

# 「Lubuw」泰雅口簧琴的製作與科學

## 摘要

Lubuw，是泰雅語口簧琴的意思！我們的研究，主要是探討口簧琴簧片的材質、長短、厚度、寬度和形狀等，並以 Audacity 軟體來分析音調和音量的變化關係。經過實驗分析，我們發現：

- 1.拉扯的力量越大，口簧琴簧片的音量越大。
- 2.簧片越長、厚度越薄、寬度越寬，音調越低；簧片越短、厚度越粗、寬度越窄，音調越高。
- 3.鑄銅或鍍銅製作成口簧琴的簧片材質，彈力比較好，也容易保存。
- 4.簧片的形狀以三角形較佳，美觀且音量會比較大。
- 5.簧片震動時，利用靠近口腔(音箱)，可以使音量增大。
- 6.口簧琴簧片的音調，可以利用腹腔壓力來改變。
- 7.本實驗的研究資料，可提供未來製作學習口簧琴之參考利用。

利用科學的方法，來探究口簧琴的科學原理，不僅是最好的教材，更是延續部落價值的最佳方式。

## 壹、研究動機

學校一直在推動原住民族的教育課程，這個學期主要推動的是「口簧琴」，來自宜蘭縣南澳鄉的江牧師，自 1993 年開始致力於泰雅族傳統文化的保存，包含泰雅族口述傳統、傳統音樂與樂器等多樣無形文化資產的維護、保存、推廣及傳習。特別是在「泰雅族口簧琴」上的全然投入與卓越貢獻，使其在 2010 年度受宜蘭縣政府登錄為「泰雅族口簧琴吹奏及製作」保存者。







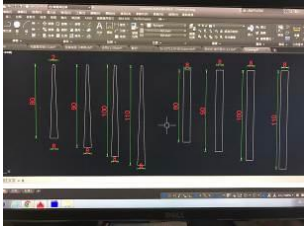



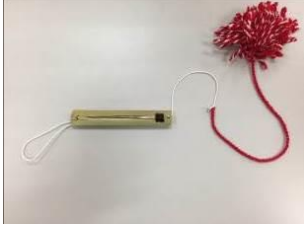





江牧師是我們部落的耆老，校長聘請他來為我們解說一些我們「口簧琴」的由來，並教導我們製作方法。製作「口簧琴」真的很不容易，從摘取竹子、裁切適合大小、挖洞、裝置簧片…，太多繁雜的工序，更令我們覺得困難的是扯奏出聲音來，真的費了好一些時間。不過，當可以扯奏出聲音的同時，是非常開心的。

還有，更讓我們好奇的是？「口簧琴」是如何發出聲音的？扯奏時，有時候「簧片」會打到嘴唇或舌頭，是簧片的震動產生聲音嗎？簧片都是銅做的嗎？為什麼要用銅片？簧片的形狀為什麼類似三角形？簧片有多厚？會影響聲音的變化嗎？簧片的長度會影響聲音的變化嗎？剛好這學期的自然課也有相關的聲音這個單元。於是，我們想要藉這次的研究，來了解口簧琴的秘密，也是部落耆老一直要我們傳承下去的傳統文化。

## 貳、研究目的

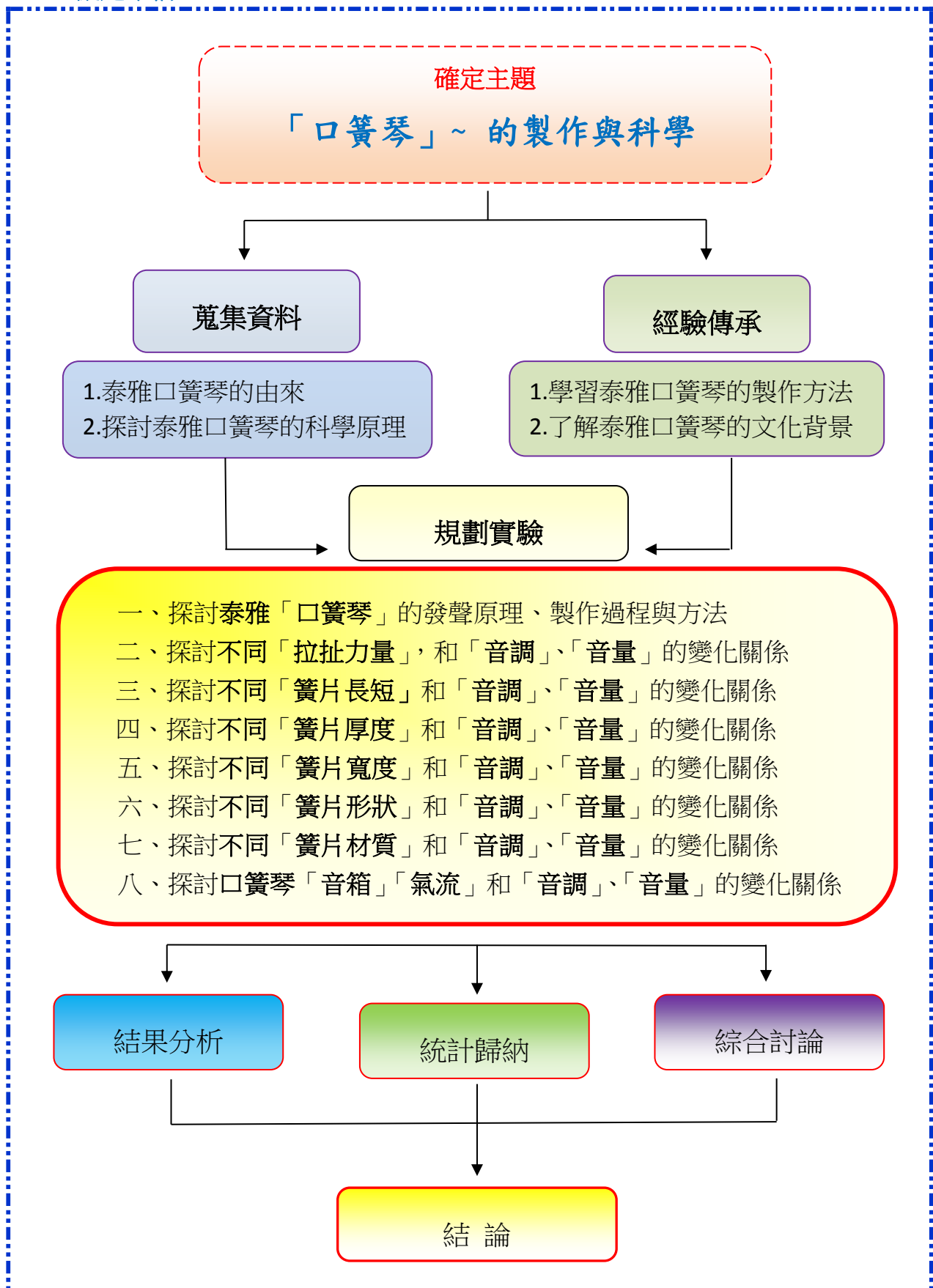
- 一、探討泰雅「口簧琴」的發聲原理、製作過程與方法
- 二、探討不同「拉扯力量」，和「音調」、「音量」的變化關係
- 三、探討不同「簧片長短」和「音調」、「音量」的變化關係
- 四、探討不同「簧片寬度」和「音調」、「音量」的變化關係
- 五、探討不同「簧片厚度」和「音調」、「音量」的變化關係
- 六、探討不同「簧片材質」和「音調」、「音量」的變化關係
- 七、探討不同「簧片形狀」和「音調」、「音量」的變化關係
- 八、探討口簧琴「音箱」、「氣流」和「音調」、「音量」的變化關係

## 參、研究設備與器材

			
分貝計	精密錄音機	不同材質簧片	自製口簧琴拉扯器
			
直尺	各種材質簧片	雷射各種形狀簧片	相機
			
各式工具刀	游標尺	口簧琴	1-8 簧口簧琴
			
新鮮竹子	竹片	空紙盒	Audacity 編輯軟體

## 肆、研究方法

### 一、擬定架構



## 二、文獻探討

### (一)泰雅族口簧琴之緣起

1.口簧琴是廣泛分佈於亞洲、歐洲、大洋洲的古老樂器，臺灣幾乎各原住民族都有口簧琴的使用，其中以泰雅族及賽德克族的口簧琴發展較為發達，這兩個族群除擁有一般少數民族較常見的 1~3 簧口簧琴外，還發展出 4~8 簧的多簧口簧琴。

2.泰雅族口簧琴（泰雅語：lubuw）是台灣原住民泰雅族所使用的樂器。口簧琴用於泰雅人的自娛、男女訴情等場合，老幼皆宜；一般在出草、狩獵、喪事期間禁止使用。泰雅口簧琴以其多簧口簧著名，傳說可至 8 簧之多，然文獻至多僅記錄到 6 簧，現代泰雅族人已嘗試製作全套包括：竹台單竹簧、竹台簧金屬簧、2 簧、3 簧、4 簧等到 8 簧的口簧組。多簧樂器的簧片音高，調成與泰雅傳統音樂音階的排列相同，即「大二度、小三度、大二度」。

除樂器實體的多簧構造十分特殊外，泰雅族口簧亦以其「口簧舞」著稱，男女相對，一面演奏著口簧琴，一面左右抬腳，隨著音樂節奏踏跳。泰雅人也可以使用口簧代替實際語言來傳遞訊息，即將原本用「口說」的內容透過口簧，表達給對方知道。有一說法是青年男女，用這種方式說悄悄話不讓外人得知，然而，今天已經越來越少人還具備這種能力了。

3.口簧琴的分類，就外觀型制以及牽引簧片振動的方式，可概分為拉繩及彈撥兩大類。而口簧琴的演奏方式，一般是將簧片置於雙唇之間，利用口腔作為共鳴箱，以撥動簧片或拉扯細繩的方式，**使簧片振動發聲**，並且藉著轉動簧片造成音高變化，形成旋律的流動，吹奏出迷人的口簧琴樂音。

### (二)口簧琴的構造和扯奏方式

1.口簧琴的構造很簡單，製作起來，卻很不容易。以一截長約 10 公分的小竹片作為琴台，中間穿有長孔，安置細長舌狀的竹或銅製簧片，琴身兩端鑽孔穿繫麻繩。吹奏時左手持琴置於唇間；右手不斷拉扯右端麻繩，震動琴簧發出嗡嗡聲，並隨口腔形狀變化發出不同的「音調」。早期全部以竹子製作的琴身(台)、簧片。自日本佔據台灣後，才有銅片替代竹簧片，聲音也較大些。口簧琴簧片通常 1~3 簧片，最多有 7 簧。4 簧以上吹奏就很複雜，簧片越多吹奏技巧當然也越高，音律音調也豐富。

2.口簧琴演奏的方式，是將簧片靠於嘴唇，利用口腔來做為它的共鳴箱；以手拉動使簧片振抖，左手緊握琴身左邊，琴身凹面向外，琴左固定緊靠左嘴角（若多簧片則藉左手上下回轉來翻轉簧片，產生音律的變化與流動），口適度張開為音箱，右手輕輕拉琴尾麻繩，使簧片振動與琴身產生嗡嗡的擦音。

坐著、站著、跳舞時都可吹奏口簧琴，其舞蹈動作腿腰微灣，身體左右舞動，使雙腳交替跳躍；表現出男女情意和浪漫的口簧琴舞。吹奏口簧琴沒有一定的時機，通常是族人隨性演奏，它的用法有為舞蹈伴奏、傳話、傳遞消息、安慰自己或與他人合奏等多種用處，還有人會在求婚時，用到口簧琴。

3.可是也有一些禁忌，在蕃田農耕工作，族人不會吹奏口簧琴；更忌諱有家族近親守喪期間演奏口簧琴。口簧琴本身構造關係，其傳話功能有空間的限制，樂器的音

量顯出迷人的風采，藉它作彼此談心的橋樑，更能拉近兩人作近距離的交談。  
有關口簧琴的構造，我們以圖片來說明，如圖 4-2-1 所示。

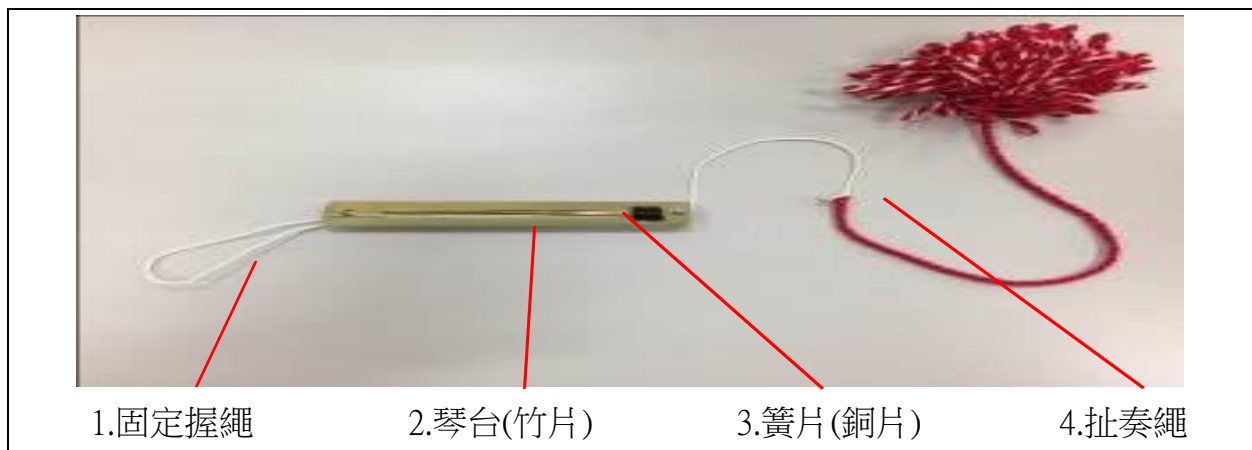


圖 4-2-1 口簧琴的構造及名稱介紹

### (三)聲音三要素的探討

1. **音量**：物理學中把人耳能感覺到的聲音的強弱稱為響度。
  - (1) **聲音的大小**稱為「音量」，與物體的**振動幅度**，聲音的響度大小一般與聲源振動的幅度有關，振動幅度越大，響度越大。
  - (2) 分貝 (dB) 則常用來表示聲音的強弱。
  - (3) 越用力敲擊、拉扯的樂器，則發出的聲音越大；反之發出的聲音越小。
2. **音調**：物理學中把聲音的高、低稱為音調。
  - (1) 物體每一秒振幅的次數稱為「**頻率**」，頻率高表示音調高，頻率低表示音調低。聲波的頻率愈大，則音調愈高。
  - (2) 聲音的高低，要依樂器主要振動的部位來判斷，與發音體的形狀、體積、質量都有關係；發音體越輕、越薄、越短、越細、越緊密者就振動得越快，音調就越高。
3. **音色〈音品〉**：音色又叫音品，它反映了聲音的品質和特色。
  - (1) 音色主要由聲波的波形來決定；可以判斷各種樂器的聲音，是因為其波形不同，因而音色不同。
  - (2) 不同物體發出的聲音，其音色是不同的，因此我們才能分辨不同人講話的聲音、不同樂器演奏的聲音等。

## 三、實地製作與訪查

### (一)學習口簧琴的製作

1. 台灣原住民幾乎各族都有口簧琴的使用，只有達悟族人不使用口簧琴，其他各族都有口簧琴，又以泰雅族之使用最為有名。

2. 來自宜蘭縣南澳鄉的江牧師，自 1993 年開始致力於泰雅族傳統文化的保存，包含泰雅族口述傳統、傳統音樂與樂器等多樣無形文化資產的維護、保存、推廣及傳習。特別是在「泰雅族口簧琴」上的全然投入與卓越貢獻，使其在 2010 年度受宜蘭縣政府登錄為「泰雅族口簧琴吹奏及製作」保存者。

(二)我們請江牧師來指導我們製作口簧琴，如圖 4-3-1 所示。



圖 4-3-1 口簧琴的製作過程說明圖

#### 四、探討「口簧琴」發聲的原理

(一)依據文獻探討的資料顯示和說明，口簧琴的發聲原理，是利用扯動琴台的繫繩，拉動琴台再引起簧片的振動。

(二)口簧琴的聲響來源是因為簧片的振動嗎？

- 1.我們試著將簧片的一端固定，然後以手撥動簧片，觀察簧片的震動、再聽看看簧片震動的聲音。
- 2.口簧琴一定要靠在嘴吧扯奏嗎？我們一手固定口簧琴一端，另一手扯動拉扯繫繩，觀察簧片的震動、再聽看看簧片震動的聲音。
- 3.最後，我們請江牧師現場拉扯口簧琴，然後以各種不同的角度來攝、錄影，探討口簧琴發出聲音時，簧片是否震動？如何震動？震動的幅度有多大？
- 4.相關口簧琴發聲原理的探討說明，如圖 4-4-1 所示

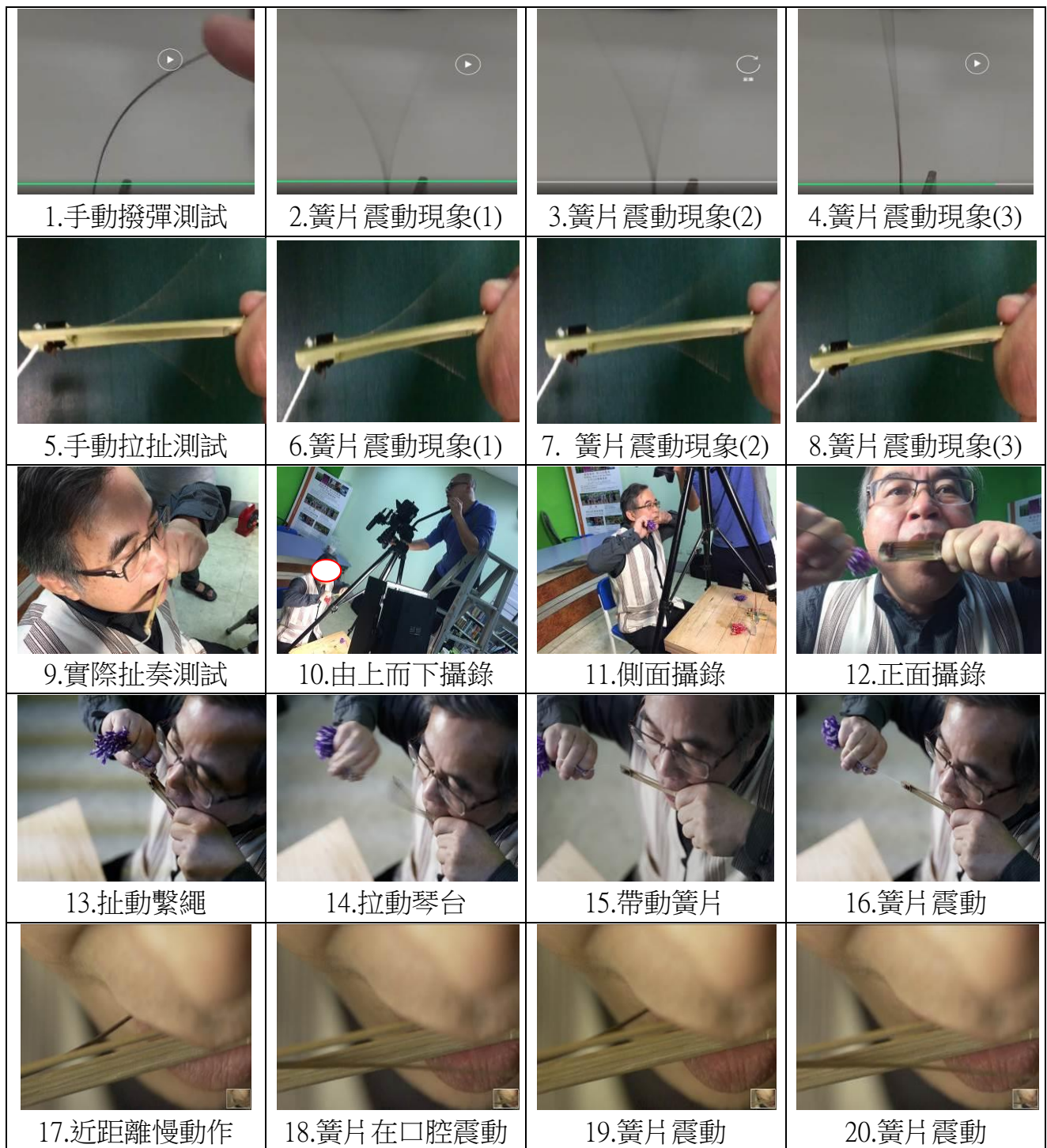


圖 4-4-1 口簧琴發聲原理的探討說明圖

(三)從圖 4-4-1 口簧琴發聲原理的探討中，我們發現：

- 1.不管是以手撥動簧片、手動扯奏口簧琴、靠近嘴巴扯奏，都可以發出聲音，而且都有一個共同現象，就是「簧片震動」。
- 2.以眼睛觀察的結果，簧片的震動幅度越大，聲音似乎就越大，一直到簧片震動幅度越小或停止震動，就沒有聲音了。
- 3.如果把口簧琴靠近嘴巴扯奏，聲音就會比較大聲。
- 4.聲音聽起來，跟口簧琴扯奏時似乎都是一樣的，都是簧片震動的聲音
- 5.我們也觀察到口簧琴拉扯時，簧片單邊震動的幅度，約有 3 cm 以上。

6.我們推測：口簧琴的發聲原理，其實就是口簧琴的「簧片震動」而發出聲音。

## 五、嚴謹的控制變因

### (一)探討變因

依據「口簧琴發聲的原理」探討過程中，我們知道，因為簧片震動而發出聲音。我們接著討論，那些因素可能會影響「口簧琴的聲音變化」？

1. 拉扯的力量。
2. 簧片的材質。
3. 簧片的長短。
4. 簧片的寬窄。
5. 簧片的形狀。
6. 簧片的厚薄。
7. 是否靠近口腔。

### (二)自製簧片震動拉扯器

1.為了控制口簧琴簧片的震動力量，自製口簧琴簧片震動拉扯器，來控制變因，如圖 4-5-1 所示。

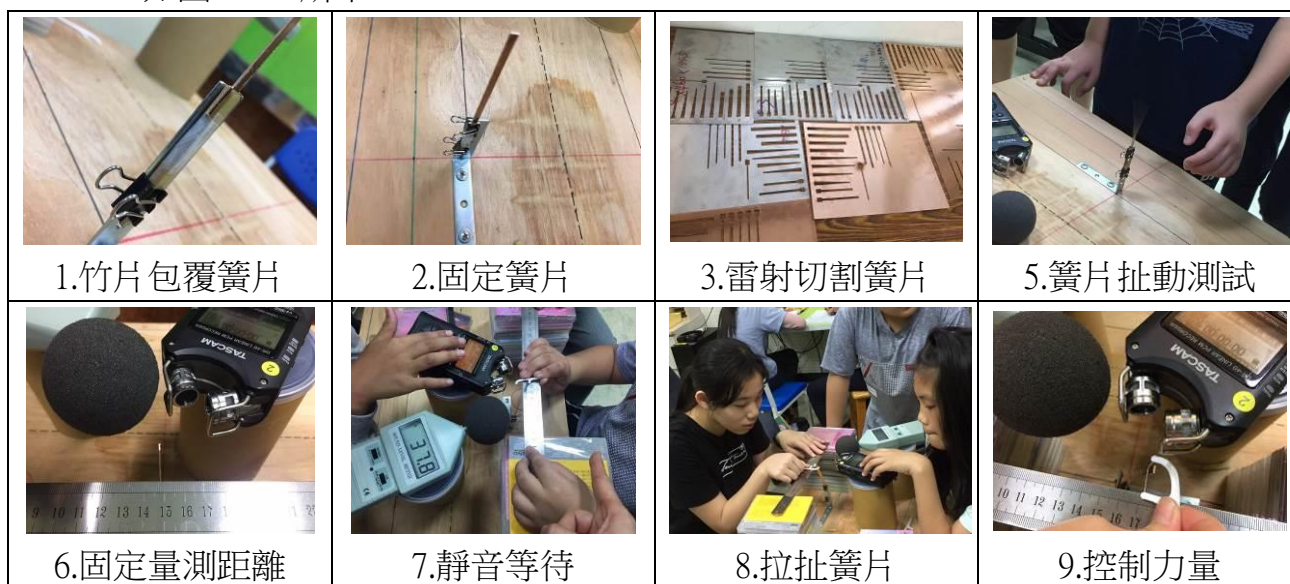


圖 4-5-1 自製簧片震動拉扯器實驗過程說明圖

- 2.自製簧片震動拉扯器，必須模擬手部的固定，其實是需要有一點彈性。
- 3.固定簧片時，需保留一點點的彈性，不然會發不出聲音。
- 4.為什麼固定簧片要用 L 型鐵片，來支撐？
  - (1)因為相對有彈性。
  - (2)利用木頭固定，太硬了，無法發出聲音。
- 5.我們後續實驗，皆以自製拉扯器來實驗，以控制變因。

因為製作簧片震動扯奏器，我們才深刻體會：

- 1.原來扯奏口簧琴時，固定繩的手不能太用力；扯動時也不能太用力。
- 2.因為固定處太用力時，聲音反而出不來，只要輕輕扯動口簧琴，反而可以讓簧片震動而發出聲音。



## 伍、研究過程、結果和討論

### 《研究一》探討不同「拉扯力量」和「音調」、「音量」的變化關係

#### (一)研究過程

- 1.準備四種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼、鋁)的金屬片。
- 2.上述四種金屬片的厚度，各為 0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm。
- 3.以雷射切割方式，製作成長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)各不相同的金屬簧片，但形狀(寬度 0.4 cm)都相同。
- 4.再以自製模擬口簧琴簧片震動的簧片振動器，以不同的力量扯動簧片。  
※以不同的拉扯距離(1 cm、1.5 cm、2 cm)，控制不同的拉扯力量。
- 5.以分貝計記錄音量大小，以精密錄音機錄下聲音再以 Audacity 音樂編輯軟體分析音調的高低。
- 6.研究過程和說明，如圖 5-1-1 所示。

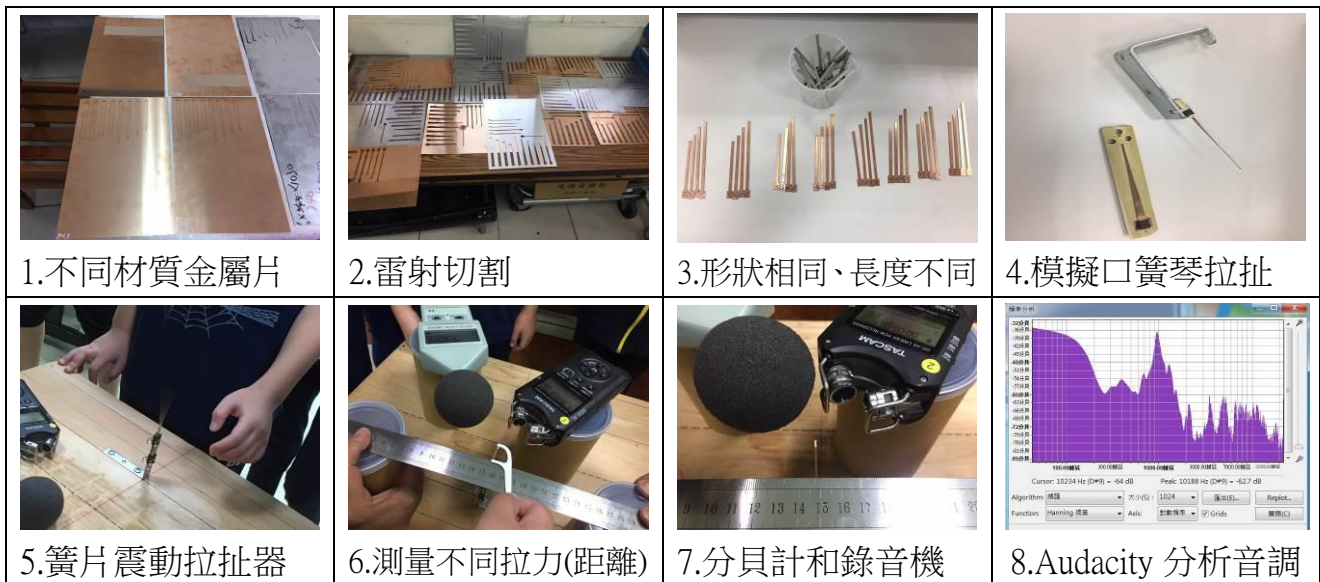
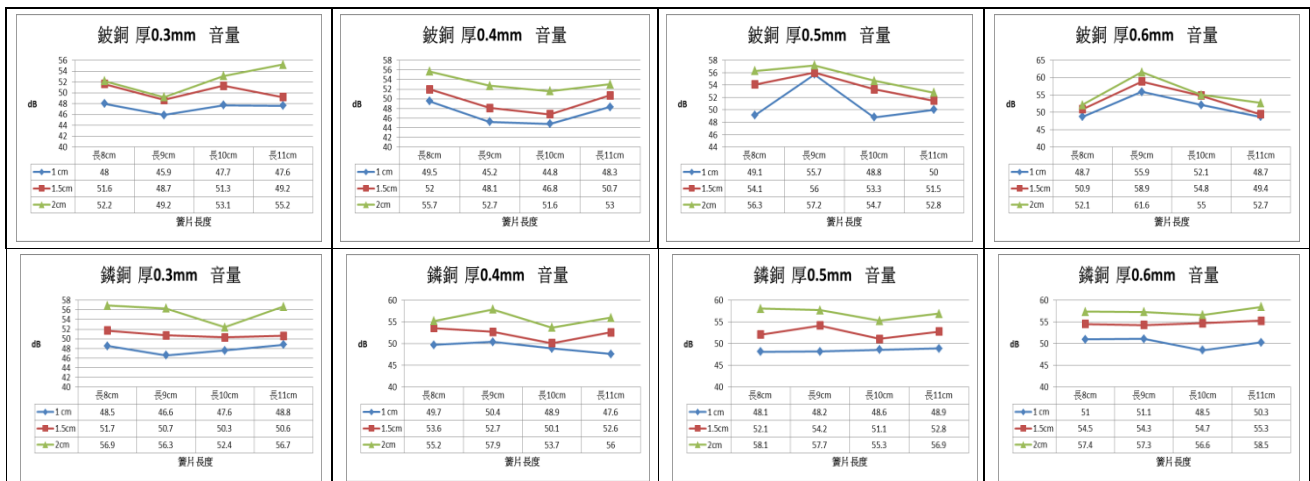
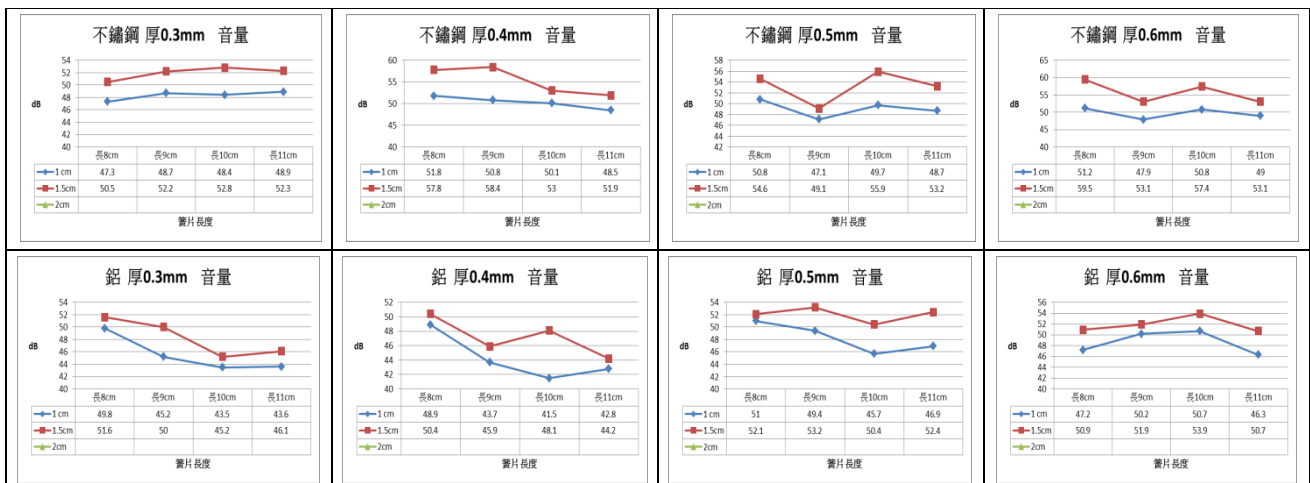


圖 5-1-1 口簧琴簧片不同「拉扯力量」和「音調」、「音量」的實驗過程說明圖

#### (二)研究結果

- 1.我們將測量到的結果記錄下來，並轉換成圖表，如圖 5-1-2、圖 5-1-3 所示。





**說明：**

1. 因為鈹銅和磷銅的彈性比較好，拉扯 2cm 可以順利回彈；而不鏽鋼和鋁的材質，因為拉扯超過 3cm 時，就已略為變形，無法完全回彈。
2. 因此，將拉扯距離設定為 1 cm、1.5 cm、2 cm。

圖 5-1-2 口簧琴簧片不同「拉扯力量」和「音量」的實驗結果說明圖

2. 從圖 5-1-2 的研究結果，我們發現：

- (1) 鈹銅簧片拉扯距離 2cm 時，音量最大；拉扯 1cm 時，音量最小。
- (2) 磷銅簧片拉扯距離 2cm 時，音量最大；拉扯 1cm 時，音量最小。
- (3) 不鏽鋼簧片拉扯距離 1.5cm 時，音量最大；拉扯 1cm 時，音量最小。
- (4) 鋁簧片拉扯距離 1.5cm 時，音量最大；拉扯 1cm 時，音量最小。

**(5) 我們推測：拉扯力量越大，音量越大；拉扯的力量越小，音量越小。**



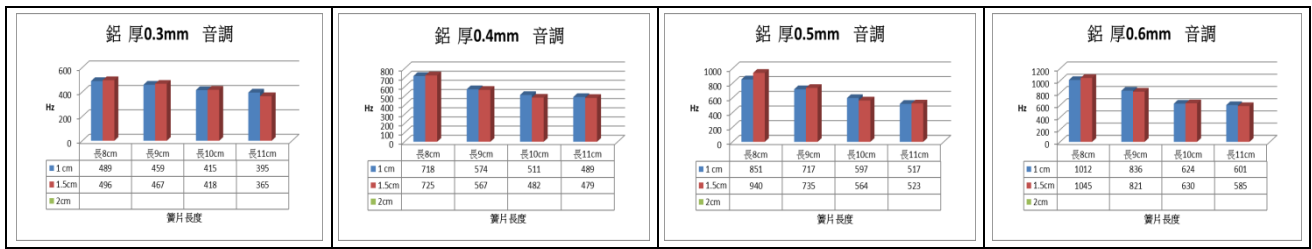


圖 5-1-3 口簧琴簧片不同「拉扯力量」和「音調」的實驗結果說明圖

3.從圖 5-1-3 的研究結果，我們發現：

- (1) 鈹銅簧片拉扯距離為 1、1.5、2cm 時，「音調」幾乎都相同或差距不大。
- (2) 磷銅簧片拉扯距離為 1、1.5、2cm 時，「音調」幾乎都相同或差距不大。
- (3) 不鏽鋼簧片拉扯距離為 1、1.5cm 時，「音調」幾乎都相同或差距不大。
- (4) 鋁簧片拉扯距離為 1、1.5cm 時，「音調」幾乎都相同或差距不大。
- (5) 我們推測：不同的拉扯力量，並不會影響簧片「音調」的高低。

※ 後續實驗，為了控制變因，拉扯力量控制在拉扯距離為 1.5 cm。

### (三)討論

1.如何控制不同的拉扯力量？

- (1) 我們拉扯時發現：拉扯的距離比較遠時，簧片震動的幅度比較大。
- (2) 為了控制變因，我們以拉扯的距離來控制不同的拉扯力量。
- (3) 相關實驗過程說明，如圖 5-1-4 所示。

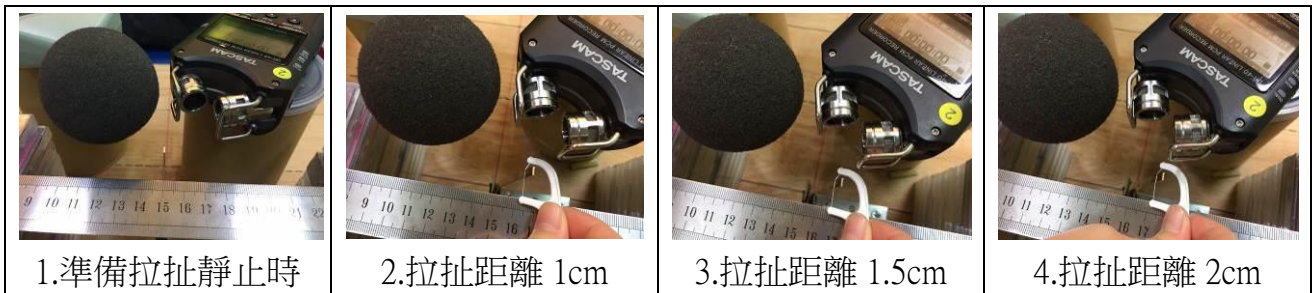


圖 5-1-4 口簧琴不同「拉扯力量」和「音調」的變化關係實驗結果說明圖

2.利用 Audacity 音樂編輯軟體，如何測量「簧片」震動時的「音調」？準確嗎？

- (1) Audacity 是教育部校園自由數位資源中心提供的軟體，能夠分析聲音頻率喔。
- (2) 參考過很多有關 Audacity 音樂編輯軟體分析聲音頻率的文獻，大多是以「頻譜分析」中出現的峰值，來代表聲音的頻率(音調)，也幾乎都是準確的。
- (3) 相關說明，從圖 5-1-5，應該可以簡單了解和應用。

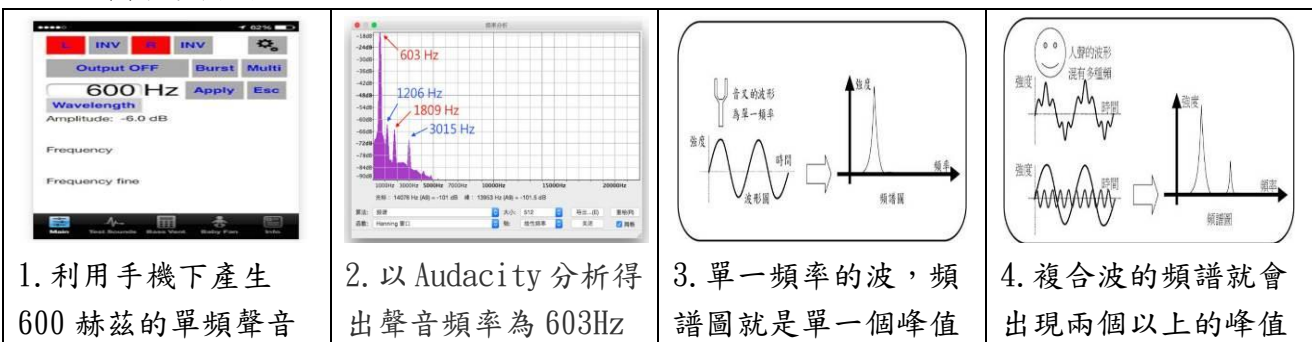


圖 5-1-5 Audacity 音樂編輯軟體分析聲音頻譜說明圖

(以上資料取自 Kiwi 物理教室-看得見的數位聲音 <http://kiwiphysics.blogspot.tw/2015/12/blog-post.html>)

### 3.實驗過程中，相同簧片扯奏時的音調，有少部分出現誤差。

- (1)我們仔細檢查部份誤差的簧片，發現因為雷射切割的關係，有細屑未清除乾淨，可能是造成的原因，如圖 5-1-6 所示。
- (2)後續實驗，會將細屑磨平，盡量減少誤差。



圖 5-1-6 部分簧片雷射切割細屑說明圖

### 4.實驗過程中，需要安靜的空間來錄音和測試音量大小。

- (1)我們利用假日期間，到學校找密閉的視聽教室來實驗。
- (2)我們測試安靜的視聽教室大約 35dB。
- (3)怕影響實驗結果，我們等待視聽教室安靜的 dB 值為 40 以下，才扯動簧片進行實驗。

## 《研究二》探討不同「簧片長度」和「音調」、「音量」的變化關係

### (一)研究過程

- 1.同樣準備四種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼、鋁)的金屬片。
- 2.四種金屬片厚度各為 0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm。
- 3.以雷射切割方式，製作成長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)、寬度(0.2 cm、0.4 cm、0.8 cm)各不相同的金屬簧片，**總共 256 片簧片**，如圖 5-2-1 所示。

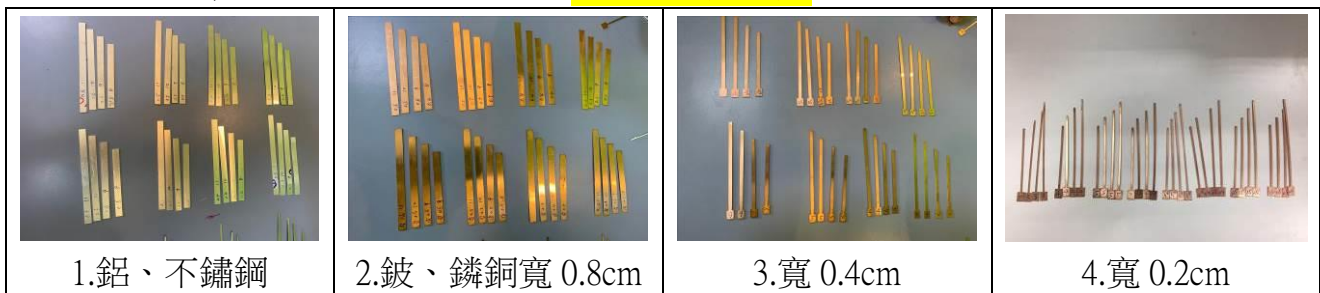


圖 5-2-1 各種不同的材質簧片長度、寬度說明圖

- 4.同樣再以自製模擬口簧琴簧片震動的簧片振動器，以相同的力量(拉扯距離固定為 1.5 cm)扯動簧片。
- 5.以分貝計記錄音量大小，以精密錄音機錄下聲音，再以 Audacity 音樂編輯軟體分析音調的高低。
- 6.實驗過程和方法，同圖 5-1-4 說明所示。

## (二)研究結果

1.我們將測量到的結果記錄下來，並轉換成圖表，如圖 5-2-2、圖 5-2-3 所示。

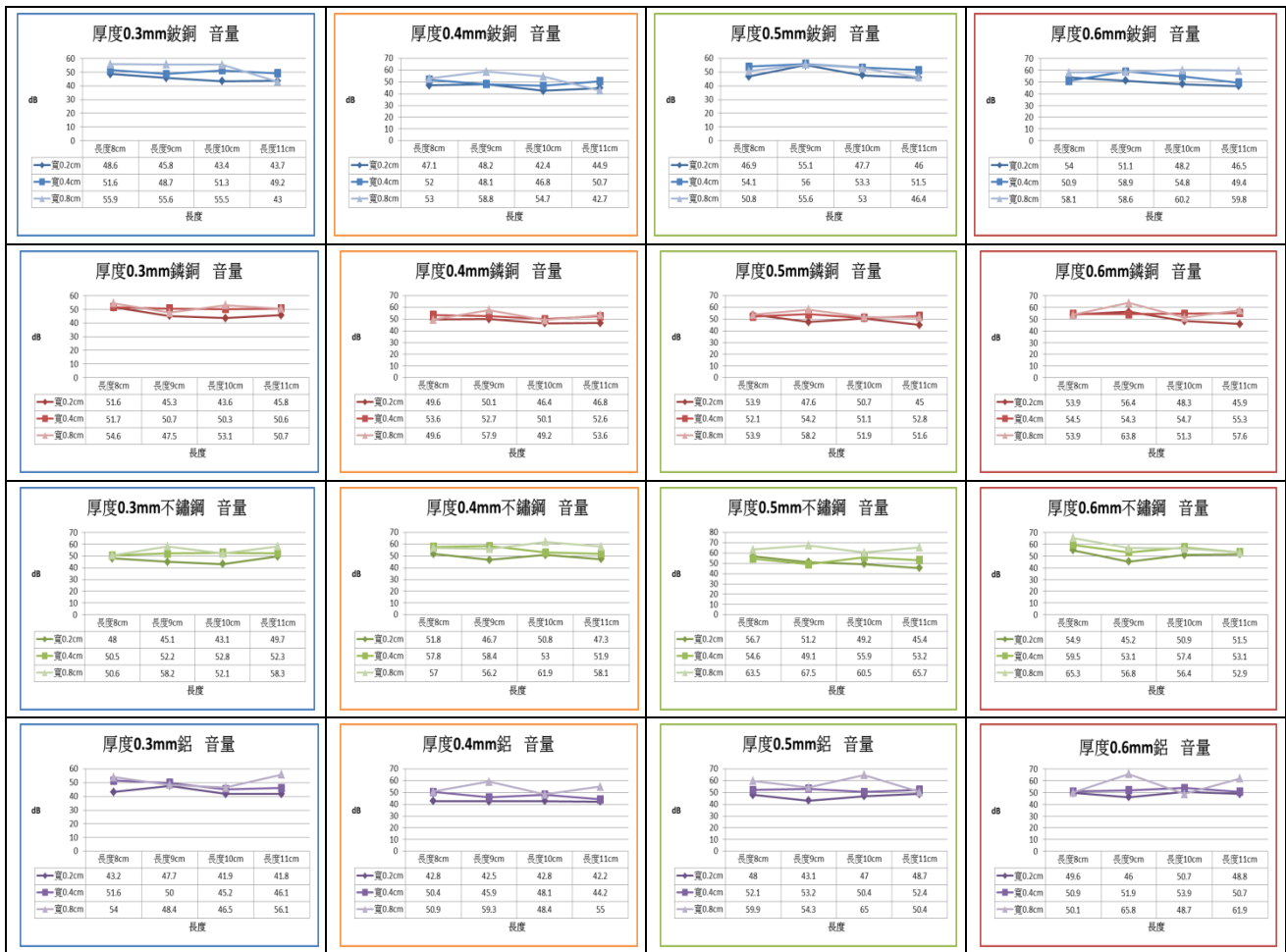
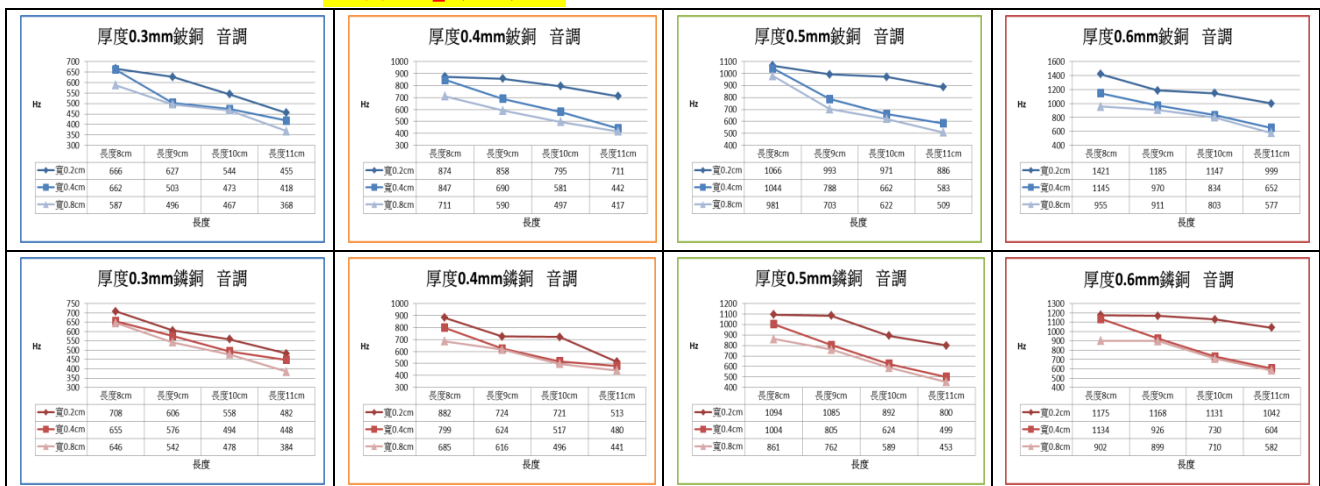


圖 5-2-2 不同的簧片長度和「音量」變化實驗結果說明圖

2.從圖 5-2-2 的研究結果，我們發現：

- (1)各種鈹銅、鑄銅、不鏽鋼、鋁材質的簧片，長度為 8cm、9cm、10cm、11cm，其音量並沒有明顯規律性的變化。
- (2)我們推測：各種不同的簧片長度，在相同的拉扯力量下，並不會影響簧片的「音量」大小。



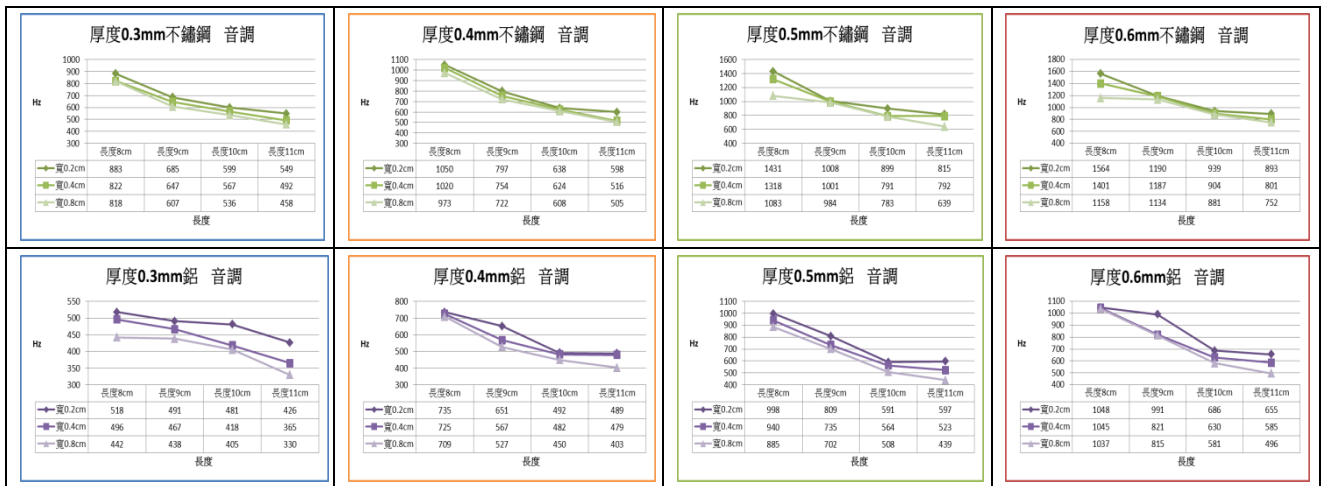


圖 5-2-3 不同的簧片長度和「音調」的實驗結果說明圖

3.從圖 5-2-3 的研究結果，我們發現：

- (1)各種厚度(0.3、0.4、0.5、0.6 mm)的**鈹銅**簧片，長度 8 cm 時，音調最高；長度 11 cm 時，音調最低。
- (2)各種厚度(0.3、0.4、0.5、0.6 mm)的**磷銅**簧片，長度 8 cm 時，音調最高；長度 11 cm 時，音調最低。
- (3)各種厚度(0.3、0.4、0.5、0.6 mm)的**不鏽鋼**簧片，長度 8 cm 時，音調最高；長度 11 cm 時，音調最低。
- (4)各種厚度(0.3、0.4、0.5、0.6 mm)的**鋁**簧片，長度 8 cm 時，音調最高；長度 11 cm 時，音調最低。
- (5)我們推測：簧片長度，在相同的拉扯力量下「簧片越短，音調越高；簧片越長，音調越低」。

### (三)討論

1.原住民口簧琴的製作，簧片的長度大約是多長？

- (1)一般而言，口簧琴製作時，簧片的長度並沒有限制或規範，會依個人需求配合琴台量身訂製。
- (2)經過測量，大多數口簧琴簧片的長度大約 8、9 cm。
- (3)因此實驗用簧片長度設定為 8-11 cm。

## 《研究三》探討不同「簧片寬度」和「音調」、「音量」的變化關係

### (一)研究過程

- 1.準備四種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼、鋁)的金屬片。
- 2.四種金屬片厚度各為 0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm。
- 3.以雷射切割方式，製作成寬度(0.2 cm、0.4 cm、0.8 cm)不同、長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)也不相同的金屬簧片。
- 4.實驗過程和方法，同圖 5-1-4 說明所示。

### (二)研究結果

1.我們將測量到的結果記錄下來，並轉換成圖表，如圖 5-3-1、圖 5-3-2 所示。

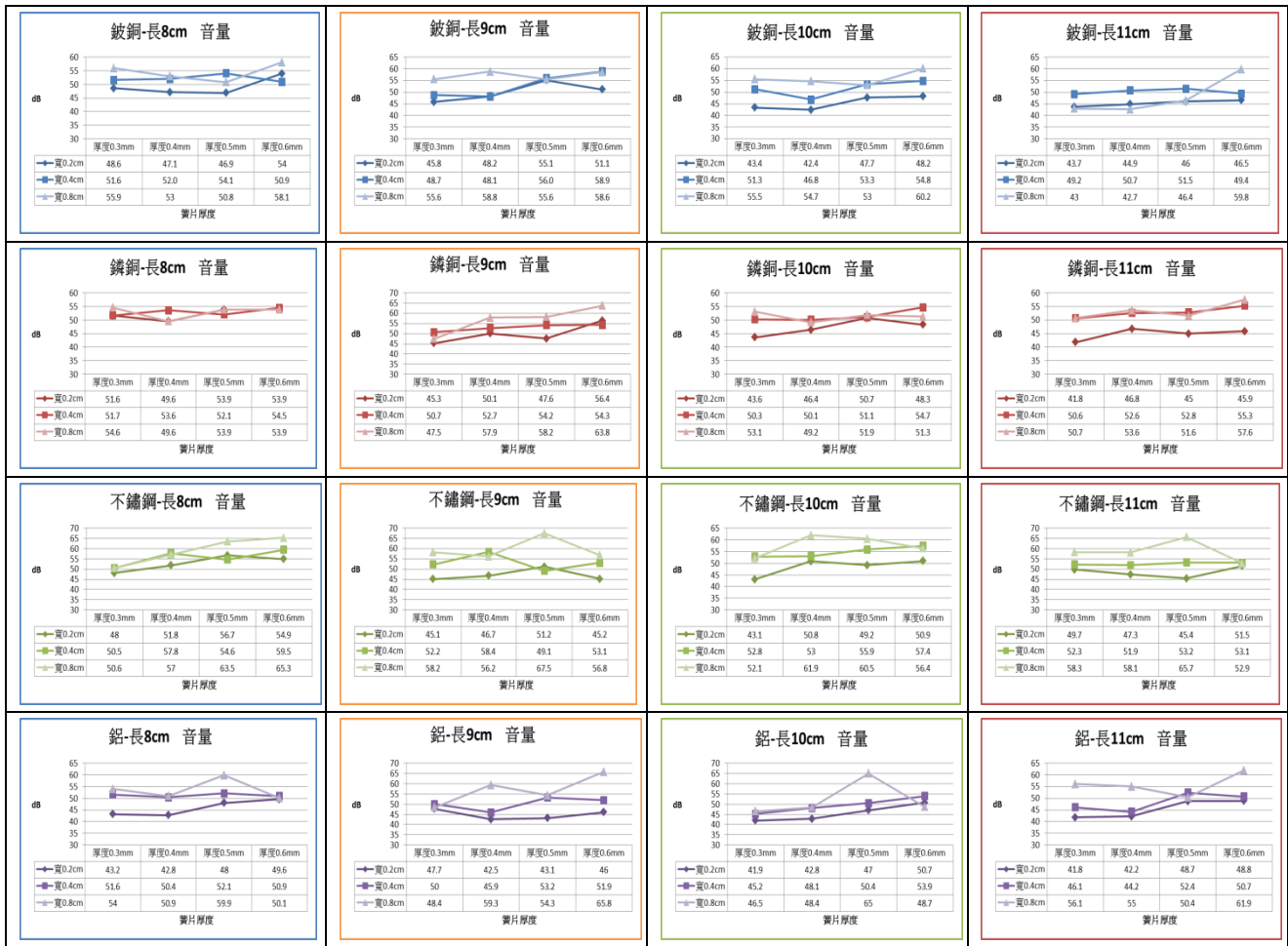
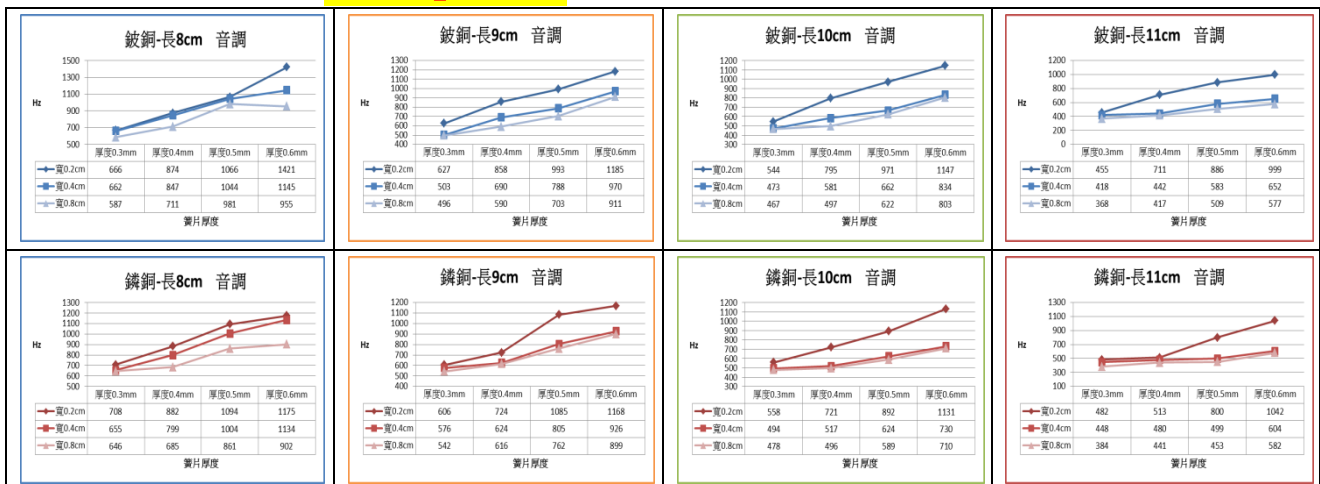


圖 5-3-1 不同「簧片寬度」和「音量」的變化關係實驗結果說明圖

2.從圖 5-3-1 的研究結果，我們發現：

- (1)鈹銅簧片的寬度 0.2cm、0.4cm、0.8cm，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (2)磷銅簧片的寬度 0.2cm、0.4cm、0.8cm，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (3)不鏽鋼簧片的寬度 0.2cm、0.4cm、0.8cm，音量的變化，沒有明顯的規律性。
- (4)鋁簧片的寬度 0.2cm、0.4cm、0.8cm，音量的變化，並沒有明顯的規律性。

(5)我們推測：各種不同的簧片寬度，在相同的拉扯力量下，並不會影響簧片的「音量」大小。



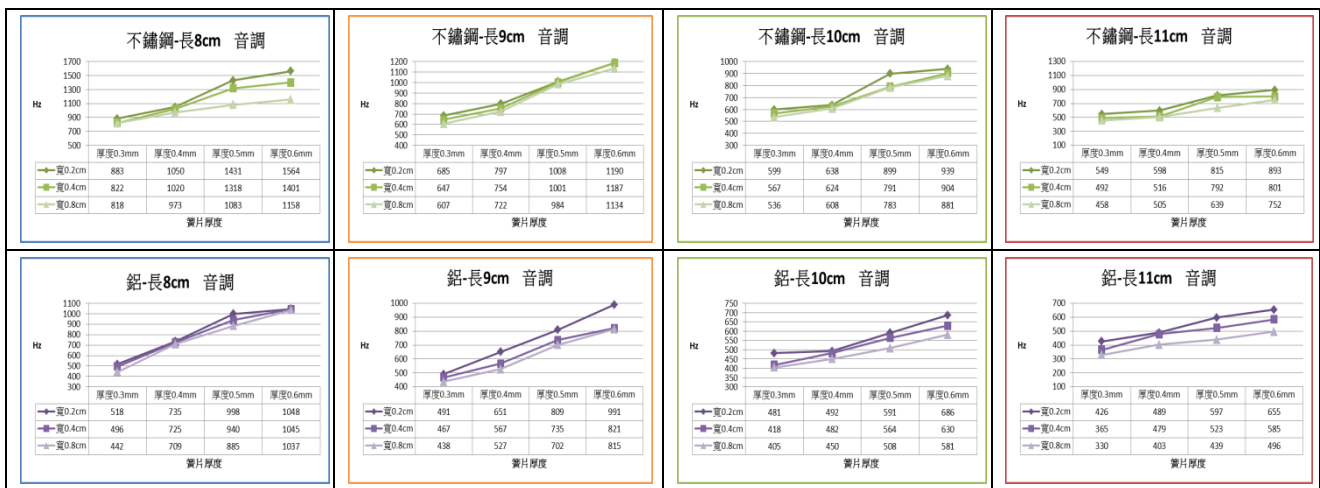


圖 5-3-2 不同「簧片寬度」和「音調」的變化關係實驗結果說明圖

3.從圖 5-3-2 的研究結果，我們發現：

- (1)各種長度(8cm、9cm、10 cm、11cm)的**鈹**銅簧片，寬度 0.2cm 時，音調最高；寬度 0.8 cm 時，音調最低。
- (2)各種長度(8cm、9cm、10 cm、11cm)的**磷**銅簧片，寬度 0.2cm 時，音調最高；寬度 0.8 cm 時，音調最低。
- (3)各種長度(8cm、9cm、10 cm、11cm)的**不鏽鋼**簧片，寬度 0.2cm 時，音調最高；寬度 0.8 cm 時，音調最低。
- (4)各種長度(8cm、9cm、10 cm、11cm)的**鋁**簧片，寬度 0.2cm 時，音調最高；寬度 0.8 cm 時，音調最低。
- (5)我們推測：簧片寬度，在相同的拉扯力量下「簧片寬度越窄小，音調越高；簧片寬度越寬大，音調越低」。

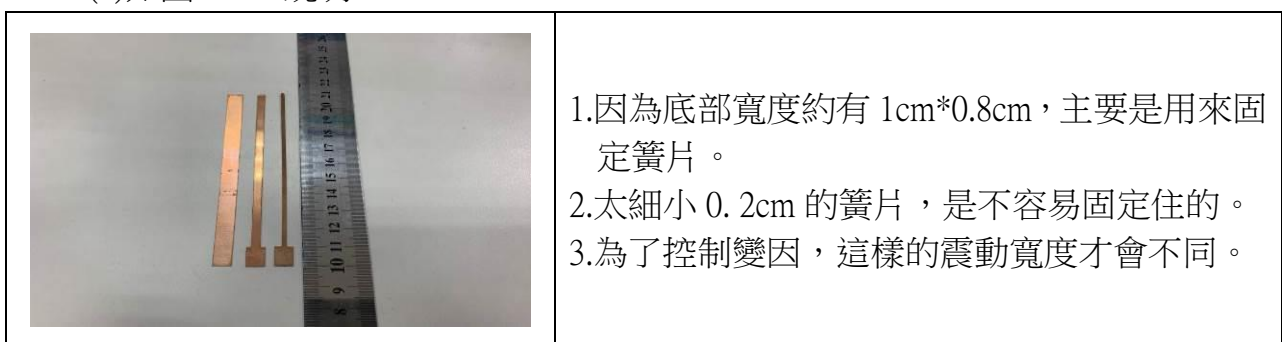
### (三)討論

1.實驗的簧片寬度為什麼要設定是 0.8 cm、0.4 cm、0.2 cm？

- (1)參考大多數原住民的口簧琴的簧片，大多數是呈現類似三角形的形狀。
- (2)經過測量，發現簧片的底大約 0.8cm，尖端的部分約 0.1-0.15 cm。
- (3)考量雷射切割簧片時，無法設為 0.1 cm、0.15 cm (太尖銳)。
- (4)因此，簧片寬度實驗設定為 0.8 cm、0.4 cm、0.2 cm。

2.簧片底部形狀為什麼要大一點？

- (1)如圖 5-3-3 說明：



- 1.因為底部寬度約有 1cm\*0.8cm，主要是用來固定簧片。
- 2.太細小 0.2cm 的簧片，是不容易固定住的。
- 3.為了控制變因，這樣的震動寬度才會不同。

圖 5-3-3 簧片形狀說明圖



## 《研究四》探討不同「簧片厚度」和「音調」、「音量」的變化關係

### (一)研究過程

1. 準備四種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼、鋁)的金屬片。
2. 四種金屬片厚度各為 0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm。
3. 以雷射切割方式，製作成長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)和寬度各不相同的金屬簧片。
4. 實驗過程和方法，同圖 5-1-4 說明所示。

### (二)研究結果

1. 我們將實驗的結果記錄下來，並轉換成圖表說明，如圖 5-4-1、圖 5-4-2 所示。



圖 5-4-1 不同「簧片厚度」和「音量」的變化關係實驗結果說明圖

2. 依據圖 5-4-1 的實驗結果，我們發現：

- (1) 鈹銅簧片的厚度 0.3、0.4、0.5、0.6mm 時，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (2) 磷銅簧片的厚度 0.3、0.4、0.5、0.6mm 時，音量的變化，並沒有明顯的規律性。

- (3)不鏽鋼簧片的厚度 0.3、0.4、0.5、0.6mm 時，音量的變化並沒有明顯的規律性。
- (4)鋁簧片的厚度 0.3、0.4、0.5、0.6mm 時，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (5)我們推測：各種不同的簧片厚度，在相同的拉扯力量下，並不會影響簧片的「音量」大小。

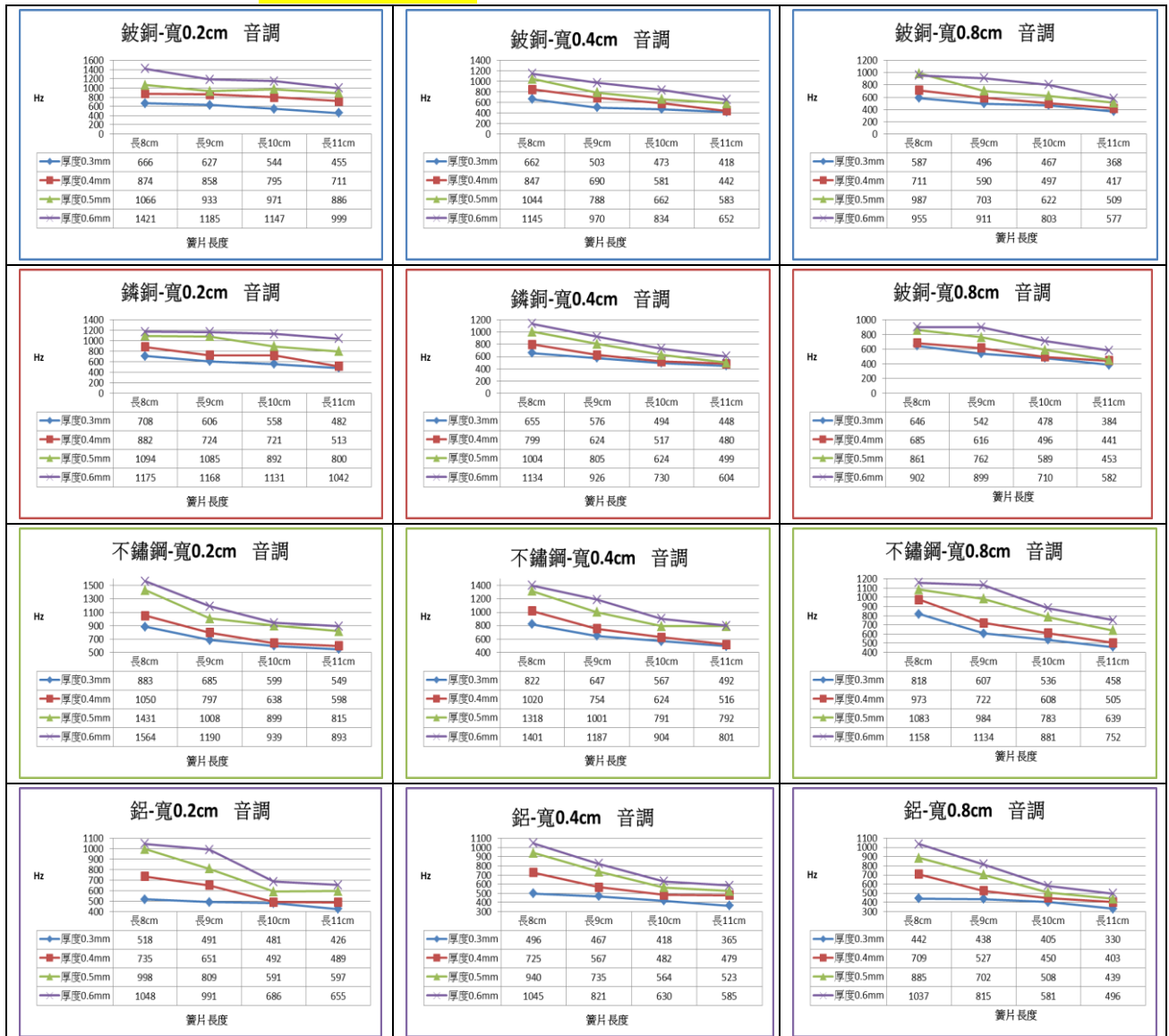


圖 5-4-2 不同「簧片厚度」和「音調」的變化關係實驗結果說明圖

3.依據圖 5-4-2 的實驗結果，我們發現：

- (1)鈹銅簧片的厚度 0.3 mm 時，音調比較低；厚度 0.6 mm，音調比較高。
- (2)磷銅簧片的厚度 0.3 mm 時，音調比較低；厚度 0.6 mm，音調比較高。
- (3)不鏽鋼簧片的厚度 0.3 mm 時，音調比較低；厚度 0.6 mm，音調比較高。
- (4)鋁簧片的厚度 0.3 mm 時，音調比較低；厚度 0.6 mm，音調比較高。
- (5)我們推測：各種不同的簧片厚度，在相同的拉扯力量下「厚度越厚，音調越高；厚度較薄，音調越低」。

### (三)討論

1.簧片厚度為何是 0.3mm、0.4mm、0.5mm、0.6mm？

(1)經部落長老告知，製作口簧琴時，通常簧片的厚度大約為 0.3 mm、0.4 mm，因為要手工切割時，相對比較容易。

(2)另一方面，因為扯動時，不會因為過於厚重，而影響拉扯時聲音的響亮度。

## 《研究五》探討不同「簧片材質」和「音調」、「音量」的變化關係

### (一)研究過程

- 1.準備四種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼、鋁)的金屬片。
- 2.四種金屬片厚度各為 0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm。
- 3.簧片長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)、形狀各不相同，如前述實驗。
- 4.實驗過程和方法，同圖 5-1-4 說明所示。

### (二)研究結果

1.我們將實驗的結果記錄下來，並轉換成圖表說明，如圖 5-5-1、圖 5-5-2 所示。

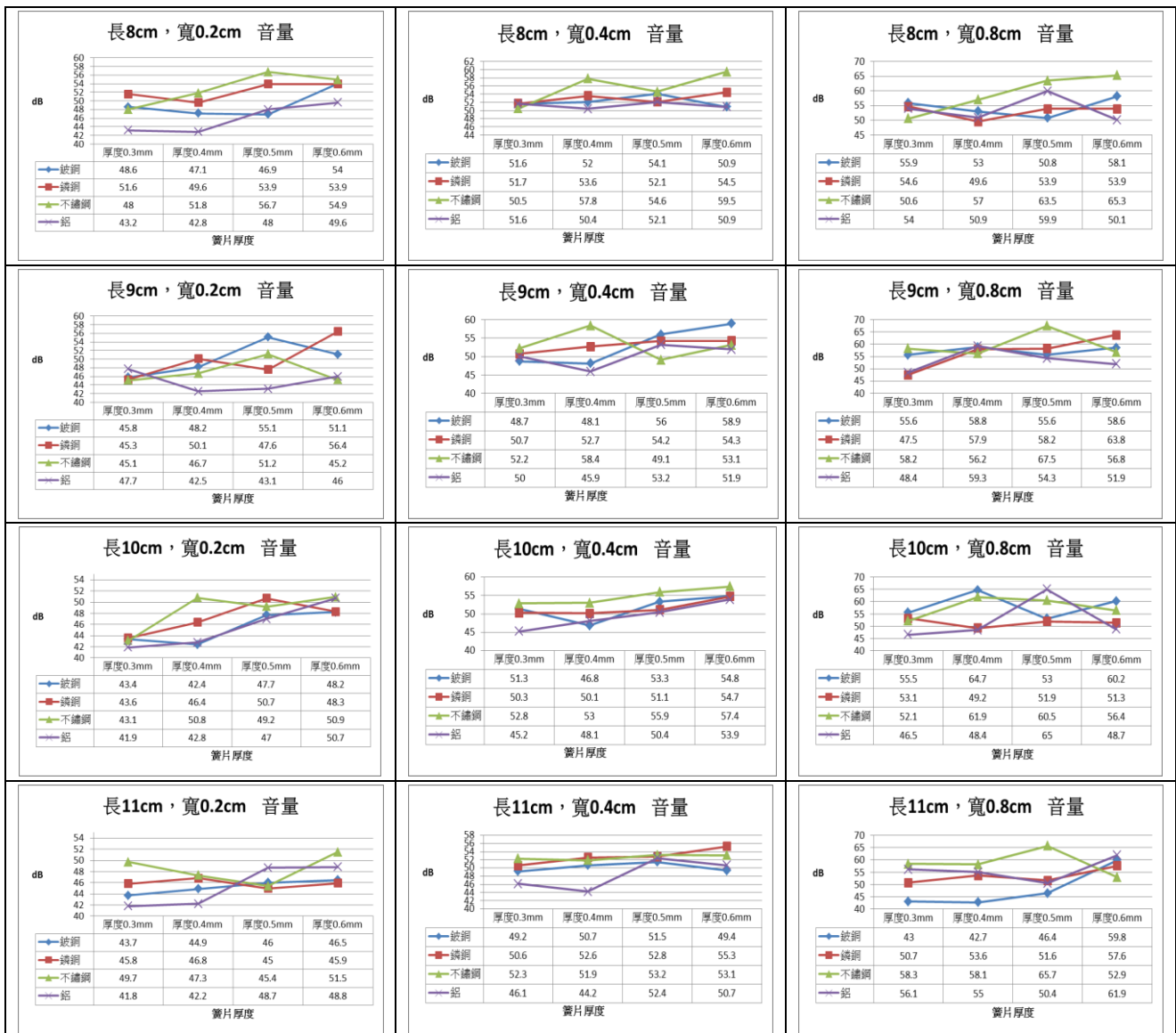


圖 5-5-1 不同「簧片材質」和「音量」的變化關係實驗結果說明圖

2. 依據圖 5-5-1 的實驗結果，我們發現：

- (1) 鈹銅簧片的材質，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (2) 磷銅簧片的材質，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (3) 不鏽鋼簧片的材質，音量的變化，並沒有明顯的規律性。
- (4) 鋁簧片的材質，音量的變化，並沒有明顯的規律性。

(5) 我們推測：各種不同的簧片材質，在相同的拉扯力量下，並不會影響簧片的「音量」大小。

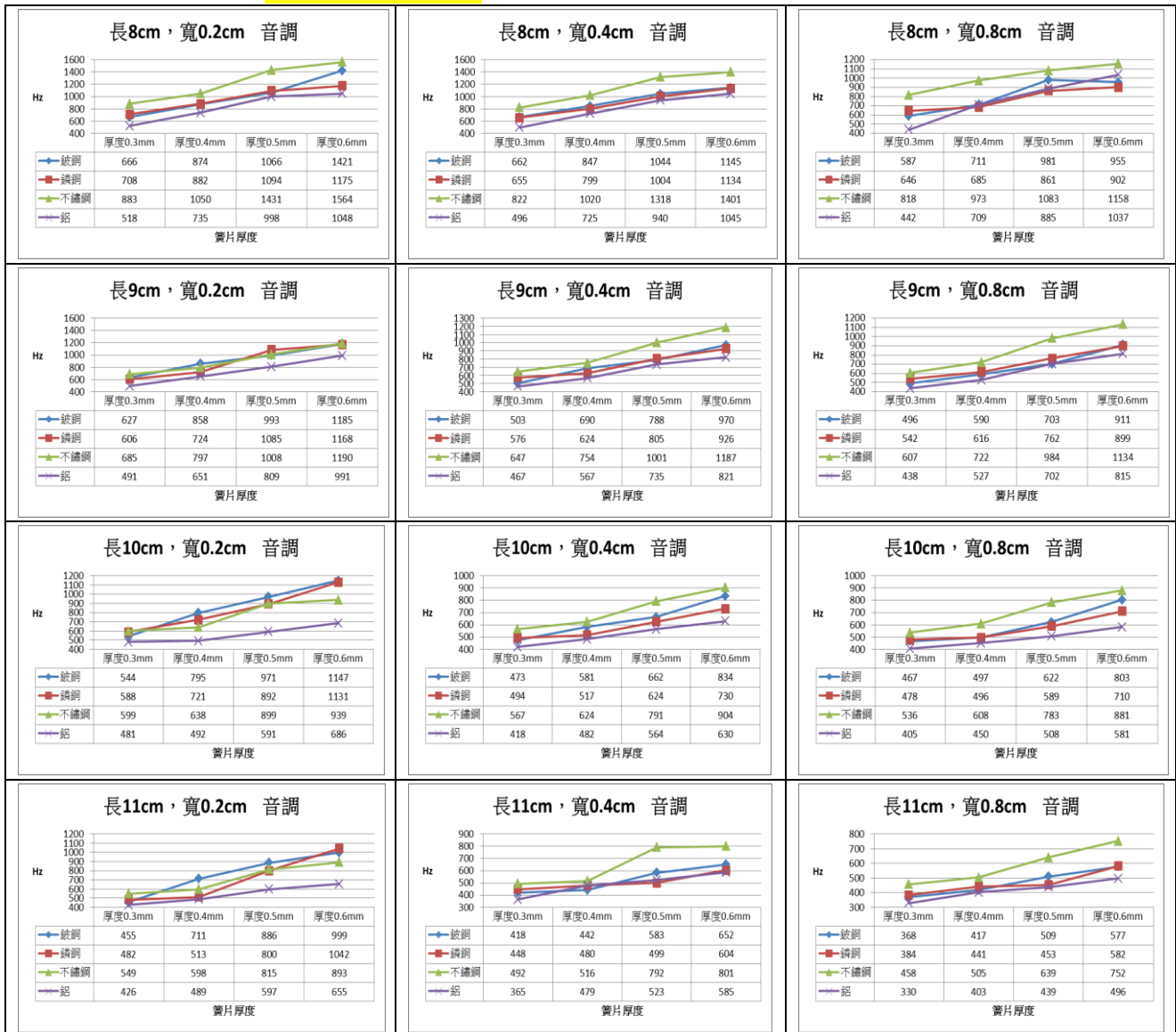


圖 5-5-2 不同「簧片材質」和「音調」的變化關係實驗結果說明圖

3. 依據圖 5-5-2 的實驗結果，我們發現：

- (1) [長度 8 cm、寬度 0.2、0.4、0.8cm 時]、[長度 9、10、11 cm、寬度 0.4、0.8cm]，不鏽鋼材質的簧片，音調比較高；其他材質的簧片，則沒有明顯的變化關係。
- (2) 鋁材質的簧片，依數據顯示來比較，音調幾乎都是比較低的。

(3) 我們推測：不鏽鋼材質簧片，相對的音調會比較高一些；鋁材質的簧片，音相對比較低。

### (三)討論

#### 1.原住民的口簧琴，為什麼都是以銅質的簧片來製作？

- (1)從前述的實驗結果發現：鈹銅、磷銅材質的延展性相對比較好，也不容易變形；而且，聽起來音色感覺比較清脆好聽。
- (2)從保存的角度來探討，鈹銅、磷銅材質的簧片，不會生鏽、不容易氧化。
- (3)早期原住民，大多以竹片來製作口簧琴簧片，但自從銅片被大量使用以後，因為製作和保存的因素，漸漸地以銅片來取代竹片了。
- (4)部落長老也告訴我們，其實以什麼材質來製作簧片都可以，只是音色不同；以銅片來製作，聲音確實也比較悅耳響亮。

### 《研究六》探討不同「簧片形狀」和「音調」、「音量」的變化關係

#### (一)研究過程

- 1.準備四種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼、鋁)的金屬片。
- 2.金屬簧片厚度各為 0.3、0.4、0.5、0.6 mm；長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)。
- 3.實驗過程和方法，同圖 5-1-4 說明所示。

#### (二)研究結果

- 1.我們將實驗的結果記錄下來，並轉換成圖表說明，如圖 5-6-1、圖 5-6-2 所示。

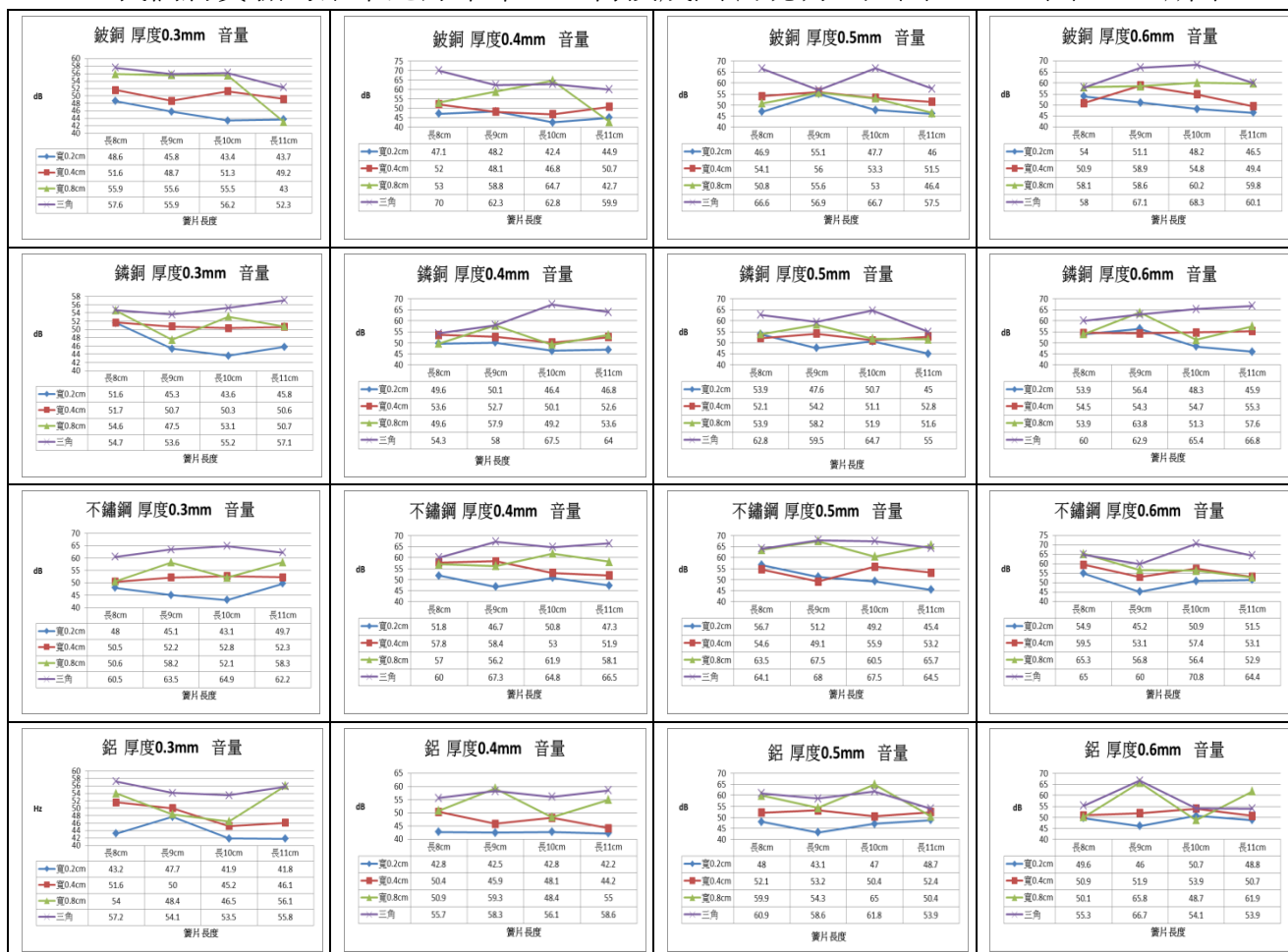


圖 5-6-1 不同「簧片形狀」和「音量」的變化關係實驗結果說明圖

2.依據圖 5-6-1 的實驗結果，我們發現：

- (1)不論簧片的材質、厚度、寬度如何，三角形形狀的簧片，音量幾乎都比較大。
- (2)不論簧片的材質、厚度、寬度如何，寬 0.2 cm 的簧片，音量幾乎都比較小。
- (3)不論簧片的材質、厚度、寬度如何，寬 0.4 cm、0.8 cm 的簧片，音量沒有明顯規律的變化關係。
- (4)我們推測：簧片的形狀製作成三角形時，在相同的拉扯力量下，「音量」幾乎都會相對比較大。

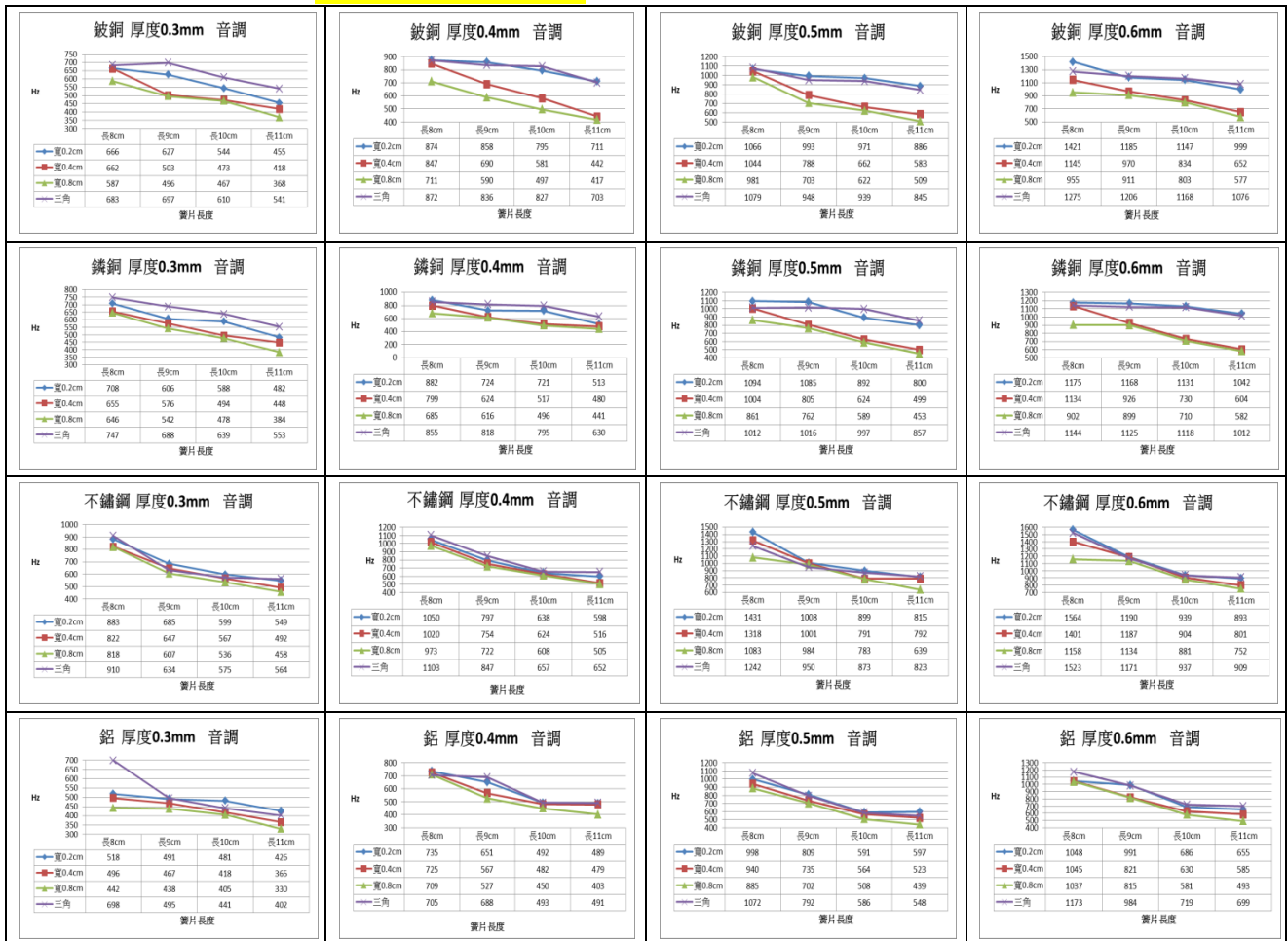


圖 5-6-2 不同「簧片形狀」和「音調」的變化關係實驗結果說明圖

3.依據圖 5-6-2 的實驗結果，我們發現：

- (1)形狀寬度 0.2 cm 時，各種材質的簧片音調，並沒有明顯的規律性變化。
- (2)形狀寬度 0.4cm 時，各種材質的簧片音調，並沒有明顯的規律性變化。
- (3)形狀寬度 0.8 cm 時，各種材質的簧片音調，並沒有明顯的規律性變化。
- (4)形狀為三角形時，各種材質的簧片音調，並沒有明顯的規律性變化。
- (5)我們推測：各種不同的簧片的形狀，在相同的拉扯力量下，並不會影響「音調」的變化關係。

### (三)討論

1.原住民的口簧琴簧片，為什麼都是以類似三角形來製作？

- (1)部落長老告訴我們，早期也有用長條形狀來製作口簧琴簧片的。

(2)江牧師累積幾十年的的經驗下來，發現口簧琴簧片以三角形來製作，歸納有以下優點：

- a.更加加響量、延音長、更加泛音、音程高。
- b.扯動簧片時，容易把力量集中在尾端、好控制扯奏口簧琴。
- c.簧片振動時，不偏不倚；音色最佳。
- d.美觀好看。

## 《研究七》探討口簧琴「音箱」「氣流」和「音調」、「音量」的變化關係

### (一)研究過程

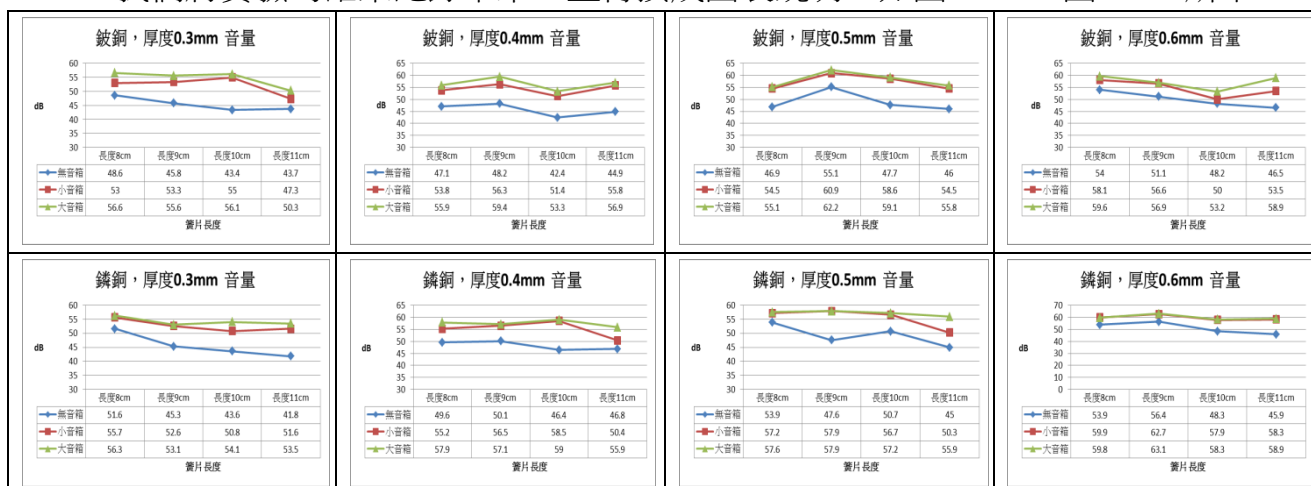
- 1.準備三種不同材質(鈹銅、磷銅、不銹鋼)的金屬片。
- ※因為鋁簧片材質太軟，比較不適合繼續測試。
- 2.三種金屬片厚度各為 0.3 mm、0.4 mm、0.5 mm、0.6 mm。
- 3.準備長度(8 cm、9 cm、10 cm、11 cm)和形狀相同(寬度 0.2cm)的金屬簧片。
- 4.準備二個紙盒(長 9cm、寬 3cm、高 3cm)，並在紙箱挖一長條小洞(寬 0.8 cm)，模擬口腔成為音箱；另一個為二倍大的紙盒。
- 5.再以自製模擬口簧琴簧片震動的簧片振動器，以不同的力量扯動簧片。
- 6.以分貝計記錄音量大小，以精密錄音機錄下聲音，再以 Audacity 音樂編輯軟體分析音調的高低，最後在和前面的資料比較。
- 7.實驗過程和方法，同圖 5-7-1 說明所示。



圖 5-7-1 模擬口簧琴音箱實驗過程說明圖

### (二)研究結果

- 1.我們將實驗的結果記錄下來，並轉換成圖表說明，如圖 5-7-2、圖 5-7-3 所示。



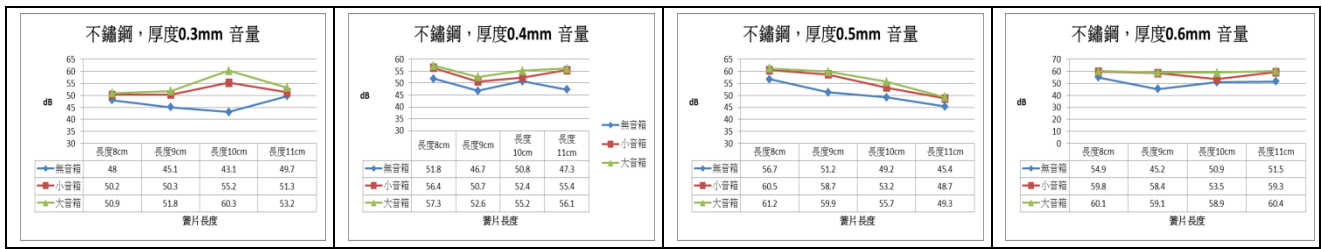


圖 5-7-2 模擬口簧琴音箱實驗「音量」變化關係結果說明圖

2. 依據圖 5-7-2 的實驗結果，我們發現：

- (1) 鈹銅在有大大音箱的貼近下撥彈，音量比較大；小音箱次之；沒有音箱最小。
- (2) 鑄銅在有大大音箱的貼近下撥彈，音量比較大；小音箱次之；沒有音箱最小。
- (3) 不鏽鋼在大大音箱的貼近下撥彈，音量比較大；小音箱次之；沒有音箱最小。
- (4) **我們推測：有音箱的貼近，會讓音量更大；音箱比較大，音量也會比較大。**

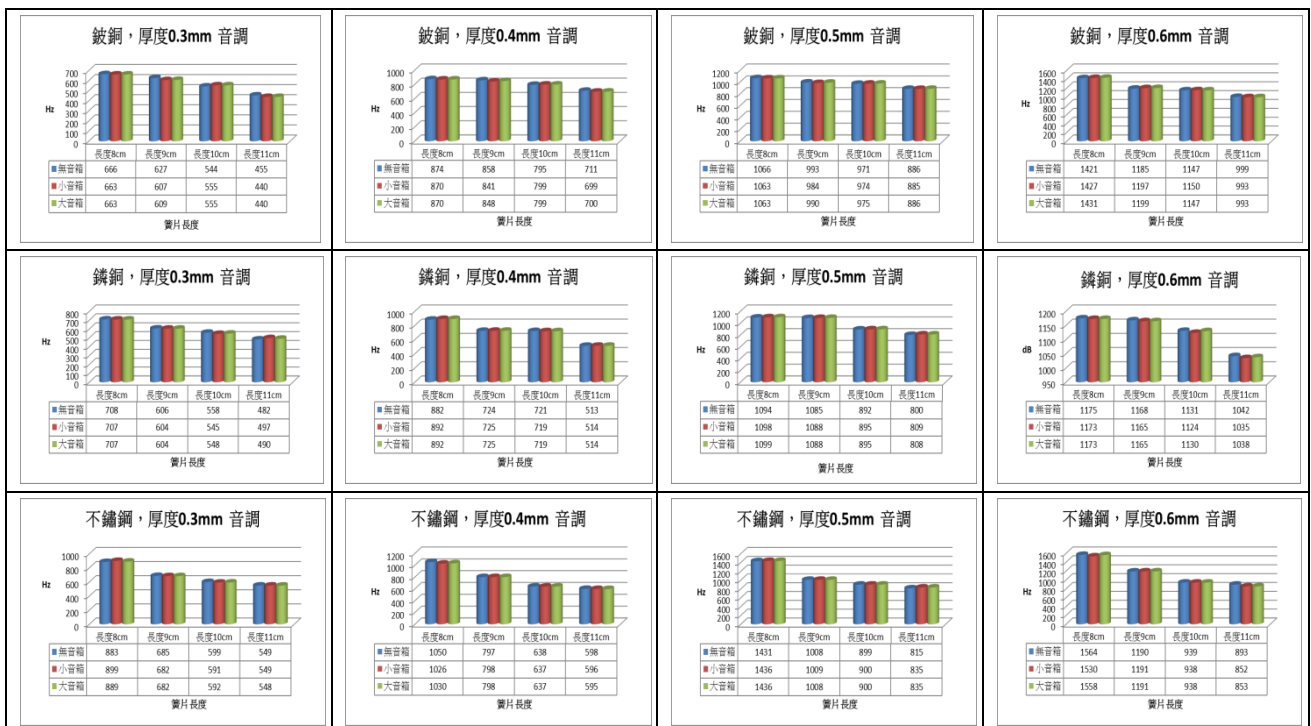


圖 5-7-3 模擬口簧琴音箱實驗「音調」變化關係結果說明圖

3. 依據圖 5-7-3 的實驗結果，我們發現：

- (1) 不管是否使用「音箱」，鈹銅、鑄銅或是不鏽鋼簧片的震動，「音調」幾乎都相同或差距不大。
- (2) **我們推測：是否使用音箱，在相同的拉扯力量下，並不會影響「音調」的變化關係。**

### (三) 討論

#### 1. 什麼是共鳴？

- (1) 共鳴，是物理學上的名詞，當空氣受到物體振動時，就會產生振動次數疏密而頻率不同的音波，而人類耳朵可以聽到的頻率稱為聲音。
- (2) 當物體振動產生的音波，遇到一個適合它振動的空間時，就會產生共振作用，



而發出比原音波更宏亮的聲音，此種現象，稱之為「共鳴」。

- (3)人體有很多共鳴腔可以應用，胸、口、腹、鼻…等，口簧琴就是利用口腔來產生共鳴使音量放大。

## 2.什麼是泛音？口簧琴的演奏也產生泛音音樂？

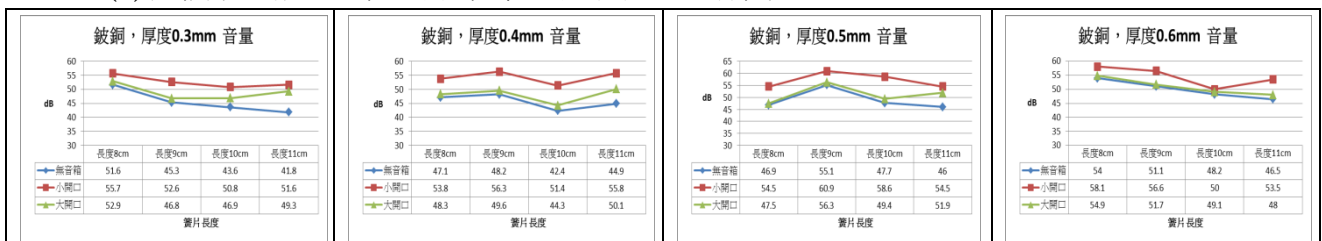
- (1)泛音是指分音列中，除了基音以外的任何一音。
- (2)樂器或人聲等自然發出的音，一般都不會只包含一個頻率，而是可以分解成若干個不同頻率的音的疊加。這些頻率都是某一頻率的倍數，這一頻率就稱作基頻，也就決定了這個音的音高。
- (3)基音和不同泛音的能量比例關係，是決定一個音的音色的核心因素。並能使人明確地感到基音的響度，樂器和自然界裏所有的音都有泛音。
- (4)部落耆老說：**口簧琴是運用泛音產生音樂的特殊表現方式；口簧琴演奏時，簧片震動發出基音，再利用口腔和舌位的變化來增強個別的泛音音高，所以可以很清楚聽到口簧琴的泛音現象。**
- (5)耆老補充，舉例說明：如單簧發出的基音未透過口腔和舌位的變化時，其發出的基音是相對的基音，是 la 的上下音高。若移位到口腔和舌位的變化，它會是在相對基音 mi 的上下音高。換言之，單簧振動的泛音音程會是在低於相對基音，低於 mi 到高於基音 la 之間。

## 3.口簧琴為什麼要靠近嘴巴的位置來拉扯？

- (1)傳統上，口簧琴被歸於「體鳴樂器」；也有學者提議將它歸為「氣鳴樂器」類。
- (2)研究發現，簧片兩邊和琴台的內沿空間非常窄小，大約是 0.1~0.2 mm。當簧片振動的剎那，空氣在非常有限的空間(口腔)，被鼓動而產生泛音。
- (3)因為簧片振動發聲，換句話說，音響的產生不僅是由於簧片的振動，更主要是由於周圍空氣的動盪，再以口腔共鳴。
- (4)口簧琴演奏時嘴唇微張，把琴台含在唇間，然後扯動琴台的拉繩，造成簧片振動發聲，再運用唇、舌、臉頰的變化，演奏者就可以隨心所欲奏出音樂。

## 4.音箱的開口大小，會影響「音量」的變化嗎？

- (1)部落長老教我們演奏方法，將口簧琴置於唇間，嘴巴不能張太開，因為口腔是共鳴箱。
- (2)我們將小紙箱洞口開大，繼續測試音量的變化，僅用鈹銅和不鏽鋼材質的簧片測試，方法同如圖 5-7-1 所示。
- (3)我們將研究結果記錄下來，如圖 5-7-4 所示。



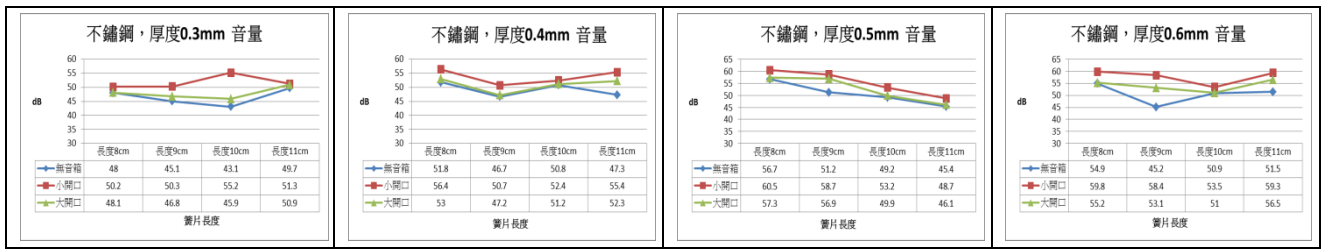


圖 5-7-4 不同音箱開口大小與「音量」變化關係結果說明圖

(4)從圖 5-7-4 的實驗結果，我們發現：

a.沒有音箱設置，音量最小；音箱開口比較小，音量也比較大。

b.我們推測：嘴唇要與口簧琴琴台貼合，就是要模擬小開口的音箱，音量會比較大。

### 5.吹氣會影響「音量」或「音調」的變化嗎？

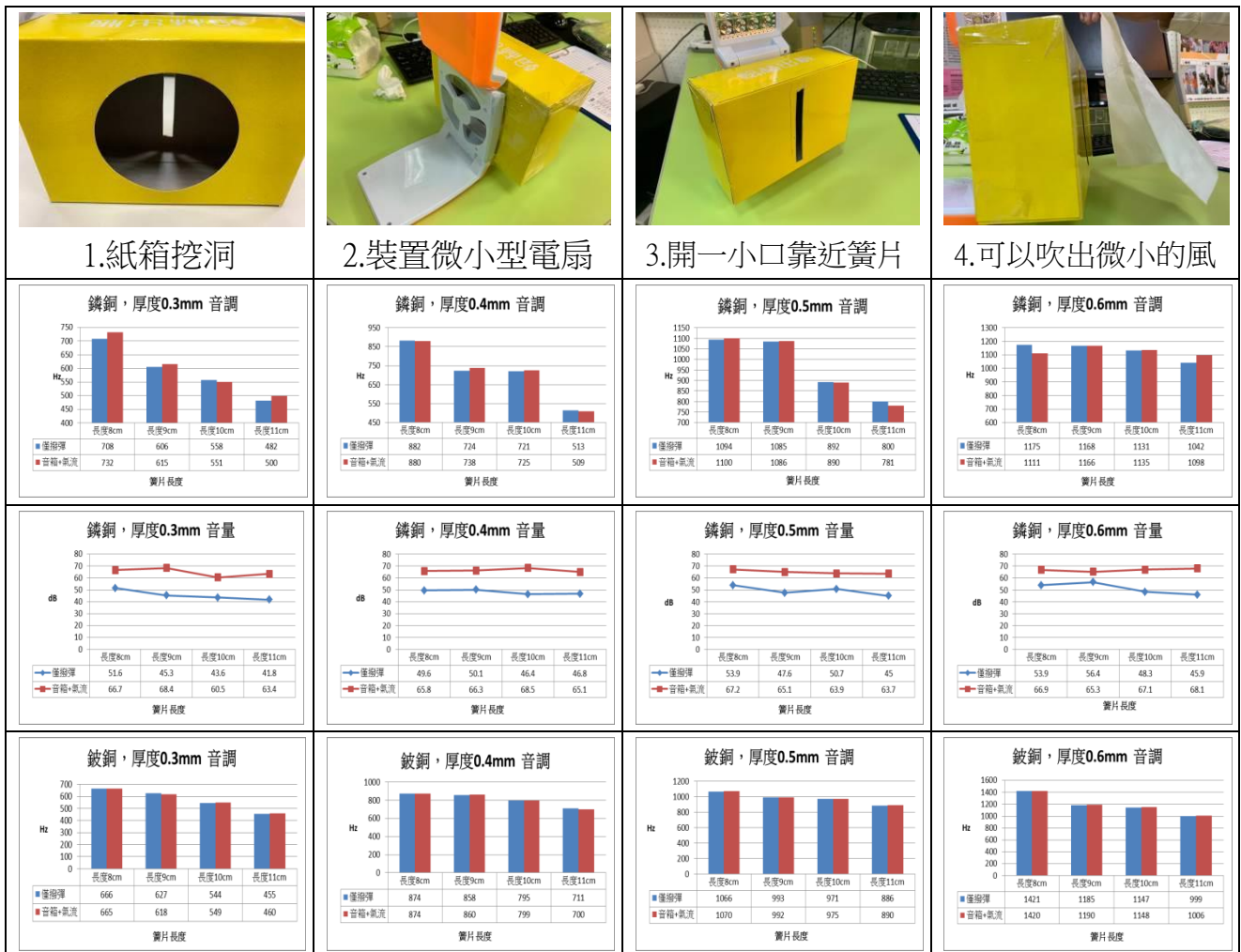
(1)部落長老指導我們，扯奏口簧琴時，可以試著吹氣，會有不同的泛音出現。

(2)泛音是指分音列中，除了基音以外的任何一音，樂器和自然界裏所有的聲音都會出現泛音。

(3)口簧琴吹氣時，會影響「音調」或「音量」的變化嗎？

(4)我們在一個稍大一點的紙箱，加上微小型電扇來測試。

(5)這次僅用鑄銅和鈹銅材質的簧片測試；過程、方法和結果，如圖 5-7-5 所示。



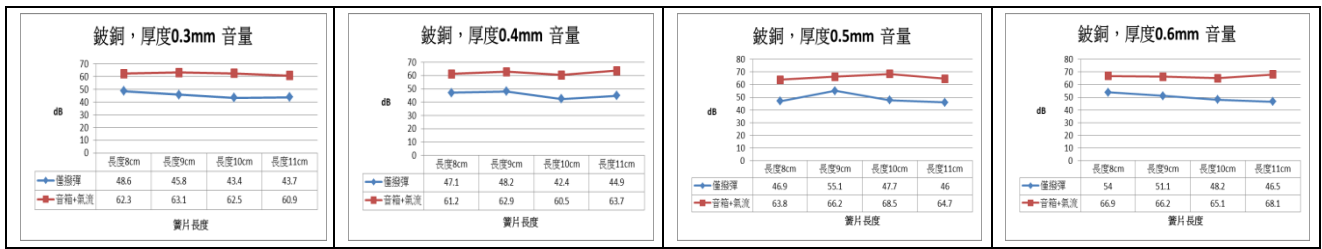


圖 5-7-5 氣流與口簧琴「音調」、「音量」變化關係實驗說明圖

(6)依據圖 5-7-5 的實驗結果，我們發現：

- 氣流加上音箱的作用，並不會對簧片的「音調」產生明顯的變化。
- 氣流加上音箱的作用，音量明顯產生變化，音量會增大。
- 我們練習口簧琴演奏的同時，也有明顯的感覺，加上吹氣時，音量變大了！

### 6.口簧琴的演奏時，「音調」可以變化嗎？如何變化？

- 口簧琴原本是單簧的設計，但是音調變化不容易；因此，開始演變成多簧的口簧琴設計，利用不同簧片的厚薄或長短來改變音調。
- 部落耆老告訴我們，當演奏口簧琴已經很熟練時，也可以利用「腹腔壓力」的變化，來改變演奏音調。
- 不同的空氣密度也可以改變音調嗎？我們利用「氬氣」通過振動的簧片，測試看看，音調是否會改變？
- 我們隨機挑選，厚度 0.3mm 長度 8~11cm 的鈹銅來測試，測試過程方法和結果說明，如圖 5-7-6 所示。

- 將音箱裝上漏斗 (完全密封)
- 準備氬氣氣球 (比音箱大)
- 準備精密錄音機 (靠近簧片)
- 漏斗接上氬氣球 (注意不能漏氣)
- 扯動簧片 (拉扯距離約 1.5cm)
- 錄下聲音再分析 (分析音調再比較)

簧片長度	長度8cm	長度9cm	長度10cm	長度11cm
空氣	662	503	473	418
氬氣	1938	1484	1381	1087

圖 5-7-6 利用氬氣測試簧片震動音調過程和結果說明圖

(5)從圖 5-7-6 的實驗結果。我們發現：

- 經過資料查詢，氬的密度為  $0.1786 \text{ g/m}^3$ ，遠比空氣  $1.293 \text{ kg/m}^3$  還要低很多。
- 在氬氣的影響下，鈹銅簧片的音調，比正常空氣中還高，約 2~3 倍。
- 我們推測：不同的氣體密度確實會影響音調的高低變化。

## 《研究八》探討「口簧琴」和「音調」、「音量」的變化關係

### (一)研究過程

- 1.取前述實驗中四種不同材質的簧片，製作成口簧琴，再來比對音調、音量的變化關係。
- 2.簧片形狀為三角形，長度 8 cm；厚度 0.4 cm。
- 3.相關實驗過程說明，如圖 8-1-1 所示。

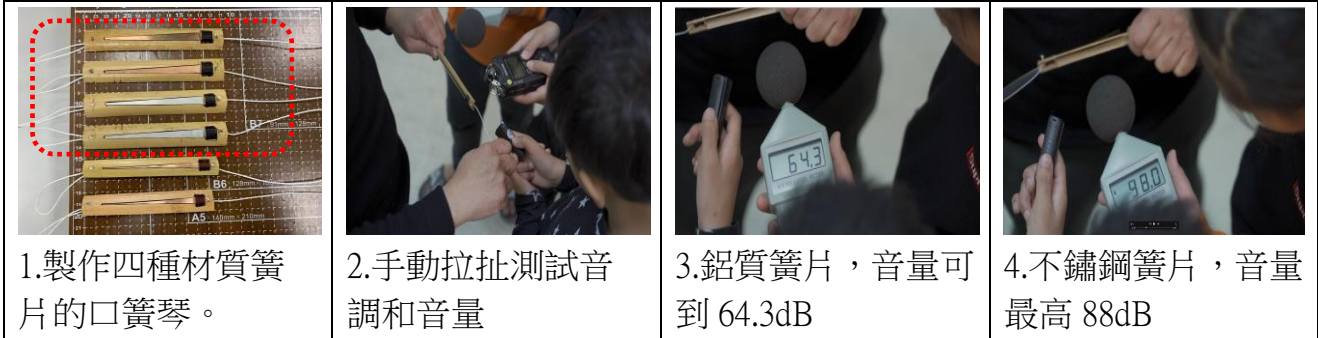


圖 8-1-1 不同材質簧片的口簧琴「音調」「音量」測試過程說明圖

### (二)研究結果

- 1.我們將實驗測量到的結果記錄下來，和前述相同的簧片實驗數據比較，並轉換成圖表說明，如圖 8-2-1 所示。

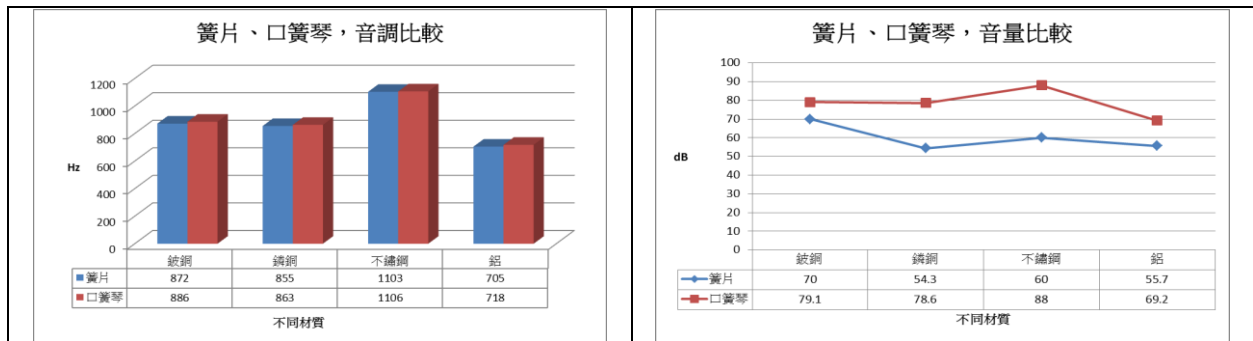


圖 8-1-2 不同材質簧片的口簧琴「音調」測試結果說明圖

- 3.依據圖 8-1-2 的實驗結果，我們發現：

- (1)上述四種金屬簧片，以手撥彈、製作成口簧琴，音調的頻率幾乎是一樣的。
- (2)上述四種金屬簧片，製作成口簧琴拉扯，音量遠遠大於實驗時測試的數據。
- (3)我們觀察：製作成口簧琴時，拉扯時簧片的震動幅度相當大，單邊震幅至少超過 3 cm 以上，因此，音量也相對比較高。
- (4)我們推測：簧片的震動，不論是撥彈或製作成口簧琴來發出聲音，並不會影響音調的變化。

### (三)討論

- 1.為什麼簧片製作成口簧琴時，音量會變得更大聲？

- (1)跟簧片震動的幅度有關係，簧片震動的幅度越大，聲音越大聲。
- (2)因為要控制變因，利用簧片震動器進行的實驗，拉力的距離只有 1.5cm。但製作成口簧琴時，口簧琴的拉扯震動幅度更大，約超過 3cm，音量當然會更大聲。

## 陸、結論

- 一、泰雅族口簧琴製作方法是以竹片嵌入銅片來製作，主要發聲的原理是扯動竹片帶動銅簧片，使銅簧片發聲的方式來產生聲音。
- 二、不同的「拉扯力量」，會影響口簧琴音量的大小，但並不影響口簧琴音調的高低。
  - (一)拉扯的力量越大，音量越大；拉扯的力量越小；音量也會越小。
  - (二)拉扯時要特別注意，固定邊需保留一點彈性，固定邊太緊，反而發不出聲音。
- 三、不同的口簧琴「簧片長度」，會影響音調的高低，但不會影響音量的大小。
  - (一)口簧琴的簧片越長，音調越低；簧片越短，音調越高。
- 四、不同的口簧琴「簧片寬度」，會影響音調的高低，但不會影響音量的大小。
  - (一)口簧琴的簧片寬度越寬，音調越低；簧片寬度越細，音調越高。
- 五、不同的口簧琴「簧片厚度」，會影響音調的高低，但不會影響音量的大小。
  - (一)口簧琴的簧片厚度越厚，音調越高；簧片厚度越細，音調越低。
- 六、不同的口簧琴「簧片材質」，對於「音調」的高低和「音量」的大小，並沒有明顯的規律性變化。
  - (一)鋁材質的簧片，彈性不足，容易變形，聲音不夠清脆、響亮。
  - (二)不鏽鋼材質，聲音雖夠清脆響亮，但是彈性似乎也相對不夠。
  - (三)磷銅、鈹銅材質的簧片，音調、音量變化類似，聲音清脆、響亮、悅耳，彈佳，比較適合當成口簧琴簧片材質。
  - (四)不同材質的簧片，會產生不同的音色。
- 七、不同的口簧琴「簧片形狀」，對於「音調」的高低，並沒有明顯的規律性變化；而三角形的簧片，在相同的力量拉扯下，「音量」幾乎都比較大。
  - (一)製作成三角形的簧片，音量會比較響亮。
  - (二)原住民憑藉著豐富的經驗和智慧，慢慢體會出三角形簧片的製作，目前大多以三角形簧片製成口簧琴。
- 八、口簧琴靠近自製模擬的音箱，「音量」會變大，但是對「音調」不會有影響。
  - (一)口簧琴的演奏，貼緊靠近微開的雙唇間，就是要產生共鳴，增大音量。
  - (二)口腔的開口要微開，貼合口簧琴，如果太開，共鳴效果就會降低。
  - (三)演奏口簧琴時，可以同時吹氣，藉由氣流可以更加增大音量。
- 九、不同的氣體密度，會影響口簧琴簧片震動的音調變化。
  - (一)利用氦氣通過振動的簧片，音調會變高。
  - (二)演奏口簧琴時，也可以利用腹腔壓力，改變口簧琴的音調。
- 十、我們的研究，可以提供未來製作口簧琴的參考與應用。
  - (一)「泰雅口簧琴」的製作與研究，可以延續(泰雅)原住民傳統文化的價值。
  - (二)利用科學原理的探究，未來可以發展成為實驗教材或特色課程。

## 柒、延伸思考與生活應用

### 一、延續文化價值

- (一)部落裡，會演奏「口簧琴」的族人越來越少了；會製作的人更少。
- (二)藉由主題探討或研究，引發更多重視。
- (三)我們因為主題的研究，因此學會了口簧琴演奏，也知道製作方法。
- (四)口簧琴是原住民重要的文化價值，我們要延續、保存。
- (五)如何將口簧琴的文化價值推廣出去，是值得思考的。

### 二、發展特色課程

- (一)在臺灣，口簧琴是原住民特有的，是非常具有特色的樂器。
- (二)口簧琴的製作、演奏，存有很多科學原理，可以變成特色課程。
- (三)校長跟我們說，口簧琴的主題研究，可以成為學校實驗教育的教材。
- (四)我們的實驗結果，可以思考如何將口簧琴發展成為部落學習的課程。

### 三、科學原理體驗

- (一)一開始，我們以為口簧琴演奏很困難；手會痛，打到嘴唇。
- (二)其實只要掌握扯奏原理，就容易了。
- (三)只要固定口簧琴的手，不要太用力，輕輕拉扯就發出聲音了。
- (四)因為主題研究，才體會出的科學原理。

### 四、小巧創新易學

- (一)口簧琴輕便好收納，可以隨身攜帶，隨時可以自娛娛人。
- (二)只要掌握簧片發聲的科學原理，是一項很容易學習的樂器。
- (三)製作口簧琴，可以依據簧片的材質製作喜歡悅耳的樂器。
- (四)可以利用學原理，製作成不同音調的口簧琴。

## 捌、參考資料

### 一、維基百科-泰雅族口簧琴

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%B0%E9%9B%85%E6%97%8F%E5%8F%A3%E7%B0%A7%E7%90%B4>

### 二、輔仁大學體育學刊第九期，317~329頁(2010.5)-泰雅族口簧琴舞傳情探討

### 三、不鏽鋼<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%8D%E9%8F%BD%E9%8B%BC>

### 四、鋁<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%93%9D>

### 五、銅<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%93%9C>

### 六、<http://www.guoching.com.tw/product.html>

### 七、看得見的數位聲音<http://kiwiphysics.blogspot.com/2015/12/blog-post.html>

### 八、口簧琴<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%A3%E7%B0%A7%E7%90%B4>

### 九、聲音-<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A3%B0%E9%9F%B3>

### 十、聲學<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A3%B0%E5%AD%A6>

### 十一、台灣藝術教育網[http://ed.arte.gov.tw/uploadfile/periodical/3431\\_206.70-76.pdf](http://ed.arte.gov.tw/uploadfile/periodical/3431_206.70-76.pdf)

### 十二、泛音<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%9B%E9%9F%B3>