

清華與華碩原住民雲端科展：「飛鼠部落」生態文化與科學智慧

# 『弦外之音』

## 研究成果報告



- ◇ 團隊名稱：板中飛鼠
- ◇ 團隊成員：方怡婷、古惠婷、商廷睿
- ◇ 指導教師：莊順源、陳錫鏞

# 摘要

弓琴可以說是最簡單的弦樂器了，與原住民單純、質樸與世無爭的特性不謀而合，因為簡單的構造也很適合初學國中科學課程的我們，作為探討科學原理的入門材料。從製作中也進一步揣摩先人們的生活歷程，體會祖先們心靈世界。

本研究發現弓琴單獨彈奏時，本身的音量實在太小了，但以嘴巴咬著演奏經由嘴巴的共鳴，自己聽到、感覺的音色量、音色都還不錯，不過想錄下聲音作進一步分析卻有困難，而且嘴巴咬著演奏時變因不易控制，因此必須想辦法取代嘴巴。經不斷嘗試，我們自製小音箱作為共鳴擴音箱，效果還不錯，也較能對聲音的特性進一步分析。

本研究我們進行了下列的探討：

- 一、從文獻中學習弓琴的製作與演奏方式
- 二、實際製作弓琴
- 三、探討影響弓琴響度、音調、音色的變音
  - (一)弓形的影響
  - (二)琴橋的影響
  - (三)弦線種類的影響
  - (四)弦線鬆緊的影響
  - (五)弓寬的影響
  - (六)弓長的影響
  - (七)撥彈弦線位置的影響
  - (八)按壓弦線位置的影響
- 四、揣摩弓琴的演奏方式
- 五、與非原住民同學分享弓琴演奏

經過這一次的研究，雖然一開始剖削竹子很費力也很困難，但憑著做就對了的精神一路做下去，總算告一段落。中間也曾經因為弓琴聲音太小而有做不下去一度放棄的念頭，但大家互相打氣，指導老師也一再鼓勵我們堅持到底，總算把該做、可作的部分一一完成。整個過程最令我們感動的是，當製作好第一支弓琴彈奏聽不到聲音的失望籠罩時，老師要我們含在嘴巴上試試看，結果發現身體的共鳴真是奇妙，難怪說弓琴本來就是自我娛樂的樂器。真是心事誰人知啊！

## 壹、 研究動機：

每個民族都有它自己獨特的音樂表現方式，累積先人的文化與智慧，透過手工之技巧製成代表其民族的傳統樂器。布農族長期世代居住於高海拔山區，山區與世無爭的日子，透過簡單的樂器，抒發自己的心情。布農族的傳統樂器在構造及形式上簡單樸實，大都就地取材，透過簡單的物理原理發出聲音。基本樂理也都不複雜，很適合初學理化課程的之國中生，作為探討聲音的相關原理與特性，理論與實際應用的教材。另外藉由傳統樂器歷史的追尋，製作方法的請教及演奏技巧的探討，不但增進對傳統文化尋根及了解，也體會先人之生活智慧。因此本研究選定弓琴(Latuk)作為研究的主題。希望藉由原理的探討、製作及演奏了解背後的文化內涵。

## 貳、 研究目的

- 一、 從文獻中學習弓琴的製作與演奏方式
- 二、 實際製作弓琴
- 三、 探討影響弓琴響度、音調、音色的變音
  - (一) 弓形的影響
  - (二) 琴橋的影響
  - (三) 弦線種類的影響
  - (四) 弦線鬆緊的影響
  - (五) 弓寬的影響
  - (六) 弓長的影響
  - (七) 撥彈弦線位置的影響
  - (八) 按壓弦線位置的影響
- 四、 揣摩弓琴的演奏方式
- 五、 與非原住民同學分享弓琴演奏

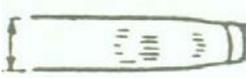
## 參、 研究器材

1	電腦	4	直尺	7	竹子	10	鐵線	13	棉線
2	分貝計	5	木板	8	美工刀	11	漆包線	14	塑膠線
3	錄音筆	6	鐵鎚	9	菜刀	12	聲音處理軟體：Audacity		
									
									

## 肆、 研究方法

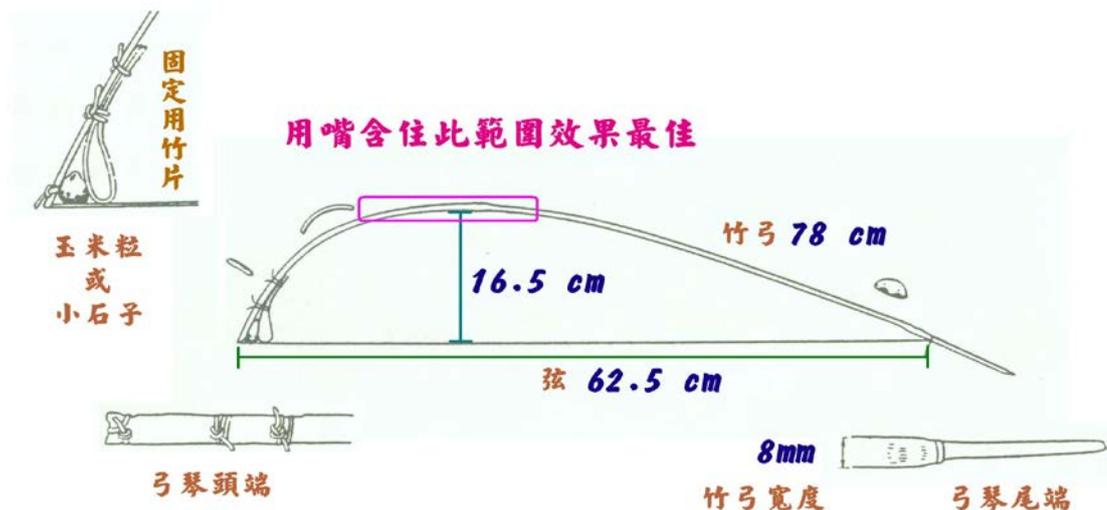
### 一、 從文獻中學習弓琴的製作與演奏方式

- (一) 網路資源中對弓琴製作最詳盡者首推高雄市立桃園國小《絲竹山林~失落的布農弓琴》網頁。
- (二) 所需材料：(取材自《絲竹山林~失落的布農弓琴》網頁)

1. 竹片 	必須找 <b>三年左右的竹子</b> 來製作弓琴，特別是不彎曲的竹子才不會走音，傳說瀑布旁的觀音竹製作出來的弓琴，聲音是最悠揚的。
2. 琴弦	過去曾使用月桃、麻、藤做的弦。月桃弦的主要原料是月桃葉，也是專門製作草席的原料，目前較為通用的是使用鋼弦。
3. 玉米	乾燥的玉米粒或是小石子，主要用途是用來做回音的部份，也就是類似現在弦樂器的琴橋，如果沒有這個部份的話，弓琴的聲音就不會悠揚、不會有好聽的聲音出來了。
4. A - Kil	它加工後的成品是黑色濃稠狀的液體，用來當做黏膠。主要原料是用蜜蜂的窩(蜂蜜)，用水煮開之後，將浮在水上面的油水撈起來，並且再加入一些木炭進行加工後，就製成了A - Kil。現在也是有族人使用口香糖當做替代的黏膠。
5. 小細繩	用途是用來固定弦的小細繩，原料同弦的原料製作而成的。

- ☆ 在製作弓琴過程中，要特別注意的是玉米粒(或小石子)製作的琴橋構造，此構造攸關弓琴的琴聲是否能夠更加樂音悠揚，因此在製作時要特別注意。

- (三) 結構示意圖：(取材自《絲竹山林~失落的布農弓琴》網頁)



#### (四) 演奏法：(綜合網路資源)

- ◇ 弓琴演奏是以口銜弓背的一端約 10 公分處，左手持弓背另一端約 15 公分處，以右手在弓弦上下彈撥或以左手食指按壓，右手彈奏。而以口形的變化來改變音色與音調。

## 二、 實際製作弓琴

### (一) 材料

1. 竹片	我們使用的是 3~4 年左右的桂竹子來製作弓琴，厚度適當。
2. 琴弦	我們比較過鐵線、漆包線、棉線、風箏線，發現棉線效果最好。
3. 琴橋	我們使用小石子當琴橋。
4. 黏膠	我們使用快乾膠當黏膠，主要用來黏貼小石子。
5. 小細繩	我們使用棉線。

### (二) 其他我們發現與文獻資料不一樣的地方：

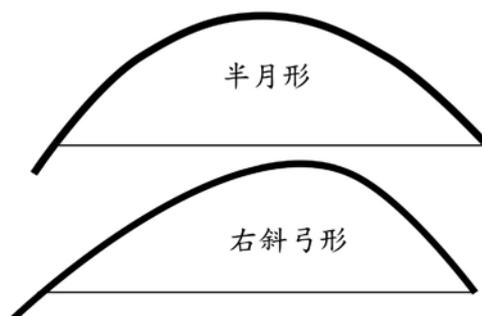
- (1) 另外我們發現弓的寬度大一些 (15~20mm) 聲音較大聲。
- (2) 琴橋作用不大。
- (3) 弓形影響也不大。
- (4) 弦線緊一些效果較好。



## 三、 探討影響弓琴響度、音調、音色的變因

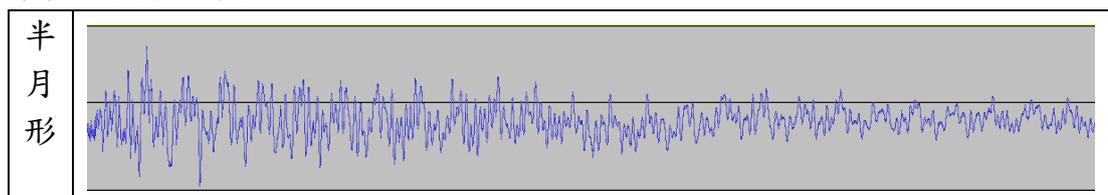
### (一) 弓形的影響

- (1) 取約 80 公分竹片，寬 8mm，以漆包線為弦，弦寬 65cm，做成如右圖中上方之半月形弓。
- (2) 取另一支竹片，右端三分之一削薄，製成如右圖中下方之，據文獻資料表示，如此形狀之弓形聲音較為悠揚悅耳。

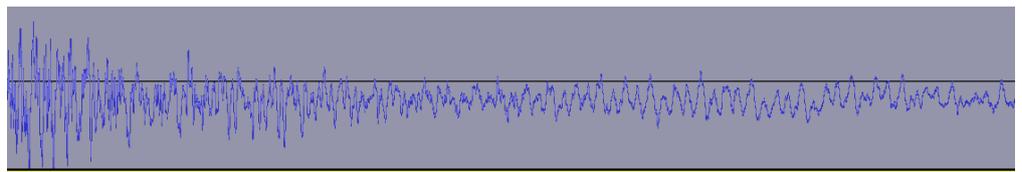


### ● 實驗結果：

#### (1) 波形比較

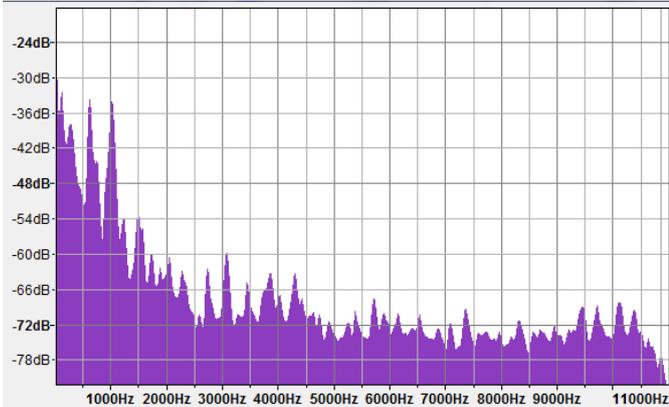


斜  
右  
弓  
形

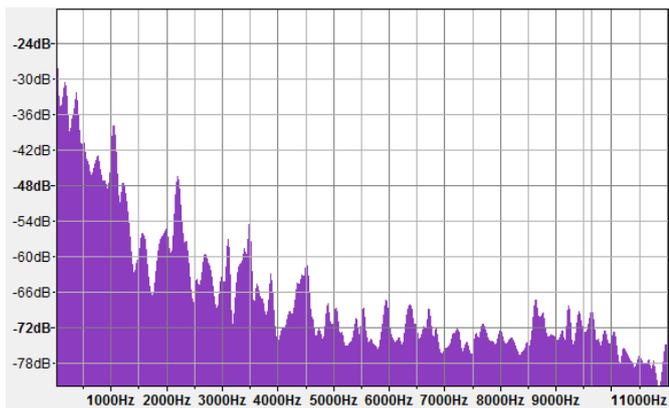


## (2) 頻譜分析比較

半月形



斜右弓形



### ● 結論：

- (1) 由波形及頻譜分析比較似乎有些不同，但因來自兩支不同的弓琴，其他變因的控制無法完全一致，因此很難下結論到底差別在哪裡？
- (2) 以聽起來的感覺似乎無法分辨。
- (3) 斜右弓形不好控制角度或竹片到底要消多薄。因此下面的研究都以半月形為弓，比較容易控制變因。

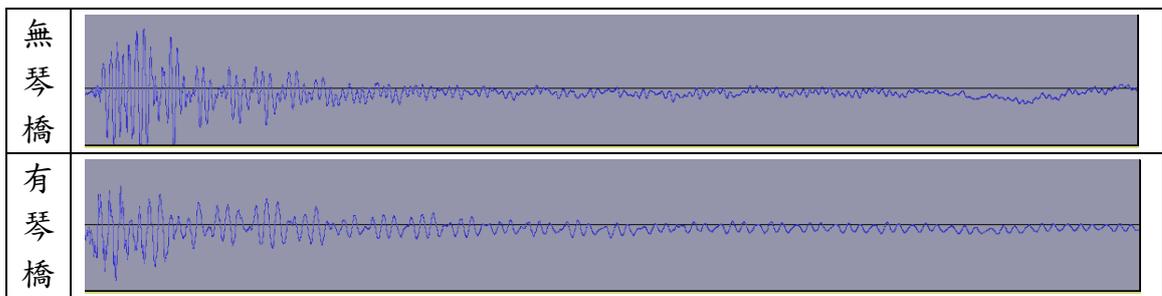
## (二) 琴橋的影響

- (1) 如右圖同一支弓琴，未裝琴橋前錄下聲音，裝上琴橋後再錄一次聲音以比較琴橋的影響。
- (2) 棉線，弦寬 52 公分。

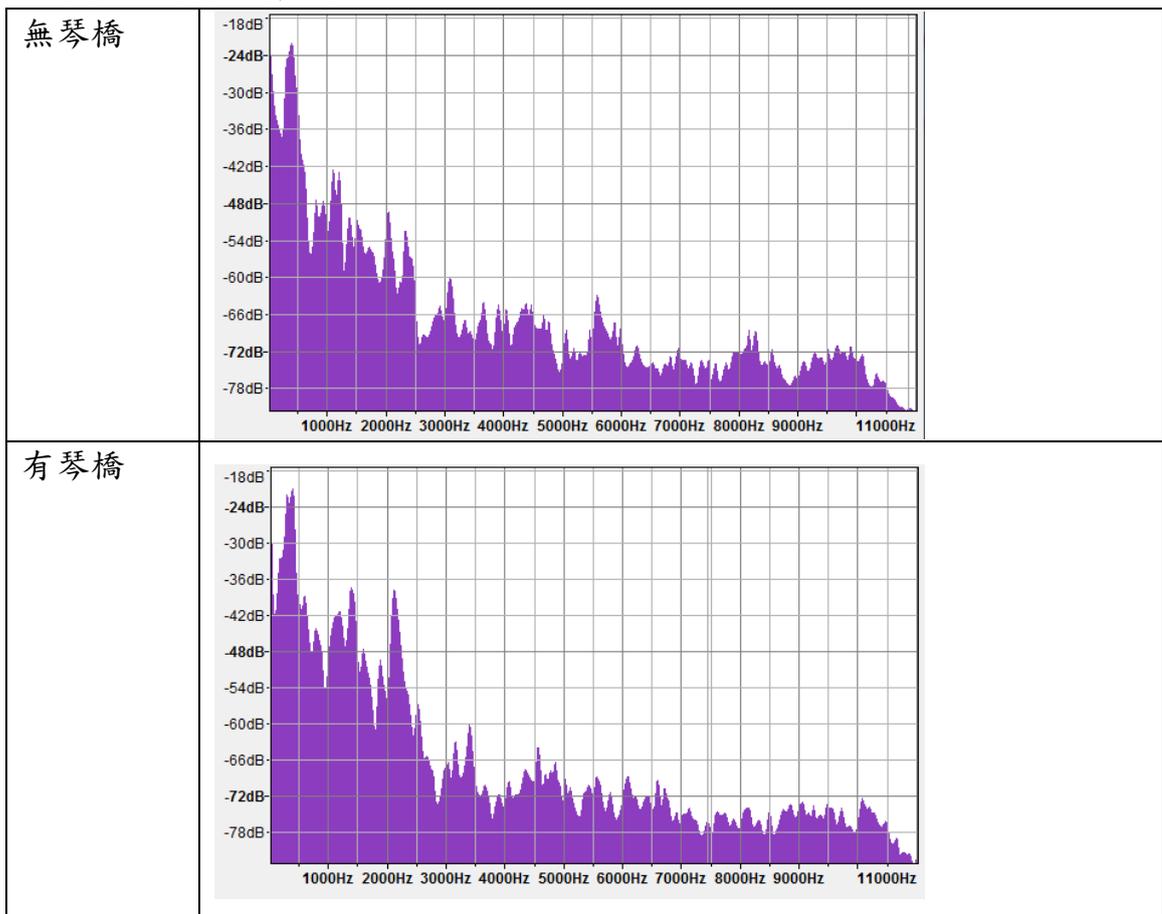
### ● 實驗結果：

- (1) 波形比較





## (2) 頻譜分析比較



### ● 結論：

- (1) 由波形及頻譜分析比較似乎差別不大。
- (2) 以聽起來的感覺似乎無法分辨。

## (三) 弦線種類的影響

- (1) 同一把弓，改變不同的弦線，分別測量未加音箱的最大響度及加音箱最大響度。
- (2) 錄下聲音分析其頻譜及波形。

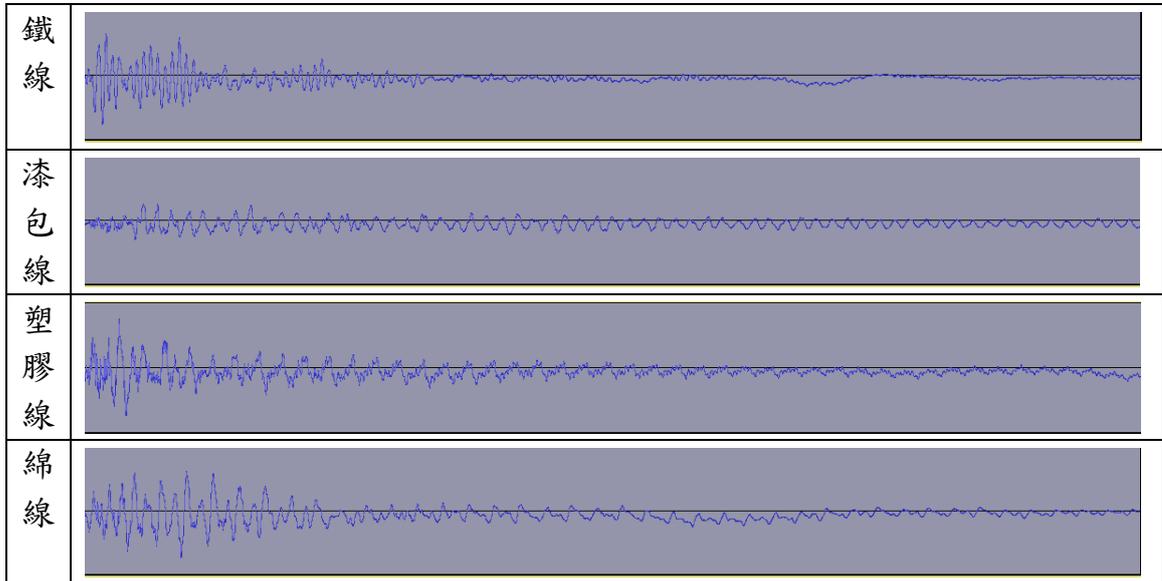
### ● 實驗結果：

- (1) 響度比較：

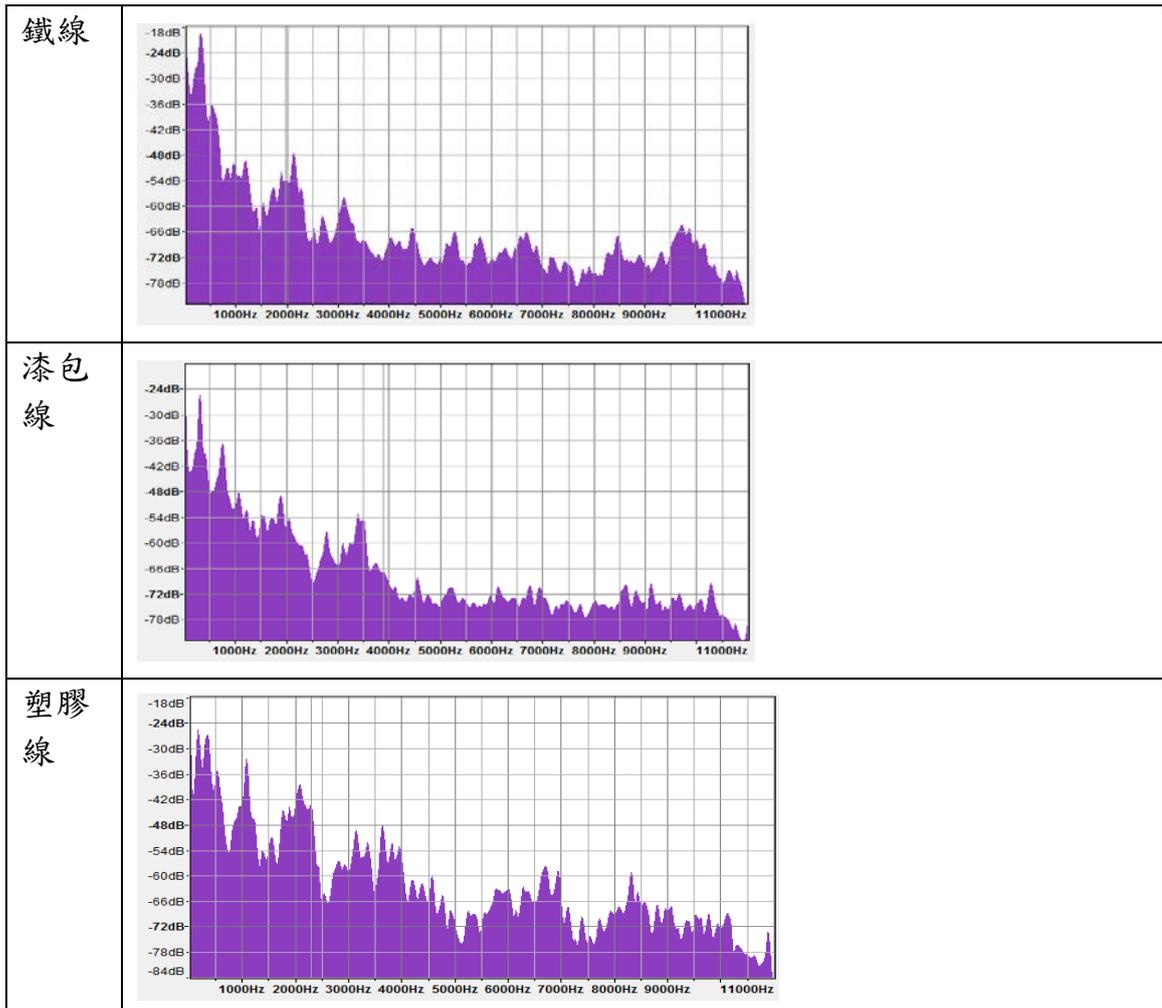
弦線種類	未加音箱最大響度(dB)	加音箱最大響度(dB)
鐵線(22號)	47	60

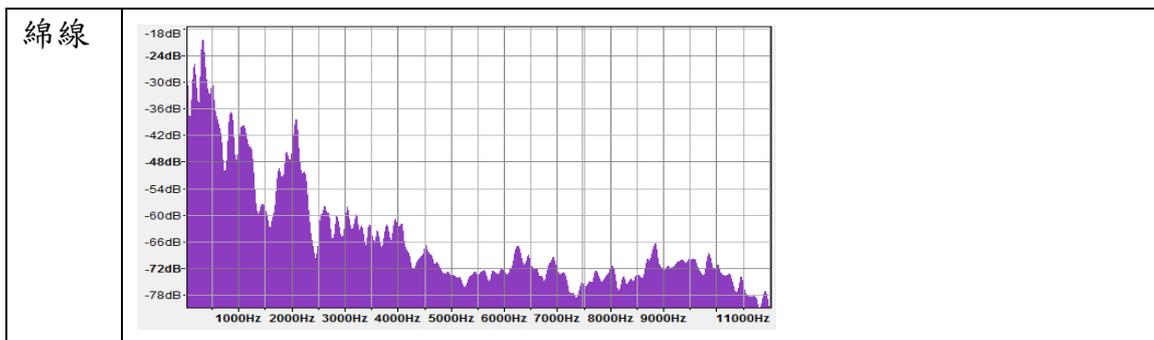
漆包線	51	76
塑膠線	41	68
棉線	48	72

(2) 波形比較



(3) 頻譜分析比較



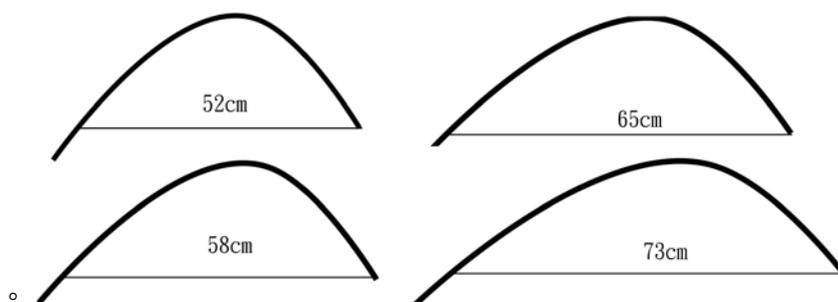


● 結論：

(1) 由波形及頻譜分析比較棉線泛音較多，聽起來也較好聽。

(四) 弦線鬆緊的影響

- (3) 同一把弓改變棉線弦寬，以調整棉線緊繃程度，分別測量加音箱之最大響度。
- (4) 錄下聲音分析其頻譜及波形。

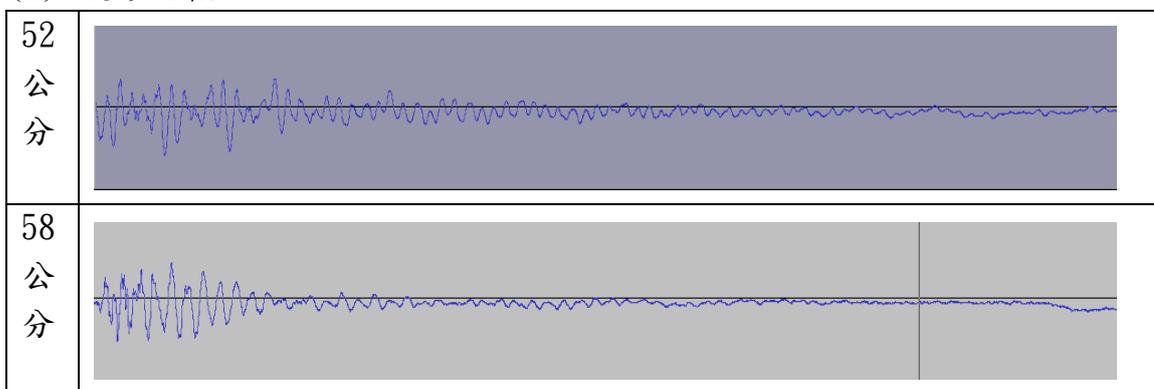


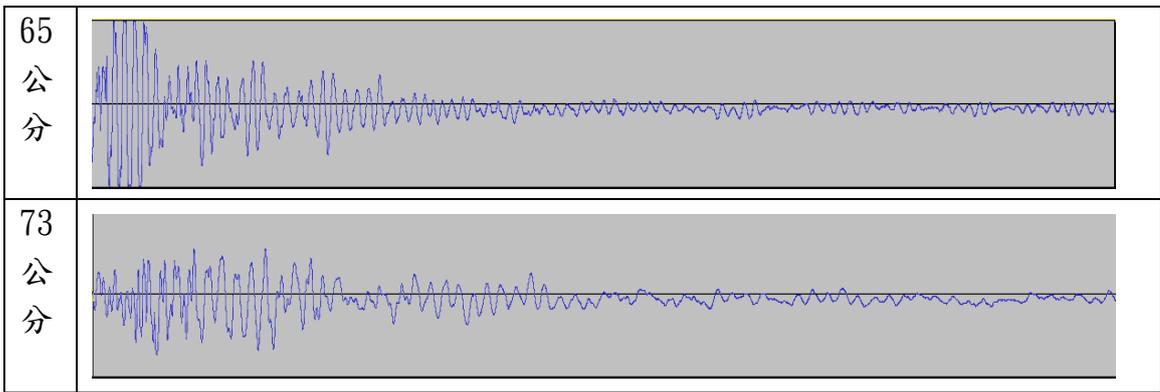
● 實驗結果：

(1) 響度比較：

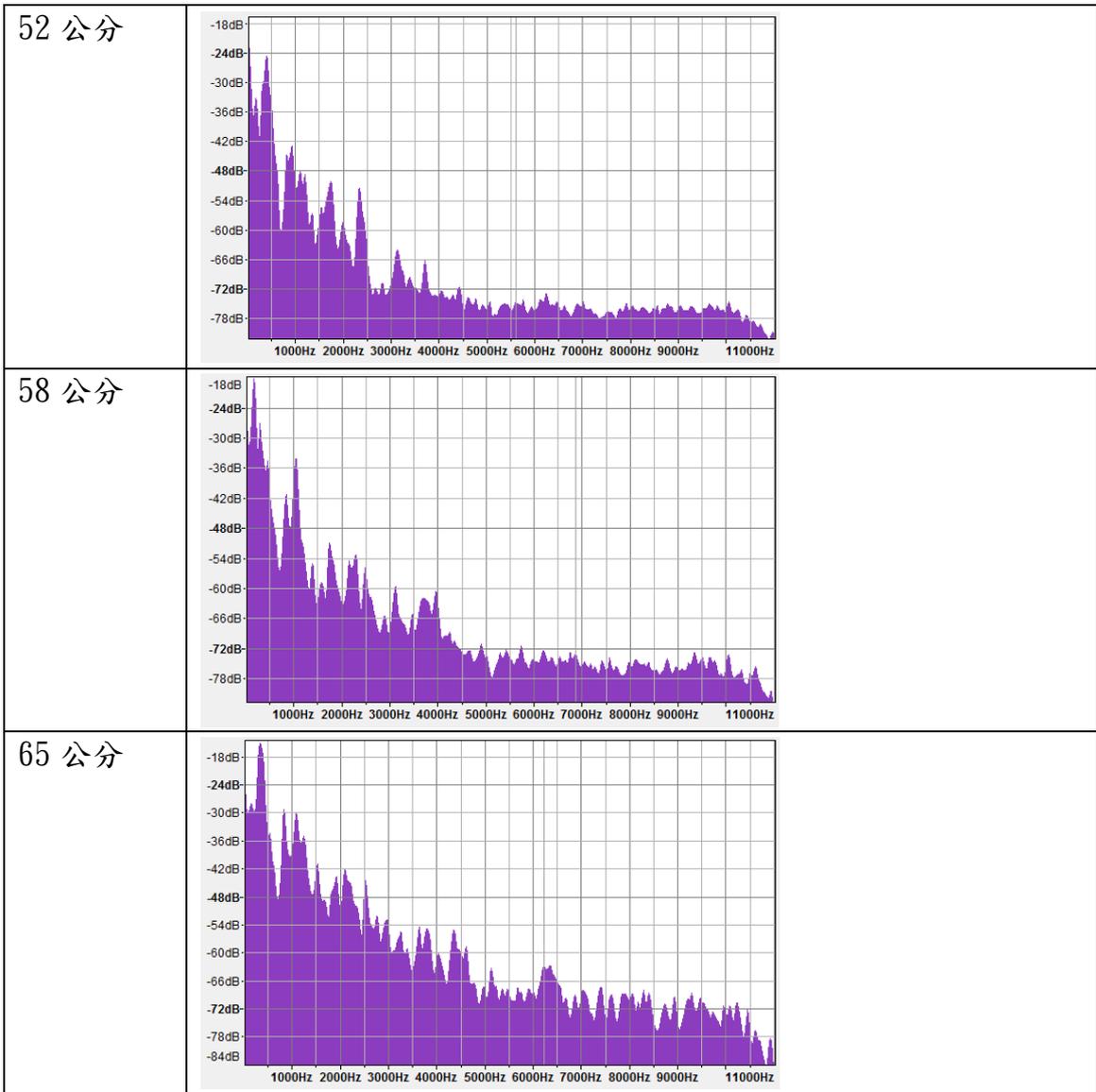
棉線弦寬(cm)	加音箱最大響度(dB)	基音頻率(Hz)
52	71	408
58	67	180(倍頻 360)
65	71	340
73	55	332

(2) 波形比較

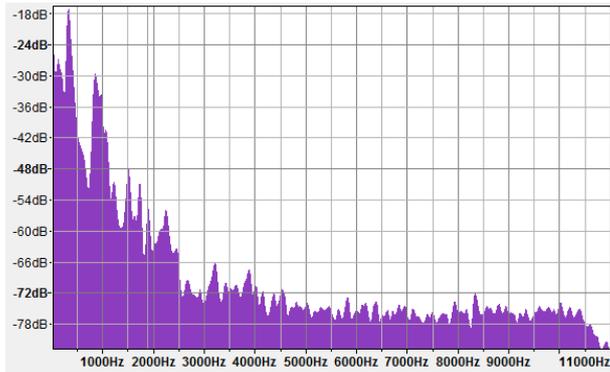




(3) 頻譜分析比較



73 公分



● 結論：

- (1) 弦線愈緊頻率愈高。
- (2) 由波形及頻譜分析比較棉線泛音較多，聽起來也較好聽。

(五) 弓寬的影響

- (1) 改變竹片寬度製作弓，其他條件保持一致，分別測量加音箱之最大響度。
- (2) 錄下聲音分析其頻譜及波形，讀出基音頻率。

● 實驗結果：

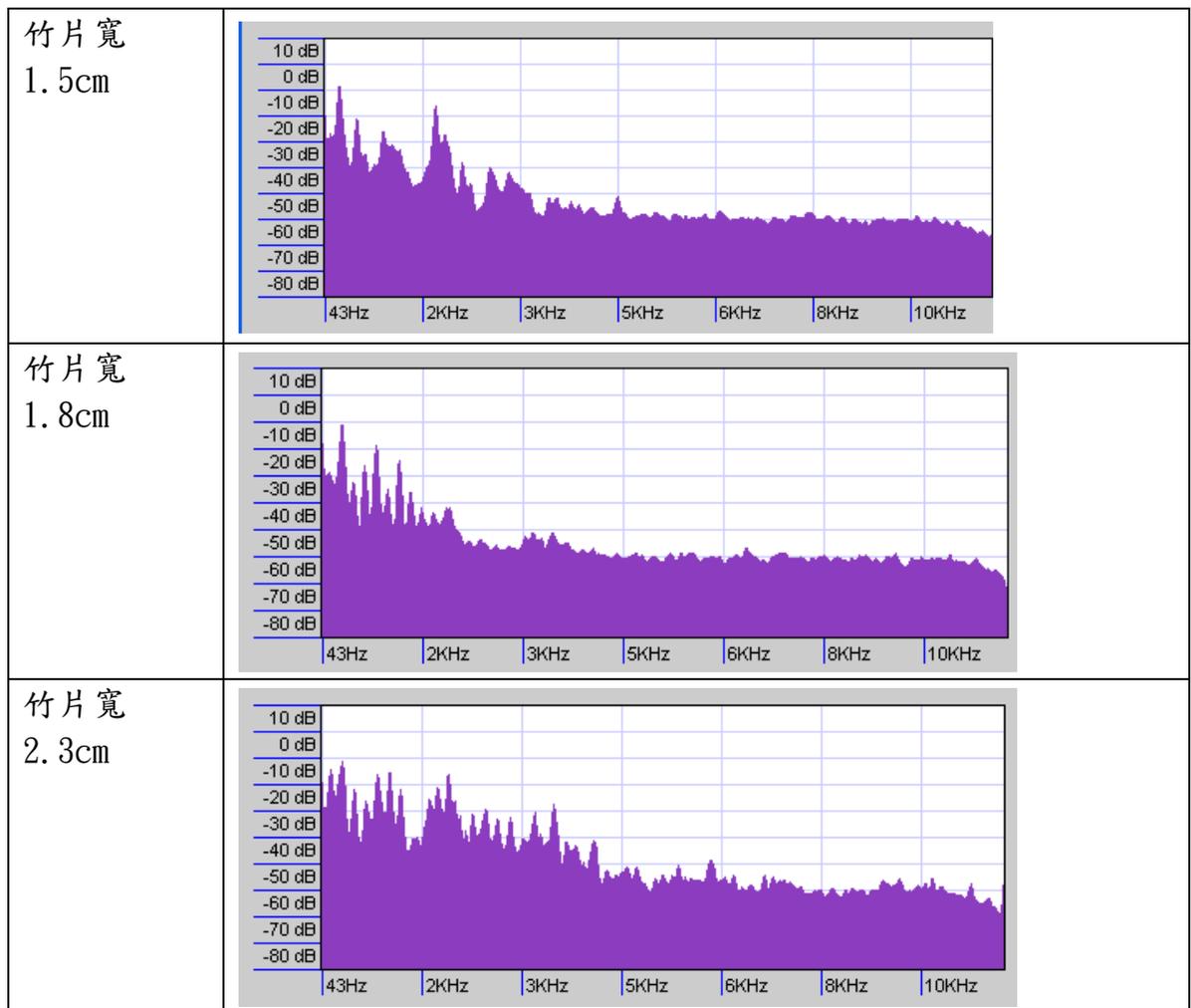
(1) 響度及頻率比較

竹片寬(cm)	加音箱最大響度(dB)	基音頻率(Hz)
1.5	69	282
1.8	75	365
2.3	75	375

(2) 波形比較

竹片寬 1.5cm	
竹片寬 1.8cm	
竹片寬 2.3cm	

(3) 頻譜分析比較



● 結論：

- (1) 竹片愈寬頻率愈高，響度也愈大。
- (2) 由波形及頻譜分析比較，竹片寬 1.5cm 響度大，特定頻率較明顯，我們認為應是較好的寬度。

(六) 弓長的影響

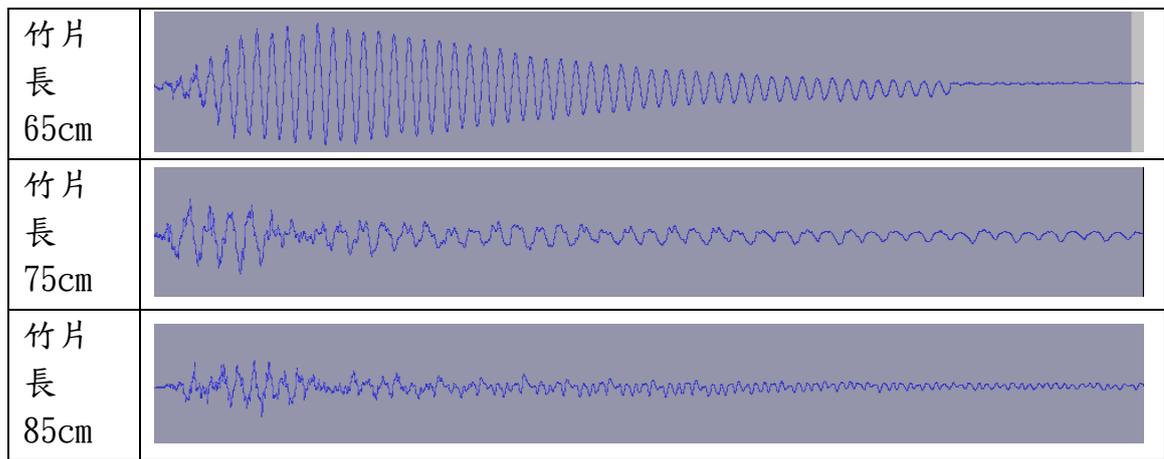
- (1) 改變竹片長度製作弓，其他條件保持一致。
- (2) 弦線寬度維持小於弓長 10 公分。
- (3) 錄下聲音分析其頻譜及波形，讀出基音頻率。

● 實驗結果：

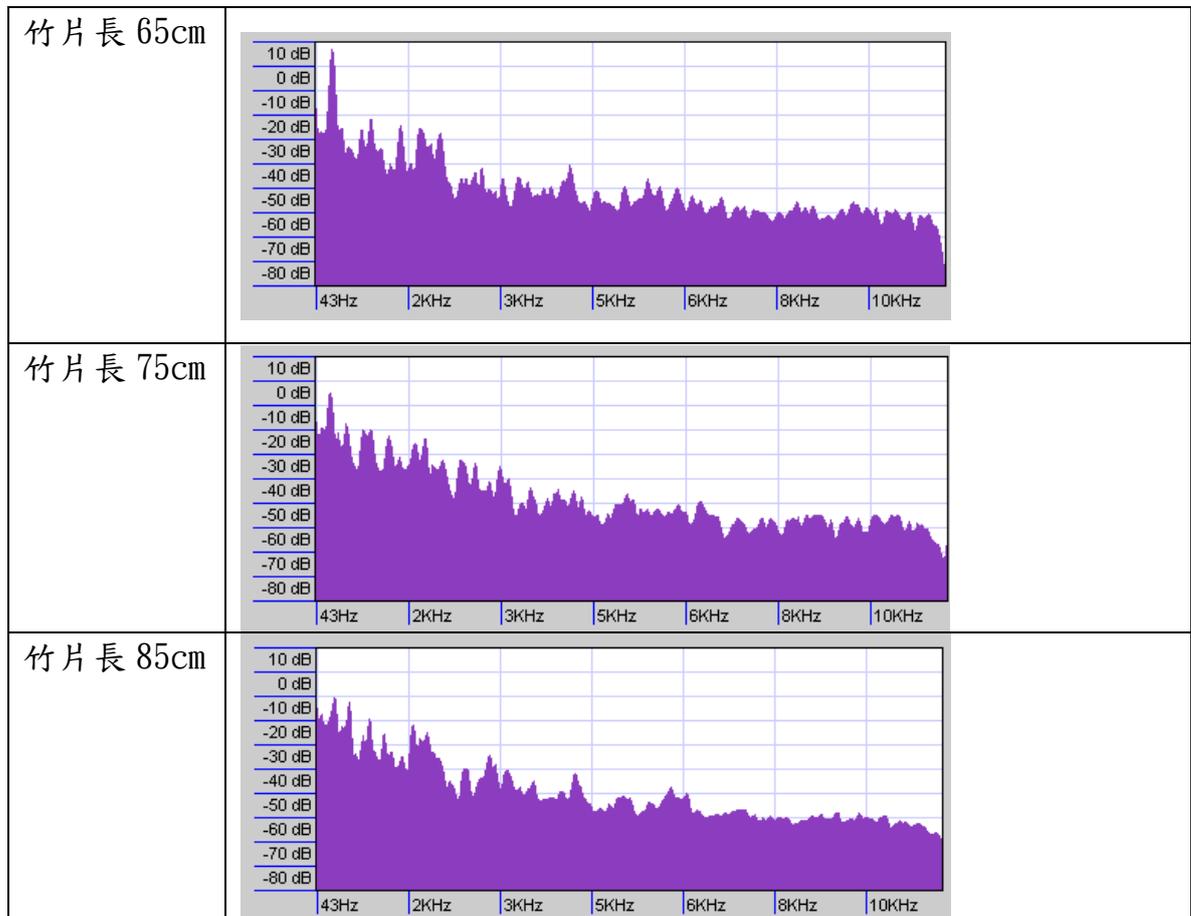
(1) 頻率比較

竹片長(cm)	弦寬(cm)	基音頻率(Hz)
65	55	332
75	65	293
85	75	356

(2) 波形比較



### (3) 頻譜分析比較



● 結論：

- (1) 本項實驗很難控制弦線緊度，因此無法得到對於頻率影響的具體結論。
- (2) 由波形及頻譜分析比較，竹片長 65cm 聲音，特定頻率較明顯，聲音雜訊較少。

### (七) 撥彈弦線位置的影響

- (1) 取弓長 65 公分、弦寬 55 公分的弓琴，於弦線上由琴頭算起，每格 5 公分作一記號，分別改變彈撥弦線位置。

(2) 錄下聲音分析其頻譜及波形，讀出基音頻率。

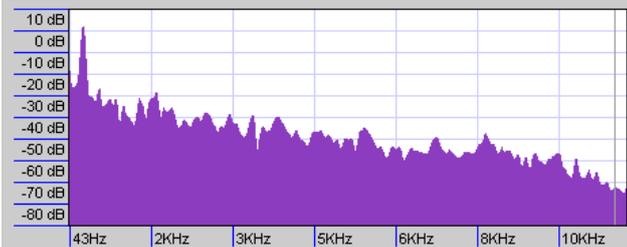
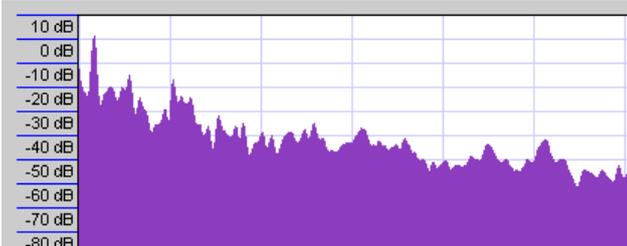
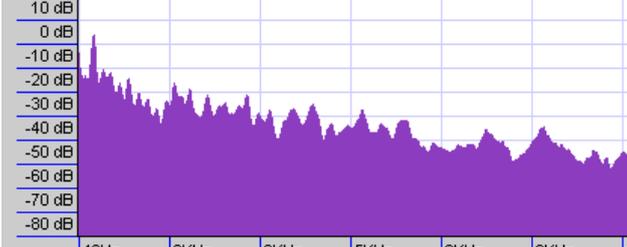
● 實驗結果：

(1) 頻率比較

位置 (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
頻率 (Hz)	309	314	316	316	316	316	316	315	315	315

(2) 頻譜分析比較

撥彈弦線位置 (cm)	基音頻率(Hz)	頻譜分析
5	309	
10	314	
15	316	
20	316	

撥彈弦 線位置 (cm)	基音頻率(Hz)	頻譜分析
25	316	
30	316	
35	316	
40	315	
45	315	

撥彈弦線位置 (cm)	基音頻率(Hz)	頻譜分析
50	315	

● 結論：

- (1) 撥彈弦線位置不影響頻率。
- (2) 撥彈弦線位置對波形的影響也很小。

(八) 按壓弦線位置的影響

- (1) 取弓長 65 公分、弦寬 55 公分的弓琴，於弦線上由琴尾算起，每格 5 公分作一記號，分別改變按壓弦線位置。
- (2) 錄下聲音分析其頻譜及波形，讀出基音頻率。

● 實驗結果：

(1) 頻率頻譜比較

按壓位置(cm)	基音頻率(Hz)	頻譜分析
2	335	
2 按大力	341	

按壓位置(cm)	基音頻率(Hz)	頻譜分析
5	340	
5 按大力	351	
7	358	
7 按大力	366	
10	384	
10 按大力	396	

● 結論：

- (1) 按壓弦線位置會影響頻率，由琴尾算起按壓位置愈大頻率愈高。
- (2) 按壓弦線愈大力也會使頻率愈高。
- (3) 由此結論可以用來調節演奏頻率。

#### 四、 揣摩弓琴的演奏方式

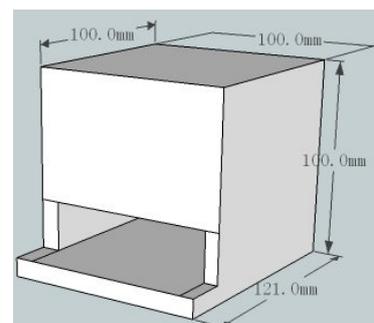
- (一) 由以上對各項變因的探討可知，一支弓琴的音調高低由弦線種類、粗細、緊繃程度、甚至竹子的寬度長度都會影響，但製作完成後該宮芹就具一定音高，要改變其音皆只能靠按壓弦線的位置及大小力來控制。
- (二) 按壓弦線的位置及大小力互有影響，且位置與頻率無固定規律，完全必須靠經驗，因此要彈奏富有變化的旋律，必須花相當時間學習。

#### 五、 與非原住民同學分享弓琴演奏

- (一) 本團隊試著想了解非原住民同學對本弓琴的興趣，特地邀請同學分享弓琴製作及演奏。
- (二) 部分同學對於如此簡單結構的樂器很好奇，也有學習演奏的興趣，尤其咬在嘴巴中彈奏時，嘴巴的共鳴現象令人印象深刻。
- (三) 大部分同學因本樂器聲音太小、變化太少而興趣缺缺。

#### 伍、 研究結果

- 一、 本研究認為弓的形狀、有無琴橋影響弓琴的聲音不明顯。
- 二、 撥彈弦線位置對弓琴的聲音應無的影響。
- 三、 弦線種類我們認為棉線較好，又容易取得，對於就地取材的原住民傳統精神又最符合。
- 四、 弦線鬆緊是影響弓琴音高的主要因素，基本上要夠緊聲音較好聽也較大聲。
- 五、 竹片寬度我們認為應以 1.5~2.0 公分較理想。
- 六、 竹片長度以 75 公分左右，留 10 公分當琴尾，弦線寬維持 55 公分應是理想組合。
- 七、 本研究利用小音箱取代口腔共鳴，我們認為效果不錯，但是否違反傳統可能須深思。小音箱結構示意圖如右。



#### 陸、 參考資料

- (一) 高雄市立桃園國小《絲竹山林~失落的布農弓琴》網頁
- (二) <http://mypaper.pchome.com.tw/wymeng/post/1321459716>
- (三) <http://content.edu.tw/local/kaushoun/wuga/music/bunun/bunon14.htm>
- (四) 2010 年清華與華碩原住民雲端科展優勝作品『口簧恆久遠，支支永流傳』研究報告。

◆ 精采照片



