

LUBUW BE XU 到底?

研究成果



Team mates

陳欣翎

丁予

林晨欣





摘要

本研究的主要目標為確定口簧琴的發音方式及影響發音頻率的變因。研究中利用對部落耆老的訪談，確定可能影響口簧琴發音頻率的變音，再設計實驗進行驗證。

實驗中發現，拉動口簧琴的力量並不是用力就好，而是要拉動的瞬間就放鬆，並且較佳的力量大小為1.5公斤重左右。另外，將口簧琴放在嘴巴並且吹氣會影響口簧琴的發音頻率；如果只是放在嘴前，只會讓音量變大，發音的頻率並不會改變。部落耆老提到的可以利用不同的口腔形狀與吹氣來改變頻率則因為我們一直學不會而無法確定。

實驗器材

名稱	數量	名稱	數量
口簧琴	1	iPad	2
Arduino uno	1	拉力感測器	1
聲音感測器	1	Macbook Air	1



口簧琴上圖案代表的意義，由左而右分別是：

圍籬、祖靈的眼睛、圍籬、山與水



實驗過程

1. 與部落耆老訪談：

在實驗之初，其實對於口簧琴有點陌生，因為我們的組員都是從小在都市長大，對於部落的文化及器物都有點陌生。

因此在報名之前，我們就趁著回到部落的空擋，問了一下部落的長老們關於口簧琴的一些相關的知識。下圖右二是我們第一次訪問的陶於復興鄉的林明福長老，他最有名的就是製造口簧琴、背籃等傳統技藝。

我們很幸運的有機會跟林長老進行訪談，他知道我們要做有關口簧琴的科展，他感到感開心，還把他的口簧琴給我們進行實驗，上頁的口簧琴照片上面刻的就是他的原住民名字-PikuMasing。

在訪談中提到，口簧琴在以前是部落中年輕男女談戀愛的時後演奏的一個重要工具，可以藉著歌曲來訴說情意，主要的材料是竹子跟銅片，利用手來拉動口簧琴讓銅片振動產生聲音，再放到嘴前藉著口腔的共振及呼吸可以控制口簧琴發出不同頻率的聲音。



左圖右二即為我們訪談的桃園復興鄉溪口部落的林明福長老，擅長口簧琴與背籃製作，為著名的泰雅工藝師。



2. 成立臉書社團：

為了方便我們整理資料，我們在臉書成立了社團，將我們找到的資料有地方可以整理及放置，大家只要有時間就可以上去看看隊員的進度與新發現。

社團建立於 2018年11月21日，到目前已經累積的將近快20則貼文及照片，對我們的研究有很大的幫助。

另外經由老師的介紹，我們也認識了一個打鐵的師父，他研究過另外一種口簧琴，也將她製作出來，本來與他約好要進行網路專訪，但是一直約不到時間，不過也希望未來可以有機會跟他學習口簧琴的製作。



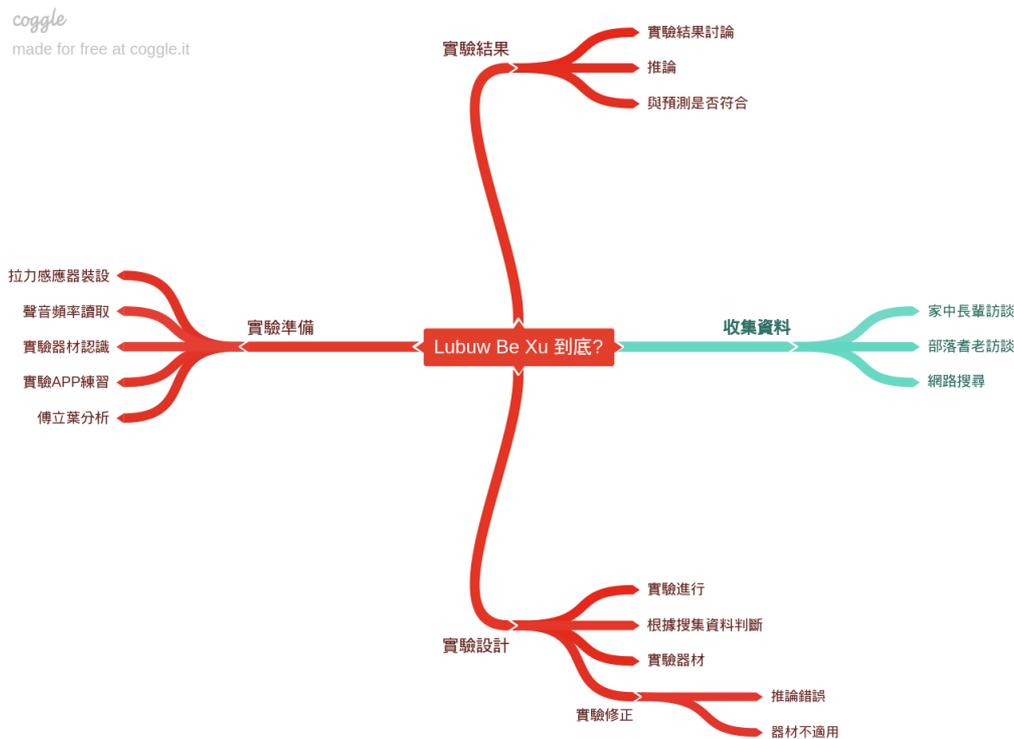
我們的臉書社團：口簧琴研究社·裡面有我們研究過程中的點點滴滴·



我們在臉書上認識的鐵火手造社團，他所製作不同的口簧琴·



3.實驗設計與修正：



我們實驗的過程如上圖，回想起來可以分成四個步驟：首先是搜集資料，接下來是確定實驗的目標並進行實驗設計，然後進行實驗所需器材的準備與工具APP的使用，最後則是實驗數據分析與討論。

以上是順利的時候，我們在實驗中其實遇到許多問題，首先是口簧琴的發音方式與我們想像中的不同，還有如何測量拉力的的大小，如何將量測到的聲音頻率紀錄並讀取出來，以下會一一與各位介紹。

如果上帝關了一扇窗，那我們就用力將他踹開。

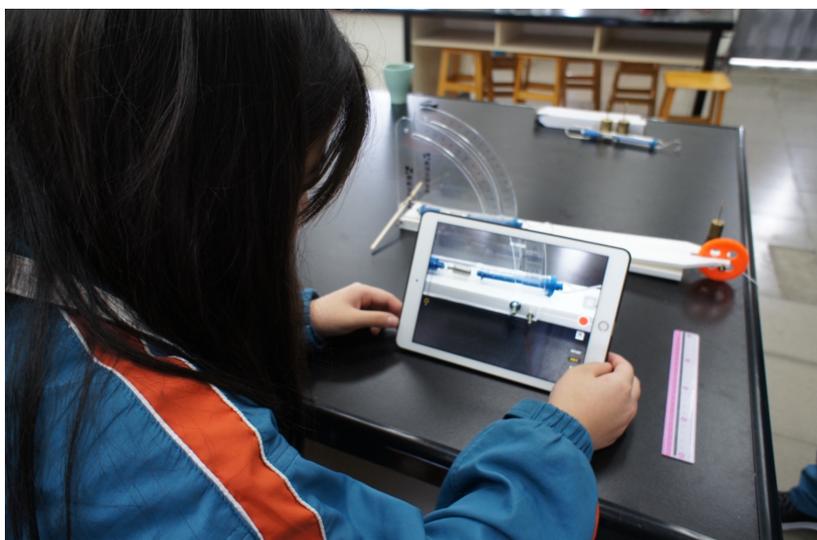
實驗心得之一



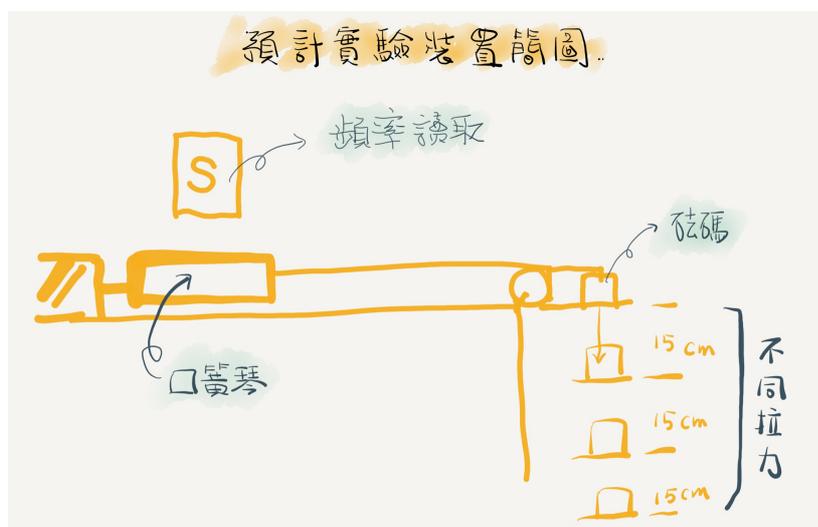
4. 拉力測量：

首先我們進行手的拉力測量，本來以為只要用彈簧秤就可以，但是後來發現，我們要量的是拉動口簧琴發聲瞬間的力量，要如何固定拉力的大小呢？

我們首先想到利用不同重量的砝碼從不同高度落下瞬間的拉力來進行實驗，所以先設計了一個裝置，利用彈簧秤來讀取力量的大小，但是因為瞬間的數據根本看不清楚，後來想到利用iPAD的相機有慢動作攝影的功能，可以清楚的看出來當砝碼拉緊繩子的瞬間拉力大小。



利用iPad 相機中的慢動作攝影功能，讀出砝碼拉緊繩子時瞬間的拉力大小。



實驗裝置簡圖



不過真正的困難才剛開始，我們將裝置設置好，再將iPad 開啟 ScienceJournal進行聲音頻率量測，才發現砝碼根本無法讓口簧琴發出聲音。原因有兩個，一個是**砝碼不夠重**，另一個則是砝碼必須在拉動的瞬間**放鬆**對繩子的拉力才會發出聲音，後者是我們在拉口簧琴的時候發現的，不管用多大的力量去拉口簧琴都沒有，必須在拉的瞬間就放鬆，有點**彈性**並且拉繩子的**長度大約10公分**，口簧琴才會發出聲音。

為了測量更大的拉力，因為實驗室的彈簧秤最大只能量測到250公克重，因此我們利用5000元的材料費，購買了**Arduino**的**拉力感測器**來進行實驗。它的原理是利用金屬塊在受到拉力作用時，會產生輕微的形變，而讓金屬塊的電阻發生變化，而形變量大小跟電阻成線性的關係，藉此量出拉力的大小。我們利用標準砝碼進行校正，準確度可以到達0.1公克重。

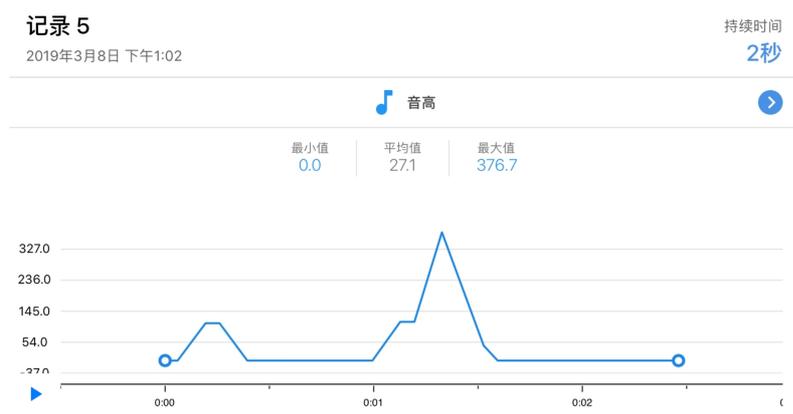
```
#include <HX711.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
HX711 hx(9, 10, 128, 0.00087305);
void setup() {
  lcd.init(); // initialize the lcd
  lcd.backlight();
  Serial.begin(9600);
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Weight");
}
void loop() {
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Weight");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print((hx.read()-138260)/422,1);
  Serial.println((hx.read()-138260)/422,1);
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print("g");
  delay(500);
}
```

利用**Arduino**的**拉力感測器**進行**砝碼重量與落下高度的拉力大小**量測。
實際測量出的誤差大小為**0.1公克重**

5. 聲音頻率測量：

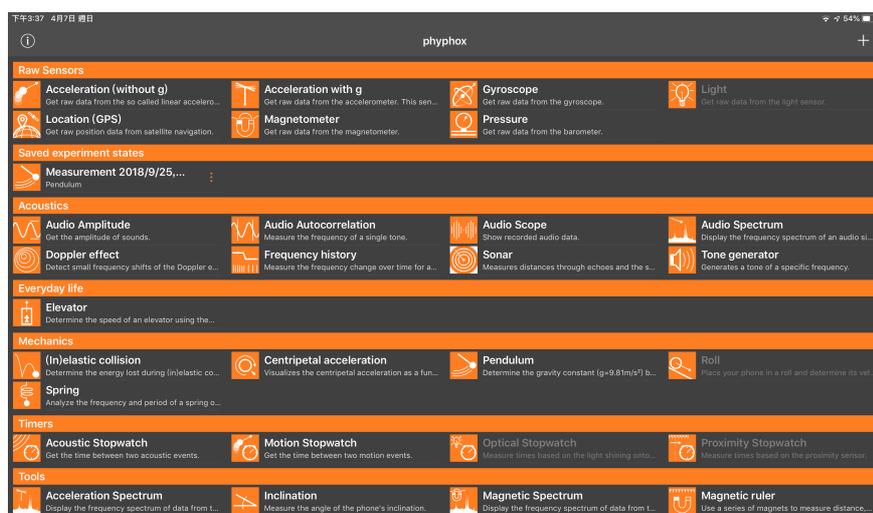


我們在測量聲音頻率的部分，一開始使用在iOs系統中的一個物理量測APP，ScienceJournal。一開始我們在自己的聲音試驗時，感覺測量的結果很不錯，結果到了口簧琴聲音測量的時後，量不到聲音的訊號，讓我們頭好痛。



ScienceJournal測量畫面與結果，圖中的波峰並不是口簧琴發出的聲音

後來我們跟老師討論後，找到的另一個物理測量APP，Phyphox。我們試用了幾天後發現Phyphox的使用難度比起ScieceJournal困難了許多，因此又去找了老師。我們找到了其中一個功能-Audio Spectrum，聲音頻譜功能，他會將擷取到的聲音訊號利用傅立葉分析轉換成頻率的分佈，雖然我們聽不太懂，



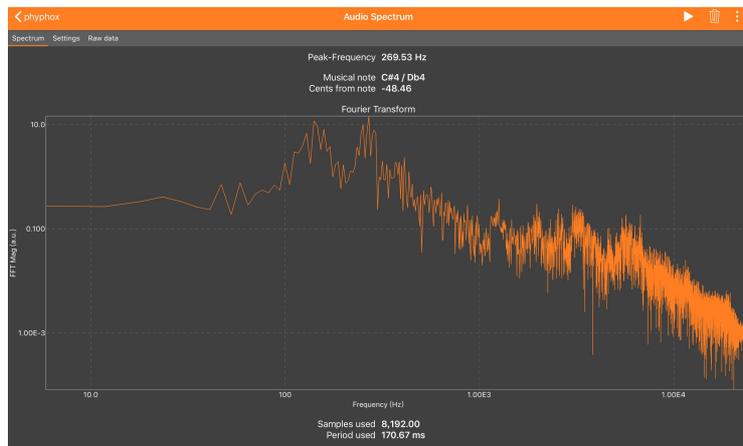
Phyphox的功能選單中有一個 Audio Spectrum 功能。

但是能夠分析出頻率

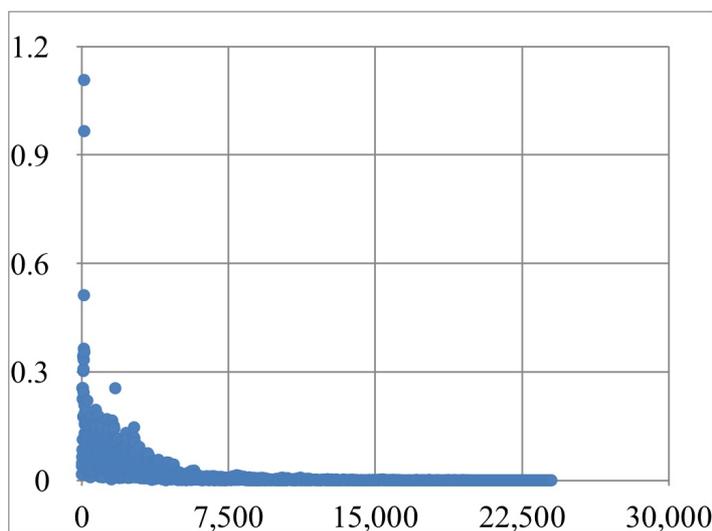
我們就開心了。



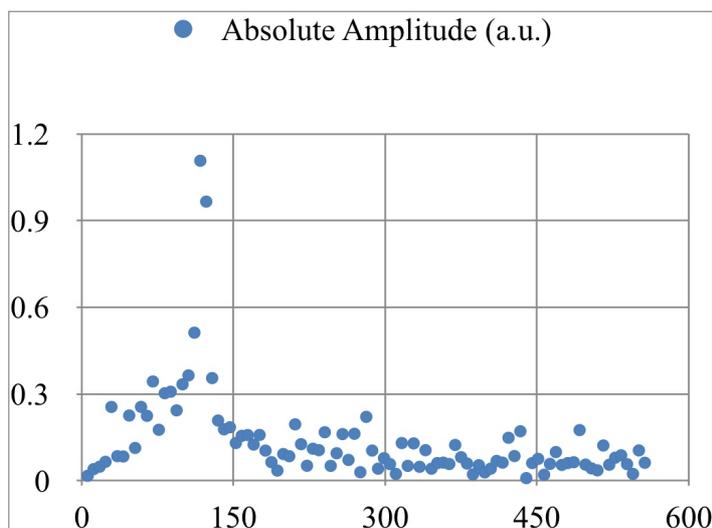
實際量測結果如下：



量測畫面為一段時間內聲音訊號的振幅大小分佈，我們無法從中間得到有用資訊。



經過傅立葉轉換（Fourier Transform）後，可以將聲音在時間的分佈轉換成在頻率上的分佈，就可以得到量測的聲音在各個頻率的分布情形（0-20000 Hz）。



經過上圖的頻率分布，我們可以發現主要的聲音頻率在500Hz之前，因此再將0-500Hz之間的訊號進行放大，即可得到我們需要的資訊。



實驗結果與討論

1. 拉力感測器的歸零：

我們在拿到 Arduino 及拉力感測器的時候，感覺好困難。但是在老師的教導下，成功的組裝起來也把程式做好了。因為是將電阻的大小轉換成粒粒大



小，所以需要數字的轉換，利用標準砝碼的校正，我們可以準確到0.1公克。

中間銀色長條就是拉力感測器，最左邊是I2C液晶顯示器，右邊的晶片是拉力感測器模組，Arduino Uno則在下層。

這個是原始的秤重模組，後來我們將它改裝成我們要的樣子。

結果隔天我們正式進行量測時，發現數字不準了，才發現於原來溫度也會影響測量結果，所以我們每次測量時都要先進行校正。

校正程序：

分別以100、200、500公克的標準砝碼進行測量，數據分別為70、170及472公克，因此我們將接下來測得的數據都加上30公克。

接下來我們將100、200及500公克的砝碼分別以10、20、30及40公分的高度自由落下，記錄其瞬間最大拉力，用來作為固定拉動口簧琴發聲的拉力大小。

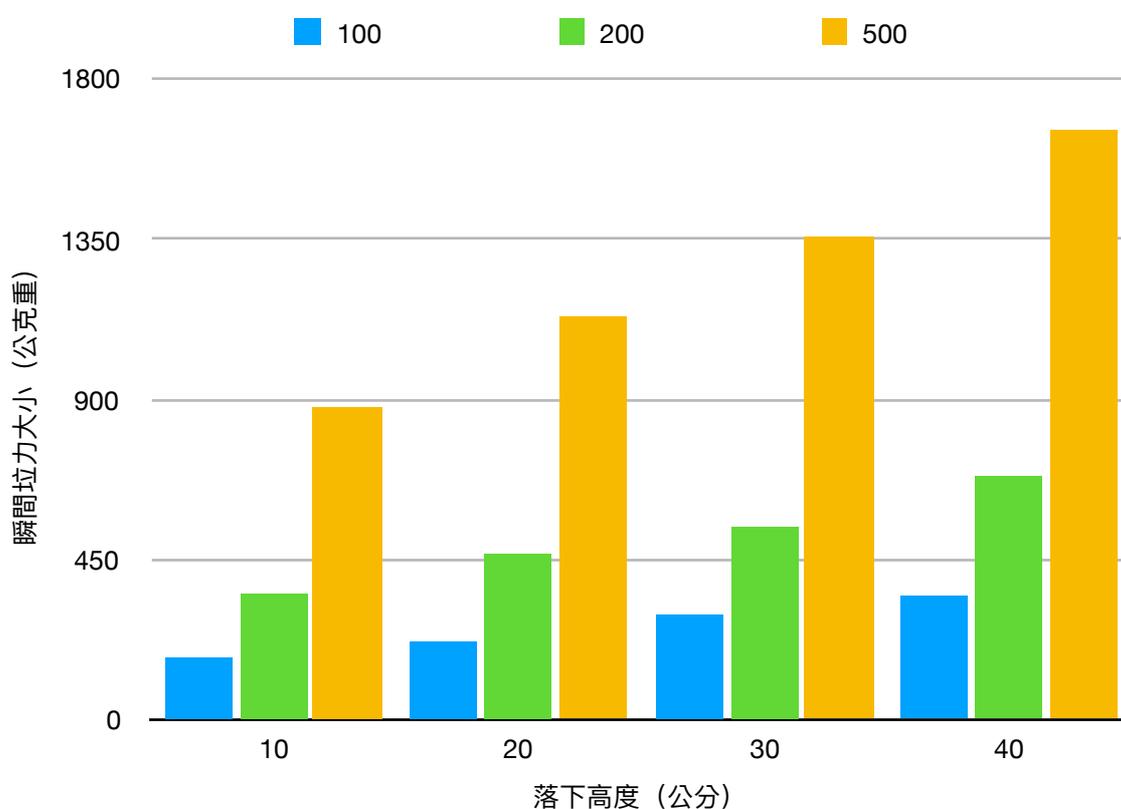


測量結果如下：

	100公克	200公克	500公克
10公分	174	357	876
20公分	223	472	1135
30公分	298	546	1359
40公分	348	688	1659

砝碼只測量到 500 公克的原因是因為，我們的拉力感測器最大的測量範圍只到5 公斤重，且繩子掛上1000公克重的砝碼後落下時會拉斷，所以我們就只做到這個範圍。

經過作圖後，顯示下列趨勢：



由上圖可以發現，砝碼落下的瞬間拉力大小與落下高度及砝碼的重量呈線性關係，與重力位能的大小成正比。因此，利用砝碼從不同高度落下拉動口簧琴發出聲音是個可行的方法。



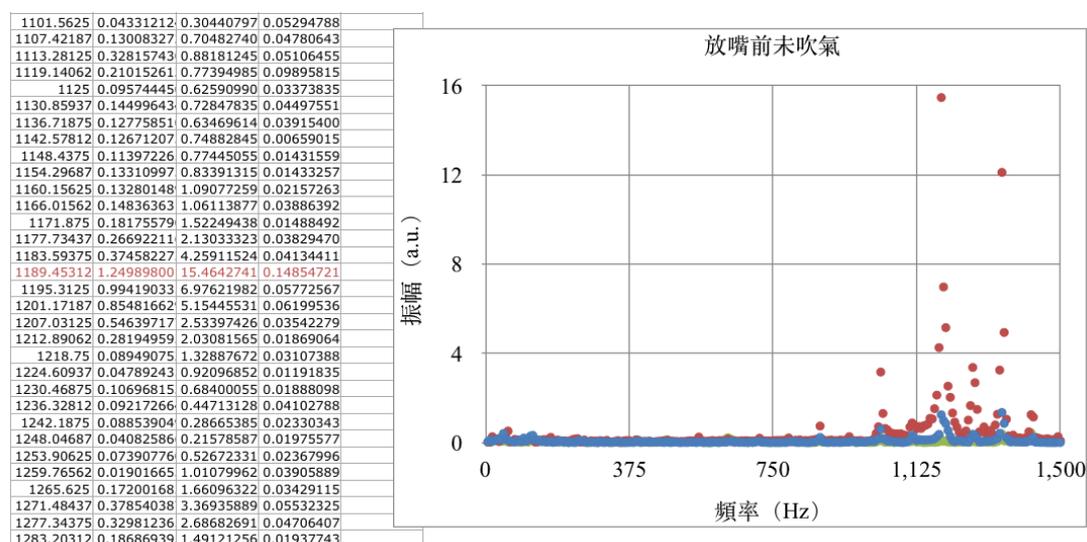
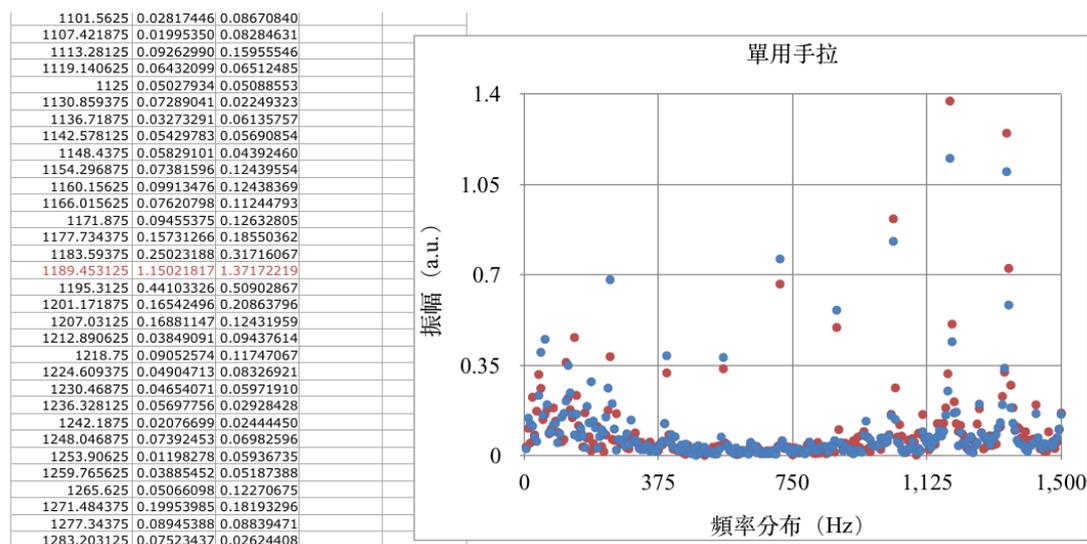
我們利用砝碼拉動口簧琴發出聲音，發現拉力大小在1500公克重左右，並且拉力必須跟口簧琴約成20度左右的夾角才会有聲音。

2.口簧琴發音頻率與位置的關係：



我們將口簧琴的位置定義為：沒有放在嘴前（單用手拉）與放在嘴巴前（但未吹氣）兩者之間的關係。

實驗結果如下：



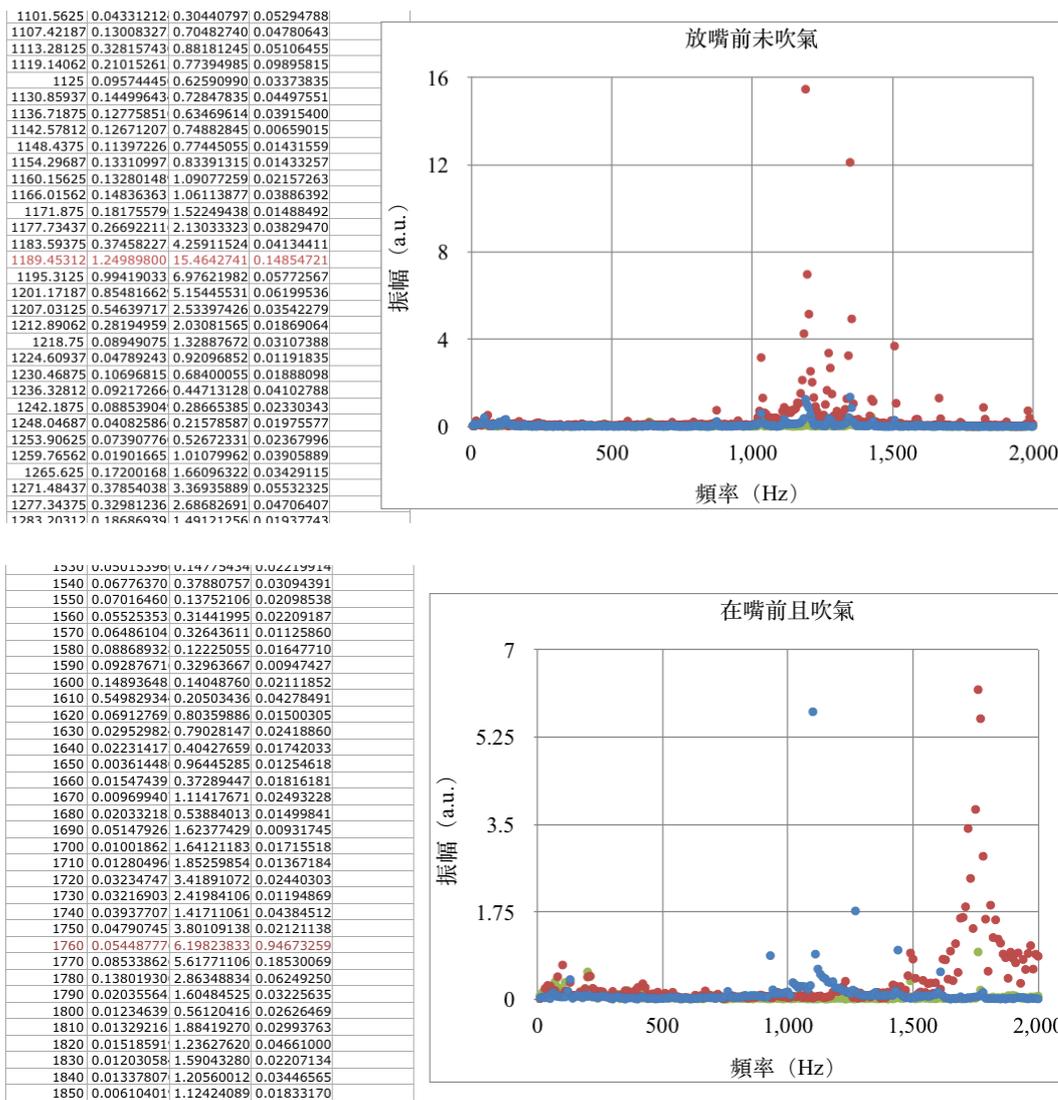
上圖為

單用手拉，下圖為將口簧琴放在嘴巴前，但並未吹氣所得的數據及圖表。可以明顯地看出，兩者在頻率0-1500Hz之間，最大震幅皆發生在1189Hz的時候，代表口簧琴是否放在嘴巴並不會影響其發音頻率。但是震幅就有極大的不同，所以口簧琴放在嘴巴會因為共鳴的關係而使振幅變大。



3. 是否吹氣對口簧琴發生頻率之關係：

此部分則是將口簧琴放在嘴巴並未吹氣與放嘴巴且吹氣進行比較，結果如下：

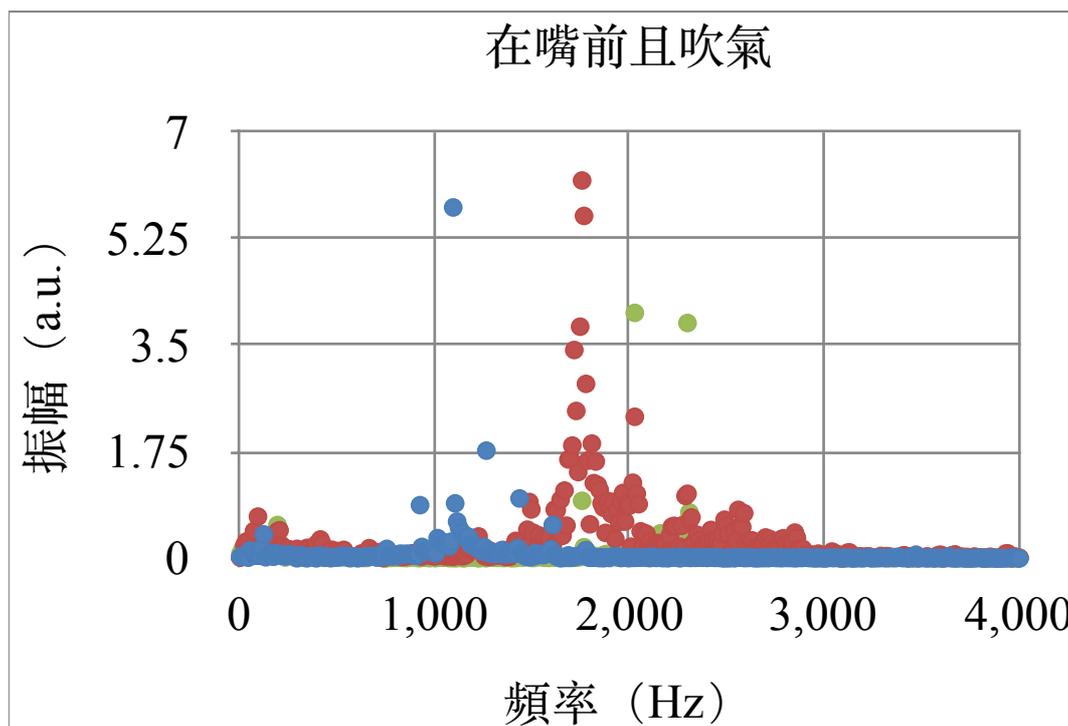


在觀察原始數據時發現，將口簧琴放在嘴巴前面並同時吹氣時，在1800Hz左右有明顯的振幅，因此我們將有吹氣跟沒吹氣的圖表都調整到0-2000Hz之間進行比較。明顯的可以發現，在口簧琴發聲時嘴巴同時吹氣，會讓口簧琴得聲音發生改變，我們也聽得很清楚，並且是在大約1760Hz左右。

所以可以證明，再彈奏口簧琴時，如果嘴巴也同時吹氣會對口簧琴的聲音產生影響，與耆老說的一樣。

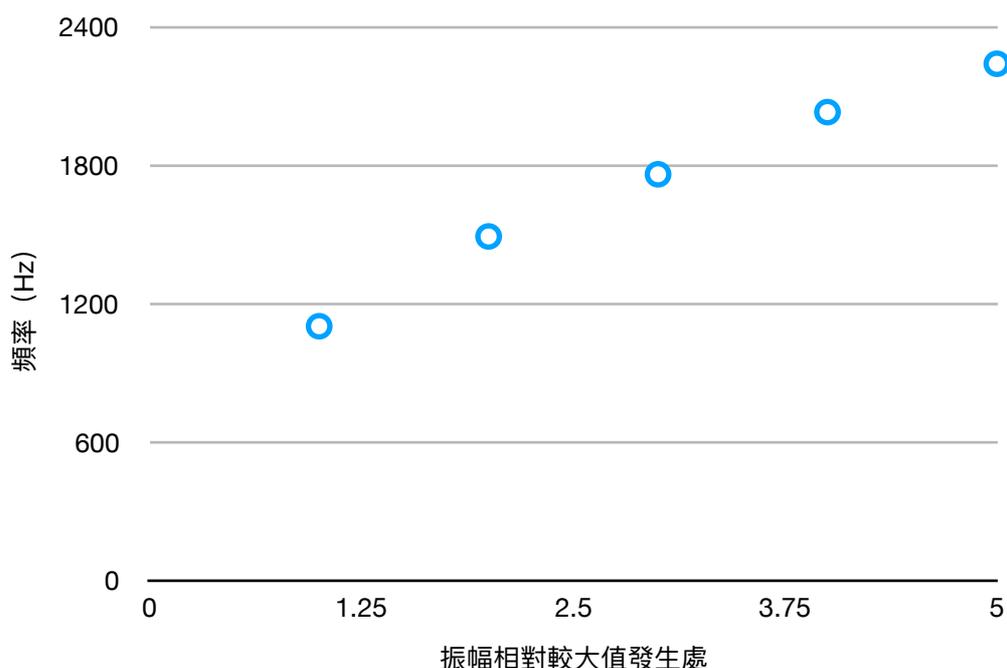


4. 在嘴巴且吹氣的頻率分析：



在分析有吹氣的數據時，我們發現有件有趣的現象：

仔細觀察0-4000Hz之間的頻率分布，我們發現在1000-3000Hz 之間有四個較大的波峰，經過檢視原始數據後發現分別是1100、1490、1760、2030及2240Hz時。將其作圖後，如下：



老師解釋可能是聲音的基因與泛音之間的關係，我們上網查了一下基音與泛音之間的關係¹。

發現原來在空氣著或發音體震動時，主要發出的聲音稱為基音（基礎音），一般人聽見的大多是基音，而同時也在其 $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$ 頻率也會產生聲音，不過要很專心才聽的見。依據我們的數據可以發現這些較大振幅的頻率間隔大約都在270Hz左右，我們回去檢視較之前的數據，發現在260、550及770Hz也都有較強的振幅，原因我們會再繼續研究。

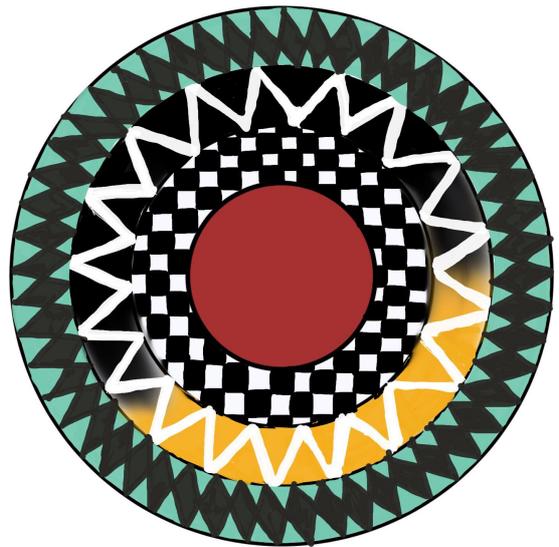
「在沈默之後，最接近能表達與不能表達之間的便是音樂。」

Aldous Leonard Huxley

¹<https://zh.wikipedia.org/wiki/泛音>

5.我們的隊徽：

其實我們在進行這個實驗時，一直受到許多挫折，首先是用ScienceJournal測量時的不順利、拉力測不出來、Arduino 程式很困難，但是後來都一一克服。並且我們都是九年級的學生，再過35天（4/15這一天為準）就要參加會考，其實時間很緊湊，有一陣子我們覺得已經做不下去了，想要放棄。



但是在這段時間，每次看到口簧琴就會有一種莫名的感覺，因為盒子上的圖案對我們來說有種特殊的感覺，我們學校在龍潭市區，我們其實都有一段時間沒有回到部落去。一開始拿到耆老給我們的口簧琴的時候其實有點感動，所以我們在低落的時候，利用空閒的時間，我們三個就把口簧琴上圖案轉換成我們的隊徽，要內而外代表著祖靈的眼睛、圍繞著我們的山、水與地、部落的耆老以及保護著我們的圍籬。設計好以後，覺得心中踏實許多，也都順利的將實驗完成，雖然還有很多需要改進的地方，但是依我們目前的情況，也已經盡力了，哈哈。



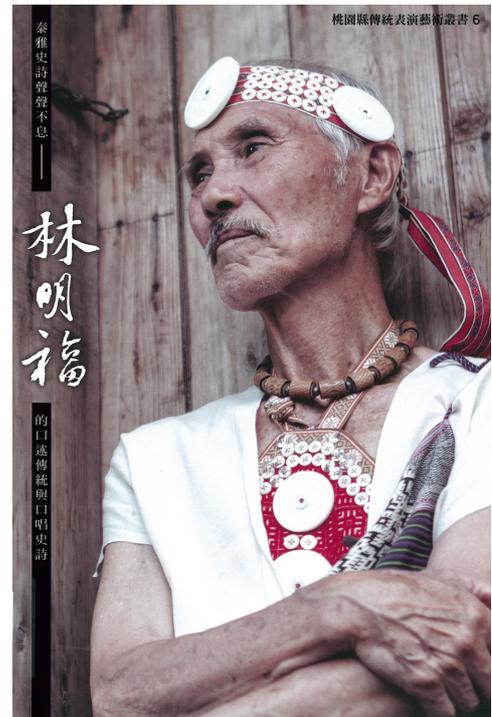
6.與部落耆老的互動：

在這兩三個月的實驗期間，應該是我們最常回部落的時候了。因為實驗的關係，我們必須學會口簧琴的演奏，在練習的過程中，好幾次因為手沒有將口簧琴固定好而導致嘴唇受傷流血，趁著假日返鄉的時候請問了我的阿公。

右圖就是我的阿公，我們在找資料的時候才知道我阿公是個有名的人，哈哈。我以前只知道阿公會彈奏口簧琴還有編織泰雅族的背籃，沒想到他是個這麼有名的人。想起小時候他要我學口簧琴，我還都不要，反而是離開部落後因為要做科展才來練習，想到就有點淡淡的哀傷，許多時候在手邊的都不會珍惜。

阿公跟我說，會流血是因為手沒有固定好在嘴巴旁邊，然後一直用力拉一直摩擦才會流血，並且我拉得太用力，他跟我說拉口簧琴是件輕鬆的事，手只要輕輕地拉，配合吸氣吐氣的節奏，就可以發出特別的聲音。他還告訴我，只要練習的夠，就可以慢慢找出Do.Re.Mi.彈奏出一首歌，主要是利用嘴巴的形狀大小彈出共鳴，果然經過多次練習後，嘴巴就都沒有再流血了。阿公還特別跟我解釋了他在口簧琴外殼上刻劃紋路的含義，讓我們創作出了隊徽。

另外我們的隊員也趁這個機會，回去問了家人口簧琴的相關事情，才發現，他們原來的部落是在復興鄉的兩個大部落中間，對於口簧琴的回憶已經很淡薄，他們媽媽的口簧琴都還是跟別人買的塑膠製品。經過這次的實驗後，也對口簧琴有更進一步的認識與了解。



7. 隊名的涵義：

我們的隊名：**LUBUW BE XU 到底**。**LUBUW**就是口簧琴的泰雅族語、而**BE X**則是口簧琴發出的聲音，**到底**則是原住民的常用語助詞怎麼回事的意思。

其實很簡單就是想要理解口簧琴發音的原理，希望賦予我們文化一些科學內涵，如此才可以將口簧琴延續下去。

最後，很感謝原住民委員會及清華大學給我們這個機會，讓我們有機會對我們自己部落的文化進行研究，並且加深我們與部落之間的連結。

其實我們在平地已經生活了很長一段時間，回去部落也都是要有較大的節慶才會回去，因為參加了這個活動，讓我們放假就回去部落，詢問一些相關的問題與技巧，讓我們對自己的部落有更多的認識與了解，真的是很有意義。

