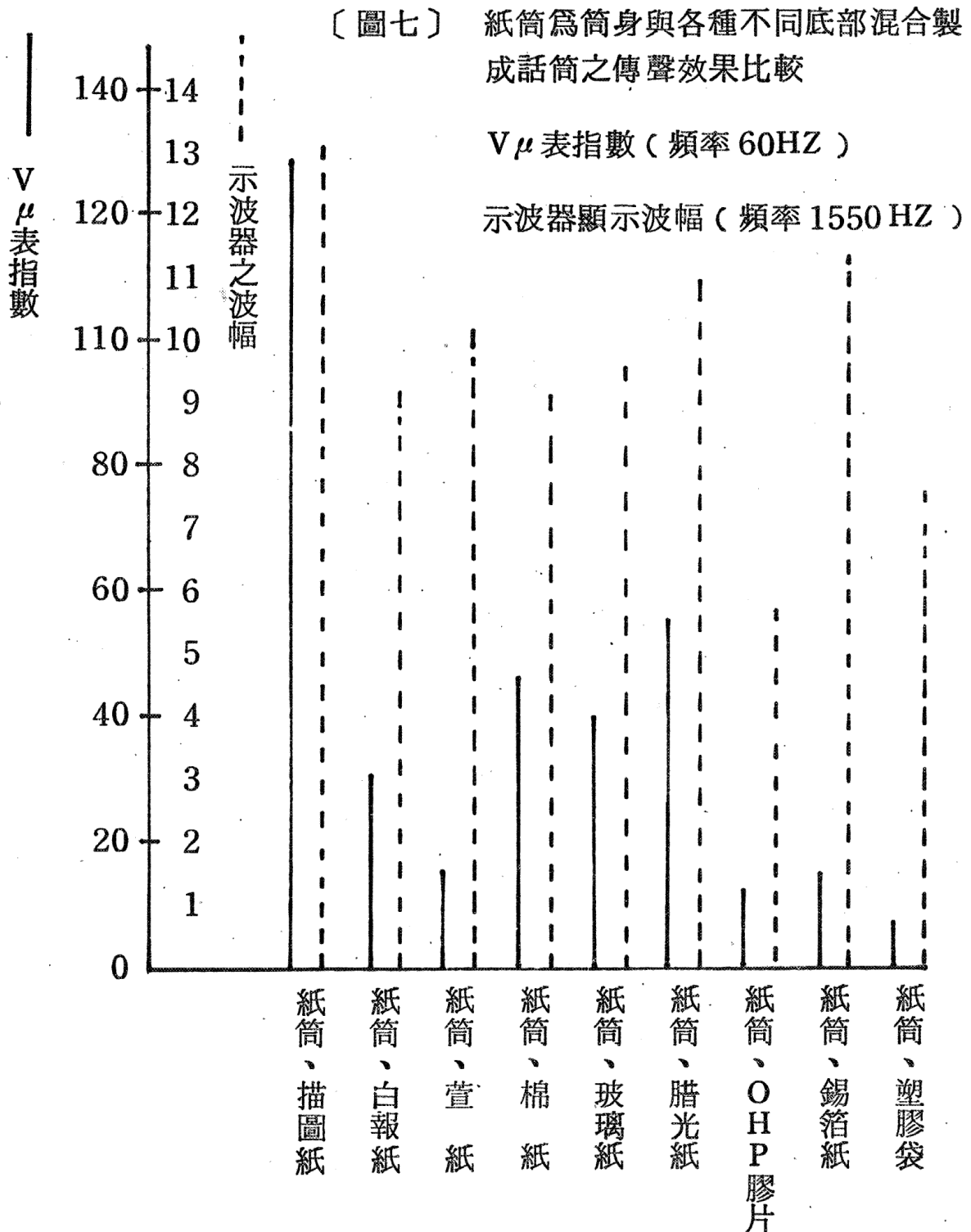
〔圖六〕 兩種材料混合做話筒之傳聲效果比較

2. 何種材料混合製作的話筒，傳聲效果較好？

(1) 受測話筒之種類：如圖六、七所列之十二種混合製作者。

- (2)測量方法：與 1 相同，不同之變因為：①如圖六者：不變之變因是“底部均為描圖紙”，操縱之變因是“筒身”。
- ②如圖七者：不變之變因是“筒身均為紙筒”，操縱之變因是“底部”。

(3)結果：如圖六、七所示





由此結果，我們發現：

- ①利用紙筒、描圖紙製作的話筒，傳聲效果最好。
- ②話筒的傳聲主要在底部（薄紙）振動的好壞，光滑、彈性好、軟硬適當的，如描圖紙、腊光紙……效果都好。

3. 口徑不同之話筒，傳聲效果之比較：

- (1)受測話筒之種類：以內徑直徑  $8.5\text{cm}$ ， $7\text{cm}$ ， $5.6\text{cm}$ ， $4.4\text{cm}$  四種同質塑膠筒（長  $5.8\text{cm}$ ）與描圖紙混合製作之話筒。
- (2)與 1 方法同。
- (3)結果：音頻為  $60\text{HZ}$  時，口徑最大的最好，口徑最小的最差，但口徑  $5.6\text{cm}$  反比  $7\text{cm}$  的好。也許由於頻率太低，故又改以“信號產生器（Oscillator）發聲（可以改變頻率）再測量，並以“示波器（Oscillo Scope）”加測“話筒接受聲波時底部振動之振幅”比較。

※順此將各種話筒全做了“底部振動波幅”的比較。

- ①改變音頻測量方法：將“信號產生器之輸出接至喇叭”發聲，“聲音再生話筒”仍以  $V\mu$  表之指數比較。

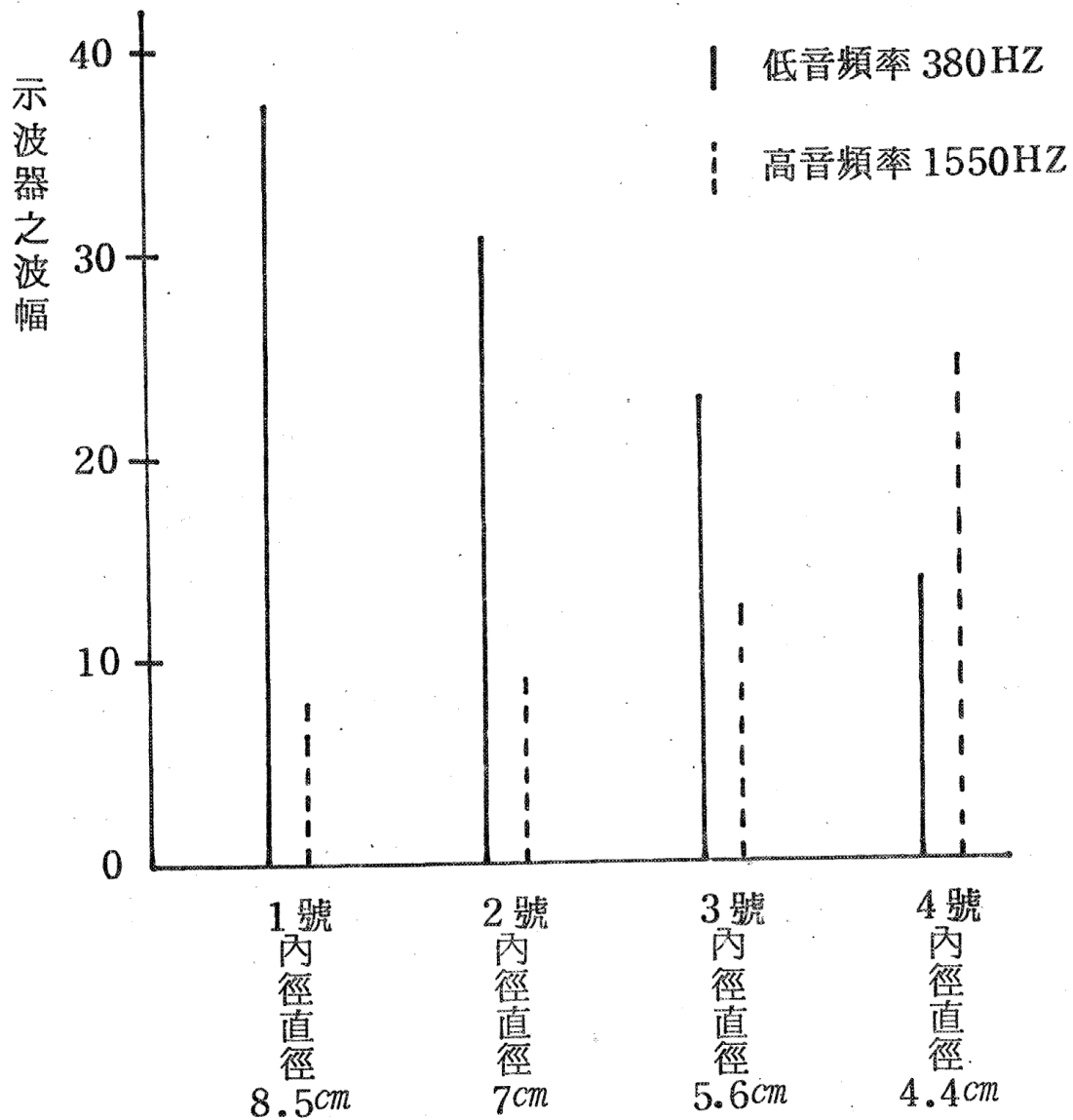
以一般女人、兒童的音頻—— $200\sim 250\text{HZ}$  發聲。

- ②波幅測量方法：以“信號產生器”發聲，話筒置於喇叭上方，麥克風吊於話筒底部上方輸入“示波器”，拍攝示波上之“波幅”，用透明方格膠片測量波幅的大小。

低頻： $380\text{HZ}$                       高頻： $1550\text{HZ}$

※結果：如圖八所示。

- ①由示波器顯示內徑越大越適合低音，可能是  $380\text{HZ}$  的頻率在內徑  $8.5\text{cm}$  的筒內可能引起與底部振動的共振，因此振動最大，效果最好。
- ②由示波器顯示內徑越小，越適合高音，可能是  $1550\text{HZ}$  的頻率最易引起內徑  $4.4\text{cm}$  的筒內空氣與底部振動的共振，因此，內徑小，高音效果好。
- ③由  $V\mu$  表指數看，內徑  $5.6\text{cm}$ ，長  $5.8\text{cm}$  的話筒，高音



〔圖八〕 口徑不同之傳聲效果比較

( 250HZ ) 的指數是 115.5，低音 ( 200HZ ) 的指數是 87.5。一般講話音調的變化不很大，因此這是做話筒最適宜的口徑。

④如果發話者的音調特別低，則宜採用口徑大的，音調特別高的人，宜採用口徑小的，效果會比較好。

#### 4. 長度不同之筒身傳聲效果之比較：

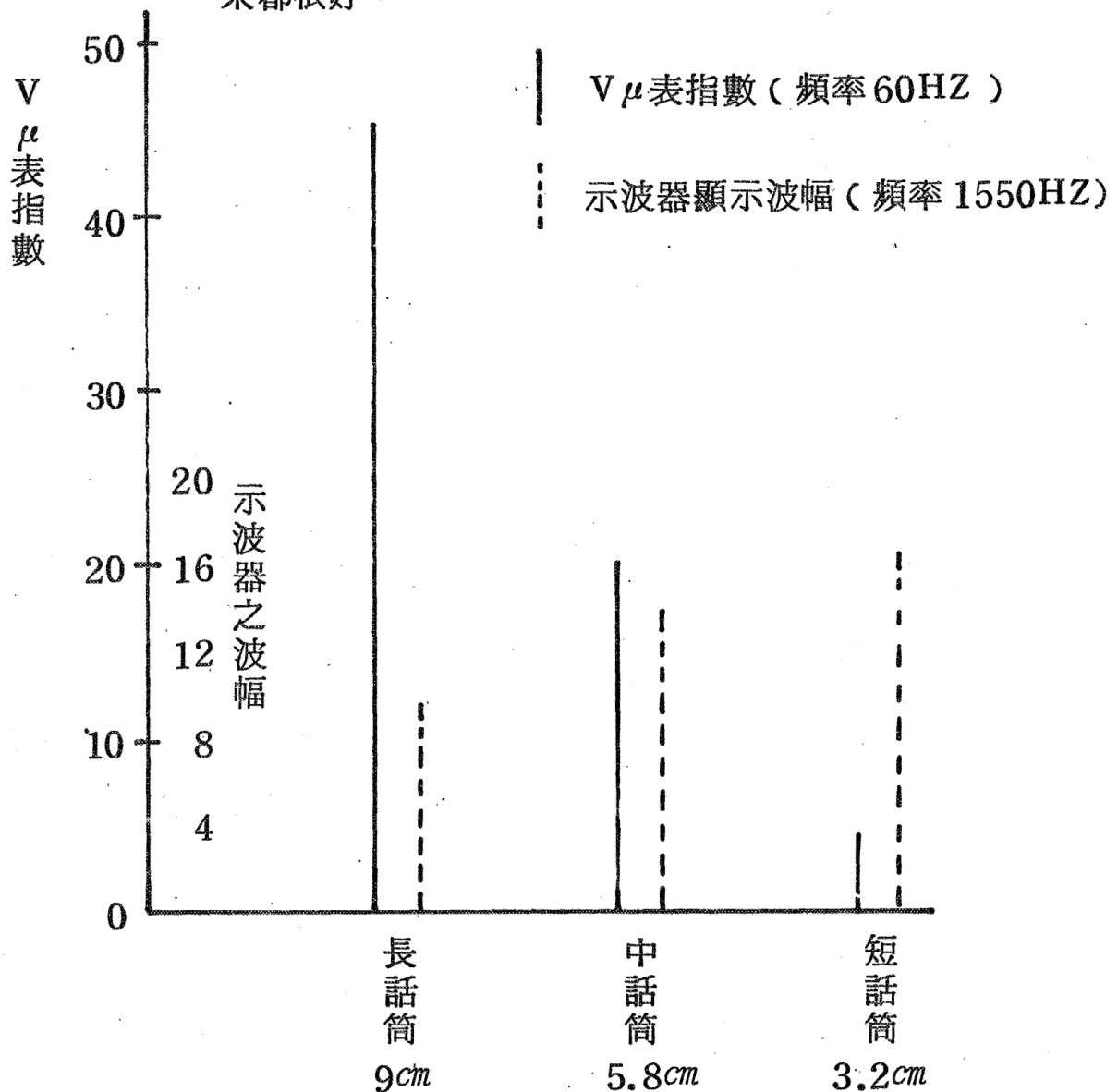
(1)受測話筒之種類：長 9 cm，5.8 cm，3.2 cm 三種不同長度之塑膠筒與描圖紙混合製作之話筒 ( 口徑均為 4.4 cm )。

(2)測量方法同前。

(3)結果：如圖九所示。

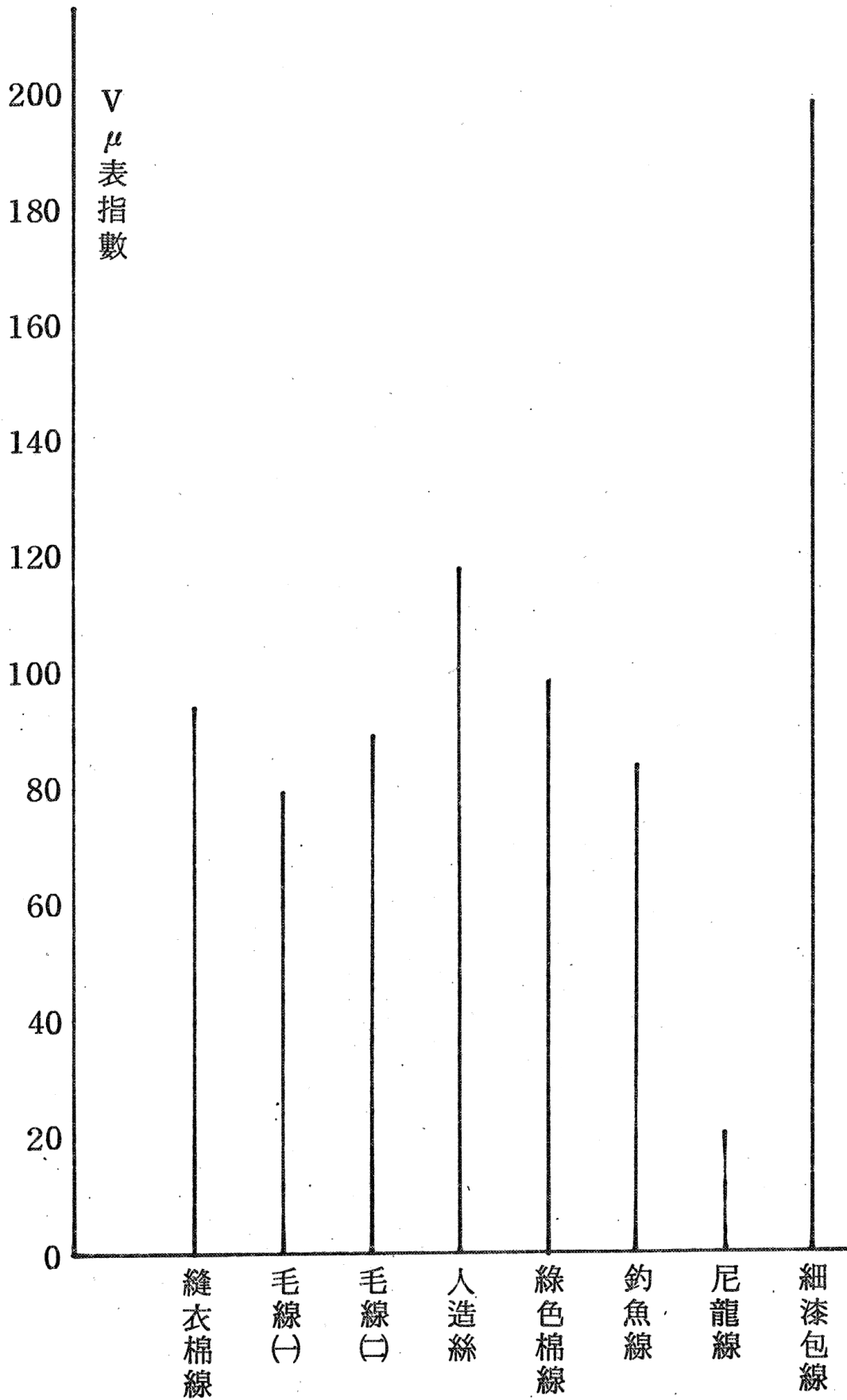
①以交流聲（60HZ）試驗時，長筒（9cm）的效果最好，可能是低頻率較易引起細長筒內空氣的共振，故效果好。

②如以兒童的音頻（200~250HZ）試驗，則中筒（5.8cm）對高音（250HZ）和低音（200HZ）的傳聲效果都很好。



〔圖九〕 筒身長度不同之傳聲效果比較

〔圖十〕 各種連接線的傳聲效果比較

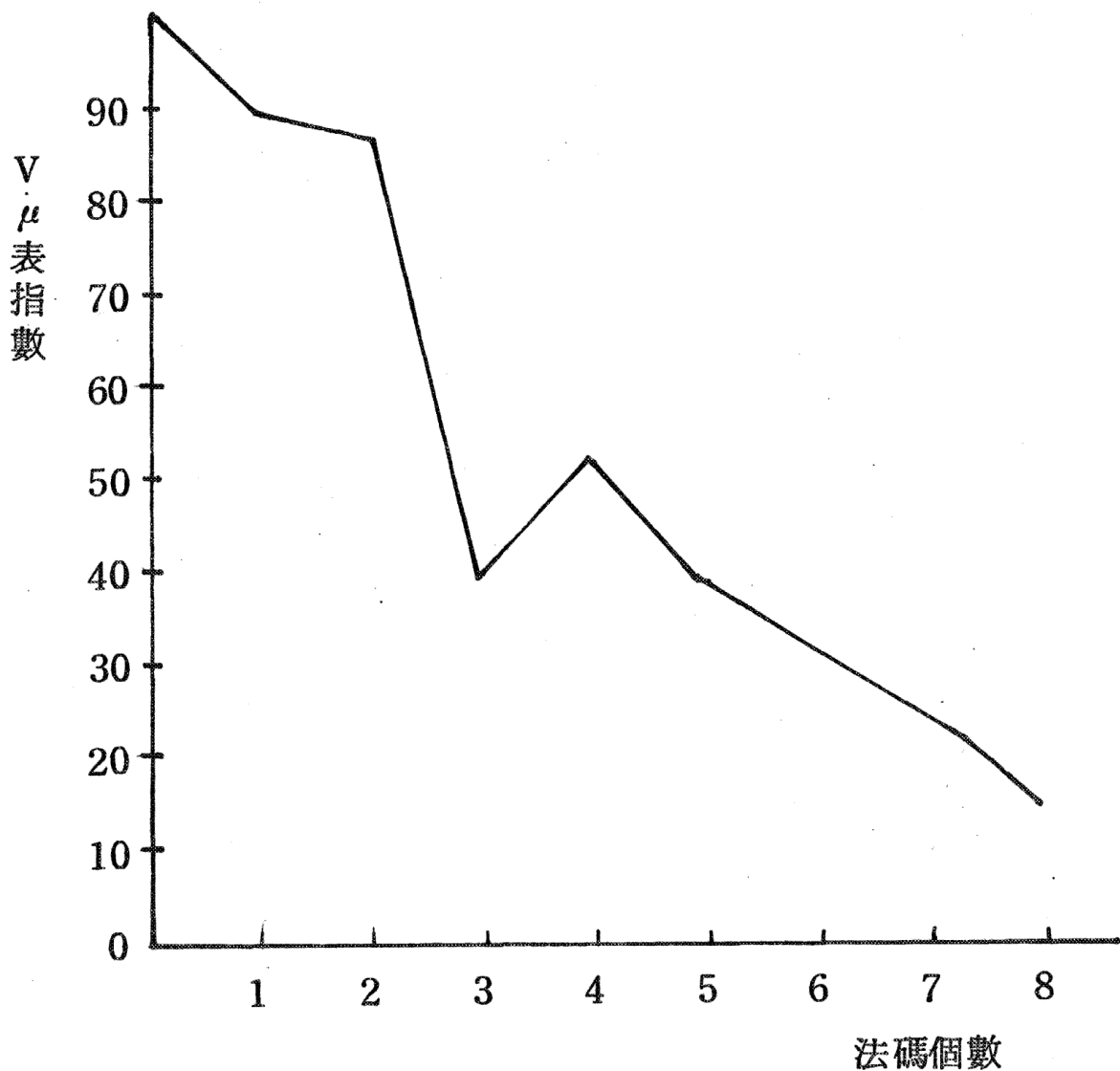


## 5. 各種連接線對傳聲效果之比較：

- (1)受測連接線種類：縫衣棉線、毛線(→), (←)、人造絲、綠色棉線、釣魚線、尼龍線、細漆包線。
- (2)使用話筒：口徑  $5.6\text{cm}$ ，筒身  $5.8\text{cm}$  塑膠筒與描圖紙混合製作。
- (3)測量方法同前，但只看  $V\mu$  表指數，以  $60\text{HZ A.C. Hum}$  發聲。
- (4)結果：如前頁之圖十所示。由此，我們發現：
  - ①用細漆包線做話筒的連接線，傳聲效果最好。可能是細漆包線彈性好、阻尼小，因此能把發話筒的底紙振動最有效的傳遞到聽筒，而產生很好的傳聲效果。
  - ②複合線的互捲，鬆的比緊的效果差些。可能是聲波的傳播在線的互捲中會抵銷得多。因此，彈性較差，較硬的複合線，傳聲效果也不好。
  - ③較韌的、彈性較好的連接線，吸收聲波較少，因此，挑選這類材料做話筒的連接線，都可獲得理想的效果。

## 6. 連接線伸張度不同之傳聲效果比較：

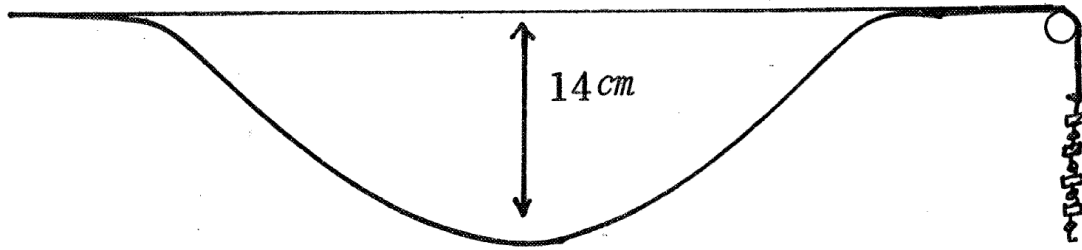
- (1)方法：使用口徑  $5.6\text{cm}$ ，筒身  $5.8\text{cm}$  塑膠筒與喇叭紙混合製作之話筒。由  $10\text{g}$  法碼的個數決定連接線的伸張度。測量方法與前同，但只求  $V\mu$  表指數（仍求10次之平均）。
- (2)結果：如圖十一所示。
  - ①掛一個法碼時，雖然效果不錯，但因連接線長（ $31\text{cm}$ ）的關係，鬆緊不一致，各次的  $V\mu$  表指數頗不穩定。
  - ②掛二個法碼（ $20\text{g}$ ）時，所測結果幾乎與掛一個法碼時一樣，也頗不穩定。但掛上三個法碼（ $30\text{g}$ ）時，效果却顯著降低，也不很穩定。
  - ③掛上四個法碼（ $40\text{g}$ ）時，效果比三個法碼時好，雖然不像掛一個、二個法碼時那樣好，但每次的指數都很穩定，可見掛上四個法碼時，每次都能把連接線拉緊到某



〔圖十一〕 連接線伸張度之傳聲效果比較

一程度，使每次所測的  $V\mu$  表指數較為接近。

- ④掛五個……至八個法碼時，效果則逐第降低。可能是連接線拉得越緊時，使話筒的底紙越不易振動，便不易把聲波傳遞出來。
- ⑤取兩組話筒（接線均為 31m），一組用 4 個法碼將連接線拉直伸張；另一組讓連接線鬆弛，至  $V\mu$  表指數最大時比較，結果兩組連接線的中央所成的弧度差在 14 cm 時，後組的效果最好。



由此可見，連接線鬆弛時，能使話筒的底紙充分地振動，連接線也能充分傳遞聲波，而獲得最佳傳聲效果。

### 7. 連接線中間有障碍物時，傳聲效果受影響嗎？

(1) 方法：使用口徑  $5.6\text{cm}$ ，筒身  $5.8\text{cm}$  塑膠筒與描圖紙混合製作話筒，在連接線中間加以障礙，測出  $V\mu$  表的指數。

(2) 結果：

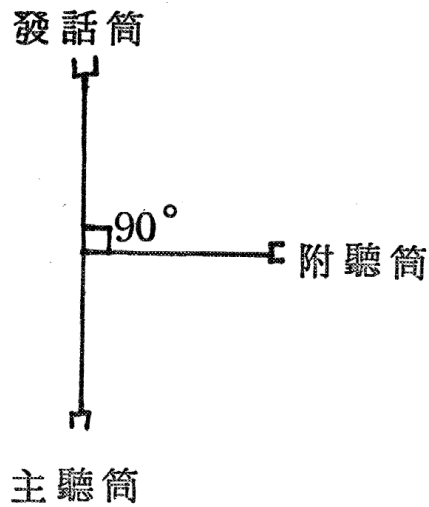
- ① 用手指捏住連接線，和用  $20\text{g}$  法碼掛在線中間，及用椅背去頂住接線，聽筒都聽不到聲音（ $V\mu$  表指數為  $0$ ），可能是聲波被手指、法碼、椅子吸收了。
- ② 套一個鐵絲環稍拉向一邊比套 4 個鐵絲環拉，效果差，可能是套一個鐵絲環時，手較接近連接線，軟的物體易吸收聲波；也可能是套 4 個鐵絲環時，環與環之間可以振動，聲波傳遞所受的阻尼較小。
- ③ 套橡皮圈和套棉線環向一側拉，都還可以聽到原來音量的  $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 。可能是橡皮圈和棉線彈性好，聲波傳遞受阻較小。

### 8. 三個以上話筒複合連接，傳聲效果如何？

使用話筒：口徑  $5.6\text{cm}$ ，筒身  $5.8\text{cm}$  塑膠筒與描圖紙混合製作。

連接線：縫衣棉線、細漆包線。

(1) “T形交叉”

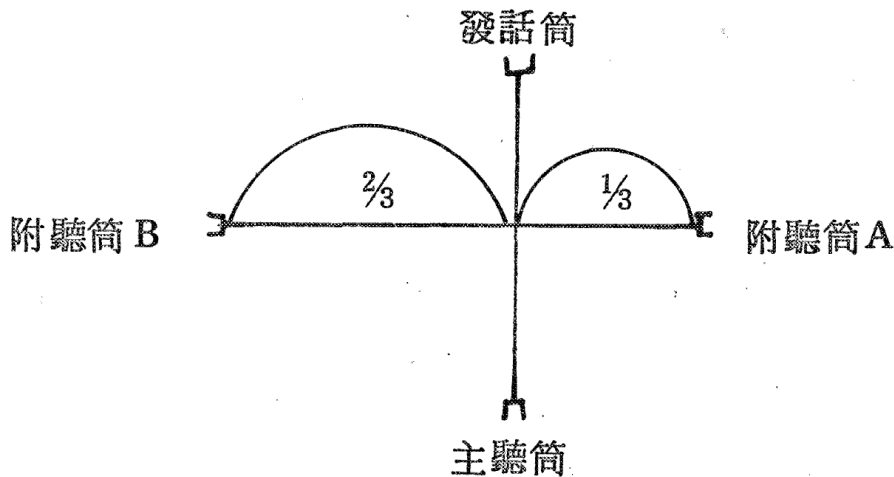


主線以 40g 法碼拉直，附線與主線垂直。

結果：在主線上的聽筒，效果很好，附線聽筒的聲音很微弱，約只有主線聽筒音量的  $\frac{1}{6}$ 。

可能是聲波在物體中傳遞，不易改變方向，因此物體改變的角度越大，效果越差。

(2) “十形交叉”



主線、附線均以 40g 法碼拉直，兩線垂直交叉附線一側長  $\frac{1}{3}$ ，另一側長  $\frac{2}{3}$ 。

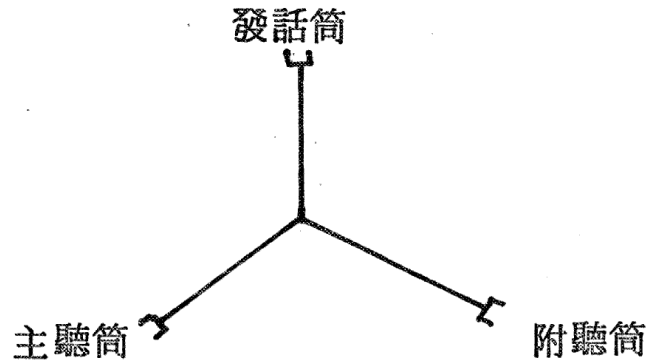
結果：①主線聽筒效果相當好，可能是聲波容易在物體上沿同一方向傳遞。

②附線聽筒 A 有極微弱的聲音，附線聽筒 B 幾乎沒有聲音。可能是聲波的傳遞因改變  $90^\circ$  方向，已



減弱許多，而微弱的聲波更不能傳達。

(3) “Y形交叉”



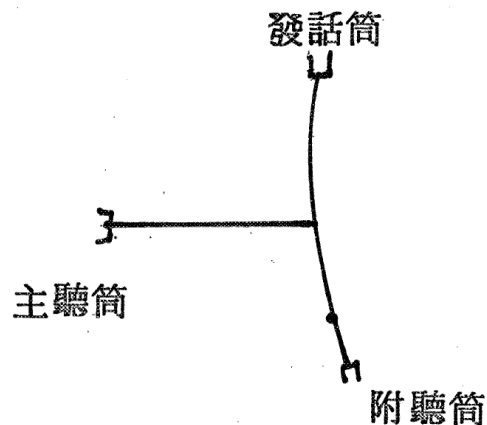
主線與附線交叉，各角度為  $120^\circ$ 。

結果：①主線聽筒的效果比原來直線時稍差些。

②附線聽筒比成  $90^\circ$  時好得多。

可能是：主線聽筒的聲波傳遞改變了  $60^\circ$  方向，因此成直線時不易傳遞；附線聽筒的角度比原來減少  $30^\circ$ ，聲波較易傳遞，故效果比成  $90^\circ$  時好。

(4)



發話筒接線與附聽筒接線幾乎成直線，原主聽筒接線轉彎與原主線成  $90^\circ$ 。

結果：①附聽筒的音量相當大。

②主聽筒只為附聽筒的  $\frac{1}{2}$ 。

可見聲波在物體中傳遞，若同一方向較易傳遞。

(5)改用漆包線以測試棉線的方法測試，結果與棉線相同。

由這個測試，我們發現：

- ①無論兩組話筒的連接線是棉線或細漆包線，當它們交叉複合時，所出現的現象都相同。
- ②做話筒連接線交叉通話時，會因聽筒與發話筒所成的角度大小而影響聽筒音量的大小；同時連接線越短，效果越好。

9.有效距離的測定：

(1)使用話筒：口徑5.6cm，筒身5.8cm 塑膠筒與描圖紙混合製作。

(2)連接線：縫衣棉線。

(3)由V $\mu$ 表指數比較。

(4)結果：

①當手拉直連接線長度為32.8m時。

(A)聽筒音量指數為20（3.1m時，指數為128.3）。

(B)掛4個法碼時（連接線鬆弛），指數為45。

(C)讓連接線最鬆弛時，指數為65。

②當手拉直連接線長度為46.65m時

(A)拉直時，聽筒音量指數為7.5（此時耳朵聽不到聲音）。

(B)掛4個法碼時（連接線鬆弛），指數為17.5。

(C)連接線最鬆弛時，指數最大為22.5。

由這個測試，我們發現：

①當連接線拉直，長約46.5公尺時，耳朵已聽不到聲音。

②當連接線長約46.5公尺，讓它鬆弛時，仍可聽到微弱的聲音。

由此可見：一般兒童做話筒通話遊戲時，都在46.5公尺的有效距離內，因此，都能得到既清晰又有效的通話遊戲。

## 五、結論：

- (一)以紙筒做筒身、描圖紙做筒底混合製作的話筒，通話效果最好，其次是以金屬筒做筒身，也能得到很好的效果。
- (二)就廢物利用製作話筒的材料中（指一種材料做筒身和筒底），以塑膠質冰淇淋杯（五元裝）（底部較寬）的效果最好。用健健美空瓶做話筒，傳聲效果比養樂多空瓶好。那是由於筒身和筒底稍大，筒底的振動不易被筒身牽制的緣故。
- (三)如以混合材料做話筒，則以描圖紙做底紙，效果最好，腊光紙、棉紙、玻璃紙效果也不錯。那是因為光滑的、彈性好、軟硬度適當的底紙，都能使聲波振動良好，因此傳聲效果好。
- (四)話筒口徑大的，適合低頻率；口徑小的適合高頻率，但經測量結果發現話筒長約5.8公分左右，內徑約5.6公分左右的很適合兒童的音頻（200HZ～250HZ）。
- (五)話筒的連接線，以細漆包線最好，強韌的人造絲和綠色棉線效果也很好，可能是彈性好、強韌的連接線、吸收聲波少、阻尼振動小的緣故。
- (六)話筒通話時，連接線拉得太緊，效果差。3.1公尺的連接線，在拉緊時和聽到最大聲音時的中央最大弧度是14公分。可能是連接線稍（適度）鬆弛，有利於聲波的傳遞。
- (七)話筒通話時，連接線要是碰到障礙物，都會降低音量。可能是聲波被障礙物吸收了。如欲轉彎，則可套以橡皮圈或棉線固定。
- (八)兩組話筒複合交叉通話時，聽筒與發話筒成直線的，效果最好，非直線的都較差。即角度愈大，效果愈差，至成90°時，聲音已極微弱。因為聲波在物體中，順著同一方向較易傳遞，如果主線和附線成直線，而主線拉成角度時，附線的聽筒有喧賓奪主的現象。由此更可證明聲波不易改變方向傳遞。

## 六、建議：

- (一)自製話筒時，最好能利用廢物，如冰淇淋空杯（軟塑膠、紙質）、可樂杯、健健美空瓶……等，都是搜集容易、製作方便，

而且效果還不錯的材料。

- (二)自製話筒時，筒底用紙最好是選取光滑的、彈性好的、軟硬度適當時，如描圖紙、腊光紙……效果都很好。
- (三)自製話筒時，如果選取發話筒口徑能套住整個上下唇，聽筒口徑能套住耳朵（約5.6公分）時，效果會很好。
- (四)自製話筒選取連線時，最好選取強韌的、彈性好的，用手不易拉斷的絲、線最理想。
- (五)做話筒通話遊戲，最好能在空曠的地方，不要有障碍物，不要碰到人，免得聲波被障碍物吸收，致聽到不清楚的聲音。
- (六)做兩組話筒交叉通話遊戲時，最好盡量和發話筒成直線，要是和發話筒交叉成角度時，也最好讓連接線越短，聽到的聲音，會越清楚。