

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

082814

海潮之聲—天然海螺音箱

學校名稱：雲林縣立樟湖生態國民中小學

作者： 小五 朱迦嘉 小五 王沐恩 小五 方文蓊 小五 賴冠昀	指導老師： 王文明
---	--------------

關鍵詞：貝殼、音箱、聲紋分析

摘要

軟體動物許多科別的貝殼具有彎曲的號角結構。經篩選合適形狀、大小、種類，以大白蛙螺、夜光蝾螺、椰子渦螺、栗色鶉螺四種材料進行研究，利用 X-ray 拍攝貝殼透視圖，進行平面測量內部結構與聲音通道的長度；切除塔尖，埋入藍芽喇叭製作成貝殼音箱。播放無和弦版本鋼琴演奏樂曲，隨機選擇聆聽者表達主觀感受，並且客觀使用儀器檢測。結果顯示以貝殼製作的音箱，能夠有效將聲音擴大，而音頻沒有顯著改變；透過轉換，將聲音轉換成聲紋圖圖象化顯示，證實貝殼音箱導致聲音在通道內產生交疊干涉，使音色大為改變。聲音的響度與音調，可以使用儀器客觀證明，科學儀器可以證明音色不同，但無法給出何種音色屬於好聽，音色終究歸於個人喜好。

壹、前言

一、研究動機

自然課本裡有個單元是關於聲音的傳播與樂器的原理，在準備本單元的自製樂器任務查詢資料時發現：將手圍成圓筒狀放在嘴前說話，往往能將聲音傳得更遠，而根據這種現象設計出來最早的擴音裝置即為號角（圖 1-1）；樂器小號、法國號也是依據相同原理設計（圖 1-2）。隨著科技的進步，音響的擴音裝置也不斷改進，從最早的直筒號角音箱，進化成內藏式反射號角音箱設計（圖 1-3），這些音箱設計的目的都是為了提升聲音響度；然而，市面上的反射式音響價錢從數百元到上百萬，為什麼會那麼貴呢？主要是各家公司音箱內的反射結構都有自己的特色，是否可以找到反射式音箱的替代品呢？開啟了本研究的契機。



圖 1-1、號角(圖片取自網路)



圖 1-2、法國號
(圖片取自網路)

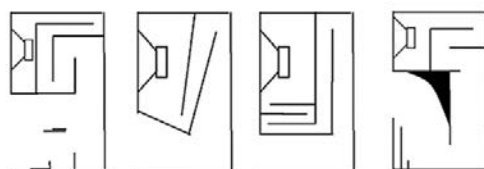


圖 1-3、反射式號角音箱設計
(圖片取自網路)

二、文獻探討：

(一)、音響的結構

音響主要結構有兩部分，其中包含將電子訊號轉換成為聲音的**電子元件（揚聲器）**，揚聲器發出的聲音再透過**擴音音箱放大**。

揚聲器把電流頻率轉化為聲音。欲使揚聲器播放 A 調（Fa），而 A 調音頻率為 440 Hz，即每秒振動 440 次，揚聲器輸出 440Hz 的交流電，每秒 440 次電流改變，當電線圈與揚聲器薄膜一起震動，推動周圍的空氣振動，揚聲器由此產生 A 調聲音。

擴音音箱是以產品本身內部的**共振**，再從孔洞傳出聲音，就像弦樂器一樣，例如吉他、古箏等。**聲音通道最好是發聲口的 1.5 倍以上的長度**，寬度由小而大，迫使聲波能向發聲口**集中**（蘇子豪，2001）。

(二)、貝殼的構造：

軟體動物的腹足綱的貝殼可分為螺塔及體層兩部分。內臟集中在螺塔，頭部和足部則在體層中。螺塔的頂端稱為殼頂；殼頂至體層間，有很多螺層；一個螺層表示貝殼旋轉一周；不同種類的螺層差異很大，錐螺螺層數可達 10 層以上（譚美芳等，2010）。

負責構築軟體動物外殼的是套膜（**mantle**，又稱為外套膜），這個又薄又軟的器官，會在殼口（**Aperture**）分泌一層層富含碳酸鈣的築殼物質，只要依循三項基本規則，就能形成例如海螺等腹足綱動物殼上的獨特螺旋形。

第一項規則為「**擴展**」：只要套膜均勻的分泌比先前更多的殼質，就能反覆造出更大一點的殼口（圖 1-4-a）。第二項規則是「**旋轉**」：只要在殼口一側分泌稍多的殼質，軟體動物就能從初始的殼圈開始，完整旋轉一圈（圖 1-4-b）。第三項規則是「**扭轉**」：軟體動物轉動分泌殼質的注入點。如果只採取擴展和旋轉的規則（圖 1-4-c），就會得到平面螺旋的構造（圖 1-5-a），如果加入扭轉的步驟，就會得到非平面的螺旋結構（圖 1-5-b）（Moulton，2018）。

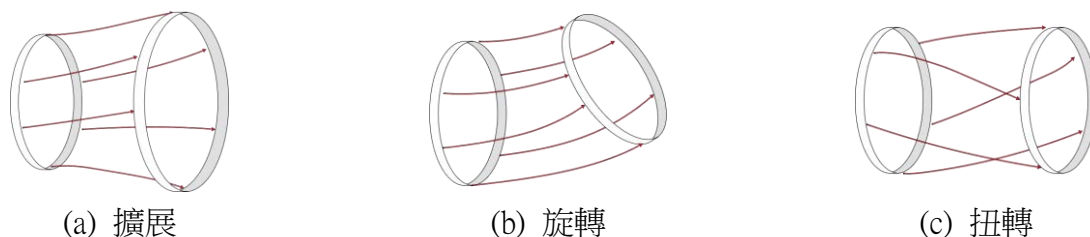
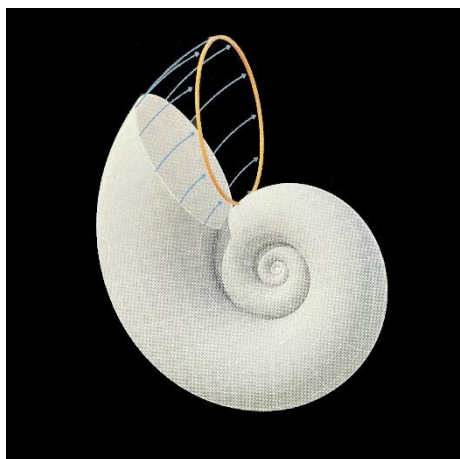
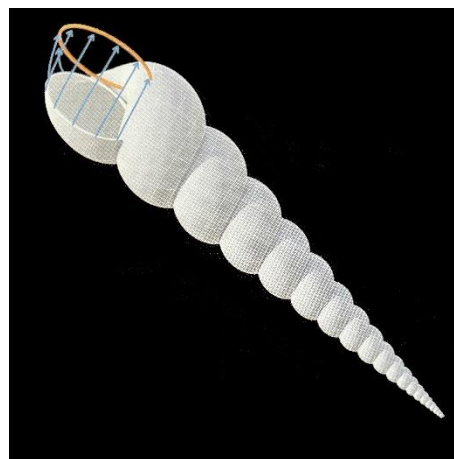


圖 1-4：軟體動物螺旋殼的生長規則（改繪自科學人雜誌 195：p.33）



(a) 擴展 + 旋轉



(b) 擴展 + 旋轉 + 扭轉

圖 1-5：不同生長規則下產生的不同貝殼模式（取自科學人雜誌 195：p.33）

三、待解決的問題

從文獻中可以得知，軟體動物的外套膜分泌碳酸鈣外骨骼形成**螺塔（貝殼）**，儘管依據不同的模式建構的螺塔，都具有**類似號角的結構**，應該可以做為擴大音箱來放大聲音。雖然貝殼的生長都是由小到大逐漸擴展，但是**內部的結構卻不太容易觀察**。

另外，如果海螺的貝殼內部結構如同號角一樣，那麼聲音經過不同形式的貝殼，**是否會有不同的擴大效果**？描述聲音有三個要件：音高、響度與音色，經過貝殼放大後的聲音，**聽起來是甚麼感覺？音高、響度、音色有改變嗎？**聆聽的人所做的**聲音描述足夠客觀嗎？**能把聲音具象化進行分析嗎？這一連串的問題歸結出本研究的探究目的：

- (一)、選擇合適的貝殼作為擴大音箱。
- (二)、透視、測量貝殼的結構，換算聲音通道長度與型態。
- (三)、製作貝殼音箱。
- (四)、比較不同貝殼音箱的播放聲音的**響度、音高與音色**。
- (五)、讓受試者聆聽貝殼音箱播放樂曲，進行**主觀描述**。
- (六)、使用儀器檢測貝殼音箱播放樂曲，進行**客觀測量記錄**。
- (七)、使用軟體將聲音轉成**聲紋圖**分析聲音。

貳、研究材料及器材：

一、材料：

大白蛙螺 (*Tutufa bubo*)、夜光蝾螺 (*Turbo marmoratus*)、栗色鶉螺 (*Tonna olearium*)、椰子渦螺 (*Melo melo*)、舞袖渦螺 (*Cymbiola nobilis*) (圖 2-1(a)~(e))

二、器材：

砂輪機、藍芽喇叭 (型號：SP-M12)、錄音麥克風 (型號：Nikon[®] ME1)、噪音計 (型號：BENETECH[®] GM1351-EM-00)、錄音筆 (型號：SONY[®] ICD-UX543F)、聲音編輯軟體 (Audacity[®] v3.0.2)、手機 (iPhone[®] 12)、手機 APP (phyphox[®] v1.1.10)、三腳架



(a) 栗色鶉螺 *Tonna olearium*



(b) 椰子渦螺 *Melo melo*



(c) 舞袖渦螺 *Cymbiola nobilis*



(d) 大白蛙螺 *Tutufa bubo*

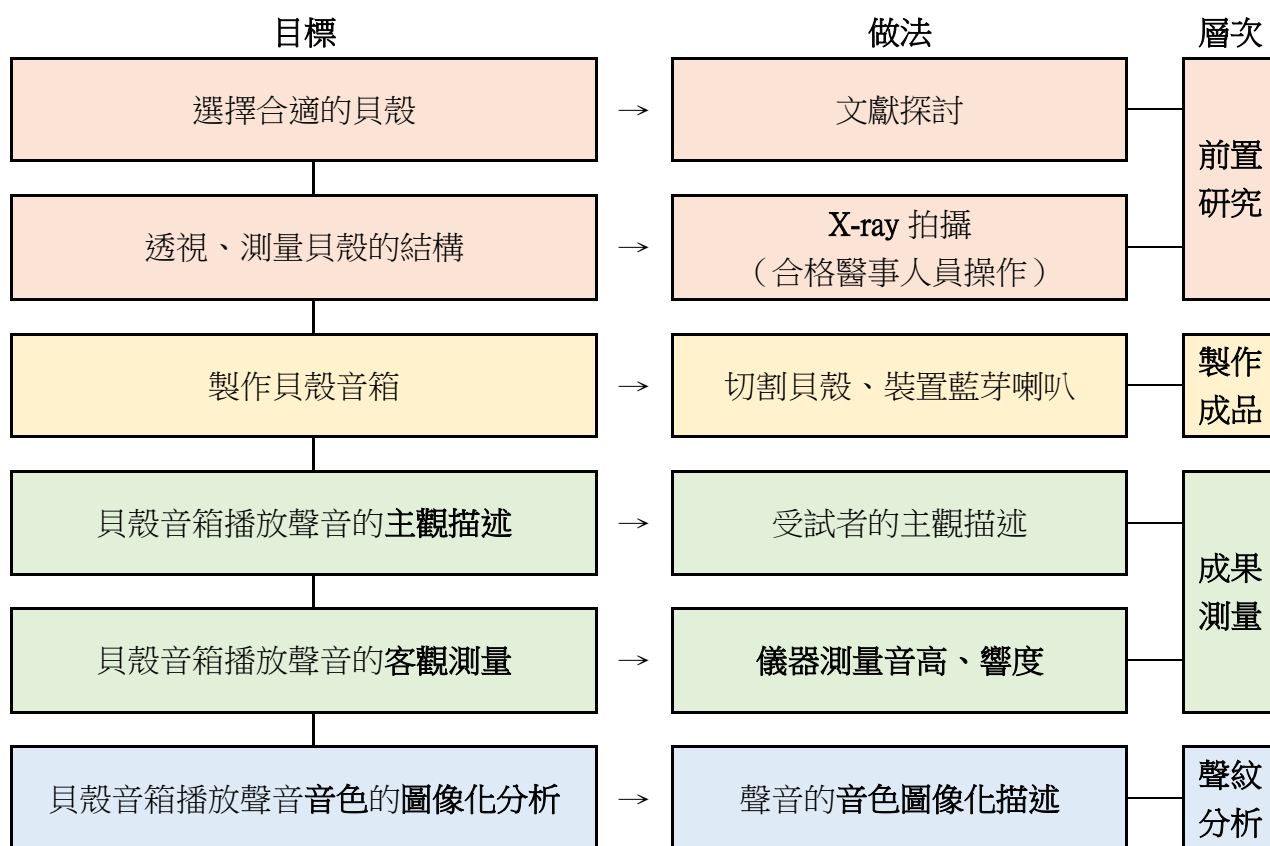


(e) 夜光蝾螺 *Turbo marmoratus*

圖 2-1、研究材料貝殼

參、研究過程及方法

一、研究架構



二、研究方法

(一)、前置研究：選擇合適的貝殼、透視貝殼結構與測量

1. 根據**台灣貝類圖鑑**，篩選合適的貝殼進行研究，篩選標準以大小、**螺塔模式**為依據。
2. 從海產餐廳、貝殼藝品店兩處取得合適大小、種類貝殼（圖 3-4）。
3. 將選好的貝殼送到動物醫院，請合格醫事人員以 **X-ray 拍攝**，透視貝殼結構，以透視圖進行平面測量，估算貝殼立體結構中聲音通道等各項數值。
4. 塔高、裁切後塔高、殼口長寬可直接在透視圖進行平面測量（圖 3-1）。而**聲音通道長度**，可在透視圖中測量個別螺層直線距離（圖 3-2 實線部分）作為通道部分圓弧（圖 3-2 虛線部分）的直徑；將立體的**螺旋聲音通道轉換為平面螺旋**，將各部分圓弧長度加總得到聲音通道長度（圖 3-3）。

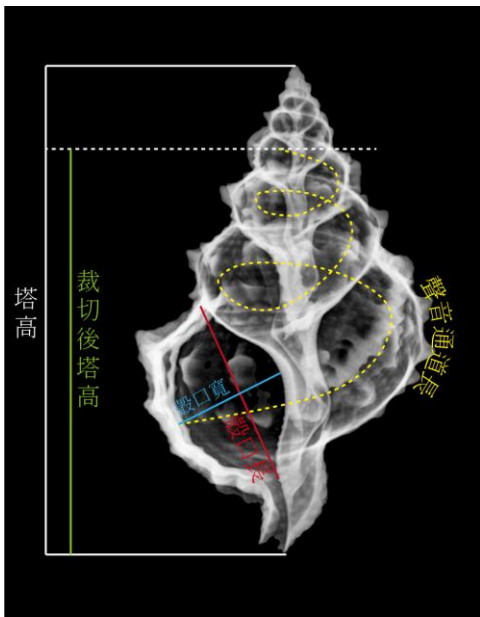


圖 3-1、利用 X-ray 透視圖，在平面上測量貝殼結構（大白蛙螺）

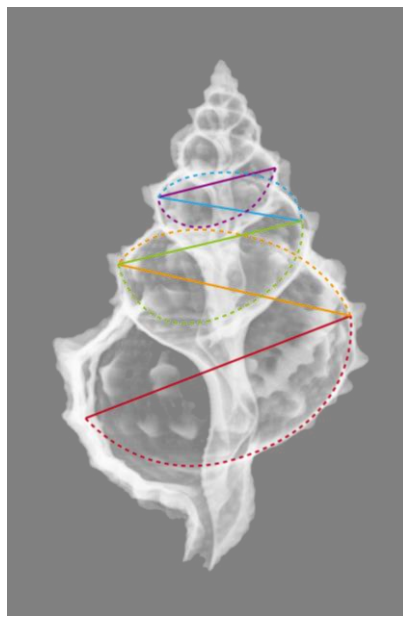


圖 3-2、聲音通道可由平面上測量代表圓弧的直徑

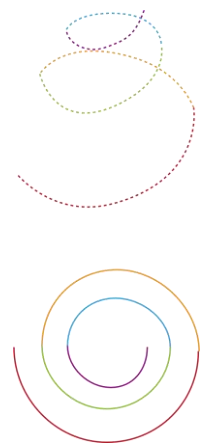


圖 3-3、立體的聲音通道長度轉換為平面

（二）、製作成品：裁切打磨貝殼裝置手機、藍芽喇叭

1. 選擇合適的貝殼，以砂輪機磨掉殼體（圖 3-5），使貝殼露出的孔洞大小剛好可以裝置所選的手機（圖 3-6）。
2. 選擇合適的貝殼，以砂輪機裁掉目標貝殼塔尖部分（圖 3-7），使貝殼露出的孔洞大小剛好可以裝置藍芽喇叭（圖 3-8）。

（三）、成果測試：聲音的主觀描述與儀器測量響度、音頻

1. 預先錄製同學彈奏無和弦版本歡樂頌鋼琴曲，將藍芽喇叭裝在自製四種貝殼音箱（大白蛙螺、夜光蝾螺、栗色鶉螺、椰子渦螺），以相同的條件播放錄製樂曲。
2. 播放樂曲隱藏資訊後（盲眼測試），播放給長期學音樂的人聆聽，紀錄聽後感想，將此描述作為範本。
3. 以前述範本製作紀錄表格，隨機選擇 20 人作為聽眾，隱藏四種音箱資訊後（盲眼測試）播放，紀錄聽後的感受與個人化感想（圖 3-9）。
4. 在相同的距離 20cm 下（圖 3-10），以噪音計（型號：BENETECH® GM1351-EM-00）測量不同貝殼音箱的響度。

5. 在相同的距離 20cm 下，以手機搭配 APP (phyphox[®] v1.1.10 手機物理實驗室) 進行不同貝殼音箱的測量 (圖 3-11)，測量**歷史頻率** (單音調隨時間的頻率變化)。

(四) 聲紋分析：聲音的圖像化與音色描述

1. 在相同的距離 20cm 下，以錄音筆 (SONY[®] ICD-UX543F) + 指向性麥克風 (Nikon[®] ME1) (圖 3-12)，錄製四種貝殼音箱在相同的條件播放的樂曲，匯入聲音編輯軟體 (Audacity[®] v3.0.2)，將音訊轉換為**聲紋圖形**。
2. 分析聲紋圖形的**波形變化 (音色)**。



圖 3-4、從海產餐廳取得食用貝的貝殼



圖 3-5、在貝殼上挖孔洞



圖 3-6、貝殼音箱 (手機版本)



圖 3-7、切掉貝殼塔尖部分



圖 3-8、渦螺、蛙螺貝殼音箱 (藍芽喇叭版本)

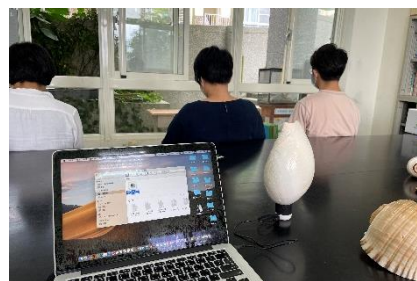


圖 3-9、不同貝殼音箱播放樂曲盲眼測試



圖 3-10、以噪音計測量貝殼音箱響度 (大白蛙螺)



圖 3-11、以手機應用程式 (phyphox[®]) 測量貝殼音箱播放樂曲歷史音頻



圖 3-12、藍芽喇叭+貝殼音箱 (栗色鶉螺)

肆、結果

一、前置研究

(一)、選擇合適的貝殼作為研究材料

台灣的軟體動物種類繁多，但是並不是每一種軟體動物的殼都適合本研究。頭足綱多半沒有殼，唯一有殼的鸚鵡螺，螺殼中間有許多分隔形成氣室，不符合本研究號角式音箱的構想；雙殼綱的扇貝、蛤蜊等外殼沒有號角狀的螺塔構造，也不合適。陸生貝類的外殼雖然具有號角結構，但是旋轉生長的模式多半讓外殼扁平，無法切割螺塔的塔尖部分，且多數陸貝體型太小。海產的腹足綱的軟體動物螺塔（貝殼），符合本研究的基本需求，本綱的貝殼基本按照文獻所述的三種模式生長，具有彎曲的號角結構。

根據《台灣貝類圖鑑》，篩選形狀、大小與數量符合本研究的材料，**蝾螺科**、**蛙螺科**、**渦螺科**與**鶉螺科**四個科別的貝殼適合本研究（表 4-1）。其中翁戎螺科形狀與大小雖然適合本研究，但是數量稀少珍貴；最終以夜光蝾螺(*Turbo marmoratus*)、舞袖渦螺(*Cymbiola nobilis*)、栗色鶉螺(*Tonna olearium*)、椰子渦螺(*Melo melo*)、大白蛙螺(*Tutufa bubo*)五種材料進行研究；其中夜光蝾螺、栗色鶉螺、椰子渦螺、大白蛙螺為食用貝類，貝殼自海產餐廳取得（圖 3-4），舞袖渦螺自貝殼藝品店取得。

表 4-1、台灣常見軟體動物腹足綱貝殼的研究適性表（選錄）

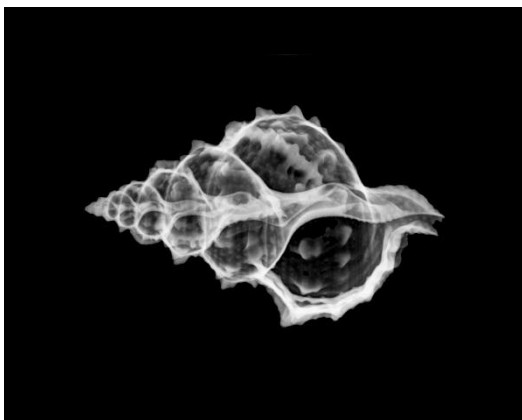
	形狀	大小	數量	適性		形狀	大小	數量	適性
笠螺科	-	-	+	×	寶螺科	-	-	+	×
翁戎螺科	+	△	-	×	玉螺科	+	-	+	×
鮑螺科	-	-	+	×	法螺科	+	△	△	×
鐘螺科	+	-	+	×	蛙螺科	+	+	+	○
蝾螺科	+	+	+	○	枇杷螺科	-	+	+	×
蜒螺科	+	-	+	×	唐冠螺科	-	+	+	×
蟹守螺科	+	-	+	×	鶉螺科	+	+	+	○
海蜷科	+	-	△	×	骨螺科	+	-	+	×
錐螺科	+	-	+	×	渦螺科	+	+	+	○
田螺科	+	-	+	×	榧螺科	-	-	+	×
鳳凰螺科	+	△	△	×	玉螺科	-	-	+	×

註：「-」表示不適合本研究；「+」表示適合本研究；「△」表示該科貝殼種類適合、不適合都有

(二)、透視所選海螺（貝殼）結構

將所選貝殼送往動物醫院，請合格醫事人員操作 X 光機拍攝貝殼透視圖，取得數位影像作為研究所需（圖 4-1），根前述研究法，將透視圖中各項數值進行測量，並且換算出貝殼內聲音通道的長度（僅計算裁切製成貝殼音箱後的長度）；以蛙螺的通道長度最長，從透視圖中可見栗色鶉螺與椰子渦螺，聲音通道所經過的螺塔層數較少，但是殼口面積迅速變大，大白蛙螺雖然通道經過的層數較多，但是殼口開展的程度相對較小（表 4-2）。後續研究以本研究選擇的最大尺寸貝殼作為音箱。

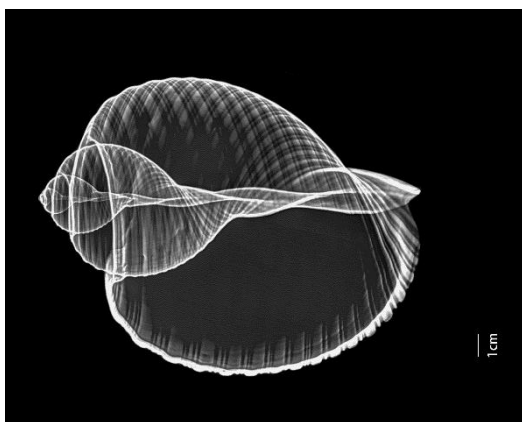
四種貝殼的殼口形狀不一樣，夜光蝾螺殼口接近圓形，作為聲音通道的管狀構造內側光滑，且殼壁厚約 2.0-3.0mm，栗色鶉螺的殼口為橢圓形，內壁有紋路，殼壁僅 0.5-1.0 mm，椰子渦螺殼口扁橢圓形，內壁光滑，但中軸處有波浪紋路，殼壁約 2.5-4.0mm 左右，大白蛙螺殼口為紡錘形，殼壁約 1.8-3.2mm 左右。



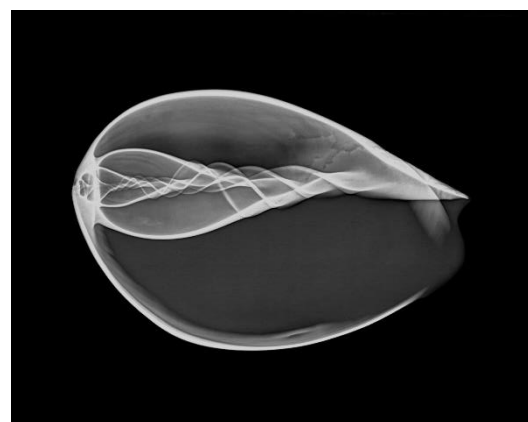
(a) 大白蛙螺 *Tutufa bubo*



(b) 夜光蝾螺 *Turbo marmoratus*



(c) 栗色鶉螺 *Tonna olearium*



(d) 椰子渦螺 *Melo melo*

圖 4-1、X-ray 透視圖（殼口朝下）

表 4-2、X-ray 圖中各種貝殼音箱的測量數據

名稱	大白蛙螺			夜光蝶螺			栗色鶉螺			椰子渦螺		
	小	中	大	小	中	大	小	中	大	小	中	大
裁切後塔高	10.1	16.2	21.7	8.6	10.8	17.1	—	12.3	16.5	—	17.9	20.1
殼口長	6.5	10.2	12.4	5.5	7.1	14.2	—	12	15.6	—	17.4	19.5
殼口寬	5.2	6.4	8.3	5.2	6.4	11.3	—	5.8	9.2	—	6.9	9.1
層數	2	3	4	2	2.5	3	—	1.5	2	—	1.5	2
聲音通道長	36.3	68.9	116.6	39.3	54.8	76.5	—	38.8	65.1	—	37.5	57.8

二、貝殼音箱的製作

選擇舞袖渦螺、椰子渦螺，根據手機尺寸，以砂輪機挖洞，開口處黏上泡棉，完成手機版本的貝殼音箱（圖 4-2），經測試具有擴大的效果，但是手機尺寸各異，製作的音箱無法通用於各個版本的手機，而且手機的喇叭效果有限，最終捨棄手機版本音箱；改將椰子渦螺、栗色鶉螺、夜光蝶螺、大白蛙螺四種貝殼，將塔尖部分以砂輪機磨掉，裝上藍芽喇叭製成音箱（圖 4-3），本研究後續所有的聲音測試，以藍芽喇叭版本音箱為主。



(a) 椰子渦螺手機音箱



(b) 舞袖渦螺手機音箱

圖 4-2、切開貝殼，裝上手機



(a) 大白蛙螺螺



(b) 夜光蝶螺



(c) 栗色鶉螺



(d) 椰子渦螺

圖 4-3、切割貝殼塔尖，裝上藍芽喇叭

三、貝殼音箱的聲音表現

(一) 貝殼音箱播放聲音的主觀描述

錄製同學彈奏的**無和弦版本歡樂頌鋼琴曲**，選擇無和弦樂曲目的在於分析音樂時，能夠比較單純檢視不同曲調的聲音經過音箱後的改變。錄製後的樂曲經過不同的貝殼音箱播放，讓學過音樂，對**音樂感受力強的受試者**聆聽，從這些受試者聆聽後的感受描述中，歸納出貝殼音箱播放出來的同一首曲子，**聲音有擴大的效果**，而且變得具有「**顆粒感**」（表 4-3），顆粒感指的是樂曲的**單音與單音間變清晰**，不太有延遲音，像是文章的斷句一樣。

根據前述實驗，對音樂感受力強的受試者聆聽的感受描述中，建立新的**調查表**，分為**聲音的大小、聲音的清晰程度與個人化感受**三個項目，在隱藏樂曲資訊下，隨機找來 20 位受試者，依據調查表中三個項目進行測試。

分析 20 位受試者對於聆聽不同貝殼音箱處理的樂曲感受，**加上貝殼音箱後播放的聲音響度都比未加音箱的狀態大聲**，其中夜光蝾螺響度最大，平均達 4.8（以未加貝殼音箱為基準 3，由小至大以 1-5 表示，N=20），大白蛙螺表現最小聲，僅達 3.6。**加上貝殼音箱播放的清晰程度也都有提升**，以夜光蝾螺與椰子渦螺並列最清晰，達 4.1；大白蛙螺則為 3.6，清晰程度最低（表 4-4）。

分析個人感受，對於加上貝殼音箱後播放樂曲的感受，都有**接近半數的受試者表達正面觀感**（蛙螺：11，蝾螺：10，鶉螺：11，渦螺：9，N=20），描述中包含了：舒服、飽滿、清亮、立體...等。負面評價介於 3~5 之間，其中描述中包含了：濁、模糊、沙沙的、空空的...等。

表 4-3、學音樂的受試者對於聲音的感受（N=3）

	樂齡	大白蛙螺音箱	夜光蝾螺音箱	栗色鶉螺音箱	椰子渦螺音箱
A	7 年	聲音變得大聲	聲音變得清楚	最大聲，聲音最清晰	聲音悶悶的，有些混濁
B	10 年	顆粒感很重	有些顆粒感	顆粒感	顆粒感
C	12 年	聲音變得大聲	大且清晰	大且清晰，疊音	清晰

註：受試者皆受過長期音樂訓練

表 4-4、受試者對於貝殼音箱播放樂曲盲眼測試的個別感受（N=20）

	大白蛙螺音箱	夜光蝶螺音箱	栗色鶉螺音箱	椰子渦螺音箱
響度	3.9	4.8	4.6	4.3
清晰度	3.6	4.1	3.8	4.1
感受	正面	11/20	10/20	11/20
	負面	3/20	3/20	5/20

註：響度、清晰度評分標準以未加貝殼音相為基準 3，由小至大以 1~5 表示，取平均；感受為文字敘述，列出 20 筆資料中的數量

（二）貝殼音箱播放聲音的客觀描述

1. 響度

以噪音計測試不同貝殼音箱播放的樂曲（圖 4-4），其結果與前述受試者一致，貝殼音箱確實有擴大聲音的效果，而且殼口最大的栗色鶉螺，聲音也最大聲，從原來的 80.7 分貝上升至 100.0 分貝（表 4-5），響度大小也與主觀描述相近，顯示夜光蝶螺與栗色鶉螺音箱播放樂曲，無論主官描述或是客觀測量，都有較大的響度表現。

表 4-5、以噪音計在相同距離與條件下檢測樂曲聲音最大值（單位：分貝 dBA；N=5）

原音	大白蛙螺			夜光蝶螺			栗色鶉螺			椰子渦螺		
	小	中	大	小	中	大	小	中	大	小	中	大
80.7	90.2	94.5	96.4	91.1	94.3	96.7	—	94.1	100.0	—	92.9	96.6



(a) 只有藍芽喇叭



(b) 藍芽喇叭+大白蛙螺音箱



(c) 藍芽喇叭+栗色鶉螺音箱

圖 4-4、噪音計檢測聲音大小（Max）

2. 音高

以手機 iPhone[®] 12 搭配手機 APP（phyphox[®] 手機物理實驗室）進行歷史音頻（音高）測量（圖 3-11），結果顯示栗色鶉螺音箱播放的曲調（圖 4-7）與原曲最為接近（圖 4-9），夜光蝶螺與椰子渦螺音箱播放的曲調出現少許高頻音（圖 4-6、圖 4-8），而大白蛙螺呈現出許多高頻音穿插在原曲中（圖 4-5）。

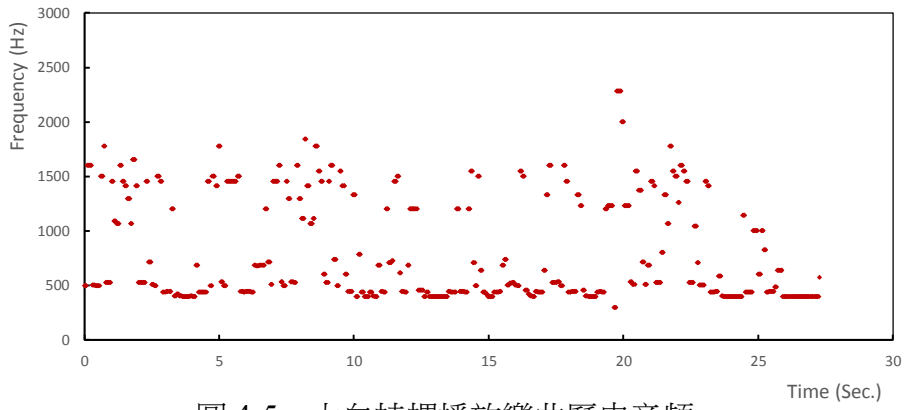


圖 4-5、大白蛙螺播放樂曲歷史音頻

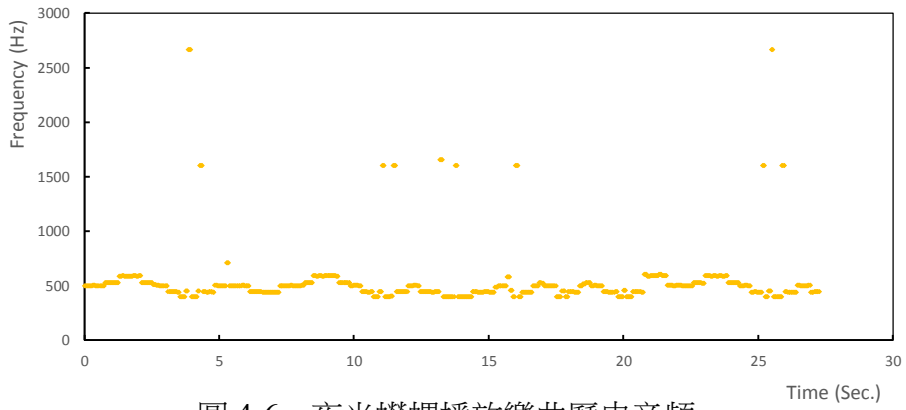


圖 4-6、夜光蝶螺播放樂曲歷史音頻

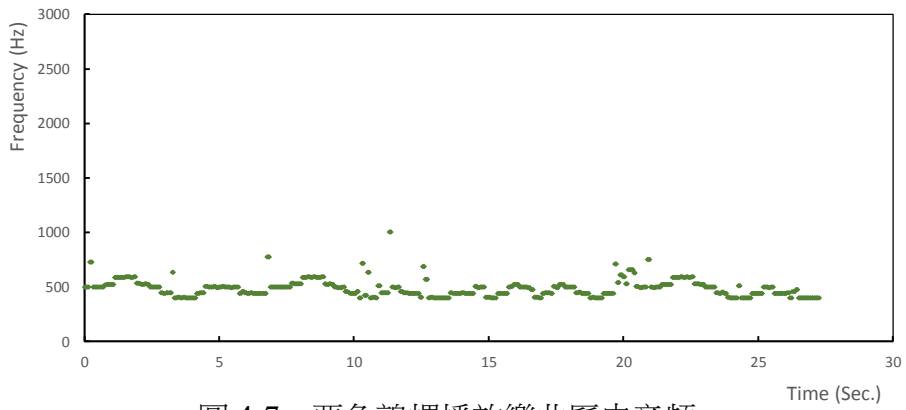


圖 4-7、栗色鶉螺播放樂曲歷史音頻

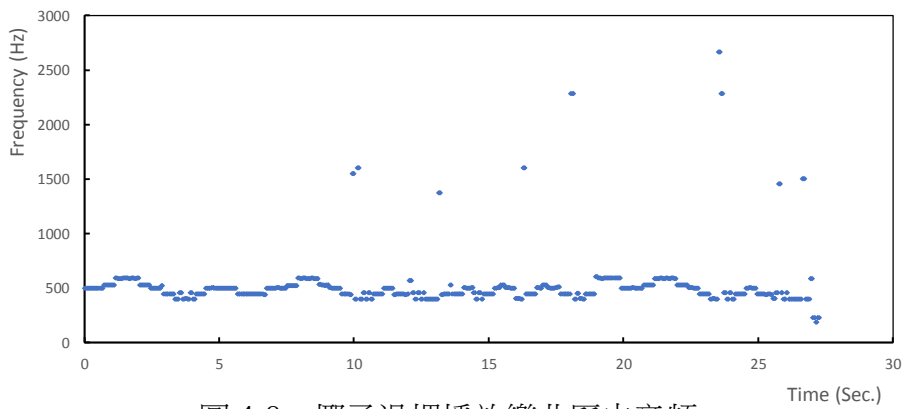


圖 4-8、椰子渦螺播放樂曲歷史音頻

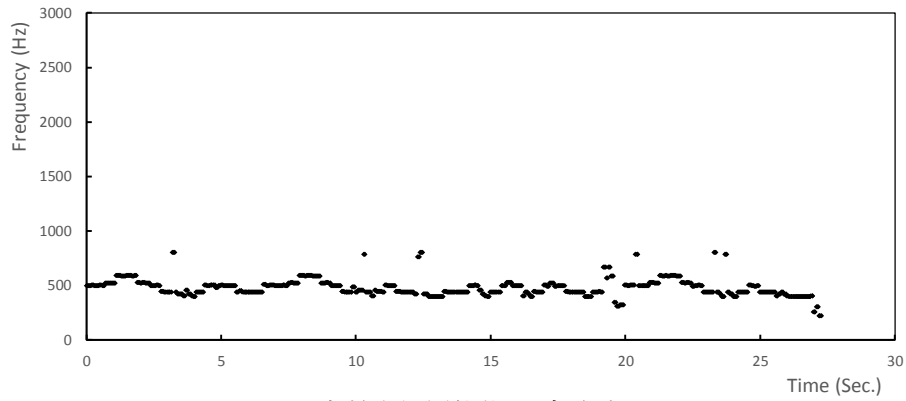


圖 4-9、直接播放樂曲歷史音頻

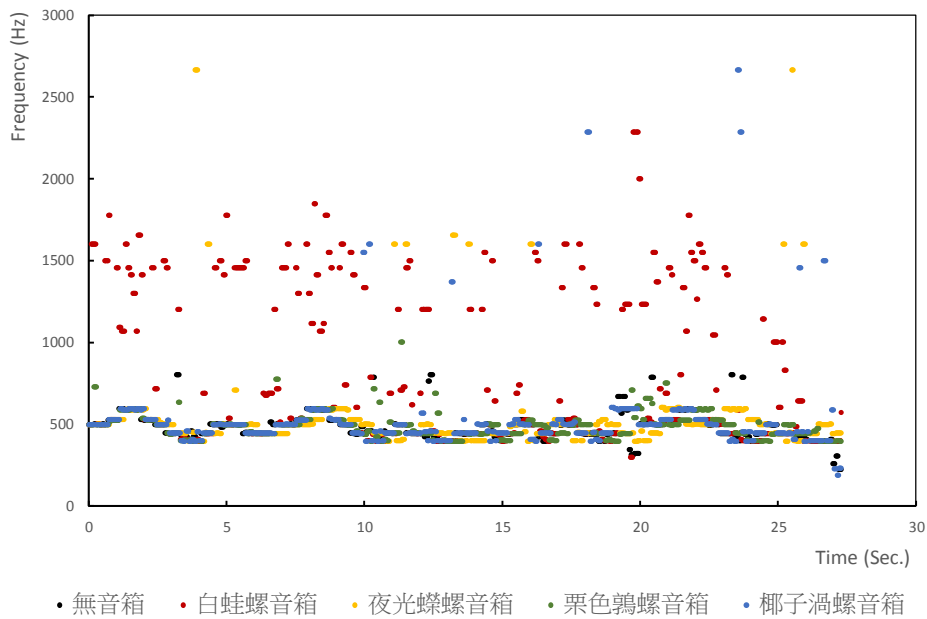


圖 4-10、不同貝殼音箱與原曲播放歷史音頻比較

將不同音箱播放的樂曲與原曲的歷史頻譜圖疊合，可發現**夜光蝶螺音箱**播放樂曲中，許多單音出現**位移現象**，隨著時間軸進展，越後面位移越明顯（圖 4-10 中黃色點），換句話說，曲調中同一的音的播放時間，**越來越長，出現了延遲音**。

與聆聽樂曲的主觀描述比較，大白蛙螺音箱的清晰度為 3.6，夜光蝶螺音箱的清晰度為 4.8（表 4-4），與客觀的測量記錄顯示相異的結果，有延遲音的蝶螺音箱清晰度表現反而好，大白蛙螺音箱出現許多原本不存在的高頻音，清晰度表現反而最差。

四、貝殼音箱的聲紋分析

錄製不同音箱播放的樂曲（圖 4-11），使用聲音編輯軟體（Audacity® v3.0.2）匯入錄音檔，將聲音變成聲紋圖，聲紋圖中可以具現化表示構成聲音的三個條件，波紋的振幅表示聲音的響度，峰值表示頻率，也表示了高低音，而波紋起伏變化的形式表示了聲音的特色（圖 4-12）。

建立聲紋圖，可以藉由聲音轉換的波紋進行分析，將錄音曲子內每個演奏音獨立放大顯示，客觀顯示經過貝殼音箱播放後聲音的音色改變。結果顯示個個單音的波形明顯有改變，可以明顯觀察到聲音波紋錯位相疊（表 4-6 紅框圈起處）的情形，其中鶉螺的波形與原曲最為相近，蛙螺有許多明顯的波紋重疊，曲調越高，出現波紋相疊的狀況也越明顯；聲音在音箱裡反射，引起共鳴現象，使聲音顯示的波紋互相干涉，形成不同的波形，造成聆聽者產生不同的觀感，波紋圖中顯示音色的差異，與儀器測得的歷史音頻有相似結果。



(a) 錄製藍芽喇叭播放
樂曲

(b) 錄製經舞袖渦螺藍
芽喇叭音箱播放樂曲

(c) 錄製經夜光蝶螺藍
芽喇叭音箱播放樂曲

(d) 錄製經栗色鶉螺藍
芽喇叭音箱播放樂曲

圖 4-11、錄製不同貝殼藍芽喇叭音箱播放樂曲作為分析使用

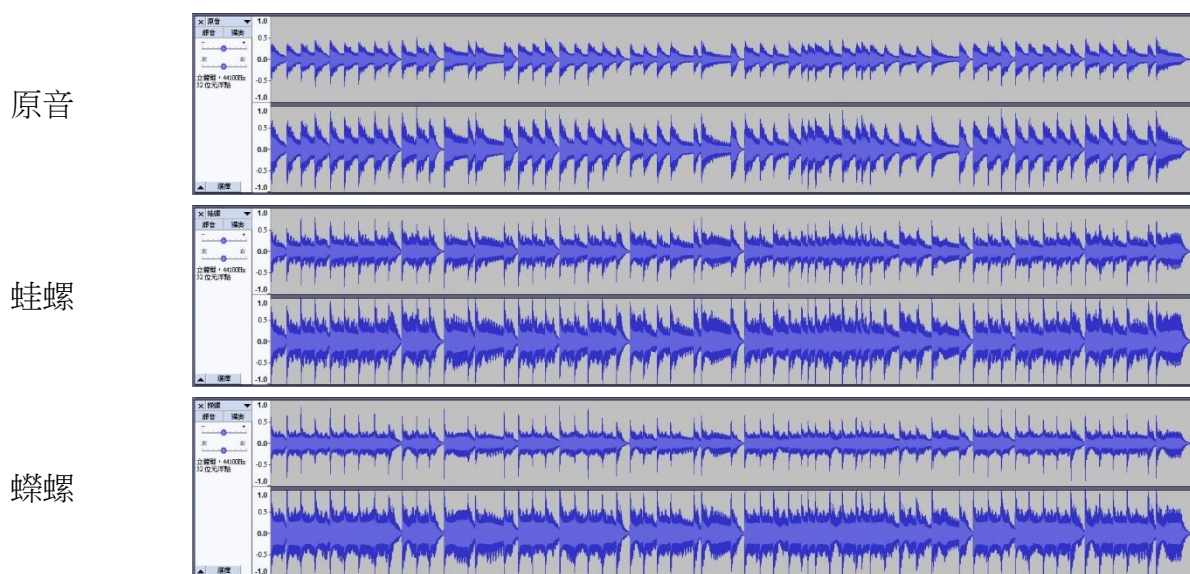
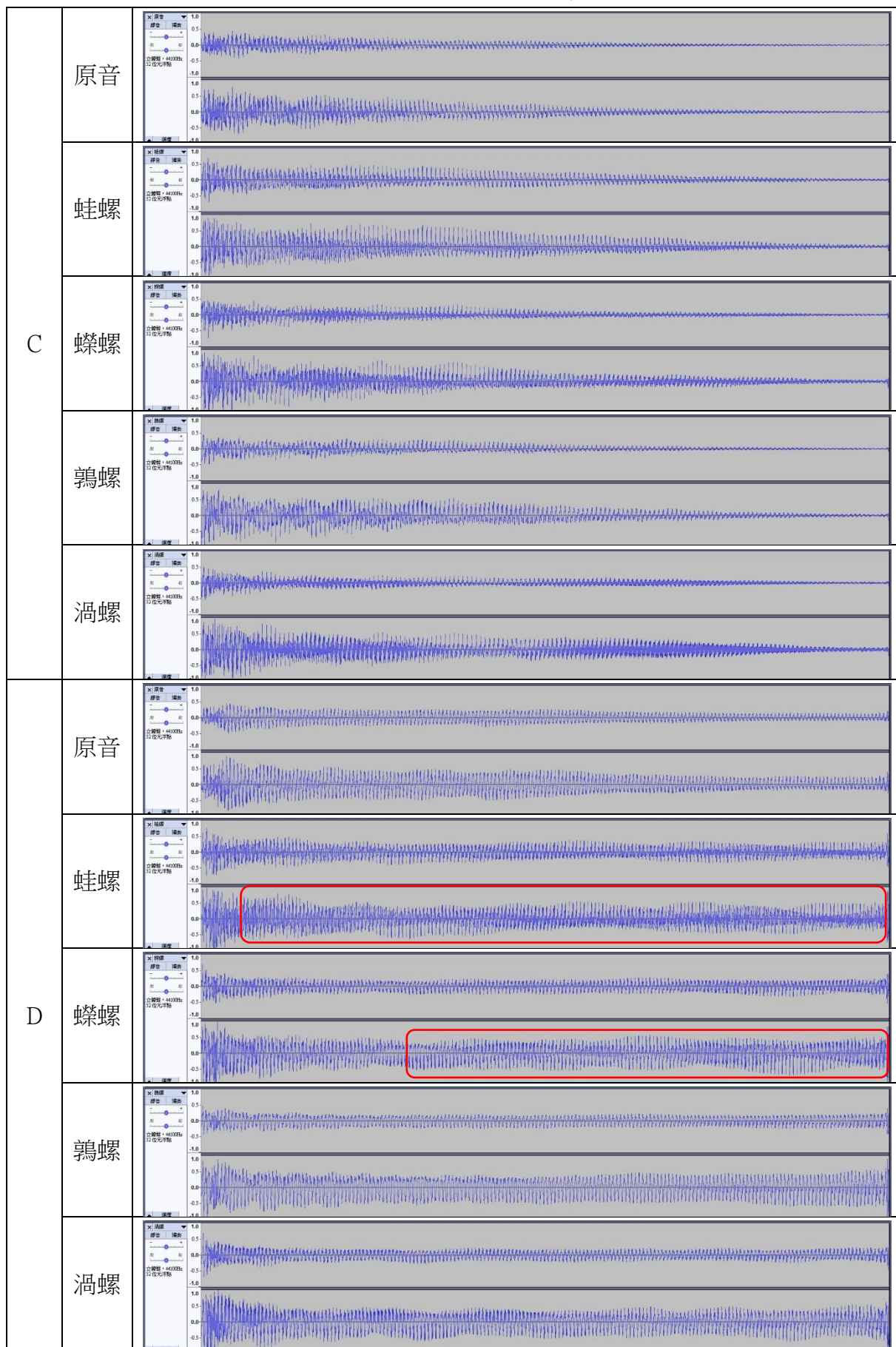


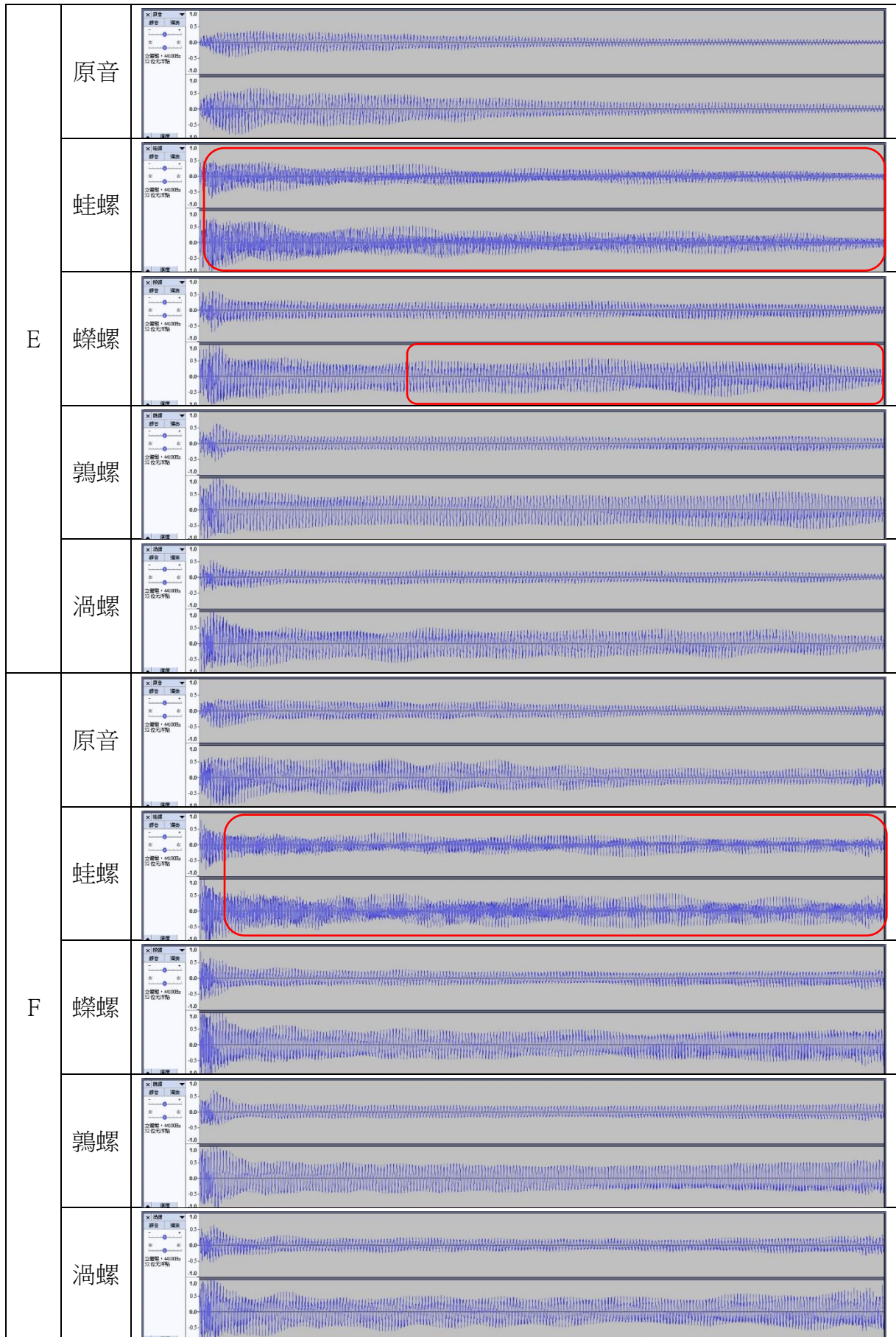
圖 4-12、不同播放方式錄音檔聲紋全圖（摘錄原音、蛙螺音箱、蝶螺音箱）

表 4-6、四種不同播放方式錄音檔個別曲調聲紋圖（C 調、D 調）



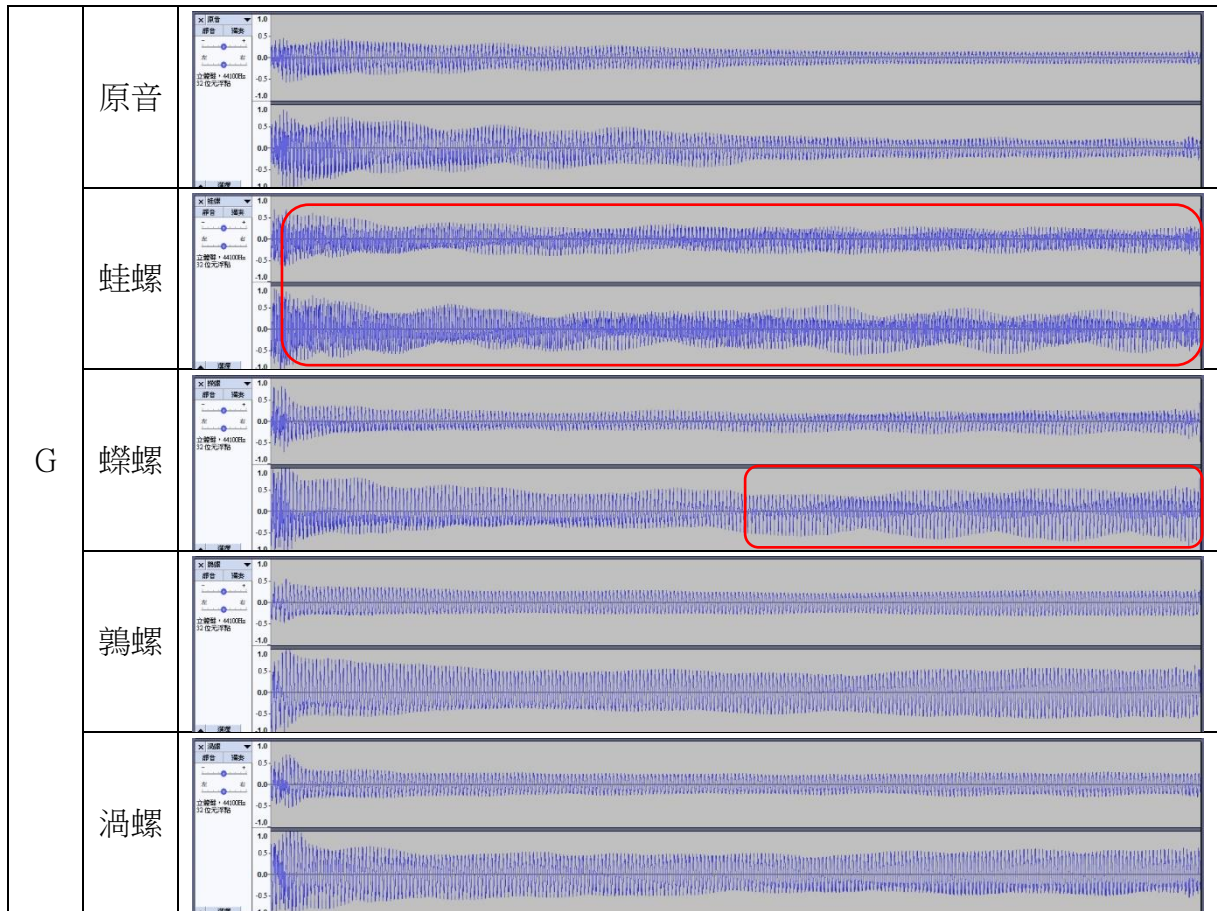
☐ 紅框表示波紋錯位交疊處

表 4-6 (續)、四種不同播放方式錄音檔個別曲調聲紋圖 (E 調、F 調)



☐ 紅框表示波紋錯位交疊處

表 4-6 (續)、四種不同播放方式錄音檔個別曲調聲紋圖 (G 調)



□ 紅框表示波紋錯位交疊處

伍、討論

根據台灣野生動物保育名錄，軟體動物尚無明列名單的物種，但稍具保育概念的人都知道，看似無用的貝殼，也可能在生態系統(ecology system)中扮演一個重要的生態區位(ecology niche)，像是許多海螺的幼貝，提供寄居蟹的巢位選擇，然而**本研究所選擇的食用貝已然是成員，已非寄居蟹可以選擇的尺寸**，在合理永續使用海洋資源的前題下，捕時貝類食用，不會造成生態系統的崩毀，海洋資源的威脅，終究還是棲地的破壞與過度漁撈行為造成的傷害最大。本研究並無因為研究需求而捕撈軟體動物，僅使用合理漁撈下的棄置物(餐廳廢棄物)做再利用，**讓資源能夠物盡其用**。

貝殼製作的音箱，**有效將藍芽喇叭的聲音擴大**，意即可以用比較**低耗能的狀態**播放樂曲，再透過音箱擴大聲音，亦具有節能的環保優點。

以海螺貝殼製作的藍芽喇叭音箱，無論是客觀上的科學證據，或是聆聽者的主觀感覺，都可以確認**聲音透過音箱有放大的效果**，而貝殼音箱的聲音通道形狀與長短，會影響聲音的表現，從聲紋圖與儀器測量結果分析可以得知，聲音透過音箱放大後，音色雖然略有改變，但是**音頻基本上沒有太大的差異**，從聆聽者的聽後觀感，也沒有出現人耳可以辨別的音頻改變，但是音色則讓大多數的受試者感受到差異，雖然對於聲音的觀感屬於主觀意識，無法客觀量化，但是在聲紋圖中，**科學證據客觀證明音色的改變，並非聆聽者的一廂情願**。

從歷史音頻圖形中發現，大白蛙螺音箱播放樂曲出現許多原曲沒有的高頻音，在波形圖(音色)中可以發現，大白蛙螺音箱播放的樂曲最為不同，錯位交疊導致波形變化很大，但是在主觀描述中，大白蛙螺的聲音不乏正面評價。而從歷史音頻圖中顯示，夜光蝶螺音箱具有延遲音，但是在主觀描述中卻是最清晰的(顆粒感)，或許受試者對於清晰的定義不同。

聲音的響度與音調，可以使用儀器客觀測量，科學儀器測量可以證明音色不同，但無法給出何種音色屬於好聽，音色終究歸於個人喜好。

陸、結論

- 一、軟體動物腹足綱的海螺，貝殼生長造成具有彎曲的號角結構。蝾螺科、蛙螺科、渦螺科與鶉螺科四個科別的貝殼適合本研究，以大白蛙螺 (*Tutufa bubo*)、夜光蝾螺 (*Turbo marmoratus*)、栗色鶉螺 (*Tonna olearium*)、椰子渦螺 (*Melo melo*)、舞袖渦螺 (*Cymbiola nobilis*) 五種材料進行研究，用以製作手機擴大音箱與藍芽喇叭音箱。
- 二、利用 X-ray 儀器拍攝貝殼的透視圖，容易進行測量與檢視聲音通道的形狀、長度，作為聲音表現與聲音通道關聯的證據。
- 三、無論客觀使用儀器檢測或是聆聽者的主觀感受，貝殼製作的音箱，能夠有效將藍芽喇叭的聲音擴大，使用客觀儀器測量，音箱的響度明顯上升，而音頻沒有顯著改變。
- 四、透過聲紋圖，將聲音圖像化顯示後，從波紋的變化可以客觀證明聲音經過音箱放大後的改變（音色顯著不同），與聆聽者的主觀感受可以相互佐證。
- 五、聲音的響度與音調，可以使用儀器客觀測量，科學儀器測量可以證明音色不同，但無法給出何種音色屬於好聽，音色終究歸於個人喜好。

柒、參考文獻

蘇子豪 (2001)，*認識音響*，國家。

賴景陽 (2005)，*台灣貝類圖鑑*，貓頭鷹。

譚美芳、李坤瑄 (2010)，*貝殼屋的建築師*，國立自然科學博物館。

D. E. Moulton, A. Goriely, R. Chirat. (2018)，物理形塑貝殼之美，*科學人*，195: pp.30-37.

Trevor Cox (2018)，*聲音的奇妙旅程* (二版)，馬可孛羅。

2022年6月10日，實用性貝類，行政員農委會水產試驗所
<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=4303>

【評語】 082814

從貝殼形狀對於聲音擴大，但音頻沒受到影響的特性進行研究，探究貝殼樣式對聲音的影響，由客觀的實驗測量響度與頻率，以科學的方法驗證主觀調查的結果，探討的主題有趣。能夠在大自然中就地取材，了解其特性並做應用，選題值得鼓勵。建議對貝殼的構造對聲音的影響能有更深入的探討，使作品更完善。

作品簡報

海潮之聲 - 天然海螺音箱

國小組

自然與生活應用科學科 (一)

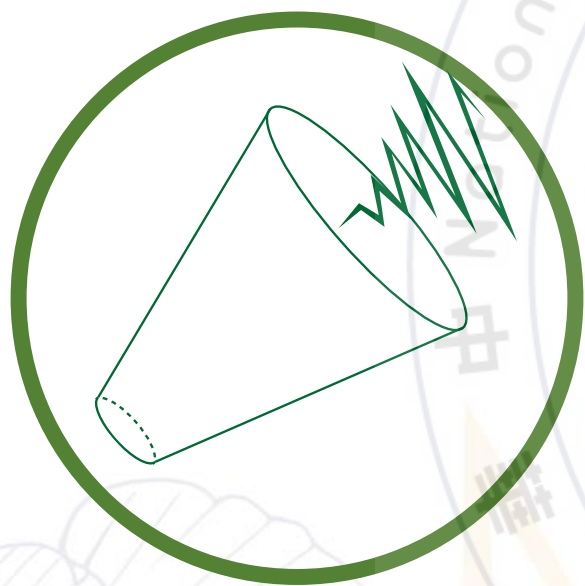


文獻回顧

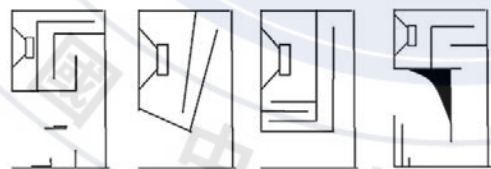
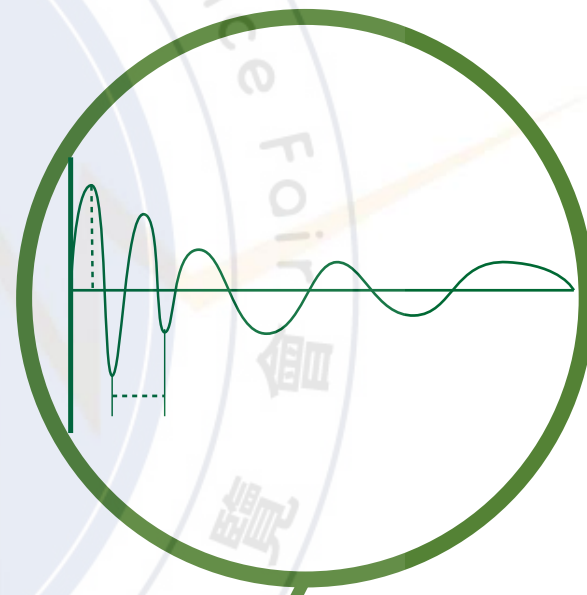
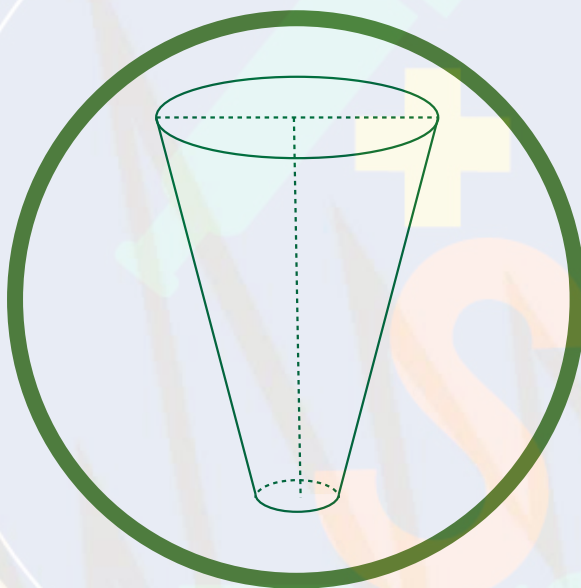
1. 號角結構擴大聲音

2. 聲音通道長 > 發聲口直徑1.5倍

4. 聲音三要件：響度、音頻、音色



+



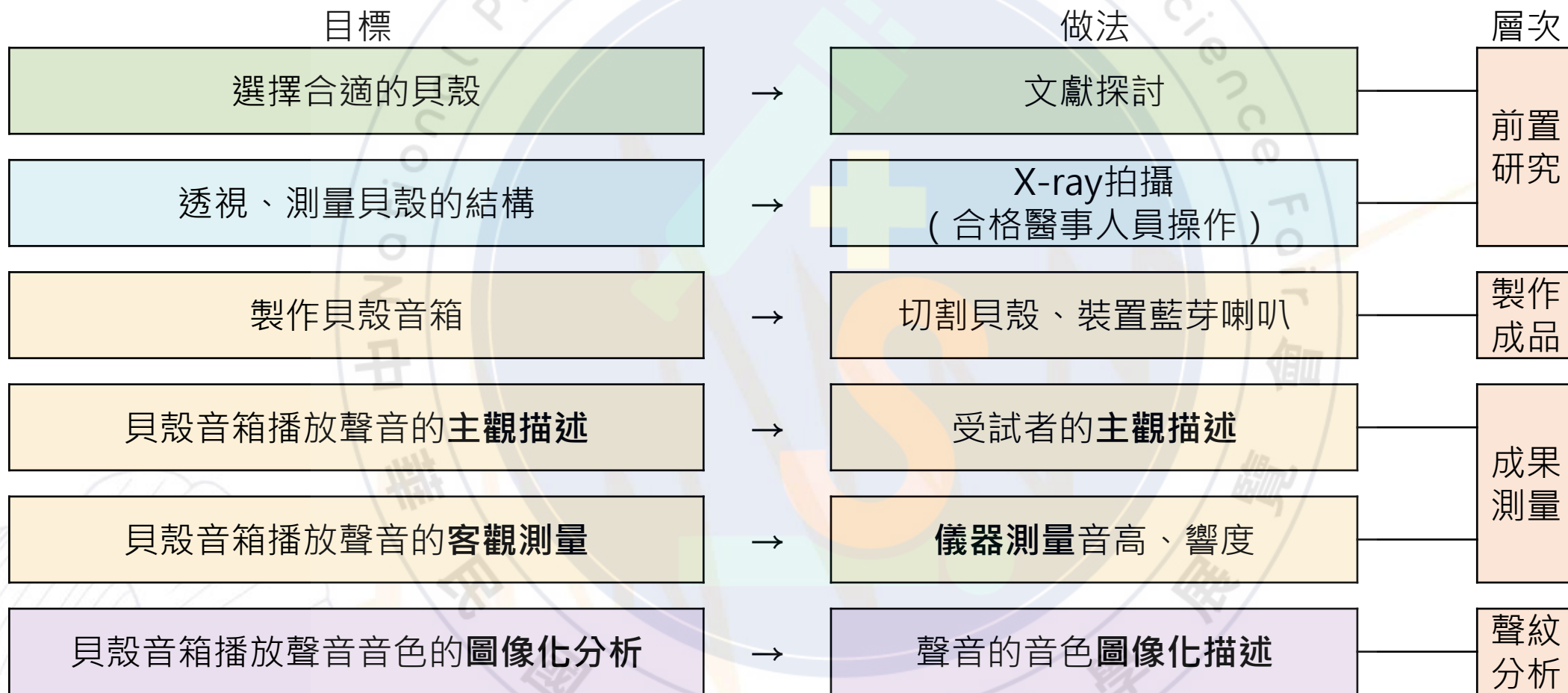
3. 反射式號角音箱設計



貝殼音箱可行性？

待答問題

研究架構



貝殼選擇

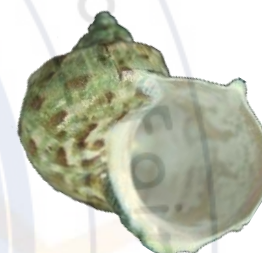


稀有程度
形狀、大小

台灣貝類圖鑑



大白蛙螺
Tutufa bubo



夜光蝾螺
Turbo marmoratus

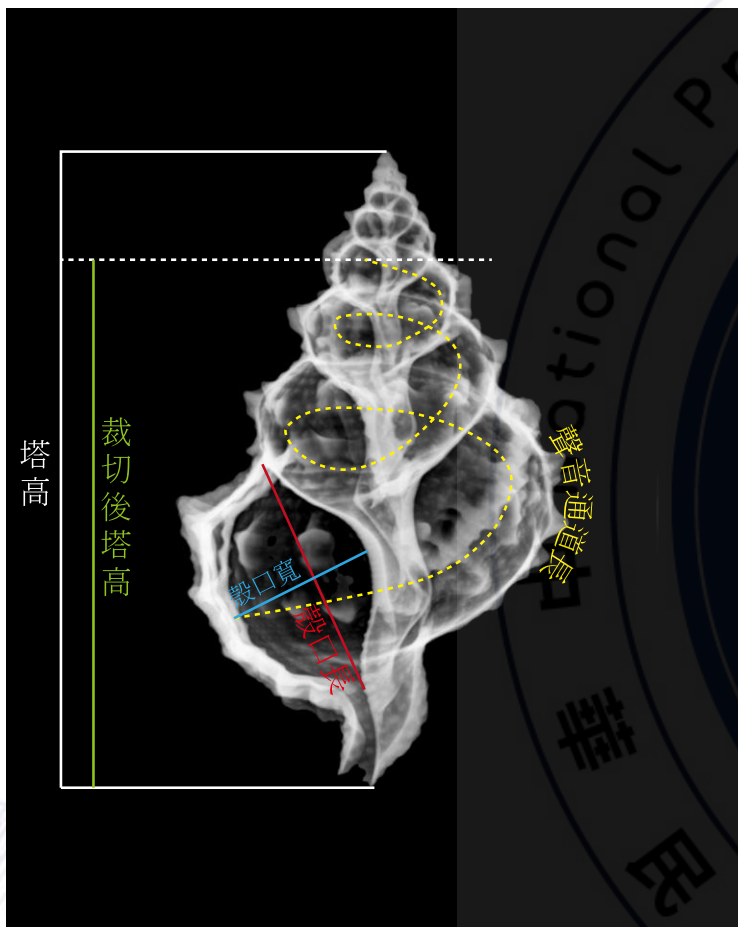


栗色鶉螺
Tonna olearium

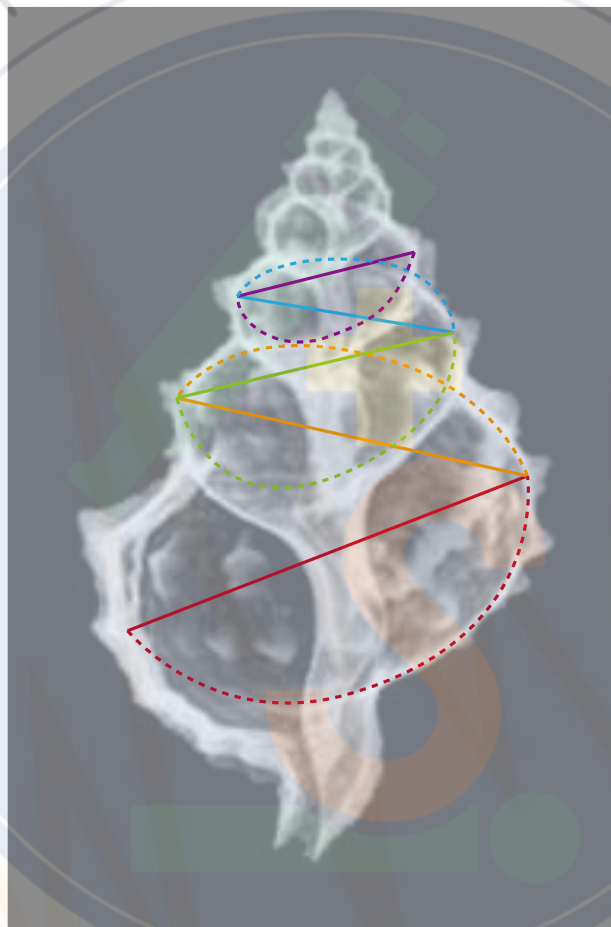


椰子渦螺
Melo melo

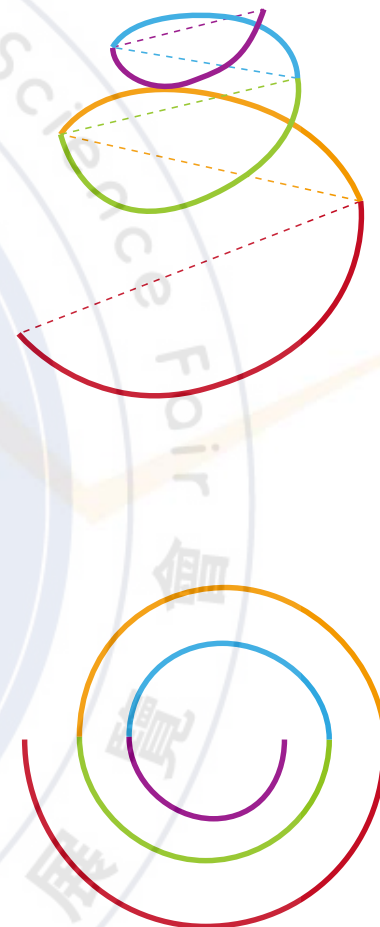
透視貝殼與測量



利用X-ray透視圖，在平面上測量貝殼結構（大白蛙螺）



聲音通道可以看成多段半圓弧組成



圓弧的直徑在平面上測量，換算成通道長

製作貝殼音箱



手機貝殼音箱

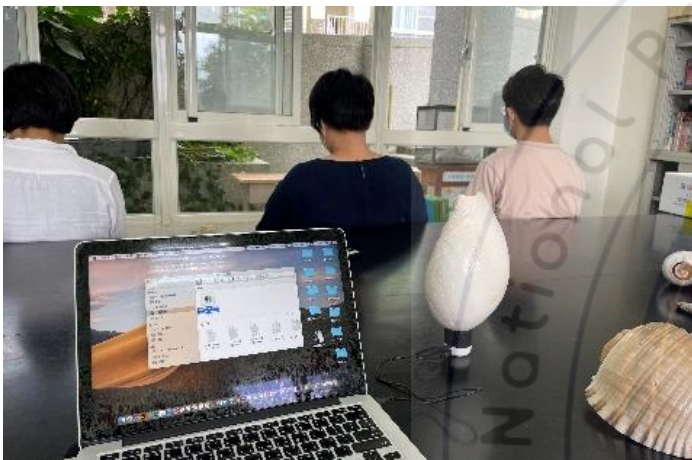


改良



藍芽喇叭貝殼音箱

貝殼音箱播放樂曲主觀描述



受試者對於貝殼音箱播放樂曲盲眼測試的個別感受 (1 ~ 5 級分 ; N=20)

	大白蛙螺音箱	夜光蝶螺音箱	栗色鶉螺音箱	椰子渦螺音箱
響度	3.9	4.8	4.6	4.3
清晰度	3.6	4.1	3.8	4.1
感受	正面	11/20	10/20	11/20
	負面	3/20	3/20	5/20

↑ 感覺有擴大效果、清晰度有差異，音色有改變

貝殼音箱播放樂曲客觀測量：響度



噪音計 + 貝殼音箱

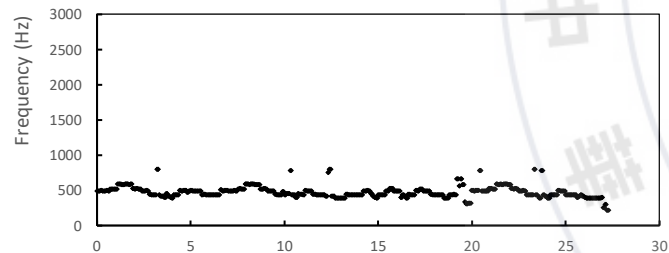
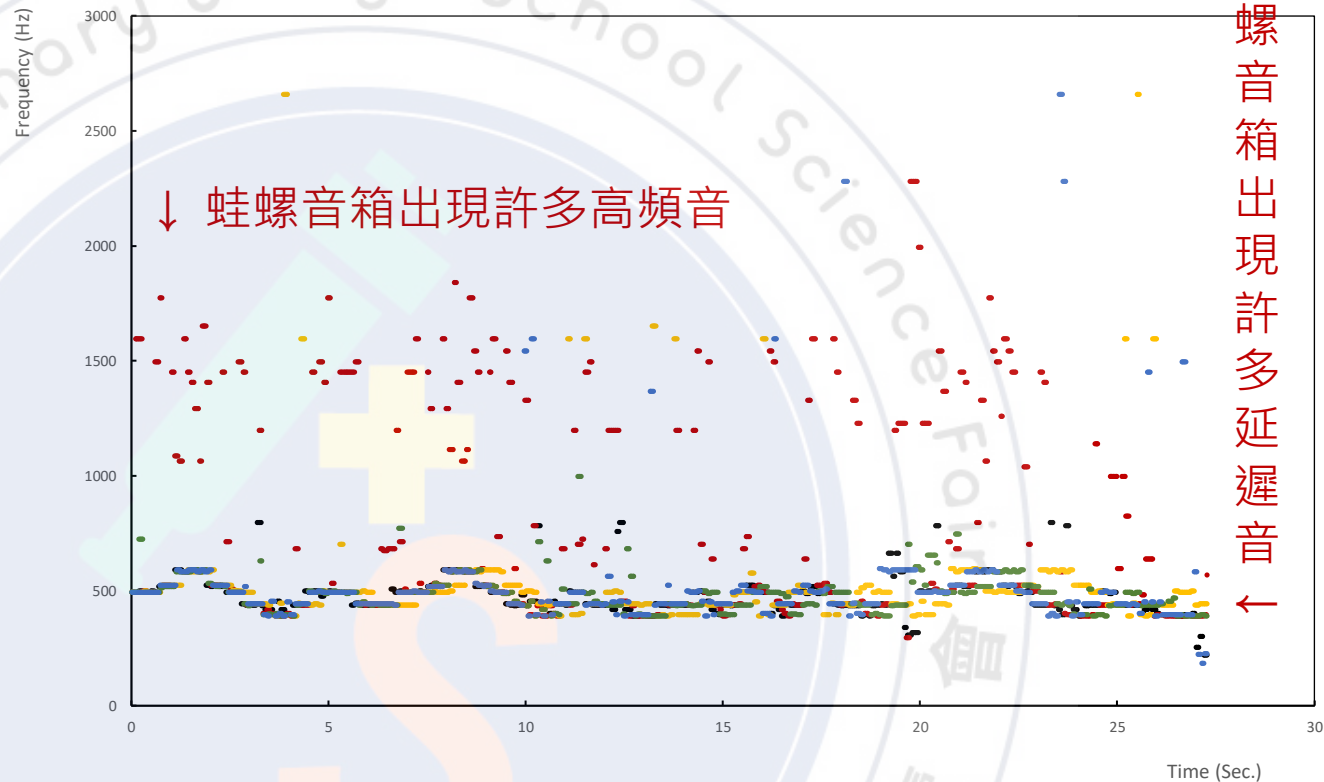


以噪音計在相同距離與條件下檢測樂曲聲音最大值 (單位：分貝dBA；N=5)

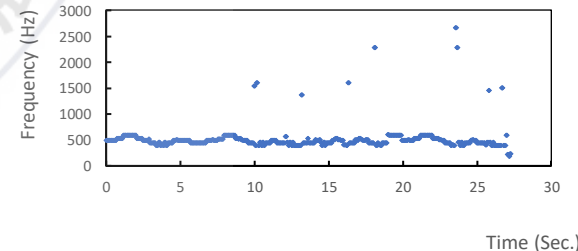
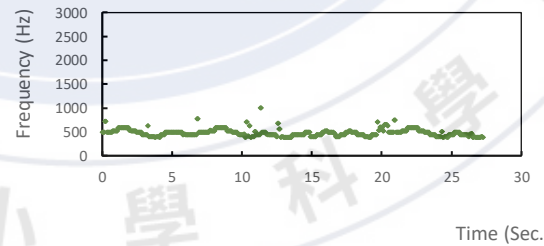
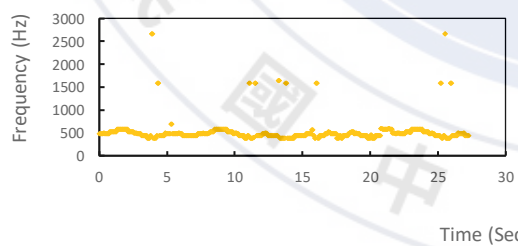
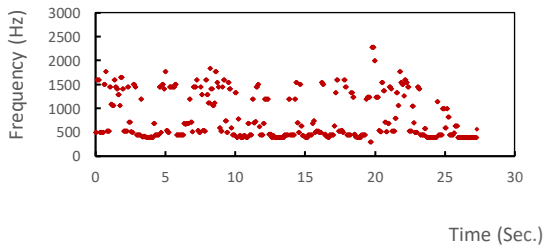
原音	大白蛙螺			夜光蝶螺			栗色鶉螺			椰子渦螺		
	小	中	大	小	中	大	小	中	大	小	中	大
80.7	90.2	94.5	96.4	91.1	94.3	96.7	-	94.1	100.0	-	92.9	96.6

↑ 客觀測量證實貝殼音箱確實有擴大聲音效果

客觀測量：音頻



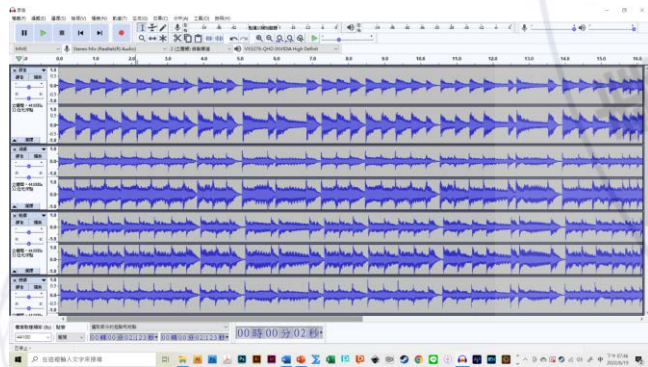
• 無音箱 • 大白蛙螺音箱 • 夜光蝾螺音箱 • 栗色鶉螺音箱 • 椰子渦螺音箱



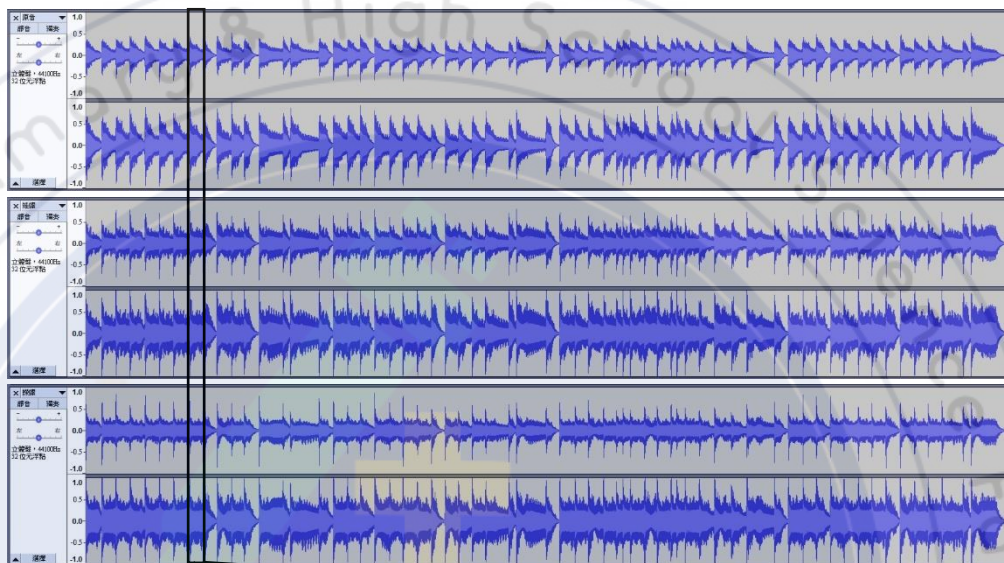
客觀測量：音色



↓ 匯入 Audacity®



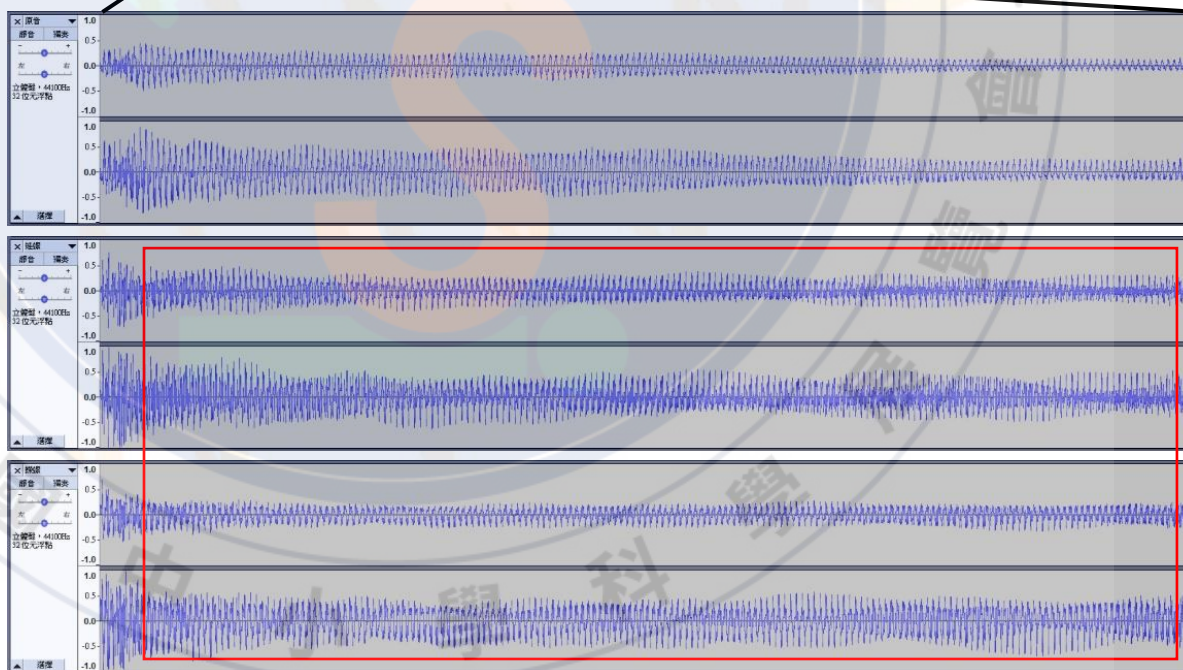
↑ 抽象的音色圖像化了！



無音箱

大白蛙螺音箱

夜光蝶螺音箱



出現許多重疊波形 ←

結論

- 一、利用X-ray儀器拍攝貝殼的透視圖，容易進行測量與檢視聲音通道的形狀、長度，作為聲音表現與聲音通道關聯的證據。
- 二、無論客觀使用儀器檢測或是聆聽者的主觀感受，貝殼製作的音箱，能夠有效將藍芽喇叭的聲音擴大，使用客觀儀器測量，音箱的響度明顯上升，而音頻沒有顯著改變。
- 三、透過聲紋圖，將聲音圖像化顯示後，從波紋的變化可以客觀證明聲音經過音箱放大後的改變（音色顯著不同），與聆聽者的主觀感受可以相互佐證。
- 四、聲音的響度與音調，可以使用儀器客觀測量，科學儀器測量可以證明音色不同，但無法給出何種音色屬於好聽，音色終究歸於個人喜好。



參考文獻

蘇子豪 (2001) , *認識音響* , 國家。

賴景陽 (2005) , *台灣貝類圖鑑* , 貓頭鷹。

譚美芳、李坤瑄 (2010) , *貝殼屋的建築師* , 國立自然科學博物館。

D. E. Moulton, A. Goriely, R. Chirat. (2018) , 物理形塑貝殼之美 , *科學人* , 195: pp.30-37.

Trevor Cox (2018) , *聲音的奇妙旅程* (二版) , 馬可孛羅。

2022年6月10日 , 實用性貝類 , 行政員農委會水產試驗所

<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=4303>

