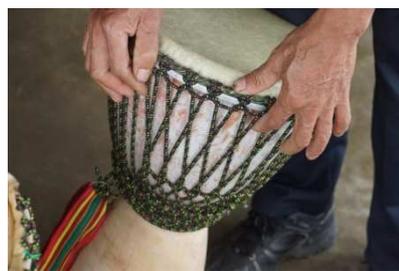


第九屆 原住民族文化科教獎
鼓動科學~比西里 pawpaw 鼓



團隊名稱：宜昌 XD 隊

小研究員：曾宇綸、何冠穎、陳于軒、賴廖慶

指導老師：林嘉琦、陳怡君、曾元科

摘要

我們發現比西里白守蓮部落社區，有一個名叫 pawpaw 鼓的藝術品，這個藝術品來自於廢物再利用的概念製作而成，鼓身是由當地海邊的廢棄浮球與部落後山的竹子製作而成，鼓皮則是使用羊皮或其他動物皮，pawpaw 鼓的製作讓我們發現廢物也可以重複使用，變成一個部落的特色，還能讓部落的青年產生向心力。然而，對於 pawpaw 鼓的製作者而言，他很難說出製鼓的科學原理，也不懂音樂的變化，僅能用經驗去感受敲打出的樂音是否悅耳。因此，我們想要藉由 pawpaw 鼓的構造，以生活中的廢棄物品製造鼓，結合高年級曾經上過的「聲音與樂器」單元，探討鼓皮的鬆緊、鼓身的長短、波紋，以及口徑大小、位置等，對於鼓聲音量的變化影響，並且試著找出最棒的製鼓方式。

壹、研究動機

Paw Paw 在阿美語當中的解釋是定製漁網的浮球，起源是因為三仙台社區發展協會前理事長陳春妹女士發現部落中有許多隔代教養的小孩，她希望這群孩子能聚在一起、有共同的好嗜好。因此陳女士找來了台東的駐村藝術家范志明老師共同商議辦法。這時范老師看到海上有許多漂流的漁業浮球，他覺得讓浮球這樣漂流會對海洋造成汙染，為了環保，所以他以巧思和藝術製作出這種獨樹一幟的樂器-Paw Paw 鼓。Paw Paw 鼓的鼓皮是由羊皮製作(阿美族語為西里)，體積最大的鼓身則是由當地的廢棄浮球製作，最後的底座則是由當地沿海的漂流木或後山的竹子製作。從製作所需的材料中我們可以發現，Paw Paw 鼓是以在地素材結合環保概念做成的創意樂器。



圖 1-1 至圖 1-4 比西里岸 pawpaw 鼓實地探查

我們其中一位組員于軒就是來自台東比西里岸藝術村-阿美族白守蓮部落，而且社區發展協會理事長前陳春妹正好是她的姑姑，我們在寒假結束後，親自前往部落向陳女士及目前負責製作 pawpaw 鼓的林金成先生，也就是陳女士的丈夫請益 pawpaw 鼓的問題。我們發現，製作 pawpaw 鼓至少要一個星期，製作鼓的材料除了鼓身使用浮球之外，鼓皮的取得已經擴大為纖維皮、羚羊皮、豬皮等，鼓皮的固定方式是使用彈力繩，並且運用彈力繩的鬆緊決定鼓的聲音。我們詢問林先生在製鼓的過程中，要如何判定鼓的音色與音量，他說他不懂音樂，所以都是用聽的方式主觀判斷，但是他有特別強調，鼓底口徑大小會影響聲音的變化，但至

於要怎麼拿捏，都是靠經驗法則，至於底座竹子部分，他則認為只是當作鼓的基座，沒有特別的影響。因此，這讓我們對 pawpaw 鼓產生了很多想像。

回到學校後，我們討論在六年級上學期的自然課中有上到聲音的三要素：音高、音色和音量，並且到隔壁宜昌國中管樂團訪問樂團的負責人賴宜玟老師，關於鼓的相關知識。賴老師告訴我們，鼓是膜鳴樂器，是透過鼓皮的震動產生音波，鈴鼓和 pawpaw 鼓的發聲原理類似，但是因為鈴鼓沒有音箱，所以不會產生相同的共鳴。另外，老師也提到，鼓皮的鬆緊會影響音高，共鳴箱的直徑也會影響音高，主要是因為容積的差異導致，在調鼓皮時，老師也特別提醒調整時要對角調，才不會鼓皮鬆緊不一，檢測時，檢測器也要放在鼓皮上同樣的位置，才會一致。

在實驗的設計過程中，我們發現音色只能靠主觀感受判定，無法用儀器檢測，所以沒有辦法在實驗中科學化的呈現。原本要做音高的實驗，但使用調音器多次檢測下，發現無法收音，經查資料後才發現鼓所發出的聲音是泛音，不像弦樂器一樣能夠有固定的音高，因此無法檢測出。最後，我們決定，蒐集生活中常見的廢棄物品製作鼓，並且針對鼓皮的鬆緊、鼓身的長度與波紋、鼓底口徑大小及口徑位置檢測在固定的敲擊重量下，在鼓皮中央和鼓皮外側產生的鼓聲音量變化。

貳、研究目的

- 一、瞭解鼓皮鬆緊度，對鼓聲音量的影響。
- 二、瞭解鼓身長短，對鼓聲音量的影響。
- 三、瞭解固定擴音角錐之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響
- 四、瞭解固定容積之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響
- 五、瞭解鼓身口徑在不同位置，對鼓聲音量的影響。
- 六、瞭解鼓身波紋，對鼓聲音量的影響。

參、研究設備及器材

我們在這個研究中，必須使用生活中的廢棄物品進行鼓的製作，另外，為了要維持每次敲擊的力道一致，所以我們也自製了一個垂降敲擊器。

一、自製鼓

我們運用了不同的容器當作鼓身，例如：爆米花鐵桶、品客厚紙罐、礦泉水瓶等。在鼓皮的選擇上，我們原本想要研究不同球類皮(例如：籃球、躲避球、足球)，但發現球是透過錯綜細密的線固定為弧形，經過長時間仍無法壓平。我們也到樂器行要到淘汰的爵士鼓皮，但因材質是塑膠，在固定過程中會有破裂的可能，因此最後選擇到修理沙發的店家，取得廢棄

的沙發皮做為鼓皮選擇來源。在繩子部分，我們一開始採用麻繩，但麻繩在繃緊鼓皮的過程中經常因承受不住拉力而斷裂，導致實驗一直無法有效進行，最後我們使用了具有韌度的彈力線，並透過竹筷產生旋轉支點進行繩子的鬆緊調整，才使得研究得以順利進行。

二、垂降敲擊器

我們找到了以前自然課時的電梯裝置教具，我們將這個教具作改造，在最上層設計一個軌道，軌道內有一條線，上面綁著砝碼。每次實驗時，我們會把繩子拉到最高點再放下來，讓它自然垂降，打到鼓面，藉以測量分貝。



圖 3-1 自製 pawpaw 鼓與自製垂降敲擊器

三、其他實驗器材

表 3-1 實驗器材一覽表

實驗項目	器材
鼓皮鬆緊	爆米花鐵罐*1、繩子 35cm*24、沙發皮*1、竹筷 5cm*4、20cm*2、橡皮筋*4、手機分貝計 sound meter、熱熔膠
鼓身長度	羽球罐*1、繩子*13、沙發皮*1、竹筷 5cm*4、15cm*4、橡皮筋*4、手機分貝計 sound meter、熱熔膠

鼓底口徑大小 (固定擴音角錐)	不同口徑塑膠水管 6cm、7cm、9cm、10cm 各*1、量杯*1、三角錐*4、繩子*20、沙發皮*4、竹筷 5cm*16、14cm*16、橡皮筋*16、手機分貝計 sound meter、熱熔膠
鼓底口徑大小 (固定容積)	
鼓身口徑位置	保特瓶*3、量杯*1、繩子*12、沙發皮*1、竹筷 5cm*4、13cm*4、橡皮筋*4、手機分貝計 sound meter、熱熔膠、線香*1、酒精燈*1
鼓身波紋	不同波紋瓶身的保特瓶(直線*1、橫線*1、波浪*1、無紋路*1)量杯*1、繩子*12、沙發皮*1、竹筷 5cm*4、13.5cm*4、橡皮筋、手機分貝計 sound meter、熱熔膠

肆、研究過程或方法

除了每個實驗的實驗變因之外，我們也必須將情境和器材變因的因素控制，讓實驗的誤差降到最低。在器材部分，最大的變因可能來自於每個自製鼓的鼓皮鬆緊度問題，因此，我們在自製鼓的過程中，針對鼓皮的大小、鼓皮周圍打洞的數目、繩子的長度、以及繩子綁在木筷上的距離、旋轉的一致性等都有嚴密的控制與紀錄。而在繩子鬆緊旋轉時，也採取對角線同時旋轉方式，讓鼓皮表面的鬆緊度能一致，降低誤差的可能。另外，在敲擊部分，我們也設計了垂降器以固定力道垂降方式，取代人工敲打，以避免因力道掌控力不足，而產生研究誤差。

情境部分，因為我們的實驗要測量鼓聲的大小，因此必須在非常安靜的空間進行檢測，我們使用了學校的資源班教室，並且在實驗時，把門窗完全關上，讓環境是在安靜的狀態下進行實驗。實驗時，手機分貝器會固定放在鼓皮側邊統一的位置，並且每個部位施測五次，以取得平均數，做為最後該實驗的結果數據。

一、實驗一：鼓皮鬆緊對鼓聲音量的影響

(一) 實驗目的

探討藉由彈力繩調整圈數，使鼓面緊度產生差異後，是否會在鼓中心和鼓外側敲擊下，對鼓聲音量產生影響。

(二) 實驗設計與想法

訪問 pawpaw 鼓製作者時，他告訴我們演奏過程中，有時會敲打中心點，有時會敲打側邊，

因為音質會不一樣，但沒有提到音量的變化，後來我們再詢問樂團老師通常鼓都會敲哪個位置時，老師說會敲側邊，主要的因素是因為演奏者的位置關係，手不用伸得那麼長。Pawpaw 鼓的製作者和樂團老師都有提到，鼓皮的鬆緊度對聲音會產生變化，所以我們很好奇，想知道鼓皮的鬆緊程度和敲擊的位置，會不會影響鼓的音量大小，是不是有一個規則性存在？

(三) 實驗步驟

- 1.蒐集我們所需要的器材（鐵桶、彈力線、竹筷、沙發皮、打洞器）
- 2.量每段彈力線段所需的長度、用圓規在沙發皮上畫鼓皮
- 3.剪線跟剪鼓皮並將我們要打洞的地方畫記
- 4.打洞並將線綁在洞上
- 5.將鐵桶下方（鼓面的另一邊）黏上兩根 14 公分的竹筷（互相垂直），接著繃鼓皮
- 6.依實驗順序將鼓皮繃緊的圈數增加
- 7.進行實驗

二、實驗二：鼓身長短對鼓聲音量的影響

(一) 實驗目的

探討藉由改變鼓身的長短(固定間距方式)，是否會在鼓中心和鼓外側敲擊下，音量會產生影響。

(二) 實驗設計與想法

在自然課時，我們有學到鼓身的容積跟樂音的高低變化似乎存在著關係，但我們想知道鼓身的長度改變是否也會造成音量上的差異，還有長度的變化是否要有一定的幅度才會產生音量上的差異。

(三) 實驗步驟

- 1.蒐集我們所需要的器材（羽球桶、彈力線、竹筷、沙發皮、打洞器）
- 2.量每段彈力線段所需的長度、用圓規在沙發皮上畫鼓皮
- 3.剪線跟剪鼓皮並將我們要打洞的地方畫記
- 4.打洞並將線綁在洞上
- 5.將羽球桶下方（鼓面的另一邊）黏上兩根 14 公分的竹筷（互相垂直），接著繃鼓皮
- 6.依實驗順序將羽球桶裁短

7. 進行實驗

三、實驗三：固定擴音角錐之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響

(一) 實驗目的

藉由改變擴音角錐與鼓底口徑連接處間的大小，探討口徑的大小差異，是否會在鼓中心和鼓外側敲擊下，對鼓聲音量產生影響。

(二) 實驗設計與想法

pawpaw 鼓製作者說，浮筒和底座之間的接口大小，會影響鼓音的變化，但他卻沒辦法確切的說出要大一點好還是小一點好，只說他們有一個經驗，也會靠耳力去判斷。另外，製作者也提到底座的大小並不會產生聲音上的差異，所以我們在這個實驗中，維持著 pawpaw 鼓的製作理念，只有改變鼓底口徑大小這個變因，探討是否口徑大小正如 pawpaw 鼓製作者所說，會影響鼓的聲音變化，以及是否有規律性。

(三) 實驗步驟

1. 蒐集我們所需要的器材（三角錐、不同孔徑的水管、彈力線、竹筷、沙發皮、打洞器）
2. 量每段彈力線段所需的長度、用圓規在沙發皮上畫鼓皮
3. 剪線跟剪鼓皮並將我們要打洞的地方畫記
4. 打洞並將線綁在洞上
5. 將三角錐頂端（鼓面的另一邊）黏上不同孔徑大小的塑膠水管，接著繃鼓皮
6. 進行實驗

四、實驗四：固定容積之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響

(一) 實驗目的

探討在裁切掉實驗三的部份角錐，讓鼓身容積相同情況中，是否會在鼓中心和鼓外側敲擊下，對鼓聲音量產生影響。

(二) 實驗設計與想法

雖然 pawpaw 鼓的製作者認為底座的大小並不會造成差異性，但我們發現因為口徑大小不同，也會因整體鼓身的容積產生差異。所以我們想要結合實驗二的容積控制與實驗三的口徑大小差異，探討單純只有口徑大小的差異有所改變時，鼓的音量是否還會產生變化，以及這樣的變化跟實驗三之間是否有所關聯。

(三) 實驗步驟

1. 蒐集我們所需要的器材（三角錐、不同孔徑的水管、彈力線、竹筷、沙發皮、打洞器）

- 2.量每段彈力線段所需的長度、用圓規在沙發皮上畫鼓皮
- 3.剪線跟剪鼓皮並將我們要打洞的地方畫記
- 4.打洞並將線綁在洞上
- 5.用量杯測量實驗三的鼓身(含三角錐)容積大小後，將容積固定，並將多餘的角錐部分進行裁切，接著繃鼓皮
- 6.進行實驗

五、實驗五：鼓身口徑位置對鼓聲音量的影響

(一)實驗目的

探討鼓身口徑不固定在單一位置時，是否會在鼓中心和鼓外側敲擊下，音量會產生影響。

(二)實驗設計與想法

無論是 pawpaw 鼓還是樂團中的鼓，鼓身的口徑開口位置好像都是開在下方，這讓我們產生好奇，難道只有開在下方才能產生音量，還是只有開在下方案會讓音量的狀態穩定？如果我們將口徑的位置開在瓶身的不同地方，是否會影響音量的大小，是否能找到最佳音量的位置。

(三)實驗步驟

- 1.蒐集我們所需要的器材（礦泉水瓶、彈力線、竹筷、沙發皮、打洞器）
- 2.量每段彈力線段所需的長度、用圓規在沙發皮上畫鼓皮
- 3.剪線跟剪鼓皮並將我們要打洞的地方畫記
- 4.打洞並將線綁在洞上
- 5.將瓶子剪裁成同樣容積並繃鼓皮
- 6.依實驗順序在瓶身不同位置挖空相同大小的口徑
- 7.進行實驗

六、實驗六：鼓身波紋對鼓聲音量的影響

(一)實驗目的

探討鼓身波紋的變化，是否會在鼓中心和鼓外側敲擊下，音量會產生影響。

(二)實驗設計與想法

我們常看到音樂廳表演台牆面的設計並不是平滑的，這樣的設計和聲音的傳遞路線有關係，我們想知道如果以相同的原理，當我們選擇不同的瓶面紋路礦泉水瓶當作鼓身時，音量是

否會產生變化，有弧線的瓶身在聲音的傳遞上會不會因此被抵銷？跟敲打時聲波傳遞方向一致的瓶身弧線，及聲波傳遞方向垂直的瓶身弧線，會不會也有音量上的差異。

(三)實驗步驟

- 1.蒐集我們所需要的器材（紋路相同的保特瓶、彈力線、竹筷、沙發皮、打洞器）
- 2.量每段彈力線段所需的長度、用圓規在沙發皮上畫鼓皮
- 3.剪線跟剪鼓皮並將我們要打洞的地方畫記
- 4.將保特瓶裁切成同樣容積、長度，並在紋路 2、4、6 條處用線香打洞
- 5.在沙發皮上打洞並將線綁在洞上
- 6.將寶特瓶下方（鼓面的另一邊）黏上兩根 14 公分的竹筷（互相垂直），接著繃鼓皮
- 7.進行實驗

伍、研究結果

實驗一：瞭解鼓皮鬆緊度，對鼓聲音量的影響。

(一) 實驗數據

表 5-1 彈力繩旋轉圈數(鼓皮鬆緊)對鼓聲音量的變化表

敲擊位置	次數	圈數				
		3 圈	3.5 圈	4 圈	4.5 圈	5 圈
鼓中心	1	56	61	63	66	69
	2	60	61	63	65	70
	3	56	63	64	62	70
	4	69	59	66	68	67
	5	56	59	66	66	69
	鼓中心平均	59.4	60.6	64.4	65.4	69
鼓外側	1	48	53	57	58	61
	2	49	53	55	59	61
	3	48	53	55	58	63
	4	48	51	58	60	62
	5	50	54	56	60	61
	鼓外側平均	48.6	52.8	56.2	59	61.6

(二)實驗結果折線圖

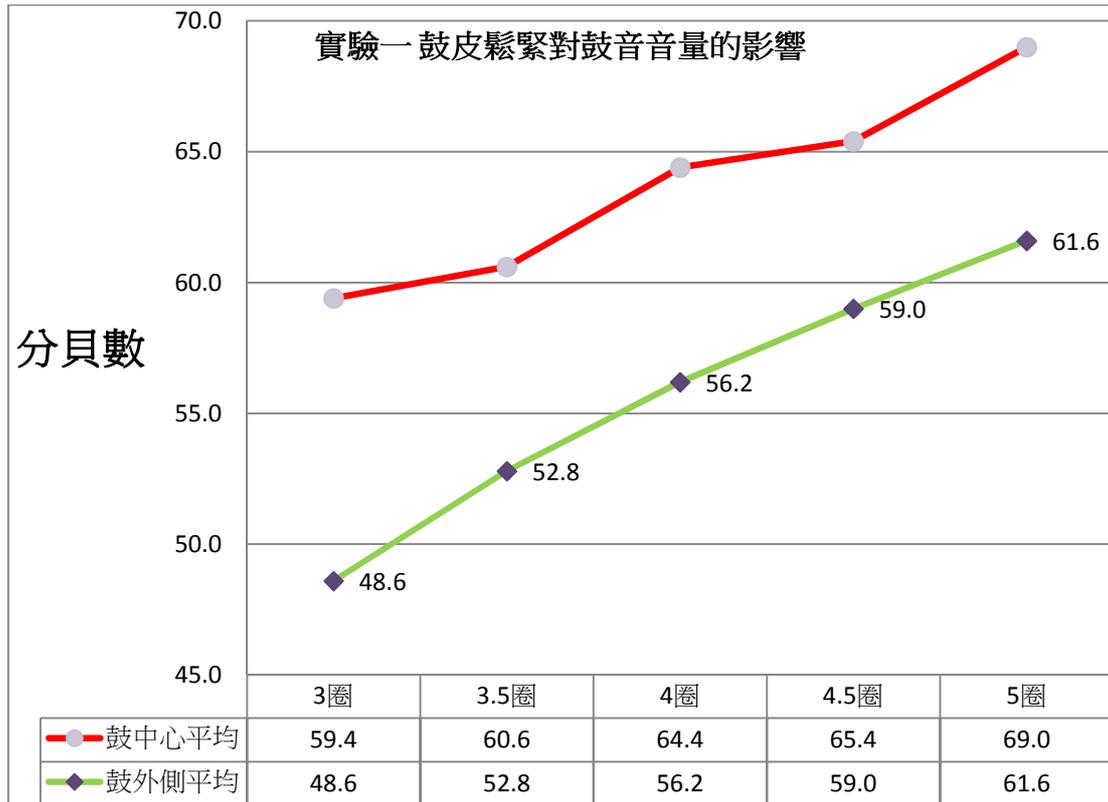


圖 5-1 鼓皮鬆緊對鼓聲音量的影響折線圖

(三)實驗照片



(四)研究結果與發現

實驗結果顯示橡皮筋旋轉圈數愈多，敲擊鼓中心及鼓外側所產生的音量皆愈大。而敲擊鼓中心與鼓外側產生的音量有明顯的差異。由此可知，我們發現鼓皮拉的愈緊，敲擊時產生的分貝數就會愈高，在敲擊位置的部分可以發現鼓中心音量明顯大於鼓外側。

實驗二：瞭解鼓身長短，對鼓聲音量的影響。

(一) 實驗數據

表 5-2 鼓身長長度對鼓聲音量的變化表

敲擊位置	次數	鼓身長長度				
		10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
鼓中心	1	42	52	49	51	60
	2	44	51	53	53	59
	3	50	50	49	54	57
	4	44	50	53	55	61
	5	42	54	50	52	60
	鼓中心平均	44.4	51.4	50.8	53	59.4
鼓外側	1	40	50	49	45	52
	2	41	51	52	47	50
	3	41	53	54	53	49
	4	38	50	57	51	51
	5	40	49	54	52	51
	鼓外側平均	40	50.6	53.2	49.6	50.6

(二) 實驗結果折線圖

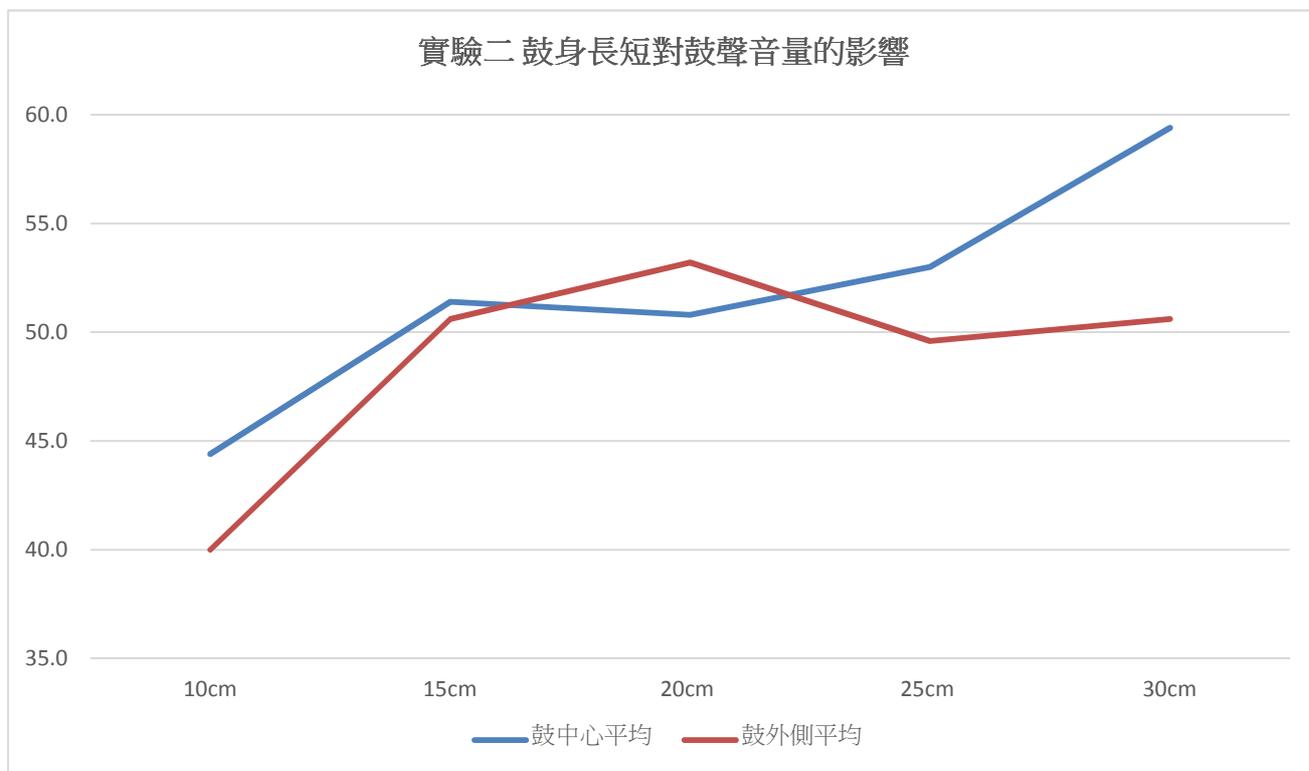


圖 5-4 鼓身長短對鼓聲音量的影響折線圖

(二) 實驗照片



(四)研究結果與發現

在鼓中心的部分，我們發現瓶身的長度愈長，整體而言鼓聲的音量會比較大，但是在瓶身 20cm 的實驗中，有稍微降低情形。在鼓外側的部分，我們也發現瓶身長度在 15cm-30cm 之間，沒有明顯的高低差異性，且起伏不定。所以，我們發現鼓身長短讓鼓的音量有明顯差異變化，但不是愈長或愈短，音量就愈大，在特定長度的鼓身會有最佳的共鳴效果，產生最大音量的分貝數。

實驗三：瞭解固定擴音角錐之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響

(一) 實驗數據

表 5-3 口徑大小與容積差異對鼓聲音量的變化表

敲擊位置	次數	口徑大小與容積			
		1.8 公升 (直徑 6cm)	1.9 公升 (直徑 7cm)	1.95 公升 (直徑 9cm)	2 公升 (直徑 10cm)
鼓中心	1	71	68	69	64
	2	71	67	62	64
	3	67	66	63	58
	4	69	64	64	59
	5	68	65	67	58
	鼓中心平均	69.2	66	65	60.6
鼓外側	1	72	63	64	53
	2	76	72	68	51
	3	71	64	68	50
	4	74	65	66	52
	5	70	69	67	53
	鼓外側平均	72.6	66.6	66.6	51.8

(二)實驗結果折線圖

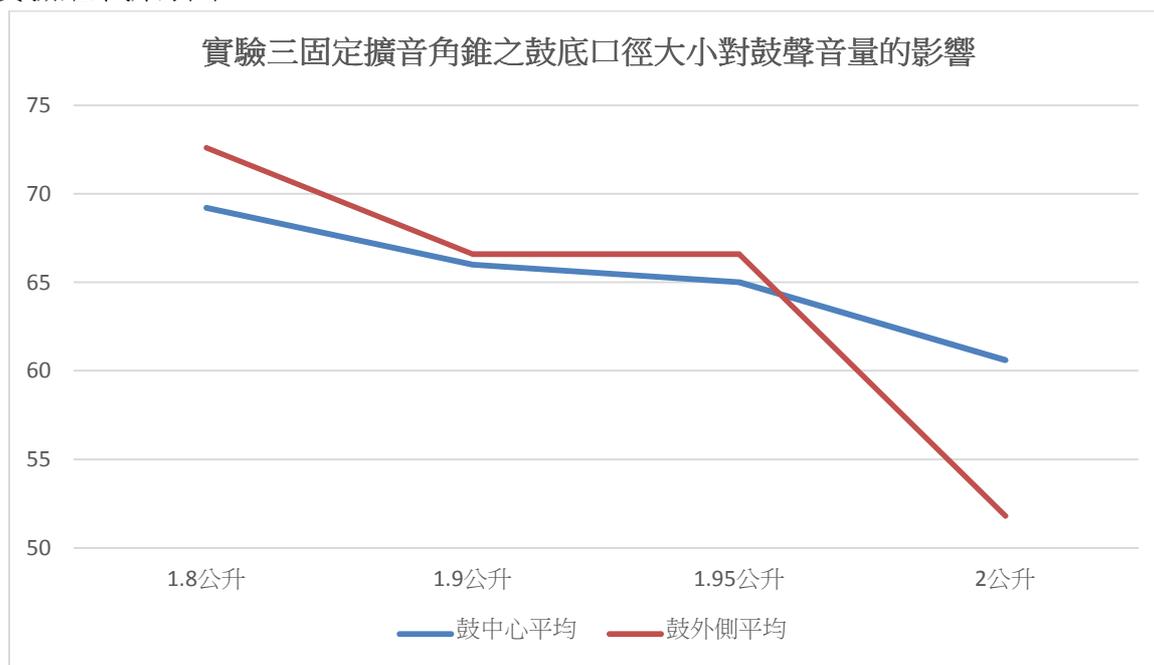
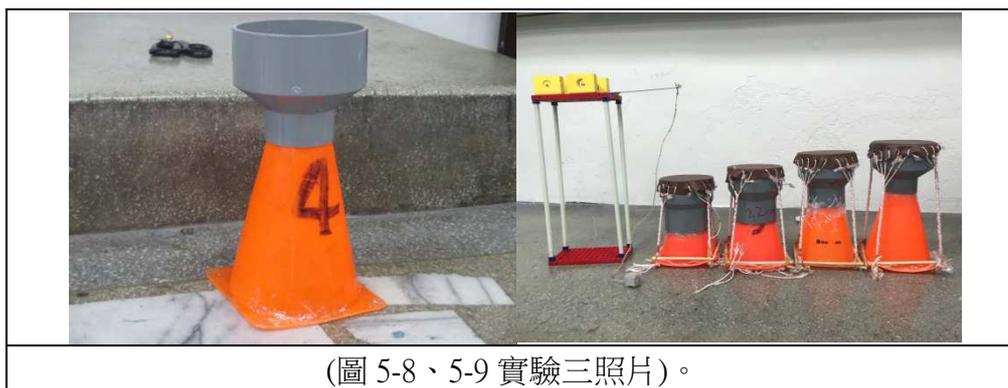


圖 5-7 固定擴音角錐之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響折線圖

(三)實驗照片



(四)研究結果與發現

在鼓中心的部分，口徑愈大時音量愈小，容積愈大時音量愈小。在鼓外側部分，也是口徑愈大時音量愈小，容積愈大時音量愈小。但是從圖中也可以發現，口徑 7cm(1.9 公升)和 9cm(1.95 公升)時，變化的差距並沒有很明顯，反而是口徑 6cm(1.8 公升)和 10cm(2 公升)時有較明顯的音量變化差距。

實驗四：瞭解固定容積之鼓底口徑大小對鼓聲音量的影響

(一) 實驗數據

表 5-4 口徑大小但容積固定對鼓聲音量的變化表

敲擊位置	次數	口徑大小			
		6cm	7cm	9cm	10cm
鼓中心	1	43	48	47	42
	2	42	45	46	43
	3	43	50	44	41
	4	42	45	46	39
	5	44	49	46	37
	鼓中心平均	42.8	47.4	45.8	40.4
鼓外側	1	40	47	44	37
	2	39	48	47	39
	3	41	48	41	38
	4	39	43	42	40
	5	41	47	42	36
	鼓外側平均	40	46.6	43.2	38

(二) 實驗結果折線圖

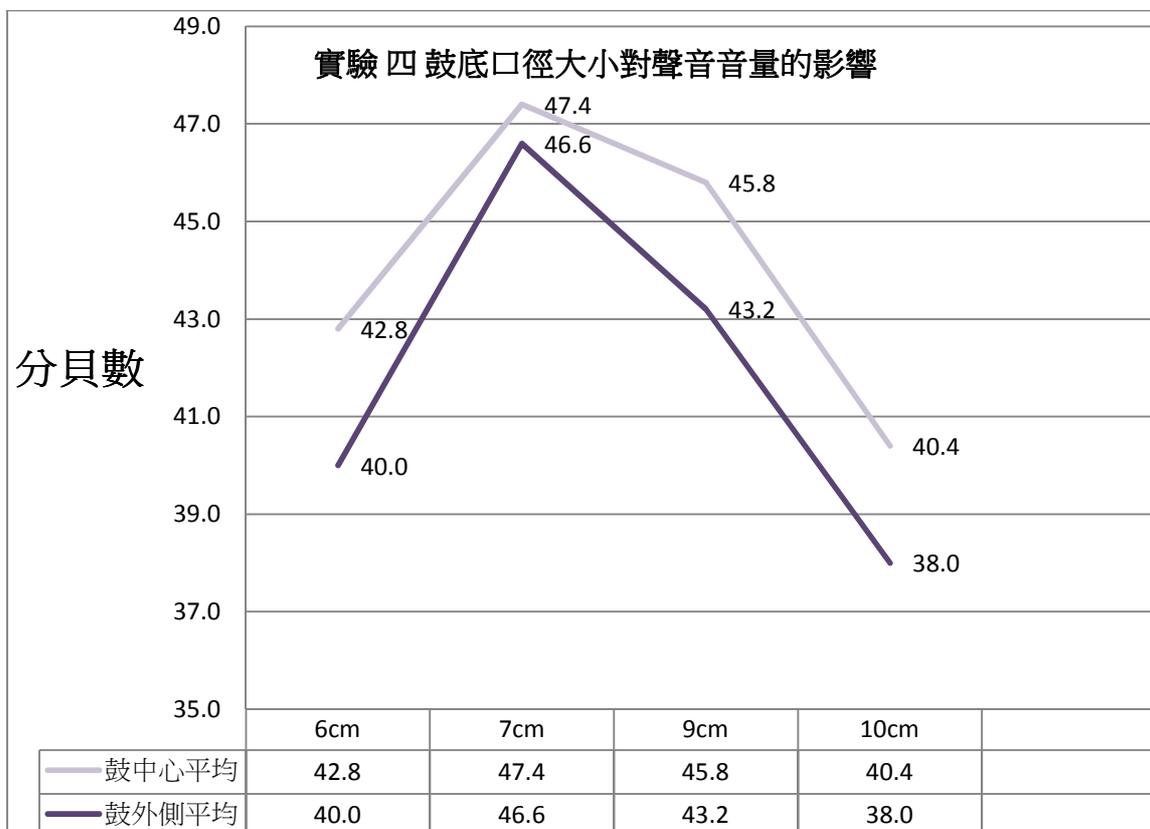
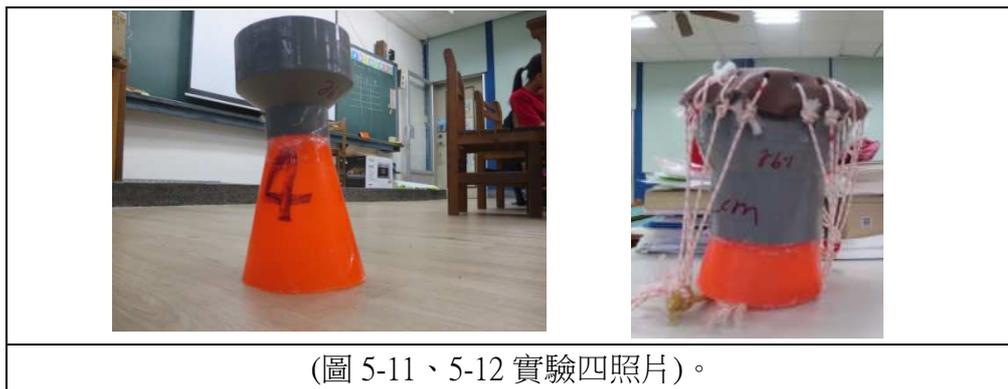


圖 5-10 鼓底口徑大小對聲音音量的影響折線圖

(三)實驗照片



(圖 5-11、5-12 實驗四照片)。

(四)研究結果與發現

當鼓身的容積被控制時，敲擊鼓中心後，口徑大小 7cm 音量最大，次大音量為 9cm，最後是 6cm 和 10cm。相同的，在敲擊鼓外側部分，音量由大到小依序為 7cm、9cm、6cm 及 10cm。從前面的數據變化中可以看出，音量的變化無論是敲擊鼓中心還是鼓外側都相當一致，但口徑的大小並不會跟音量的大小有絕對的關係。

實驗五：瞭解鼓身口徑在不同位置，對鼓聲音量的影響。

(一) 實驗數據

表 5-5 口徑開口高度對鼓聲音量的變化表

敲擊位置	次數	口徑位置		
		距鼓底 2 波紋高	距鼓底 4 波紋高	距鼓底 6 波紋高
鼓中心	1	51	42	35
	2	50	43	35
	3	54	42	37
	4	46	43	37
	5	48	42	38
	鼓中心平均	49.8	42.4	36.4
鼓外側	1	38	35	35
	2	41	37	34
	3	45	37	33
	4	44	39	36
	5	37	37	35
	鼓外側平均	41	37	34.6

(二)實驗結果折線圖

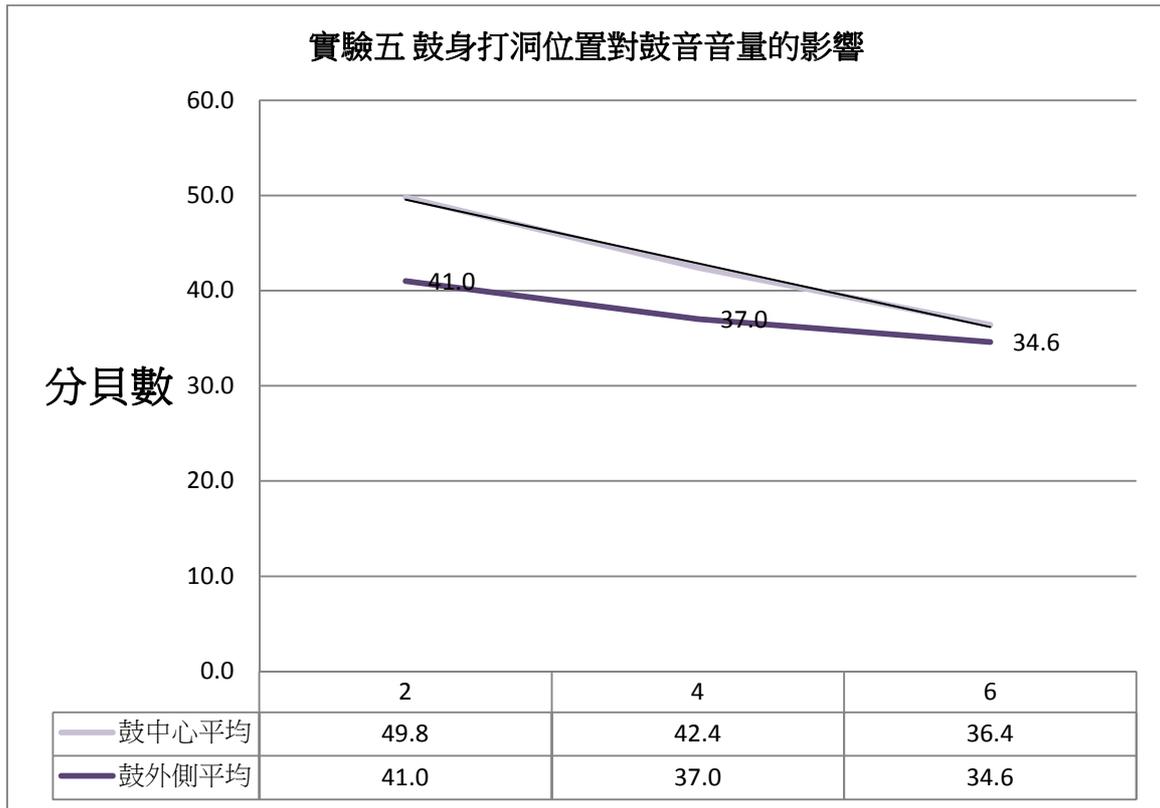


圖 5-13 鼓身打洞位置對鼓聲音量的影響折線圖

(三)實驗照片



(四)研究結果與發現

敲擊鼓中心時，當開口口徑距離鼓皮愈近時(距鼓底 6 波紋高)，音量愈小，開口口徑距離鼓皮愈遠時(距鼓底 2 波紋高)，音量愈大。敲擊鼓外側時，結果也跟鼓中心相同。由此可知，開口口徑距離鼓面的距離跟音量的大小有直接相關性。

實驗六：瞭解鼓身波紋，對鼓聲音量的影響。

(一) 實驗數據

表 5-6 瓶身紋路對鼓聲音量的變化表

敲擊位置	次數	瓶身紋路			
		直線	橫線	波浪	無紋路
鼓中心	1	52	43	46	41
	2	50	41	47	42
	3	47	44	49	42
	4	51	44	50	42
	5	52	48	42	41
	鼓中心平均	50.4	44	46.8	41.6
鼓外側	1	49	35	44	38
	2	45	36	39	34
	3	45	38	41	37
	4	47	37	42	33
	5	42	33	43	37
	鼓外側平均	45.6	35.8	41.8	35.8

(二) 實驗結果折線圖

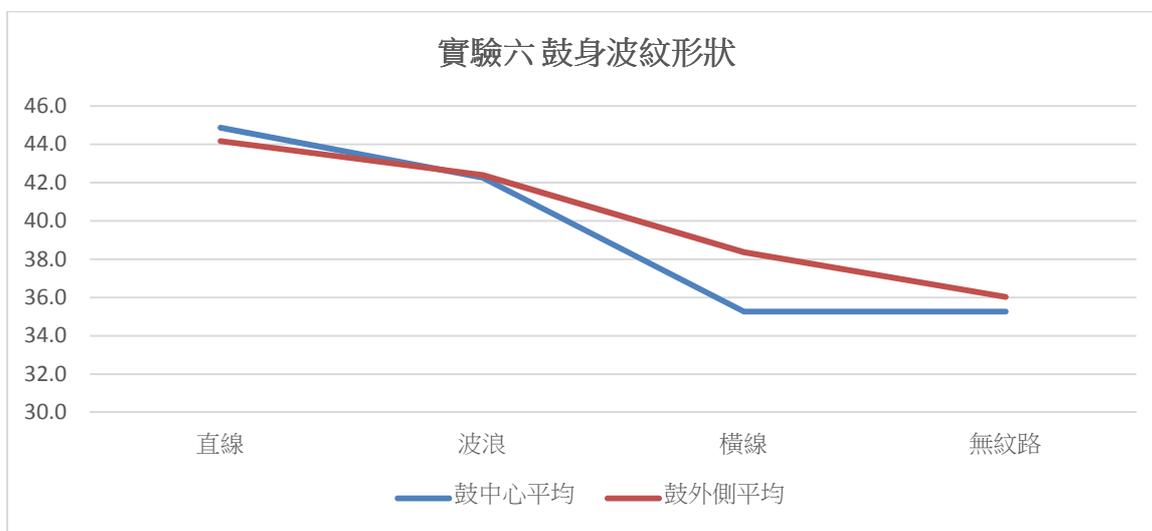


圖 5-16 鼓身波紋形狀對鼓聲音量的影響折線圖

(三)實驗照片



(四)研究結果與發現

在敲擊鼓中心時，瓶身是直線時分貝數最大，波浪紋分貝數次之，最後橫線和無紋路幾乎沒有差別。在敲擊鼓外側時，瓶身是直線時分貝數最大，波浪紋分貝數次之，最後是橫線及無紋路。所以可以發現，無論是鼓中心還是鼓外側，直線紋路瓶身可以產生最大的分貝數，波浪則是次之，但橫線和無紋路分貝數未有一致狀況。

陸、討論

從上述的實驗結果中可以得知，一個鼓的音量大小跟鼓皮的鬆緊、鼓身容積、鼓身口徑開口大小、口徑開口位置及鼓身紋路具有相關性，陳述如下：

- 一、鼓皮鬆緊：鼓皮的鬆緊度會影響音量的大小，當鼓皮愈緊時，音量就會愈大，且鼓中心音量明顯比鼓外側大。
- 二、鼓身容積：當鼓身為密閉時，鼓身長短(容積大小)讓鼓的音量有明顯差異變化，但不是愈長或愈短，音量就愈大，在特定長度的鼓身會有最佳的共鳴效果，產生最大音量的分貝數。另外，當鼓身是開放時，無論是敲擊鼓中心還是鼓外側，容積愈小，聲音愈大。
- 三、口徑開口位置：距離鼓皮愈遠時，空氣柱愈長，所以音量愈大，因此市售鼓的口徑多會開在鼓底部位。
- 四、口徑大小：當鼓身容積沒有被控制時，無論是敲擊鼓中心還是鼓外側，口徑愈小，聲音愈大。當鼓身容積被控制時，無論是敲擊鼓中心還是鼓外側，中間的口徑音量較大，反而是兩側口徑音量相對較小，因此在特定的口徑會有最佳的共鳴效果，產生最大音量的分貝數。
- 五、瓶身紋路：當瓶身紋路是直線時，無論是敲擊鼓中心還是鼓外側，都會產生最大的分貝數，推測是因為鼓聲音波可以沿著直線紋路前進，音波不易分散，所以產生較大音量的分貝數。相對的，當瓶身紋路是橫線或無紋路時，音波行進容易被阻斷或沒辦法照著紋路前行，因此音量分貝較低。

統整上述討論，我們發現一個好的鼓要發出較響的共鳴時，在製作過程中應當要使鼓皮的緊度維持緊度，根據鼓的屬性(密閉或是開放式)，找出最佳的共鳴箱容積大小，並且可以在瓶身上製作出直紋式紋路，使音波不易分散。如為 pawpaw 鼓式設計，基座的大小其實會影響音量的變化，且鼓身與基座間的口徑大小，並非愈大或愈小愈好，而是要找到特定的口徑，才會有最佳的共鳴效果。

柒、結論

我們從一開始決定主題、實際到比西里岸踏查、訪問創作者到執行實驗，讓我們對生活中的科學有了很不同的感受與想法。在尚未執行實驗時，我們單純的認為，鼓的響度單純來自於敲擊者的力道，而音箱的大小似乎跟音高較有相關。但在實驗的過程中，我們慢慢發現，一些我們原本認為的想法其實並不是絕對的，尤其，我們一直認為的音箱大小，因容積上的大小會有一個絕對的音量差異，但實際操作才發現，原來沒有絕對大和絕對小，而是如何找到特定長度的鼓身，才會有最佳的共鳴效果。在訪談的過程中，pawpaw 鼓的製作者也說口徑的大小沒有一個絕對，因此讓我們產生了好奇，果然，在實驗後我們也發現，口徑大小如同鼓身長度的般，需找到特定的口徑長度，才能有最好的效果。

由於在這次的實驗中，我們希望能將身邊的廢棄物品再利用，因此很多長度、大小都侷限在現有的材料中。在未來的實驗中，我們建議可以自己動手改造共鳴箱，例如：將密閉式的共鳴箱長度增加，看是否差距拉大後，能找出較明顯的音量變化差異。口徑的大小，因目前是使用現有水管口徑去製作，若能採用自製方式，就能探討更多元的口徑大小對於音量的差異性關係，找到一個最適合的口徑值。另外，在鼓身紋路的探討，因為已經發現直線紋路分貝數最大，所以可以考慮探討紋路的密集度，是否會造成鼓聲分貝的差異。

捌、參考資料及其他

Om Books International(2015)。天天在家玩科學。商周出版。

尼克·阿諾(2012)。神奇酷科學 9：驚天動地的聲音。小天下。

「部落最原始聲音」世界唯一的比西里岸寶抱鼓。<https://travel.ettoday.net/article/514627.htm>

比西里岸幾米園區。<https://www.eastcoast-nsa.gov.tw/zh-tw/Attractions/Detail/234>

吳昱韻、陳廷瑜、林崇堯、李承恩、吳程峻、游茜雯。比比誰最吵！不同音箱的響度差異研究。屆次：第 51 屆國小物理科。

豐榮小隊(2010)。原音天籟-原住民木鼓之研究。屆次：第二屆國小組。

翰林版六上自然單元：聲音與樂器。