

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 動物與醫學科

052013

蟋蟀的發聲構造與音量、頻率、聲音特色之探討

學校名稱：高雄市立高雄高級中學

作者： 高二 溫彥丞 高一 錢俊廷	指導老師： 謝佳昌
-------------------------	--------------

關鍵詞：頻率、聲量、體重

摘要

我們想知道，常在校園或街道角落的蟋蟀的叫聲，是否體型或者發聲構造的面積會與他們有關聯。因此，我們能夠在市面上看到同種，卻不同大小、顏色的黃斑黑蟋蟀，也讓我們想要探討，同種的情況下，蟋蟀是否會因為體型大小而聲音特色有所不同。本實驗研究黃斑黑蟋蟀，我們選用體型較大的「黑龍仔」品系及體型較小的「紅羌仔」品系，透過透過回歸分析的方式，分析當一隻「紅羌仔」或「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀的體重、harp 或 mirror 面積在蟋蟀群體 (n=30) 中越大，對於黃斑黑蟋蟀呼喚、打鬥、求偶長音、求偶短音的關係。我們也進一步驗證什麼樣的求偶聲能夠吸引雌性蟋蟀的注意，並討論這是否和體型有關。

壹、研究動機

蟋蟀會鳴叫，有時是急促的鳴叫，有時是低低的嗡嗡。我們發現，那是來自於校園各角落的蟋蟀，而隨著觀察，我們發現，蟋蟀的叫聲高高低低，我們想知道，對於蟋蟀的叫聲，是否體型會與他們有關聯。而眾所周知，「鬥蟋蟀」是古代一種活動，雖然隨著時代變遷而逐漸退出歷史舞台，但飼養的方法卻保留了下來。因此，我們能夠在市面上看到同種，卻不同大小顏色的黃斑黑蟋蟀，也讓我們想要探討，同種的情況下，蟋蟀是否會因為體型大小而聲音特色有所不同。

貳、背景介紹

本實驗研究黃斑黑蟋蟀，我們選用體型較大的「黑龍仔」品系及體型較小的「紅羌仔」品系。

名稱:黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)

(一)分類地位：昆蟲綱,直翅目,蟋蟀科

(二)分布情形：分佈道路系統兩旁邊坡或綠帶或都會區街道邊之路植穴或雜物區或安全島，其次是校園及住宅等人工密集所。

(三)外觀：黃斑黑蟋蟀是屬於直翅目地蟋蟀科，從體色可以分為兩種，一種是胸、足與前翅皆為黑色的黃斑黑蟋蟀，俗稱「黑龍仔」；另一種則是胸、足與前翅帶有紅褐色的黃斑黑蟋蟀，俗稱「紅羌仔」(民 91，楊正澤)

(四)實驗物種來源：由附近專業昆蟲店購買取得

(五)實驗選擇原因：易於取得，有同種不同大小的關係使體型差異明顯。

(六)發聲原因：根據 bugsbee 的資料，蟋蟀會在中發出一種為“calling”(以下

稱為呼喚)用以吸引鄰近雌蟲，等到看見後，會改發出一種稱“court ship”(以下稱做求偶)來向蟋蟀發起求偶聲，當有其他蟋蟀侵入領地時，則會發出一種稱做” ward”(以下稱做打鬥)嚇阻敵方。

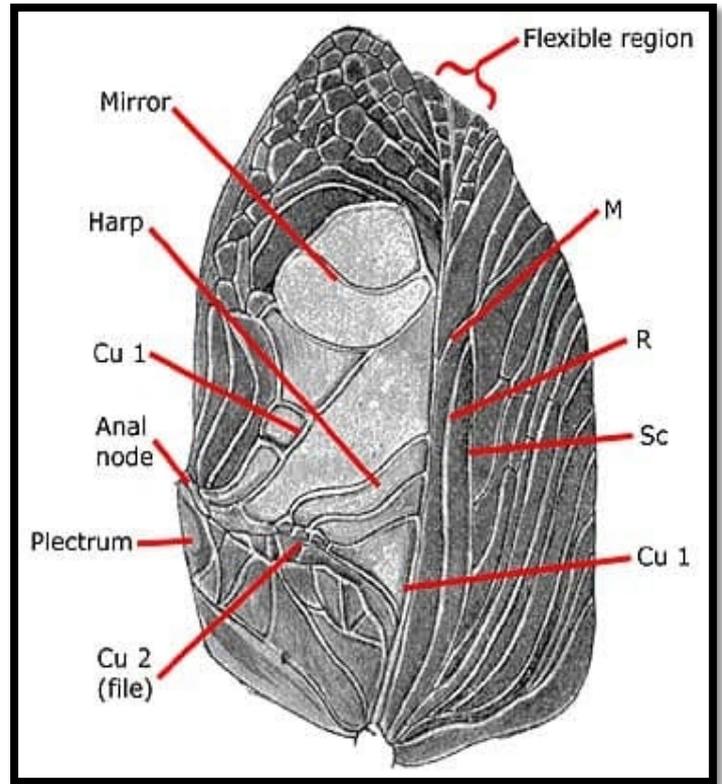
(七)發聲方式：在蟋蟀的翅膀部分，有一段稱為“File”的鋸齒狀長條，當蟋蟀摩擦“File”使其產生震動後，震動會傳到位於下半部翅膀的“Mirror”、“Harp”並由此兩部位震動放大後傳出聲音。(圖三，AxelMichelsen,1974)



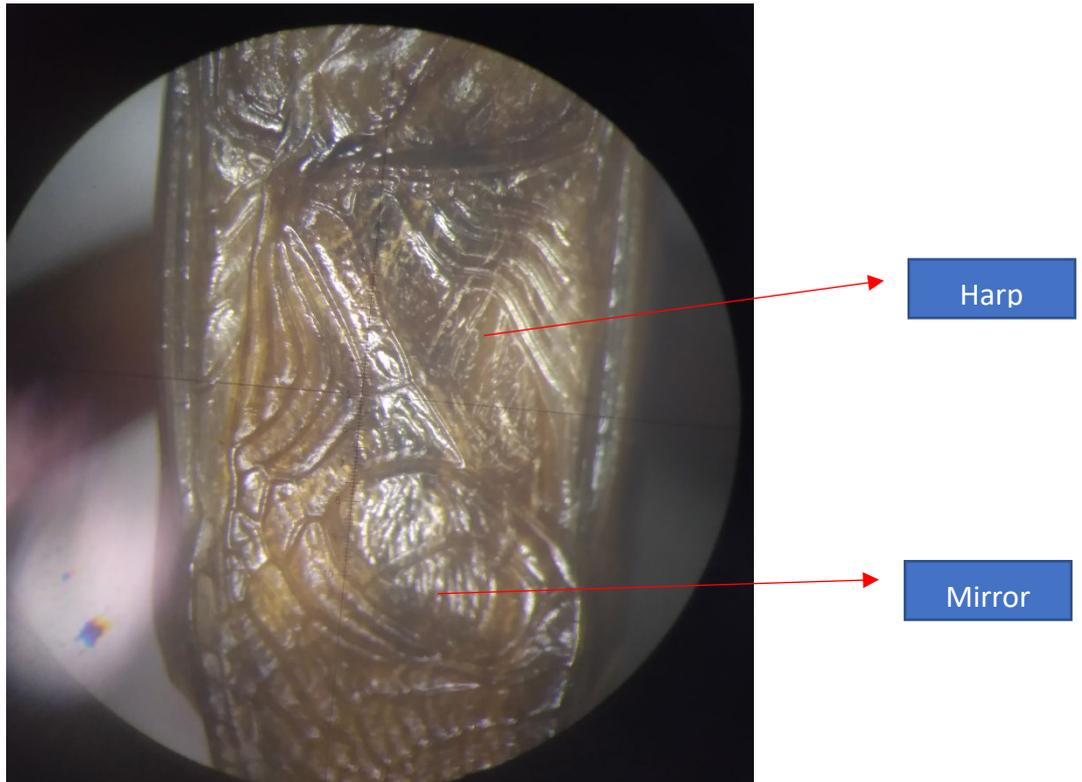
圖一、「黑龍仔」品系黃斑黑蟋蟀



圖二、「紅羌仔」品系黃斑黑蟋蟀



圖三、蟋蟀翅膀構造圖
<https://www.google.com/amp/s/sciencebasedlife.wordpress.com/2011/10/12/you-can-actually-tell-the-temperature-from-a-cricket-chirp/amp/>



圖四、實際拍攝圖

參、研究目的

一、蟋蟀外觀

- (一)探討體對於蟋蟀發聲構造的關係
- (二)探討體型對蟋蟀發聲構造的關係

二、蟋蟀發聲大小

- (一)探討蟋蟀發聲構造對蟋蟀聲量大小的關係
- (二)探討體型對蟋蟀聲量大小的關係

三、蟋蟀發聲頻率

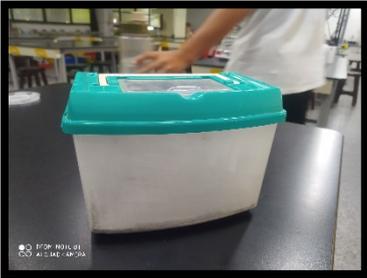
- (一)探討蟋蟀發聲構造對蟋蟀發聲頻率的關係
- (二)探討體型對蟋蟀發聲頻率的關係

四、蟋蟀的求偶聲

- (一)公蟋蟀的求偶聲是否會吸引母蟋蟀接近
- (二)母蟋蟀是否會偏好我們所選用的聲音

肆、研究設備及器材

一、聲音錄製設備與軟體

		
圖五、 手機分貝計 db meter	圖六、 手機錄音機	圖七、 飼養箱(模擬環境)

二、體型量測設備/發聲構造拍攝設備

	
圖八、 電子式天平	圖九、 解剖顯微鏡

三、發聲構造量測/數據分析

		
圖十、 電腦軟體 Audacity	圖十一、 電腦軟體 Image J	圖十二、 電腦軟體 EXCEL

伍、研究過程或方法

一、蟋蟀飼養方法

- (一)飼養飼料選擇：使用網路所購之雞飼料及市面上所購得的高麗菜。
- (二)飼養方式：將蟋蟀放在容器中，底部鋪上揉過之白紙以模擬地面。
- (三)環境清潔：每天清理排泄物及更換高麗菜、飼料，每周更換底部白紙。



圖十三、飼養環境

二、量測蟋蟀錄音

- (一)打鬥聲音錄製:將蟋蟀放置於飼養箱中，並將手機錄音機固定於中央，距離蟋蟀約 10 公分，在蟋蟀打鬥時錄製。
- (二)求偶聲音錄製:將蟋蟀放置於飼養箱中，並將手機錄音機固定於中央，距離蟋蟀約 10 公分，在蟋蟀求偶時錄製。
- (三)呼喚聲音錄製:將蟋蟀置於飼養箱中，在沒有其他蟋蟀干擾的情況下使其自行鳴叫，手機錄音機固定於中央距離蟋蟀約 10 公分並進行錄製。

三、蟋蟀發聲構造量測

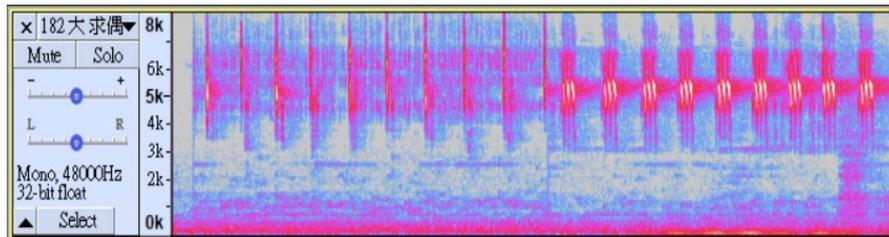
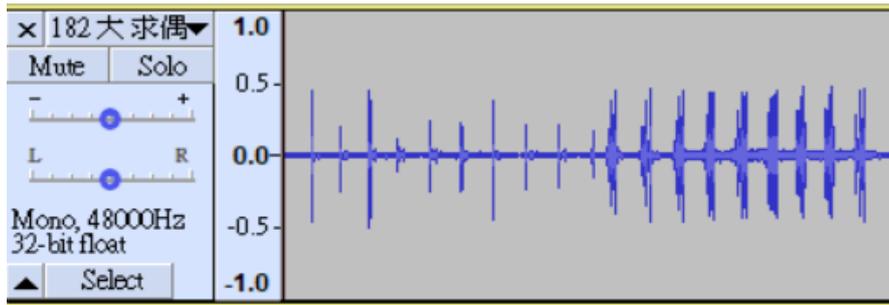
我們將蟋蟀以二氧化碳麻醉後，放置在顯微鏡下，使用顯微鏡及手機拍攝蟋蟀的 mirror、harp，並放入繪圖軟體 image J 描繪面積並記錄數據。

四、關於分貝值的校正

市面上普遍的軟體所顯示的聲量大小都為負值，難以衡量真正大\小，因此我們使用手機分貝計 db Meter 藉此修正，在安靜無聲、且手機分貝計 db Meter 顯示 0 分貝的狀態下錄音，之後將音檔置入 audacity 軟體並測量其聲量，此時聲量為-86.5 分貝，因此我們將 audacity 軟體分析完後所導出的聲量都加上 86.5 分貝，以此修正。

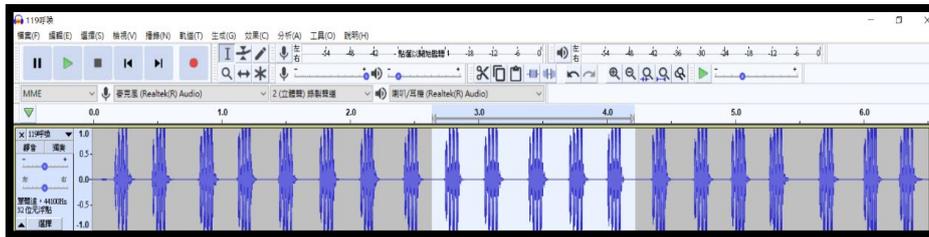
五、聲音的分析方式

- (一)求偶：我們經由分析及取樣之後發現，求偶的聲音由兩個部分組成，分為音量較大、單次時間較長的「長聲」及音量較小、單次時間較短的「短聲」，我們分別一隻蟋蟀的聲音中取「長聲」及「短聲」各 2 秒，在 audacity 軟體中分析。



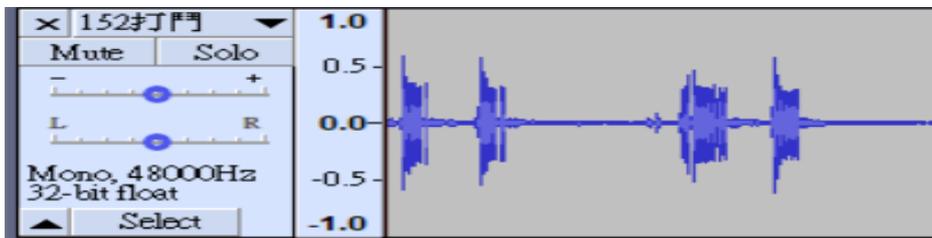
圖十四、求偶聲在 audacity 上所呈現的頻譜、波形圖。為先短後長，短音單次脈衝持續時間相對長音短，聲量也較小。

(二)呼喚：將錄音導入軟體 (Audacity)並找到一段穩定錄音處，取兩秒進行取樣得到頻率、聲量。

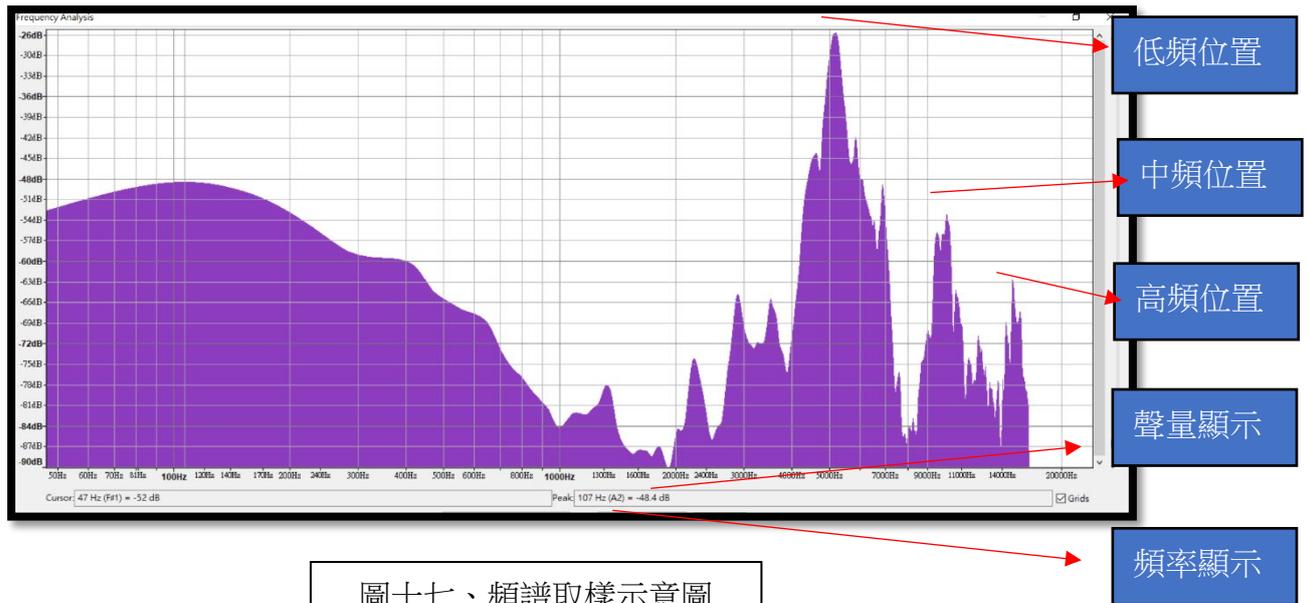


圖十五、蟋蟀發出的日常呼喚的波形

(三)打鬥：將錄音導入軟體 (Audacity)並取兩秒聲音紀錄



圖十六、打鬥聲的波形圖



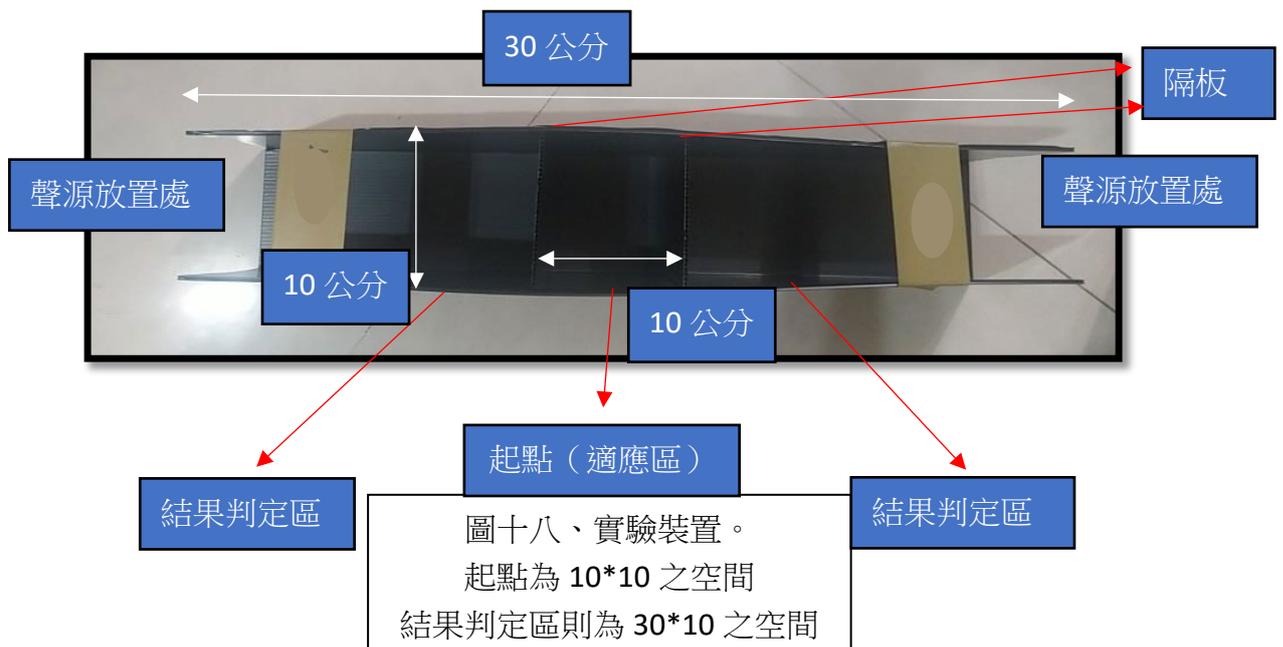
圖十七、頻譜取樣示意圖

說明：我們會取 4000hz 以上，分別取低、中、高三個頻段做為討論項。

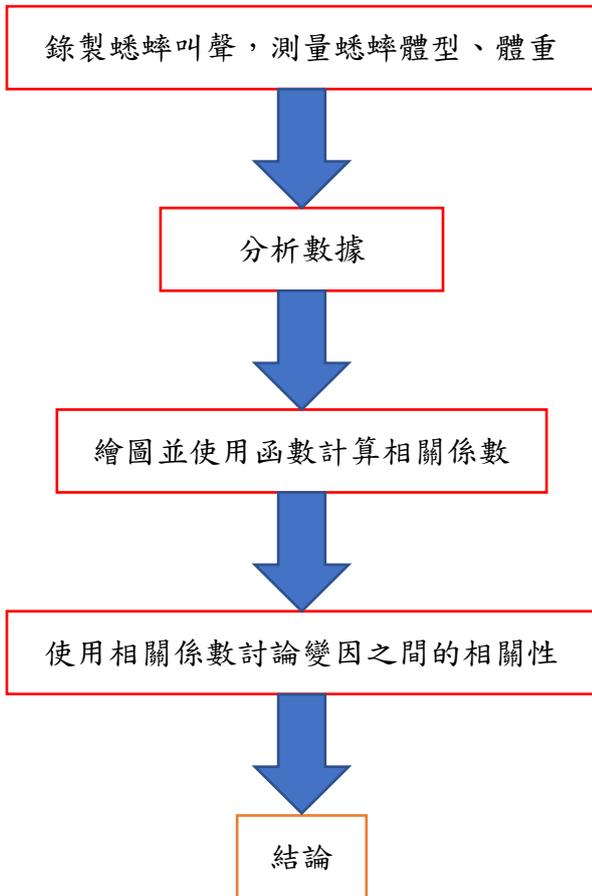
分析方式：我們使用回歸分析，預測兩兩變數間的趨勢。

五、蟋蟀求偶聲的驗證

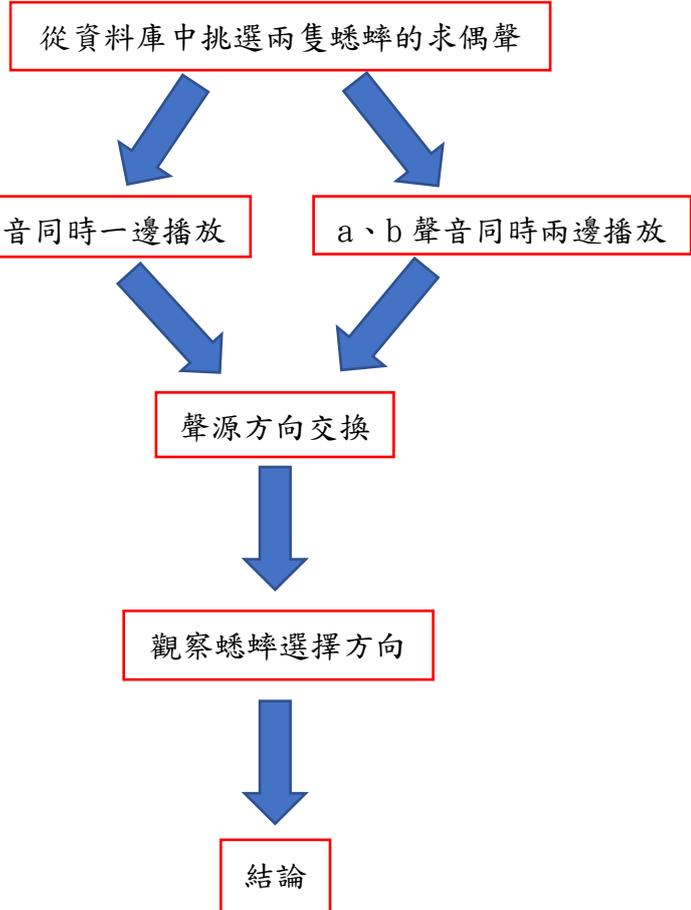
- (一)將蟋蟀至於裝置「適應區」間使其適應(如圖十九)
- (二)開啟「適應區」隔板
- (三)我們將從資料庫選用兩隻聲音特色不同隻蟋蟀做為聲源，分別至於裝置的左、右兩端播放觀察並紀錄
- (四)聲源播放完畢後，將兩方的聲源交換，此步驟重複九次，共計撥放十次錄音
- (五)蟋蟀在我們開啟隔板後如果進入結果判定區，我們會紀錄為「選擇」，如果停留在適應區內，我們會紀錄為「沒有選擇」



陸、研究架構

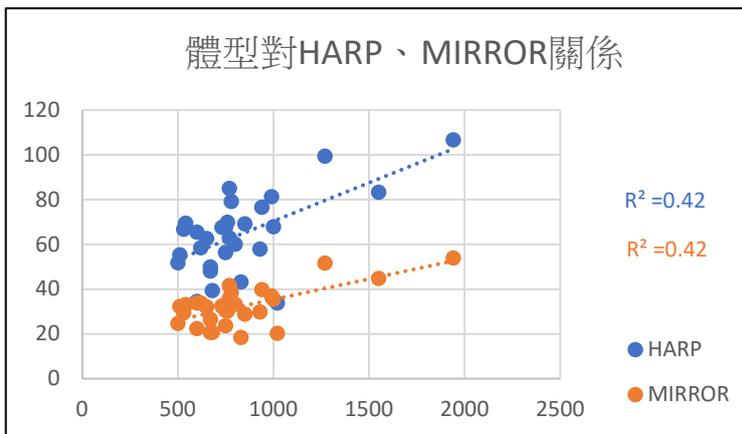


圖十九、求偶、打鬥、呼喚聲與體型分析



圖二十、求偶的驗證實驗

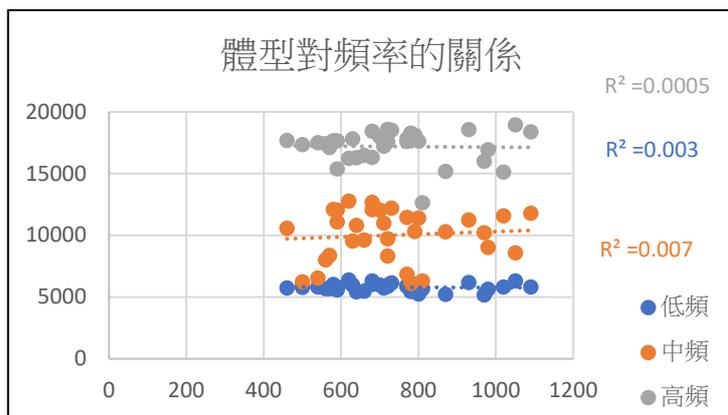
柒、實驗結果(呼喚、打鬥、求偶聲)-紅羌仔品系



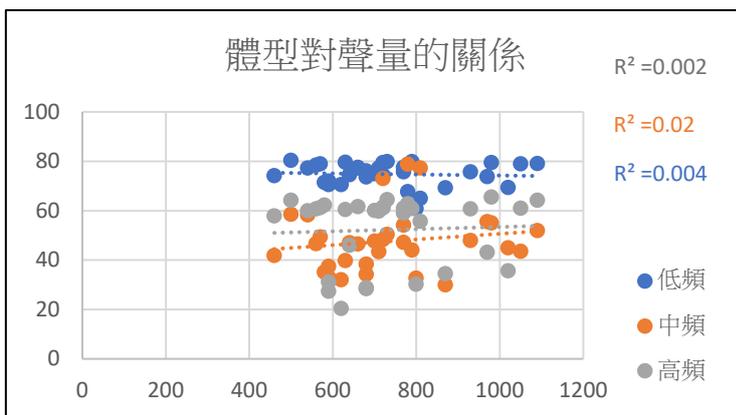
體型與 mirror、harp 皆為正相關。
Harp:P<0.01，Mirror:P<0.01

圖二十一、體型對 HARP、MIRROR 關係，橫軸為體重，縱軸為面積。Harp:P<0.01，Mirror:P<0.01

呼喚

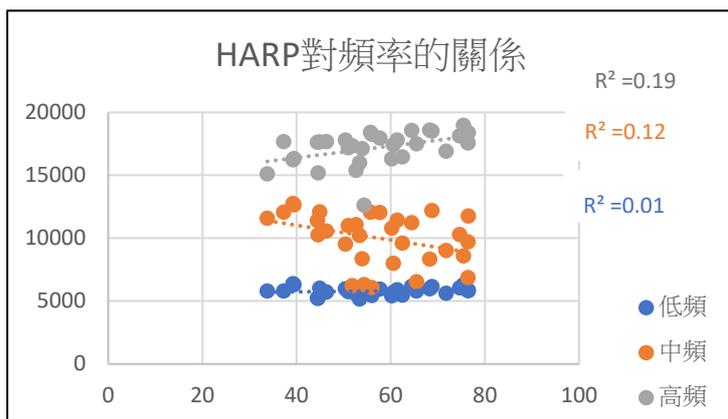


圖二十二、體型對頻率的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為頻率(hz)。

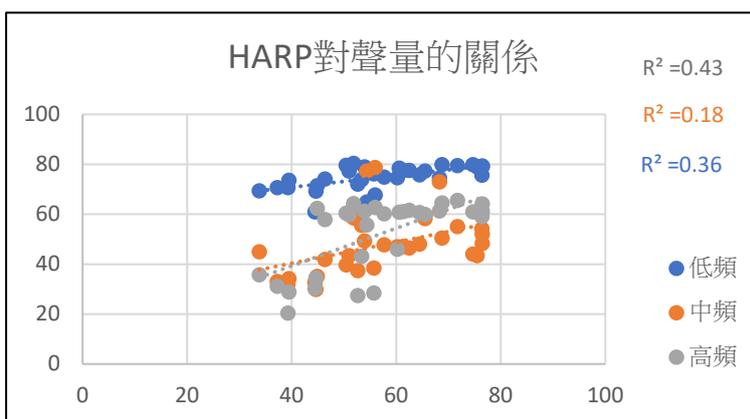


圖二十三、體型對聲量的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為聲量(db)。

體型與低、中、高頻率皆無顯著相關。低頻率：P=0.75，中頻率：P=0.63，高頻率：P=0.89
體型與低、高頻率聲量皆無顯著相關。低頻率：P=0.70，中頻率：P=0.40，高頻率：P=0.78

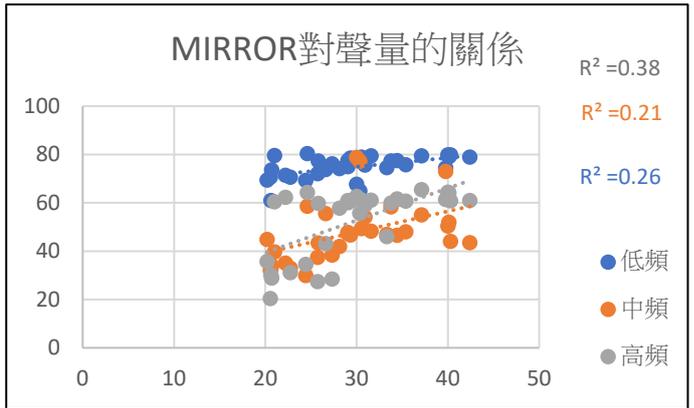
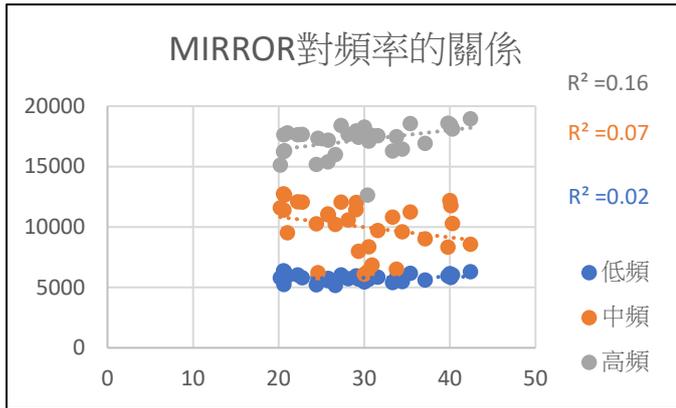


圖二十四、HARP 對頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。



圖二十五、HARP 對聲量的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為聲量(db)。

HARP 與中頻為負相關，與高頻為正相關。低頻率：P=0.44，中頻率：P<0.05，高頻率：P<0.01，
HARP 與低、高頻率聲量中度相關，與中頻聲量正相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.01，高頻率：P<0.01

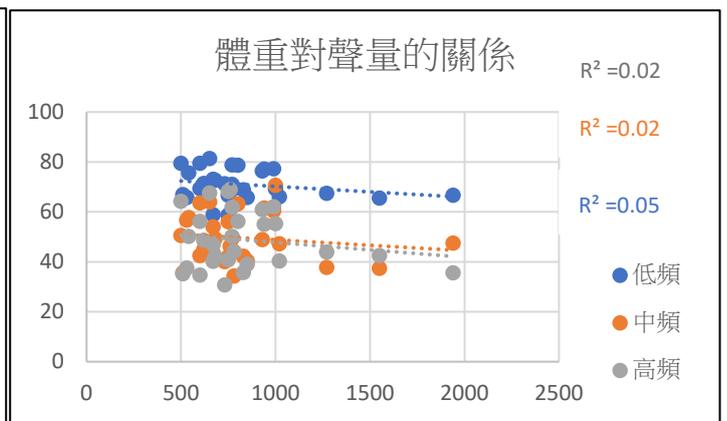
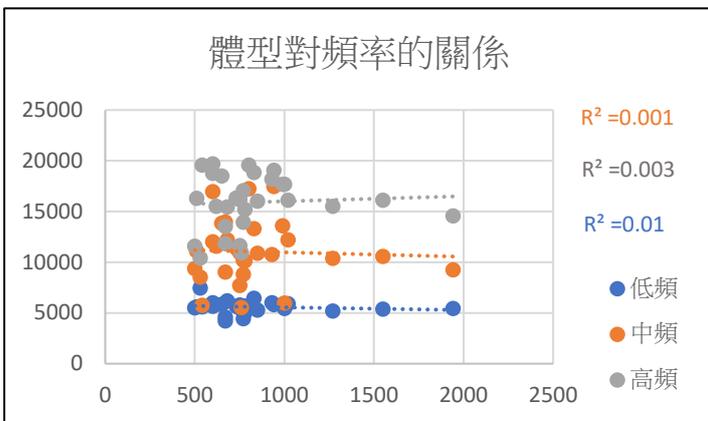


圖二十六、MIRROR 對頻率的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為頻率(hz)。

圖二十七、MIRROR 對聲量的關係。MIRROR 對聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，

MIRROR 與高頻為正相關。低頻率：P=0.38，中頻率：P=0.12，高頻率：P<0.05，MIRROR 與低、中、高頻率聲量為正相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.01，高頻率：P<0.01

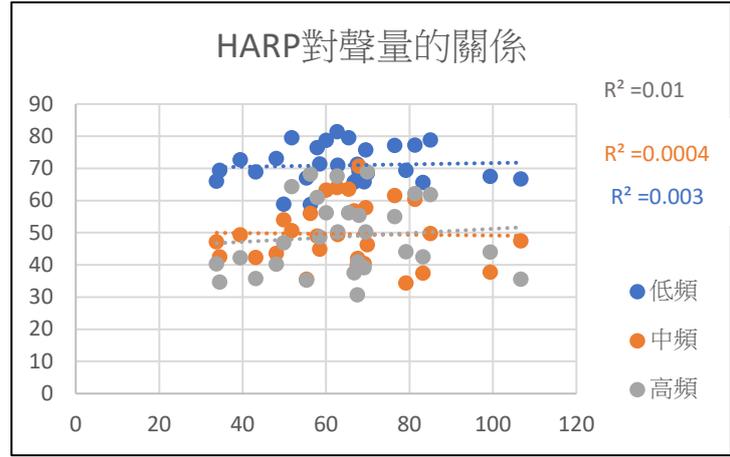
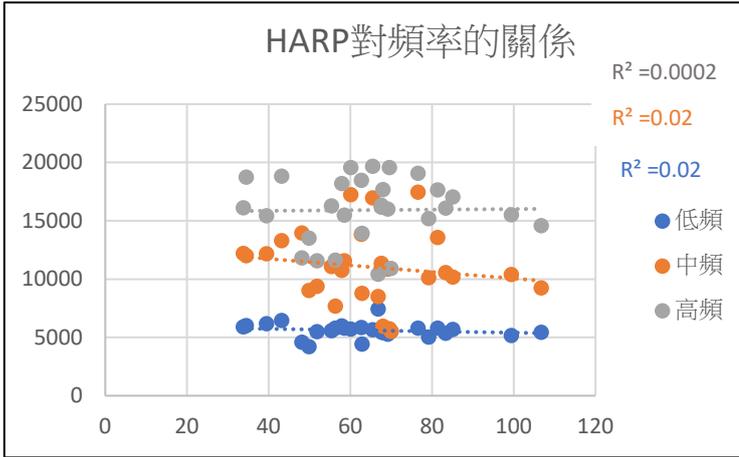
打鬥



圖二十八、體型對頻率的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為頻率(hz)

圖二十九、體型對聲量的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為聲量(db)。

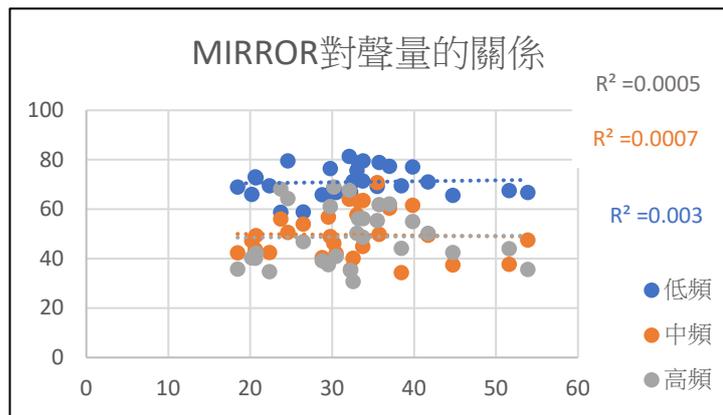
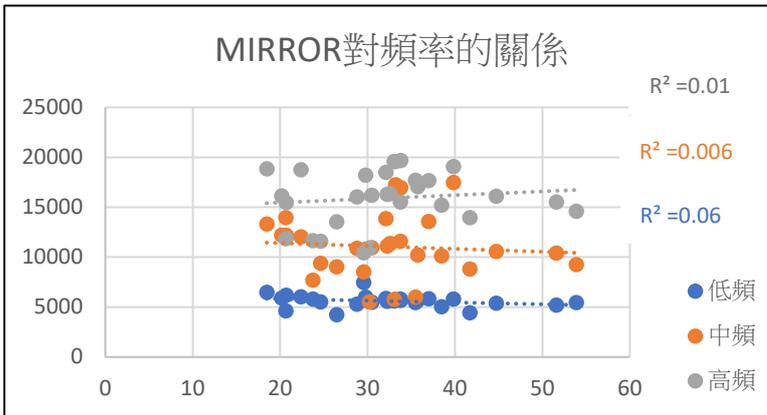
體型與低、中、高頻率無顯著相關，低頻率：P=0.41，中頻率：P=0.81，高頻率：P=0.76
體型與低、中、高頻率聲量無顯著相關低頻率：P=0.23，中頻率：P=0.46，高頻率：P=0.39



圖三十、HARP 對頻率的關係。橫軸為面積

圖三十一、HARP 對聲量的關係。橫軸為面積

HARP 與低、中、高皆無顯著相關。低頻率：P=0.41，中頻率：P=0.41，高頻率：P=0.93
HARP 與低、中、高頻率皆無顯著相關。低頻率：P=0.77，中頻率：P=0.90，高頻率：P=0.59

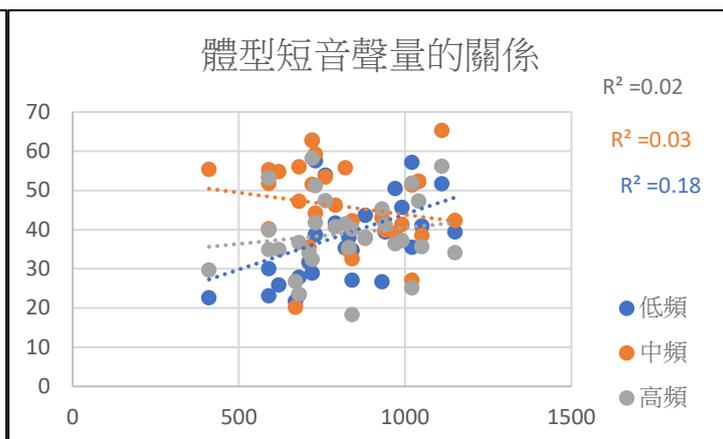
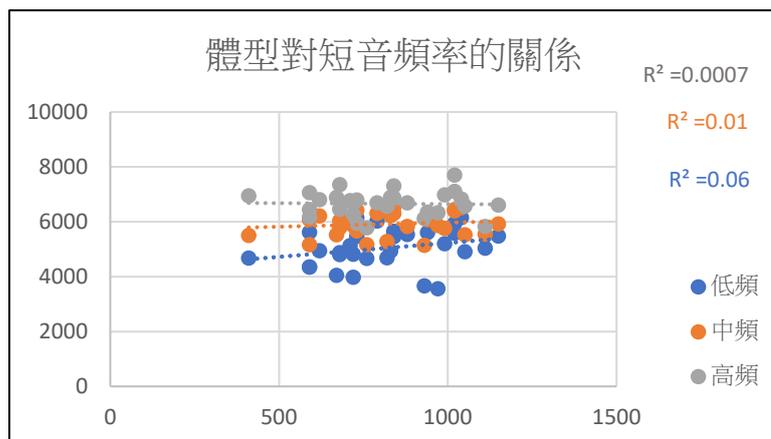


圖三十二、MIRROR 對頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

圖三十三、MIRROR 對聲量的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為聲量(db)

MIRROR 與低、中頻率趨近無相關，與高頻率呈現無顯著相關，低頻率：P=0.17，中頻率：P=0.67，高頻率：P=0.53。MIRROR 與低、中、高頻率聲量無顯著相關。低頻率：P=0.30，中頻率：P=0.88，高頻率：P=0.93

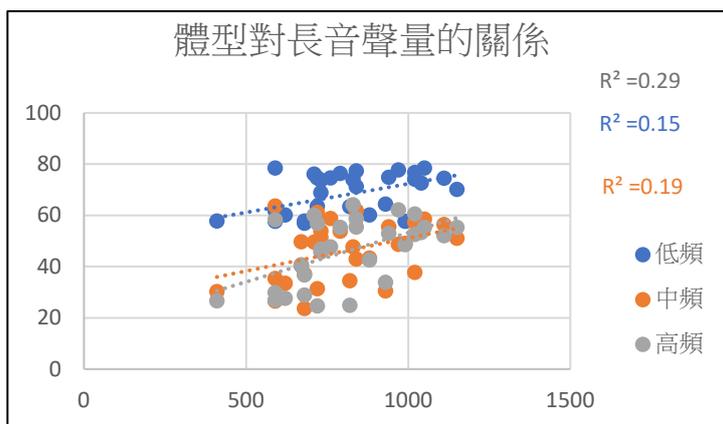
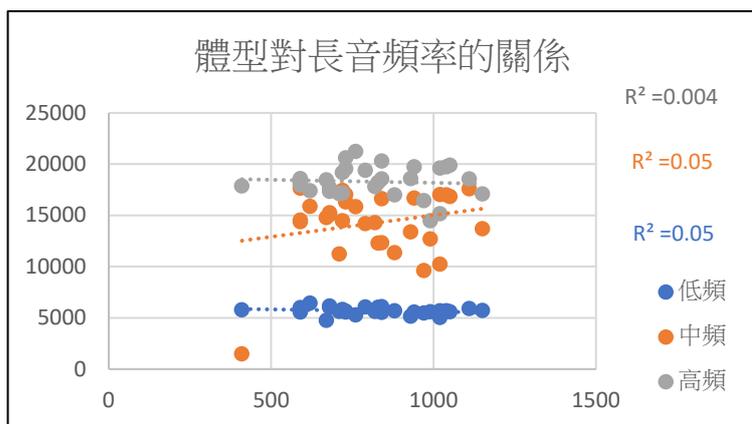
求偶



圖三十四、體型對短音頻率的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為頻率(hz)。

圖三十五、體型對短音聲量的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為聲量(db)。

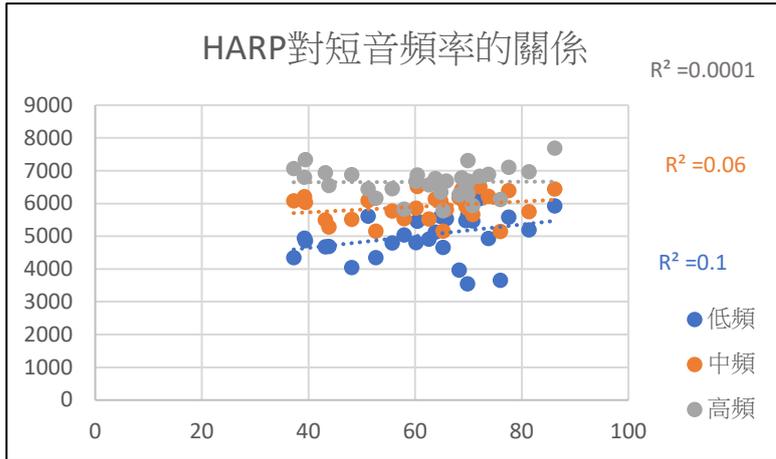
體型與中、高頻率皆無顯著相關，與低頻率為正相關。低頻率：P=0.16，中頻率：P=0.49，高頻率：P=0.88。體型與低頻率聲量呈正相關。低頻：P<0.01，中頻率：P=0.31，高頻率：P=0.41



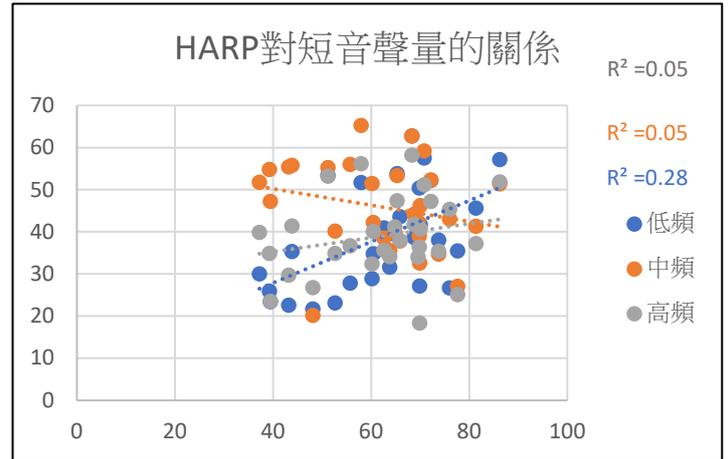
圖三十六、體型對短長頻率的關係。橫軸為體重

圖三十七、體型對短音聲量的關係。橫軸為體重

體型與低、高頻率皆無顯著相關。低頻率：P=0.21，中頻率：P=0.22，高頻率：P=0.71 體型與低、中、高頻率聲量皆正相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.01，高頻率：P<0.01

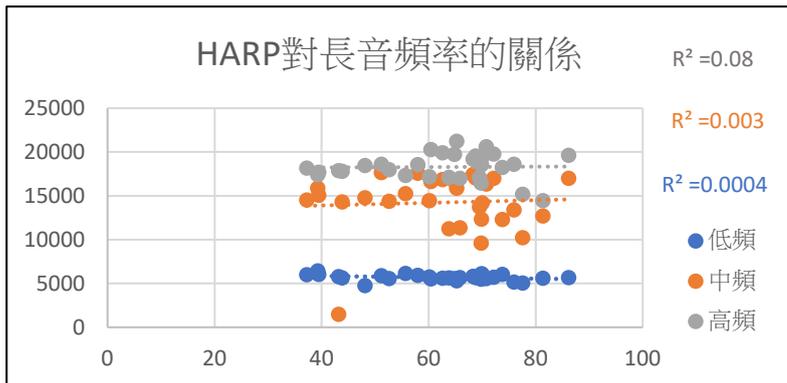


圖三十八、HARP 對短音頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

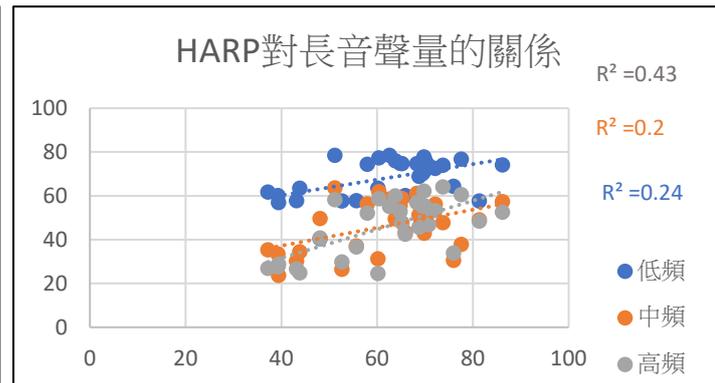


圖三十九、HARP 對短音聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量。

HARP 與低、中、高頻率皆為無顯著相關，低頻率：P=0.07，中頻率：P=0.17，高頻率：P=0.95
HARP 與低頻率為正相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P=0.20，高頻率：P=0.23

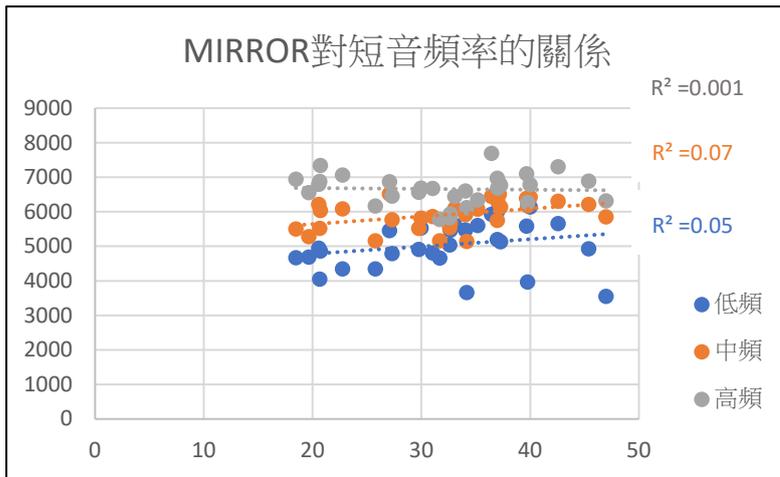


圖四十、HARP 對長音頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

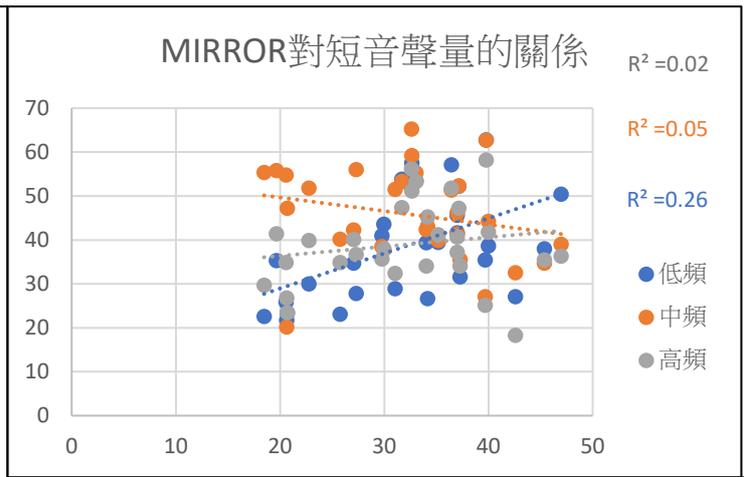


圖四十一、HARP 對長音聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量(db)。

HARP 與低、中、高皆無顯著相關。低頻率：P=0.11，中頻率：P=0.15，高頻率：P=0.91
HARP 與低、中、頻率為正相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.01，高頻率：P<0.01

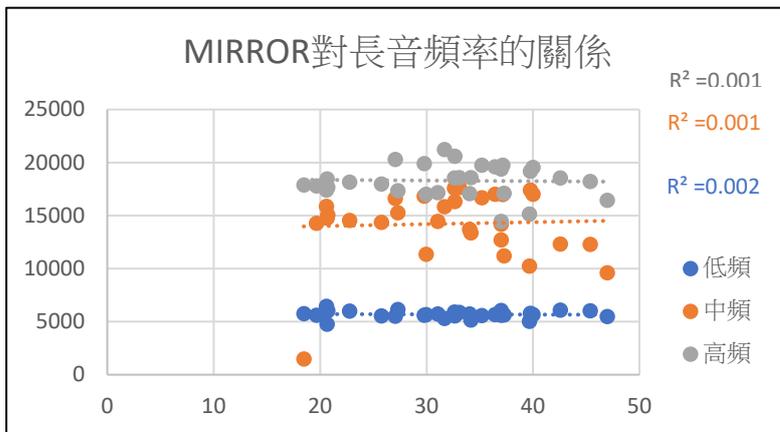


圖四十二、MIRROR 對短音頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

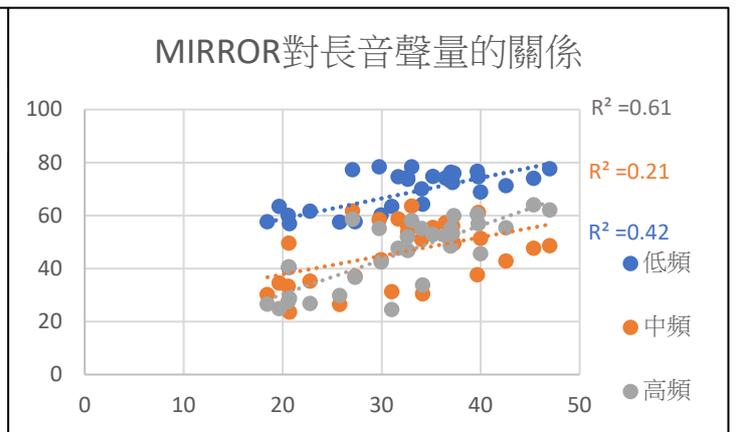


圖四十三、MIRROR 對短音聲量的關係。橫軸為面積 mm²)，縱軸為聲量(db)。

MIRROR 與中頻率為低度或無相關，低頻率：P=0.21，中頻率：P<0.05，高頻率： P=0.82
MIRROR 與低頻為正相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P=0.22，高頻率： P=0.36



圖四十四、MIRROR 對長音頻率的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為頻率(hz)。

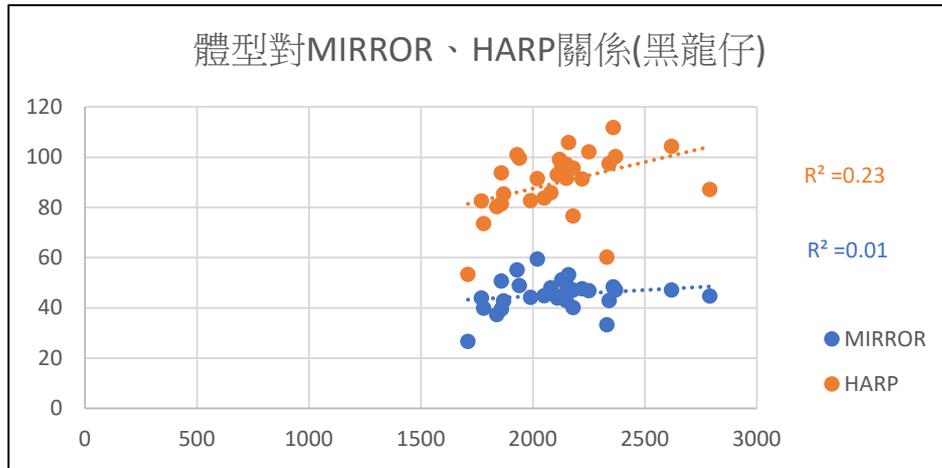


圖四十五、MIRROR 對長音聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量(db)。

MIRROR 與低、中、高為無顯著相關低頻率：P=0.79，中頻率： P=0.81，高頻率： P=0.86
MIRROR 與低、中、高頻率為正相關。低頻率：P<0.01，中頻率： P<0.01，高頻率： P<0.01

實驗結果(呼喚、打鬥、求偶聲)-黑龍仔品系

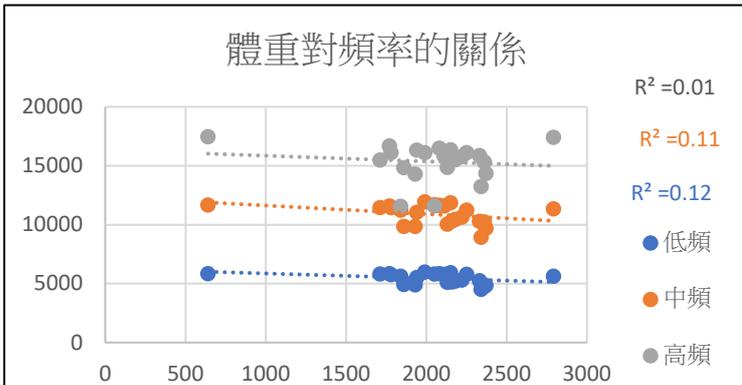
體重對於蟋蟀發聲構造大小的影響



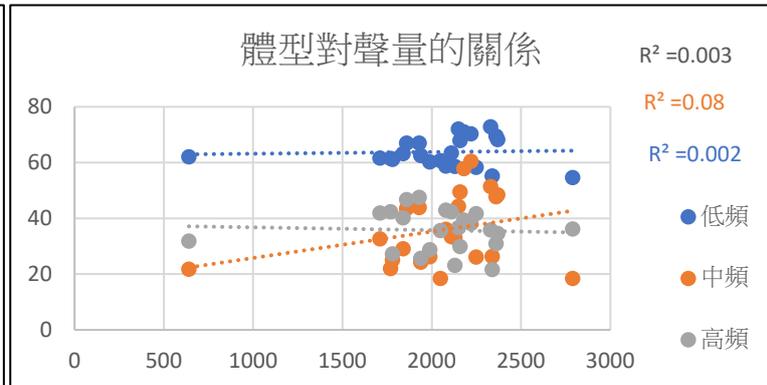
圖四十六、體型對 MIRROR、HARP 的關係，橫軸為體重(mg)
縱軸為面積(mm²)。體型與 MIRROR、HARP 正相關。
Harp:P<0.01，Mirror:P=0.59

體型與 HARP 正相關。Harp:P<0.01，Mirror:P=0.59

呼喚

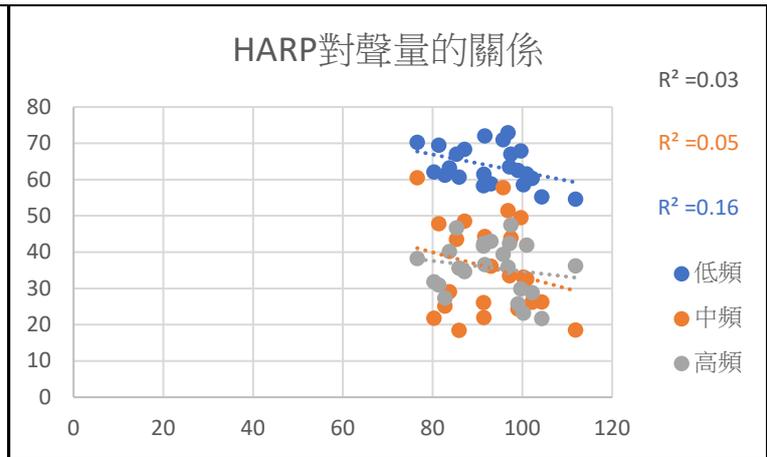
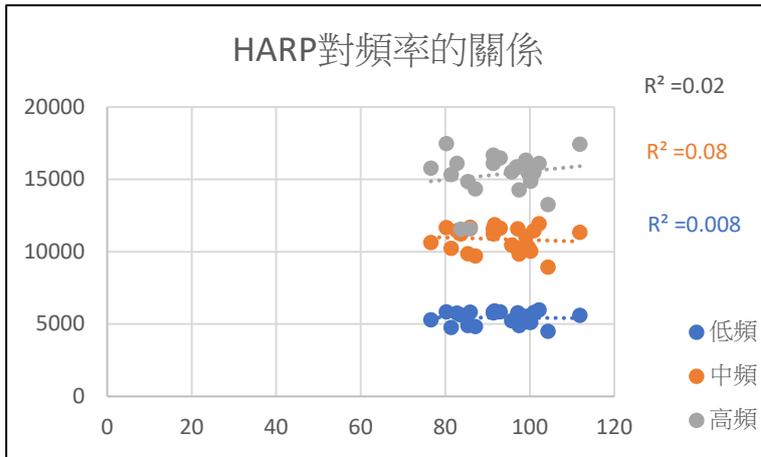


圖四十七、體型對頻率的關係。橫軸為體重(mg)，
縱軸為頻率(hz)。



圖四十八、體型對聲量的關係。橫軸為體重(mg)，
縱軸為聲量(db)。

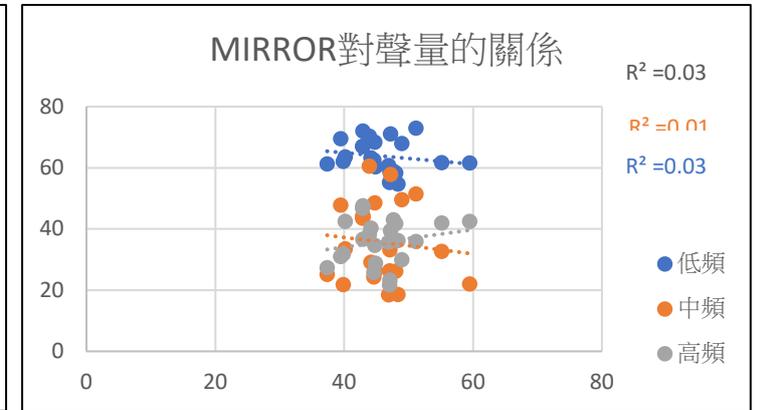
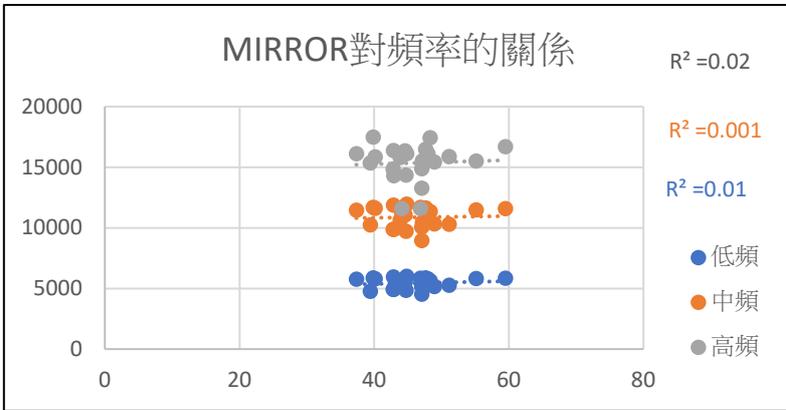
體型與低、中、高頻率為無顯著相關。低頻率：P=0.09，中頻率：P=0.11，高頻率：P=0.17 體型與低、高頻率為聲量無顯著相關，與中頻為正相關低頻率：P=0.83，中頻率：P=0.17，高頻率：P=0.80。



圖四十九、HARP 對頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

圖五十、HARP 對聲量的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為聲量。

HARP 與低、中、高皆為無顯著相關。低頻率：P=0.89，中頻率：P=0.68，高頻率：P=0.43。HARP 與低頻率聲量為負相關低頻率：P<0.05，中頻率：P=0.28，高頻率：P=0.41

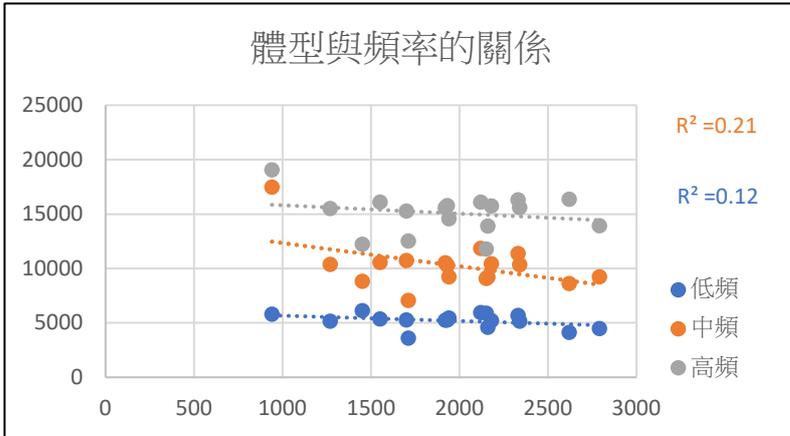


圖五十一、MIRROR 對頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

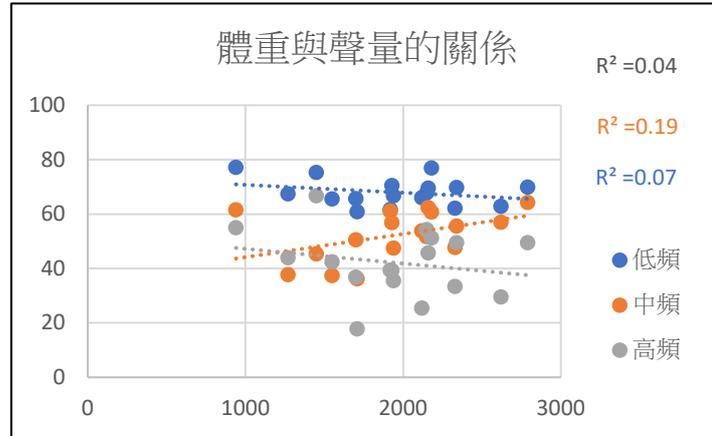
圖五十二、MIRROR 對聲量的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為聲量。

MIRROR 與低、中高頻率無顯著相關，低頻率：P=0.55，中頻率：P=0.85，高頻率：P=0.80。MIRROR 與低、中、高頻率聲量為顯著相關，低頻率：P=0.42，中頻率：P=0.63，高頻率：P=0.36

打鬥

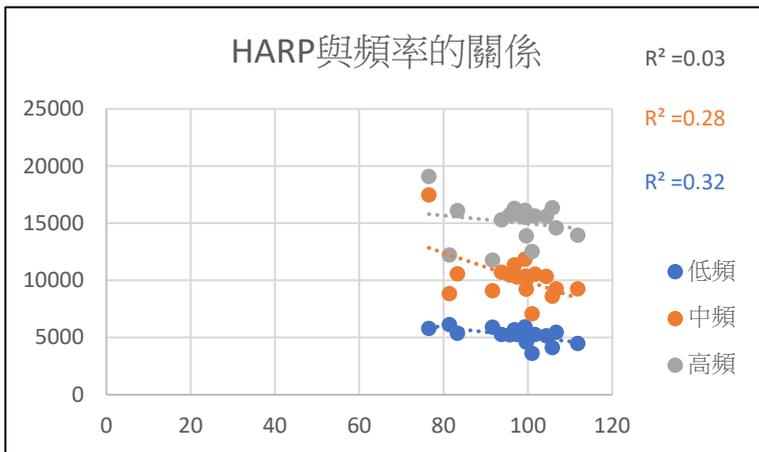


圖五十三、體型對頻率的關係。橫軸為體重(mg)，縱軸為頻率(hz)

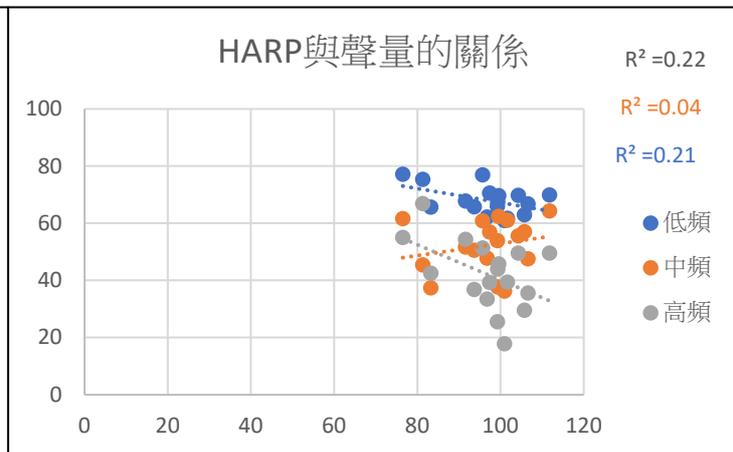


圖五十四、體型對聲量的關係。橫軸為體重(mg)，縱軸為聲量(db)。

體型與中為低度或無相關，低頻率：P=0.17，中頻率：P<0.05，高頻率：P=0.43 體型與低、中、高頻率聲量為無顯著相關。低頻率：P=0.28，中頻率：P=0.07，高頻率：P=0.40

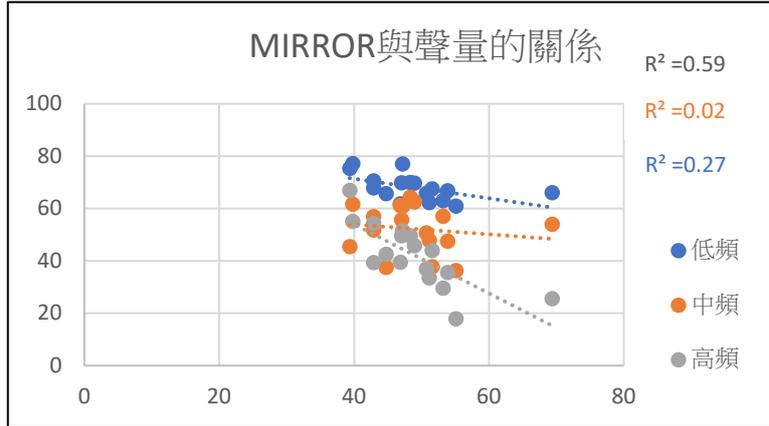
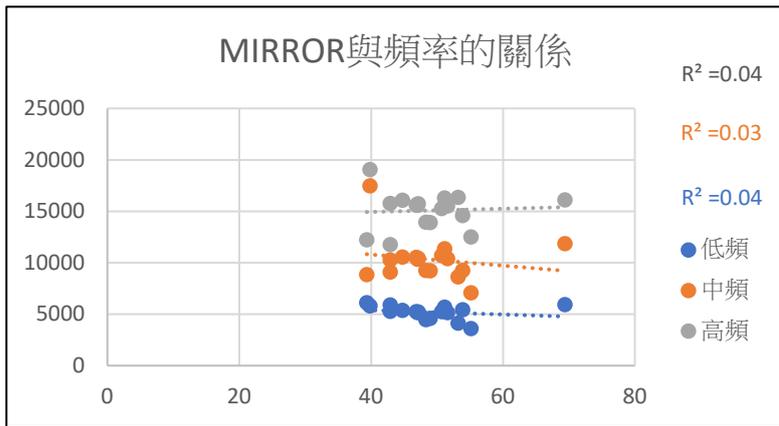


圖五十五、HARP 對頻率的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為頻率(hz)。



圖五十六、HARP 對聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量。

HARP 與低、中頻率為負相關。低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.05，高頻率：P=0.48
HARP 與低、高頻率為負相關。低頻率：P<0.05，中頻率：P=0.40，高頻率：P<0.05

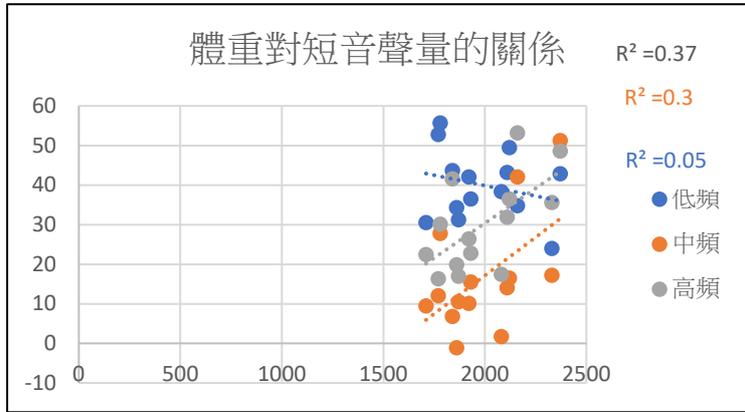
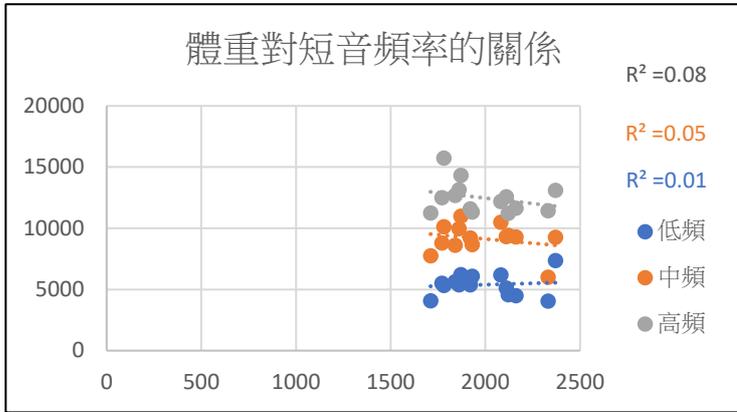


圖五十七、MIRROR 對頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。

圖五十八、MIRROR 對聲量的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為聲量。

MIRROR 與低、中、高為無顯著相關，低頻率：P=0.40，中頻率： P=0.50，高頻率： P=0.81
MIRROR 與低、高頻率為負相關。低頻率：P<0.05，中頻率：P=0.57，高頻率：P=0.<0.01

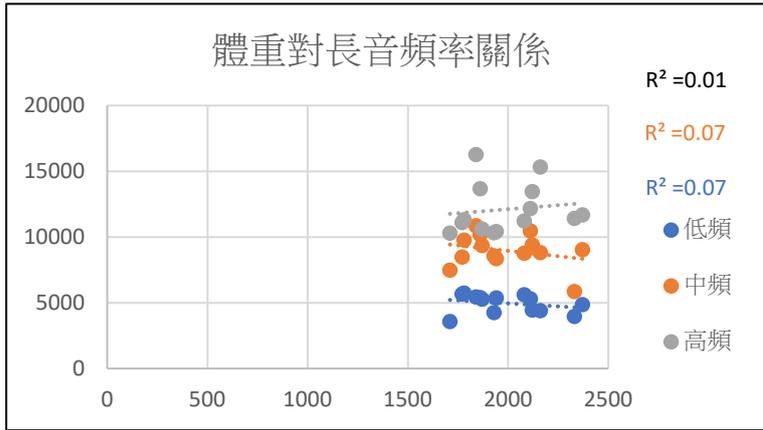
求偶



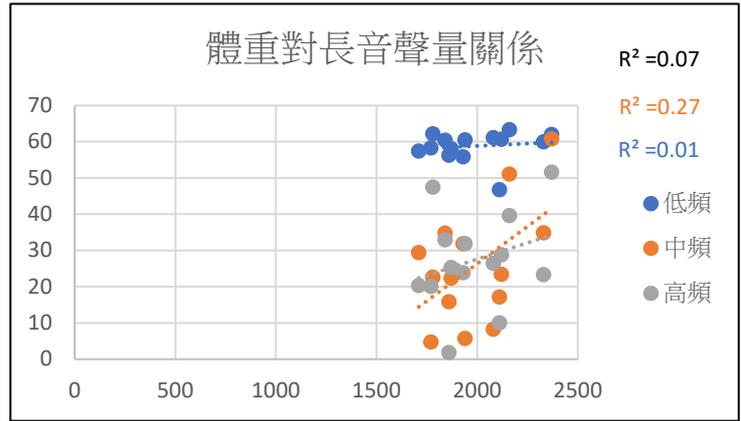
圖五十九、體型對短音頻率的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為頻率(hz)。

圖六十、體型對聲量的關係。橫軸為體重(mg)，縱軸為聲量(db)。

體型與低、中、高頻率為無顯著相關。低頻率：P=0.73，中頻率：P=0.41，高頻率：P=0.31
體型與中、高頻率聲量則為正相關，低頻率：P=0.40，中頻率：P<0.05，高頻率：P<0.01

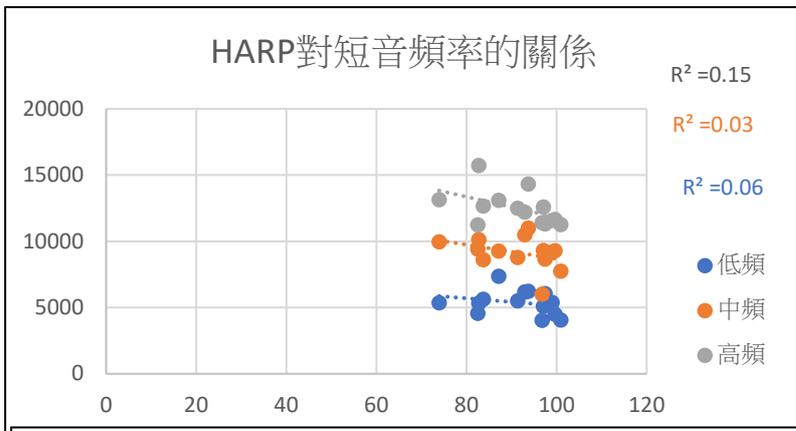


圖六十一、體型對長音頻率的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為頻率(hz)。

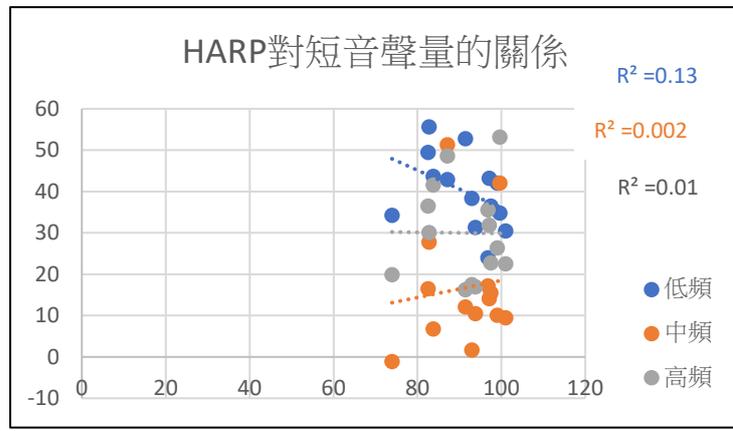


圖六十二、體型對聲量的關係。橫軸為體重 (mg)，縱軸為聲量(db)。

體型與低、中、高頻率為無顯著相關，低頻率：P=0.35，中頻率：P=0.35，高頻率：P=0.64
 體型與中頻率聲量正相關。低頻率：P=0.65，中頻率：P<0.05，高頻率：P=0.33

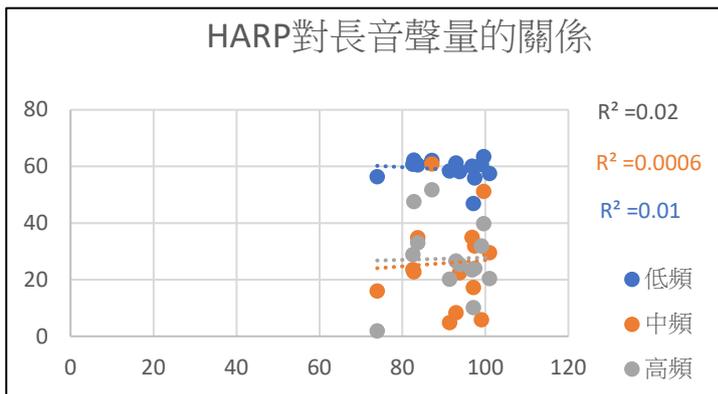
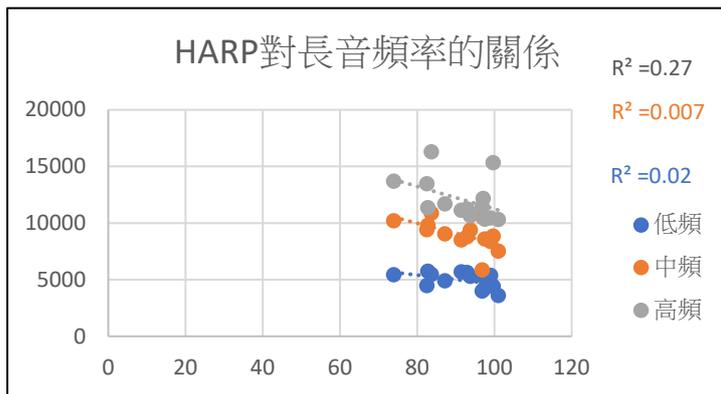


圖六十三、HARP 對短音頻率的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為頻率(hz)。



圖六十四、HARP 對短音聲量的關係。橫軸為面積 (mm²)，縱軸為聲量。

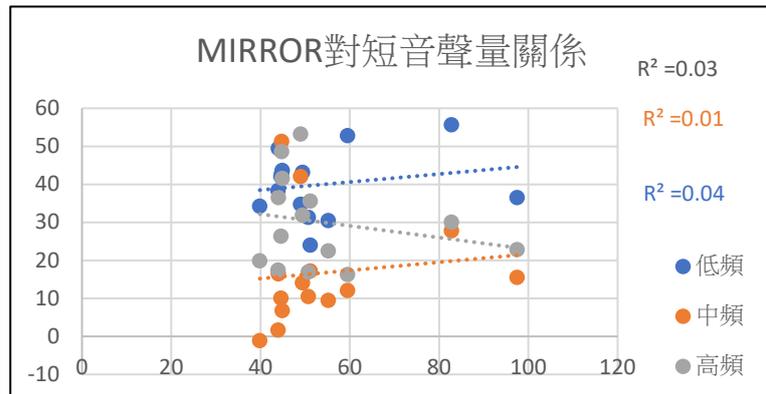
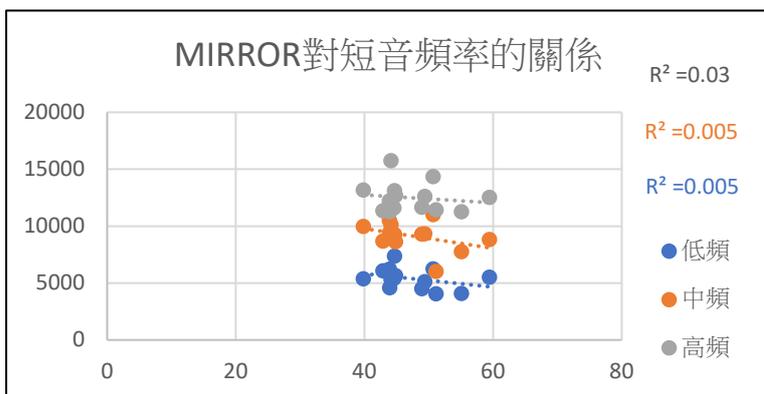
HARP 與低、中、高頻率皆為無顯著相關。低頻率：P=0.36，中頻率：P=0.50，高頻率：P=0.15，HARP 與低頻率聲量皆為無顯著相關，低頻率：P=0.19，中頻率：P=0.86，高頻率：P=0.66



圖六十五、HARP 對長音頻率的關係。橫軸為面

圖六十六、HARP 對長音聲量的關係。橫軸為面

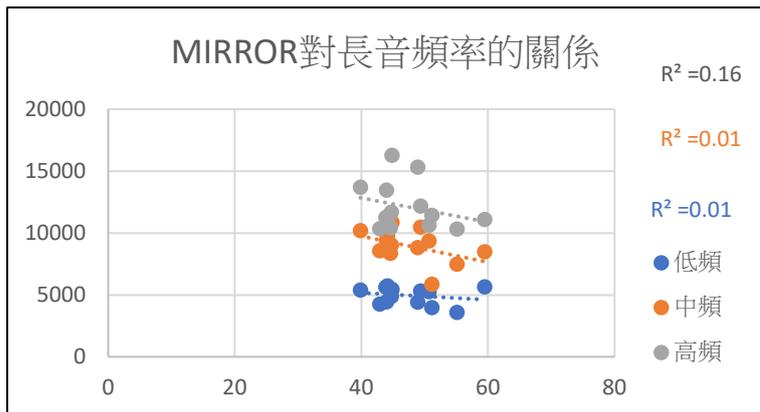
HARP 與低、中、高皆為無顯著相關。低頻率：P=0.61，中頻率：P=0.34，高頻率：P=0.76，HARP 與低、中、高頻率為無顯著相關，低頻率：P=0.89，中頻率：P=0.93，高頻率：P=0.56



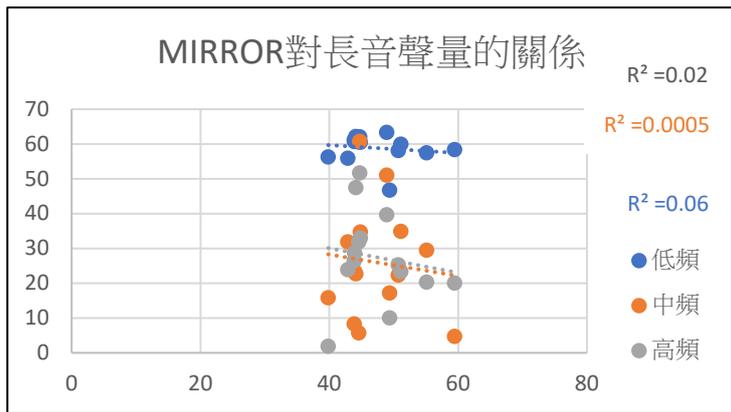
圖六十七、MIRROR 對短音頻率的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為頻率(hz)。

圖六十八、MIRROR 對短音聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量。

MIRROR 與低、中、高為無顯著相關。低頻率：P=0.80，中頻率：P=0.79，高頻率：P=0.54，MIRROR 與低、中、高頻率聲量為無顯著相關。低頻率：P=0.50，中頻率：P=0.68，高頻率：P=0.46



圖六十九、MIRROR 對長音頻率的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為頻率(hz)。

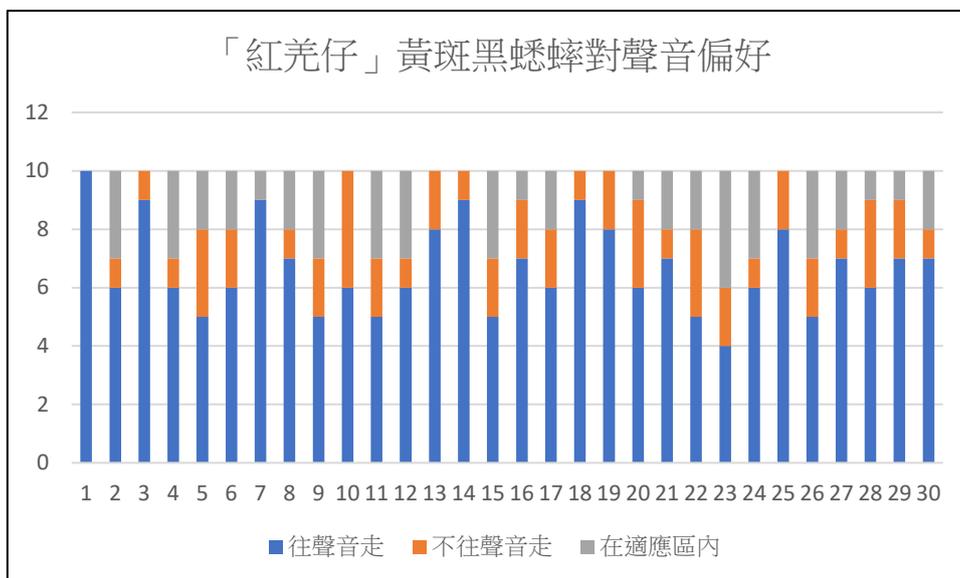


圖七十、MIRROR 對長音聲量的關係。橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量(db)。

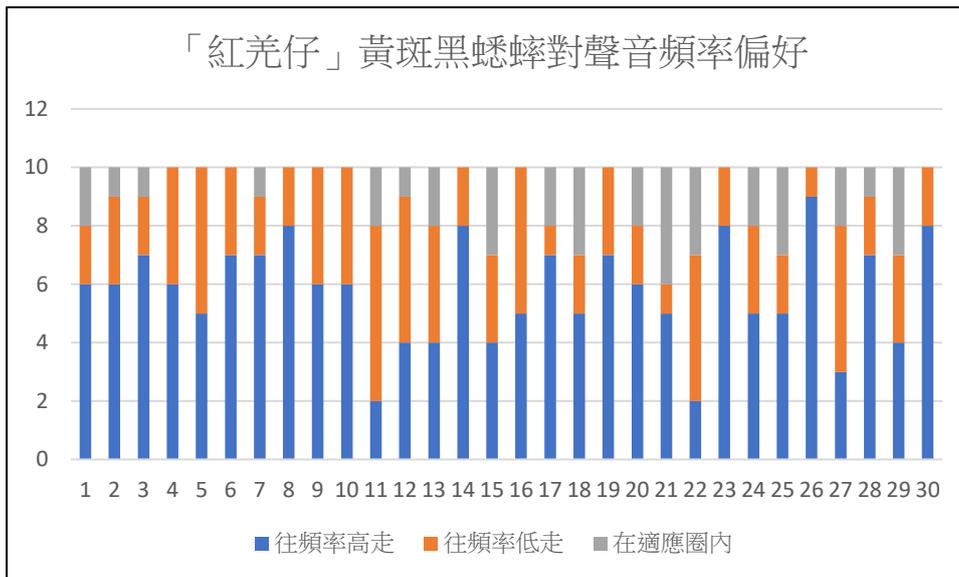
MIRROR 與低、中、高為無顯著相關，低頻率：P=0.66，中頻率：P=0.71，高頻率：P=0.15
MIRROR 與低、中、高頻率無顯著相關，低頻率：P=0.77，中頻率：P=0.93，高頻率：P=0.58

求偶聲的探討

一、「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀



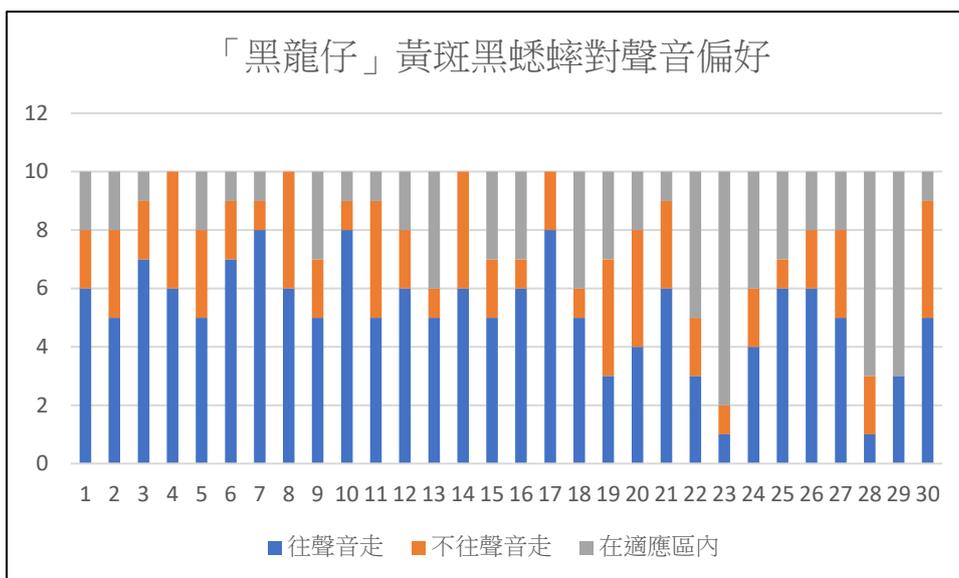
圖七十一、「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對聲音偏好



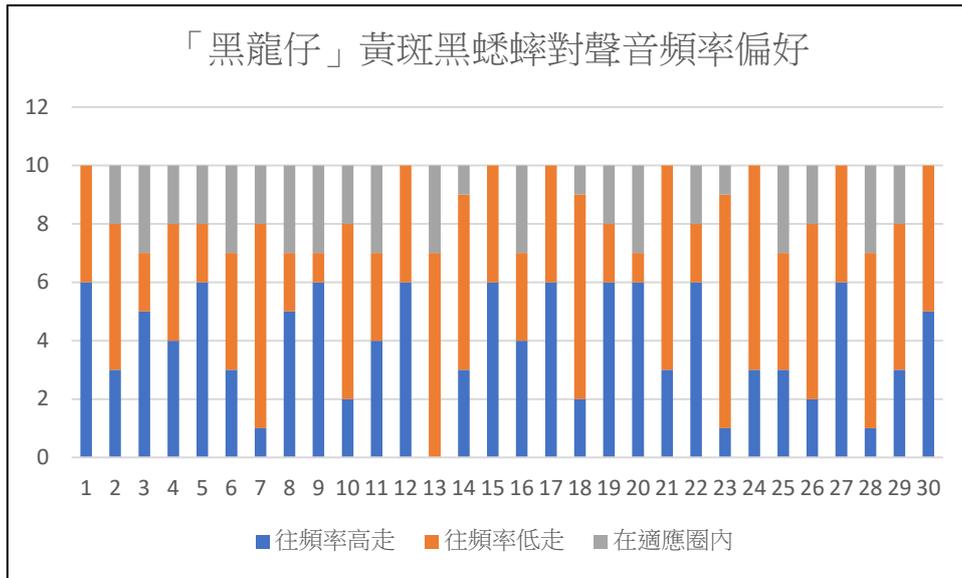
圖七十二、「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對聲音頻率偏好

可以發現「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對於聲音的偏好皆為最高
 偏好的範圍從 40%-100%
 可以發現僅有 4 隻「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對於頻率較低的聲音有偏
 好，其餘蟋蟀偏好頻率較高的聲音

二、「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀



圖七十三、「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀對聲音偏好



圖七十四、「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀對聲音頻率偏好

「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀對於聲音的偏好大多為「往聲音走」
發現「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀多選擇往頻率低的聲音走

捌、討論

- 一、紅羌仔黃斑黑蟋蟀偏好低頻率的較高、聲量較大的雄蟋蟀求偶聲，從推測紅羌仔黃斑黑蟋蟀在選擇配偶上會選擇體型較大的。
- 二、黑龍仔黃斑黑蟋蟀偏好選擇低頻率較低、聲量較小的雄蟋蟀，推測黑龍仔黃斑黑蟋蟀會傾向選擇發聲構造較大的雄蟋蟀作為配偶

玖、結論

一、體型觀察

當紅羌仔黃斑黑蟋蟀在群體中的體重越重時，harp、mirror 的面積皆在群體中越大，當黑龍仔-黃斑黑蟋蟀在群體中的體重越重時，harp 的面積在群體中越大，mirror 則因 P 值過大，討論性不足。

二、紅羌仔黃斑黑蟋蟀體型與聲音之關係

當紅羌仔黃斑黑蟋蟀的 Harp 面積在群體中越大，呼喚的低頻率、高頻率有越高的趨勢。Mirror 面積在群體中越大，高頻率的聲量有越大趨勢。

當紅羌仔黃斑黑蟋蟀的 Harp 面積在群體中越大，求偶的長音高頻率的聲量在群體中有越高的趨勢。Mirror 面積越大，求偶的長音低頻率與高頻率的聲量有越大聲的趨勢。

三、黑龍仔黃斑黑蟋蟀體型與聲音之關係

當黑龍仔黃斑黑蟋蟀 Mirror 面積在群體中越大時，打鬥聲的高頻率在群體中的聲量有越大聲的趨勢。

當黑龍仔黃斑黑蟋蟀體重在群體中越重時，求偶聲的短音高頻率的聲量越大聲的趨勢。

四、關於求偶聲的探討

紅羌仔黃斑黑蟋蟀在選擇配偶上，會偏向選擇求偶聲低頻率較高、聲量較大的公蟋蟀的聲音，從前述「Mirror 面積越大，求偶的長音低頻率與高頻率的聲量有越大聲的趨勢」推測，紅羌仔黃斑黑蟋蟀雌蟲偏好選擇體型較大的雄蟲。

黑龍仔黃斑黑蟋蟀在選擇配偶上，會偏向選擇求偶聲低頻率較低、聲量較小的公蟋蟀的聲音，但因求偶聲對黑龍仔黃斑黑蟋蟀的低頻率 P 值過高，討論性足，推測黑龍仔黃斑黑蟋蟀雌蟲無法推斷雄蟲的體型特徵。

壹拾、參考資料及其他

一、 參考文獻

- (一) Atsushi Miyashita, Hayato Kizaki, Kazuhisa Sekimizu, and Chikara Kaito (2016) No Effect of Body Size on the Frequency of Calling and Courtship Song in the Two-Spotted Cricket, *Gryllus bimaculatus*
- (二) Kesshi M. Jordan, Daniel Calderone, Alexandra Rubin, Alma Estes Wickenden (2010) A Review of Biological Communication Mechanisms Applicable to Small Autonomous Systems
- (三) Vamsy Godthi, Rudra Pratap (2015) Dynamics of Cricket Sound Production
- (四) MARTIN DAMBACH, AGNES GRAS (1994) BIOACOUSTICS OF A MINIATURE CRICKET, *CYCLOPTILOIDES CANARIENSIS*
- (五) Louise Kulzer (1998) House Crickets, *cheta domesticus* Order Orthoptera, Family Gryllidae
- (六) 楊正澤 (民 91)。歌唱高手—蟋蟀。科學研習期刊，41(4)，9-14。

二、 參考網站

1. 昆蟲網 <http://163.26.138.3/school/cyber/sound.htm>

【評語】 052013

1. 研究目的：

一、蟋蟀外觀 (一)探討體對於蟋蟀發聲構造的關係 (二)探討體型對蟋蟀發聲構造的關係

二、蟋蟀發聲大小 (一)探討蟋蟀發聲構造對蟋蟀聲量大小的關係 (二)探討體型對蟋蟀聲量大小的關係

三、蟋蟀發聲頻率 (一)探討蟋蟀發聲構造對蟋蟀發聲頻率的關係 (二)探討體型對蟋蟀發聲頻率的關係

四、蟋蟀的求偶聲 (一)公蟋蟀的求偶聲是否會吸引母蟋蟀接近 (二)母蟋蟀是否會偏好我們所選用的聲音。

此作品的研究目的明確且聚焦，但探討內容不夠深入，所得結果對相關研究領域的貢獻度不高。

2. 雖不盡相同，但過去已有一些相關的文獻發表，就理論創新而言，由目前整體內容評估，新穎性有限。應有文獻回顧的段落，並說明此作品探討的方向與過去研究有哪些不同。

3. 此研究所使用的方法大致合理可行，多數資料的數據分析有使用統計方法及顯著性檢定，以確定不同組別之間是否具顯著性差異。然而，結果段落的說明過於簡略或沒有詳細說明，目前的狀態較像是圖說中的一部分。此外，有些圖沒有 X 或 Y 軸的標題，例如圖 71-74。同樣地，討論的段落也過於簡略，也無引用文獻加以闡述。材料方法段落

中，似乎未清楚說明每一組的昆蟲樣本數及每一實驗的重複次數，有些圖顯示樣本數多，而有些圖樣本數似乎是比較少的。

4. 簡報資料編排大致合理，但部分內容稍嫌擁擠，尤其是字數太多，結果說明的字體可以再大一些。

作品簡報

科別:動物與醫學科

組別:高中組

蟋蟀的發聲構造與音量、頻率、聲音特色之探討

背景介紹

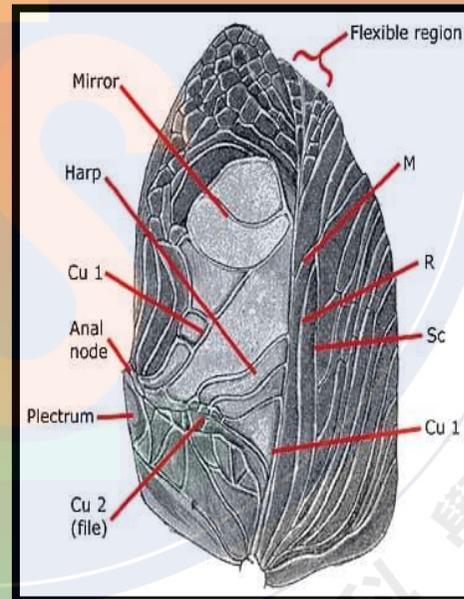
黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)，昆蟲綱、直翅目、蟋蟀科。分佈道路系統兩旁邊坡或綠帶或都會區街道邊之路植穴或雜物區或安全島，其次是校園及住宅等人工密集所。體色可以分為兩種，一種是胸、足與前翅皆為黑色的黃斑黑蟋蟀，俗稱「黑龍仔」；另一種則是胸、足與前翅帶有紅褐色的黃斑黑蟋蟀，俗稱「紅羌仔」(民91，楊正澤)。根據bugsbee的資料，蟋蟀發出”calling”(稱作呼喚)吸引鄰近雌蟲，等到看見雌蟲後，改發出“court ship”(稱作求偶)來向蟋蟀發起求偶聲，有其他蟋蟀侵入領地時，則會發出“ward”(稱作打鬥)嚇阻敵方。在蟋蟀的翅膀部分，有一段稱為“File”的鋸齒狀長條，當蟋蟀摩擦“File”使其產生震動後，震動會傳到位於下半部翅膀的“Mirror”、“Harp”並由此兩部位震動放大後傳出聲音。(圖三，Axel Michelsen, 1974)



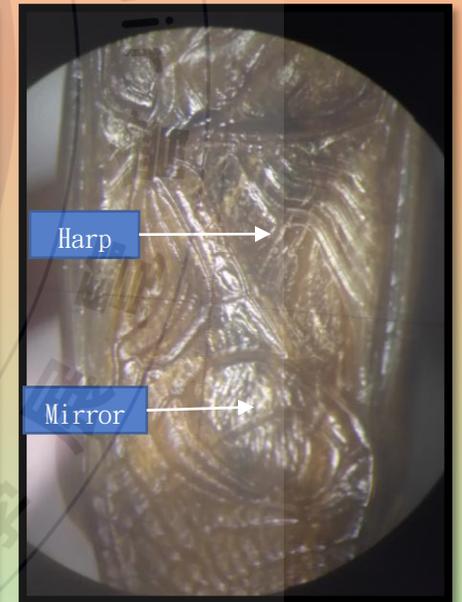
圖一、「黑龍仔」品系黃斑黑蟋蟀



圖二、「紅羌仔」品系黃斑黑蟋蟀



圖三、蟋蟀翅膀構造圖



圖四、實際拍攝圖

<https://www.google.com/amp/sciencebasedlife.wordpress.com/2011/10/12/you-can-actually-tell-the-temperature-from-a-cricket-chirp/amp/>

實驗目的

一、蟋蟀外觀

(一) 探討體型對蟋蟀發聲構造的關係

二、蟋蟀發聲大小

(一) 探討蟋蟀發聲構造對蟋蟀聲量大小的關係

(二) 探討體型對蟋蟀聲量大小的關係

三、蟋蟀發聲頻率

(一) 探討蟋蟀發聲構造對蟋蟀發聲頻率的關係

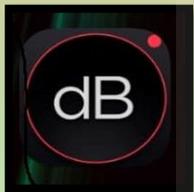
(二) 探討體型對蟋蟀發聲頻率的關係

四、蟋蟀的求偶聲

(一) 公蟋蟀的求偶聲是否會吸引母蟋蟀接近

(二) 母蟋蟀是否會偏好我們所選用的聲音

研究設備及器材



圖五、分貝計
db Meter



圖六、手機，接收頻
段0-23000hz



圖七、飼養箱(實驗
場所)



圖八、電子天平



圖九、聲音分析軟體
audacity



圖十、解剖顯微鏡



圖十一、圖片軟體
ImageJ

研究過程或方法

量測蟋蟀錄音

將蟋蟀放置於飼養箱中，並將手機錄音機固定於中央，距離蟋蟀約10公分，待蟋蟀鳴叫時錄製。

蟋蟀發聲構造量測

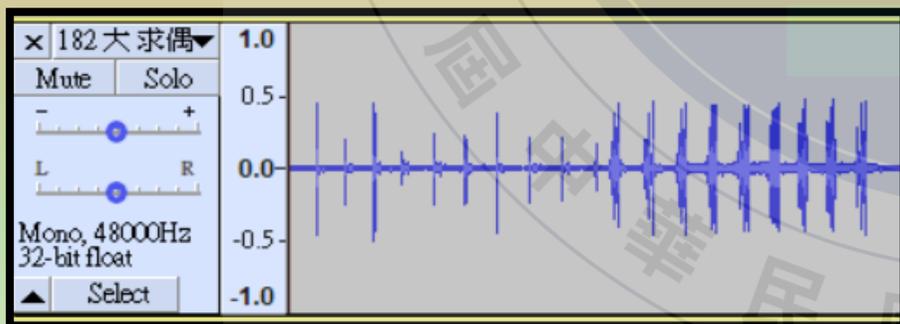
我們將蟋蟀以二氧化碳麻醉後，放置在解剖顯微鏡下，用顯微鏡及手機拍攝蟋蟀的mirror、harp，放入繪圖軟體Image J 描繪面積並記錄數據。

關於分貝值的校正

我們使用手機分貝計 db Meter，在安靜無聲且手機分貝計 db Meter顯示0分貝的狀態錄音，之後將音檔置入audacity軟體並測量聲量，此時聲量為-86.5分貝，因此我們將 audacity 軟體分析完後所導出的聲量都加上86.5分貝，以此修正。

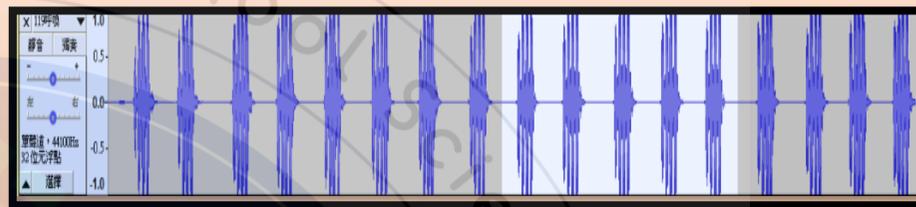
聲音的分析方式

求偶：我們經由分析及取樣之後發現，求偶的聲音由兩個部分組成，分為音量較大、單次時間較長的「**長聲**」及音量較小、單次時間較短的「**短聲**」，我們分別一隻蟋蟀的聲音中取「長聲」及「短聲」各2秒，在audacity軟體中分析。



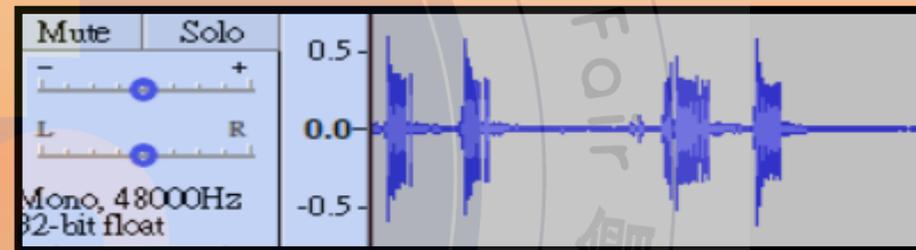
圖十、求偶聲在audacity上所呈現的頻譜、波形圖。時間為先短後長，短音單次脈衝持續時間相對長音短，聲量也較小。

呼喚：將錄音導入軟體 (Audacity) 並找到一段穩定錄音處，取兩秒進行取樣得到頻率、聲量。

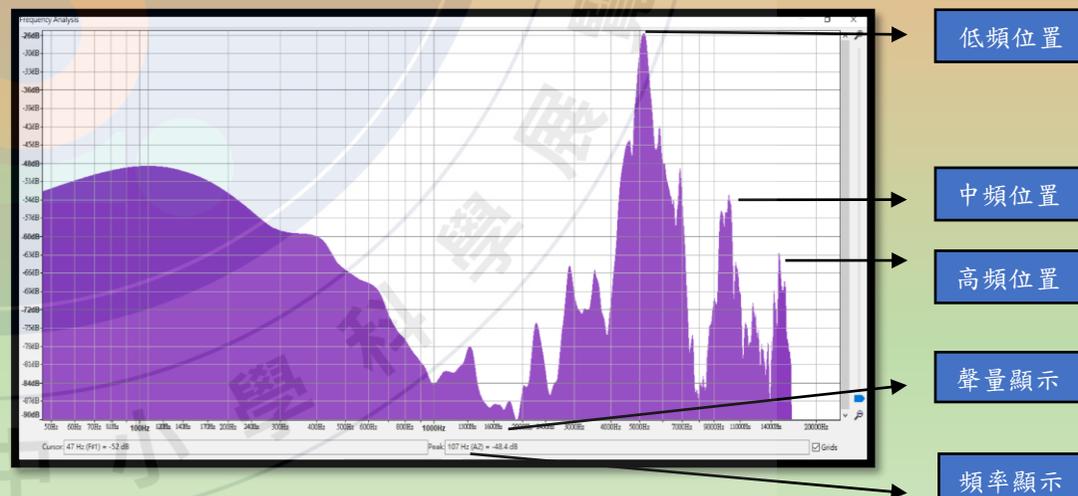


圖十一、蟋蟀發出的日常呼喚的波形圖

打鬥：將錄音導入軟體 (Audacity) 並取兩秒聲音紀錄



圖十二、打鬥聲的波形圖

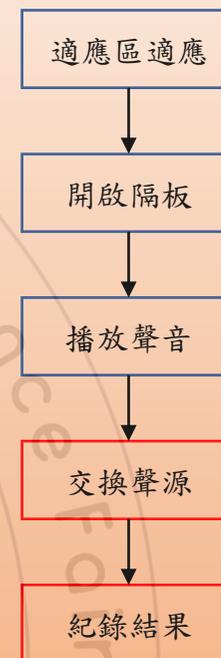


圖十三、頻譜取樣示意圖

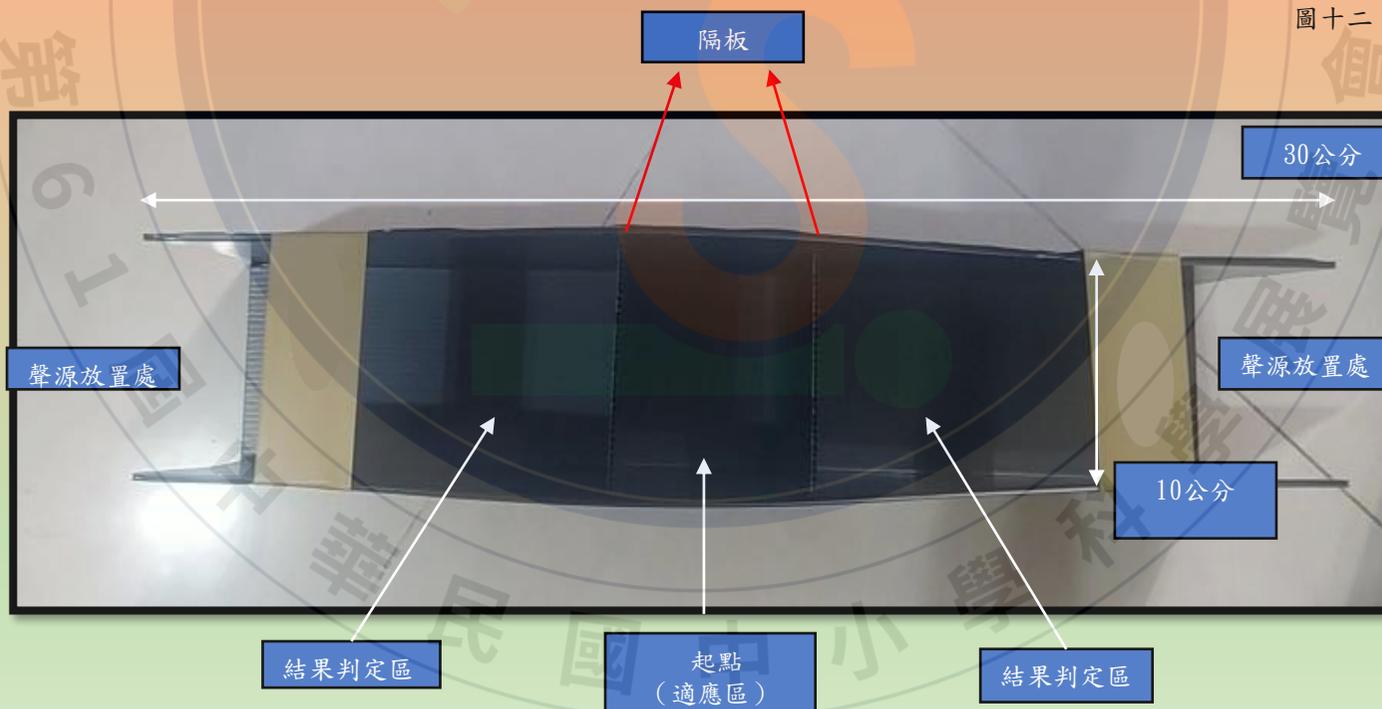
研究過程或方法

蟋蟀求偶聲的驗證

- 一、將蟋蟀至於裝置「適應區」間使其適應
- 二、開啟「適應區」隔板
- 三、我們將從資料庫選用兩隻聲音特色不同隻蟋蟀做為聲源，分別至於裝置的左、右兩端播放觀察並紀錄
- 四、聲源播放完畢後，將兩方的聲源交換，此步驟重複九次，共計撥放十次錄音
- 五、蟋蟀在我們開啟隔板後如果進入結果判定區，我們會紀錄為**選擇**，如果停留在適應區內，我們會紀錄為**沒有選擇**

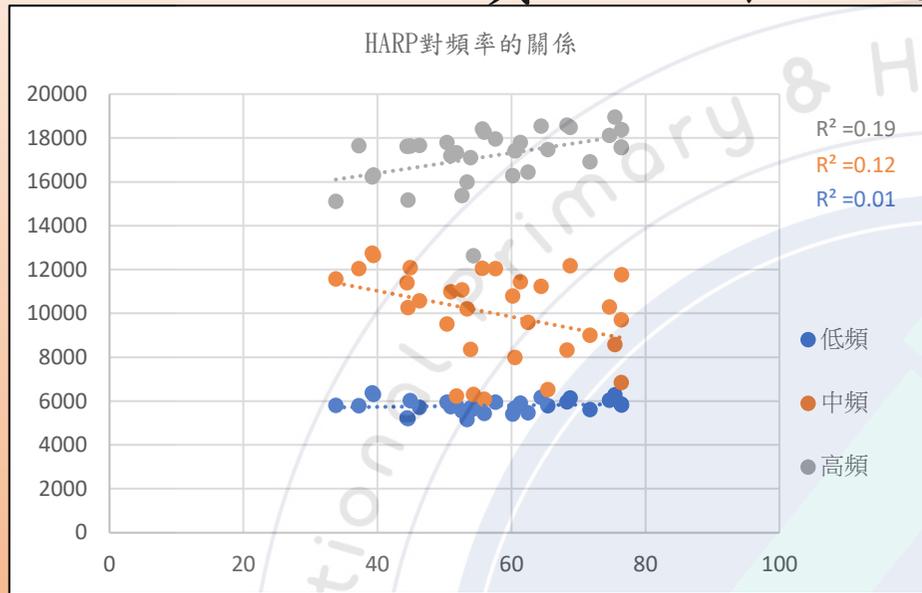


圖十二、流程圖



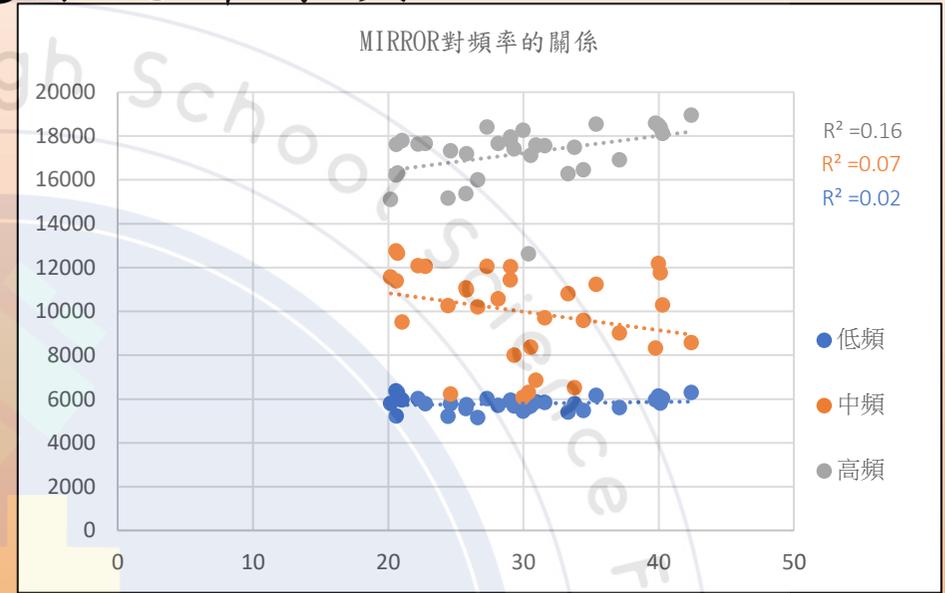
圖十三、實驗裝置

實驗結果-紅羌仔蟋蟀呼喚



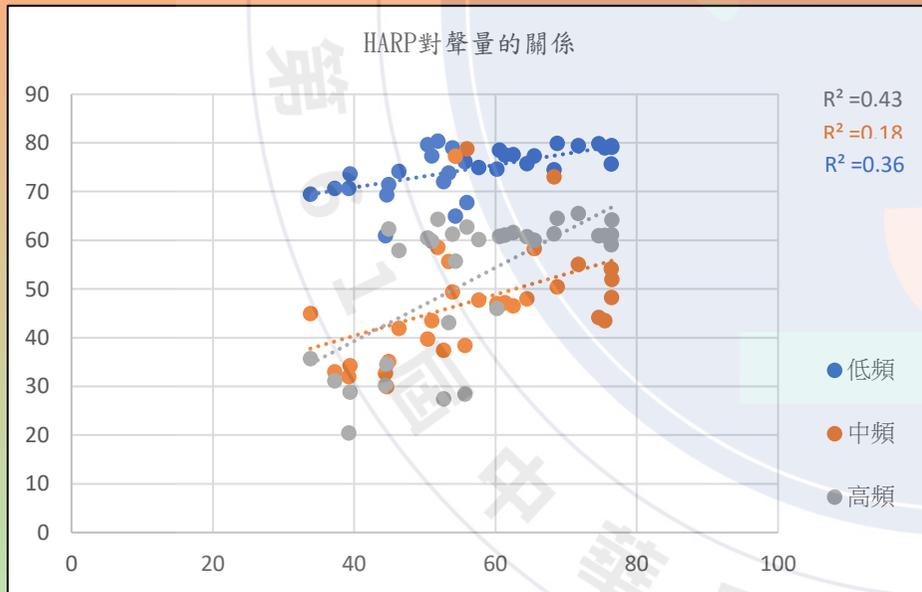
圖十四、橫軸為面積(mm²), 縱軸為頻率(hz)。

HARP與中頻為負相關, 與高頻為正相關。
低頻率: P=0.44, 中頻率: P<0.05, 高頻率: P<0.01



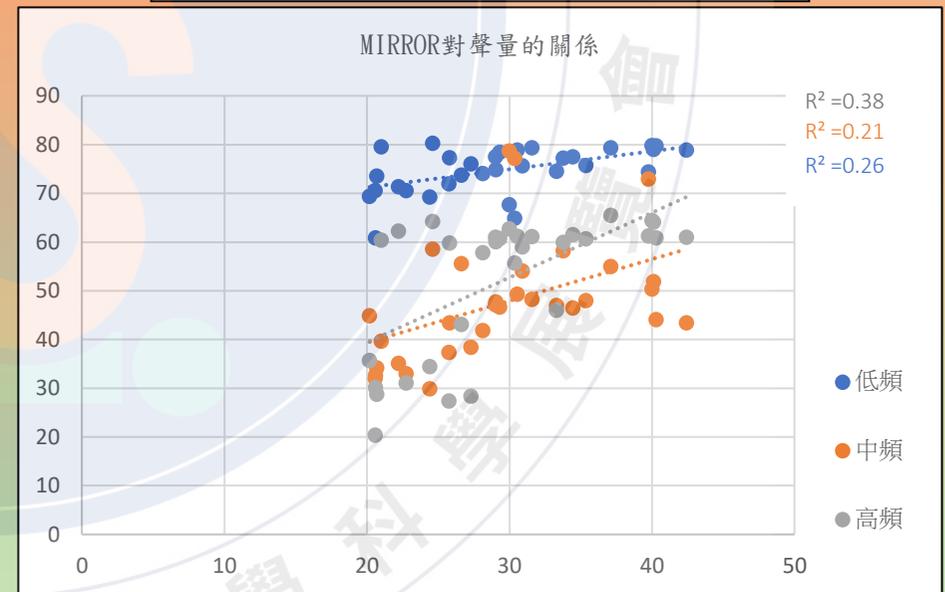
圖十五、橫軸為面積(mm²), 縱軸為頻率(hz)。

MIRROR與高頻為正相關。
低頻率: P=0.38, 中頻率: P=0.12, 高頻率: P<0.05



圖十六、橫軸為面積(mm²), 縱軸為聲量(db)。

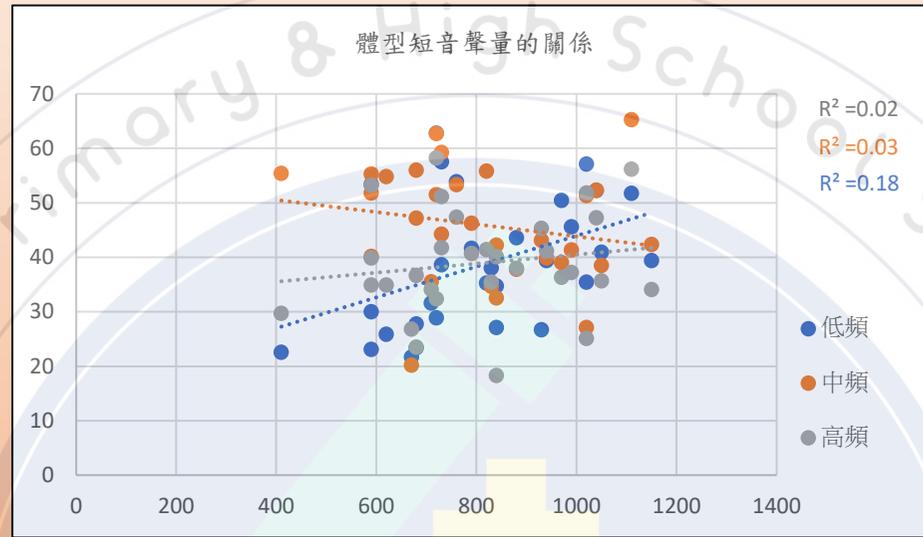
HARP與低、高頻聲量中度相關, 與中頻聲量正相關。
低頻率: P<0.01, 中頻率: P<0.01, 高頻率: P<0.01



圖十七、橫軸為面積(mm²), 縱軸為聲量(db)。

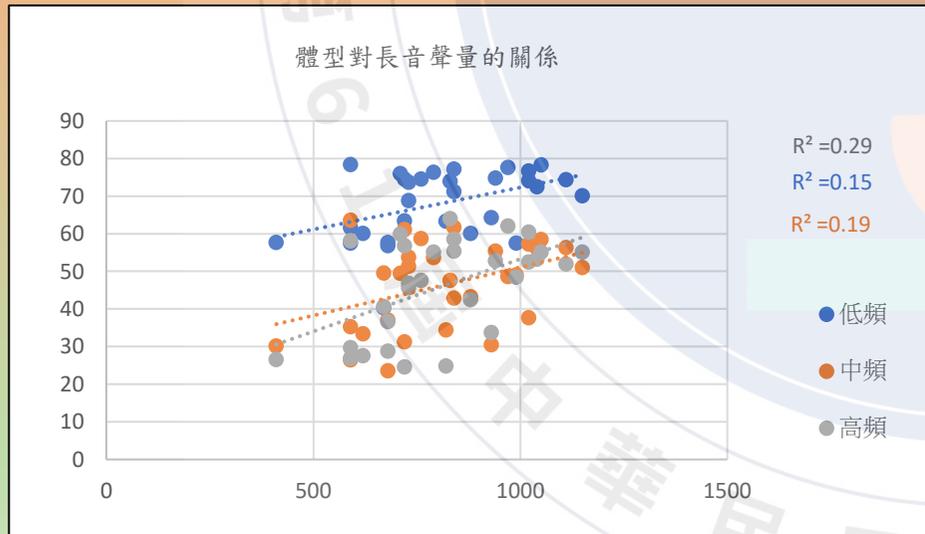
MIRROR與低、中、高頻率聲量為正相關。
低頻率: P<0.01, 中頻率: P<0.01, 高頻率: P<0.01

實驗結果-紅羌仔蟋蟀求偶



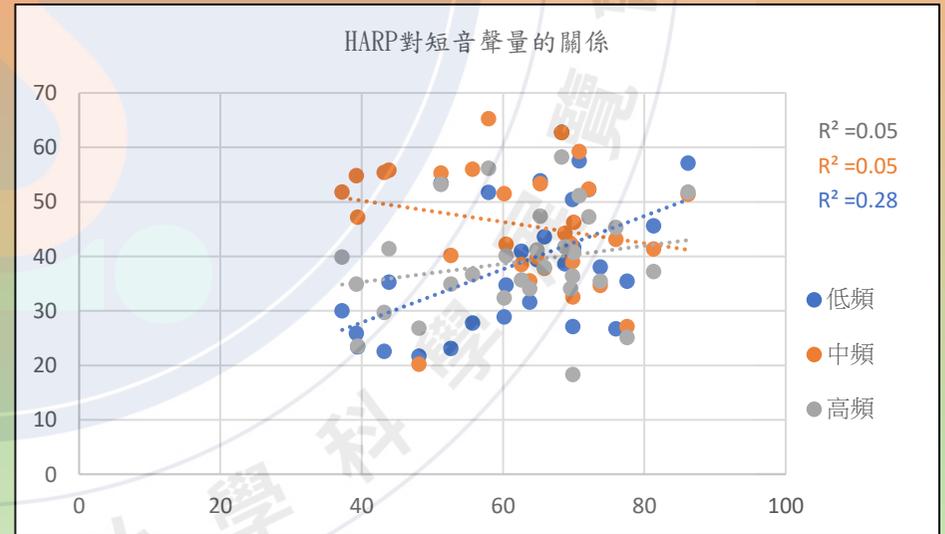
圖十八、橫軸為體重(mg)，縱軸為聲量(db)。

體型與低頻率聲量呈正相關。
 低頻率：P<0.01，中頻率：P=0.31，高頻率：P=0.41



圖十九、橫軸為體重(mg)，縱軸為聲量(db)。

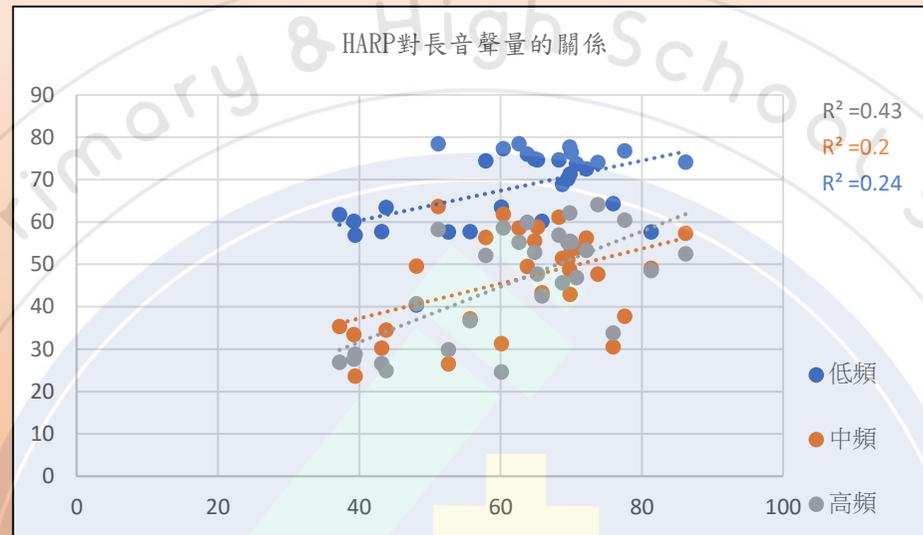
體型與低、中、高頻率聲量皆正相關
 低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.01，高頻率：P<0.01



圖二十、橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量。

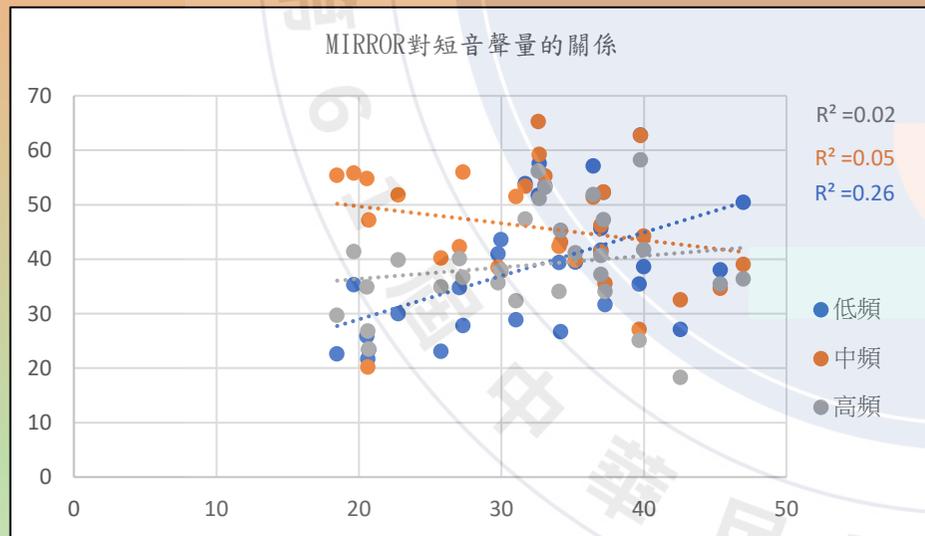
HARP與低頻率為正相關
 低頻率：P<0.01，中頻率：P=0.20，高頻率：P=0.23

實驗結果-紅羌仔蟋蟀求偶



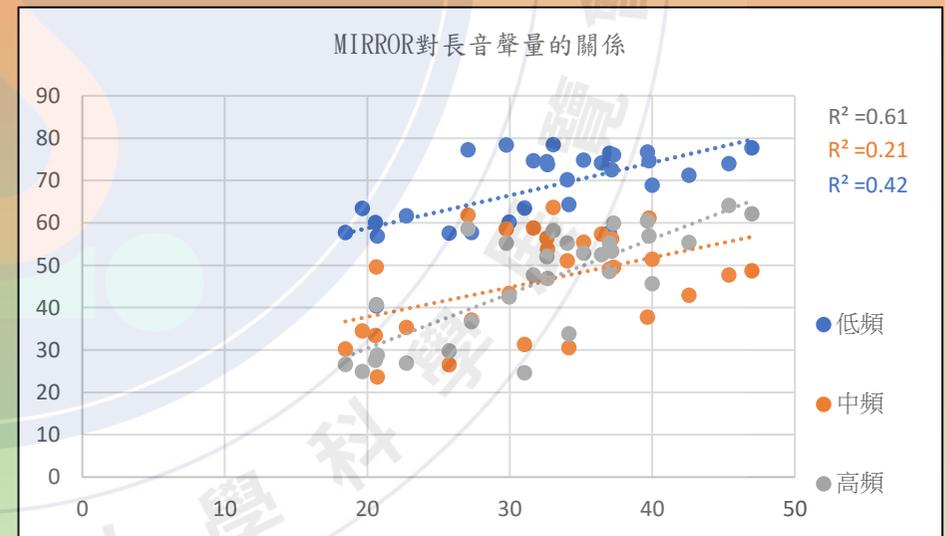
圖二十一、橫軸為面積(mm²), 縱軸為聲量(db)。

HARP與低、中、頻為正相關。
 低頻率：P<0.01, 中頻率：P<0.01, 高頻率：P<0.01



圖二十二、橫軸為面積(mm²), 縱軸為聲量(db)。

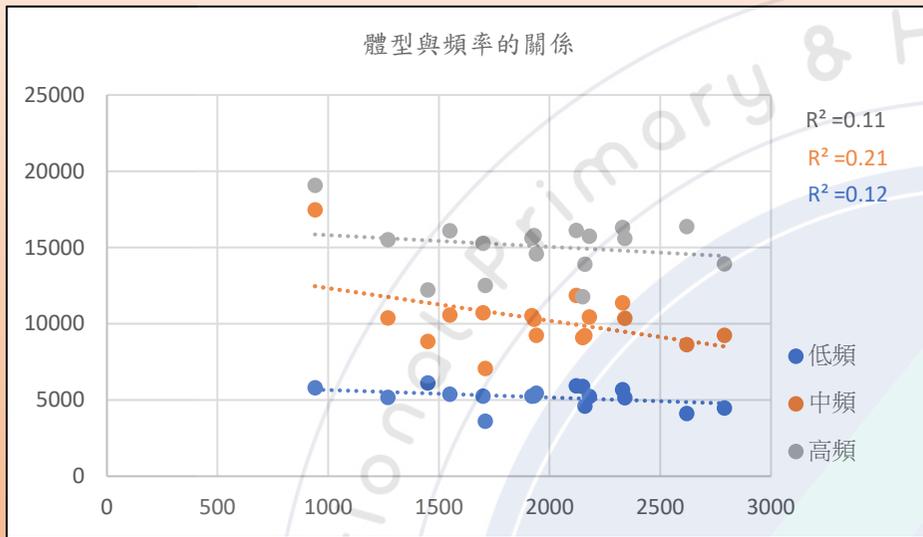
MIRROR與低頻為正相關
 低頻率：P<0.01, 中頻率：P=0.22, 高頻率：P=0.36



圖二十三、橫軸為面積(mm²), 縱軸為聲量(db)。

MIRROR與低、中、高頻率為正相關。
 低頻率：P<0.01, 中頻率：P<0.01, 高頻率：P<0.01

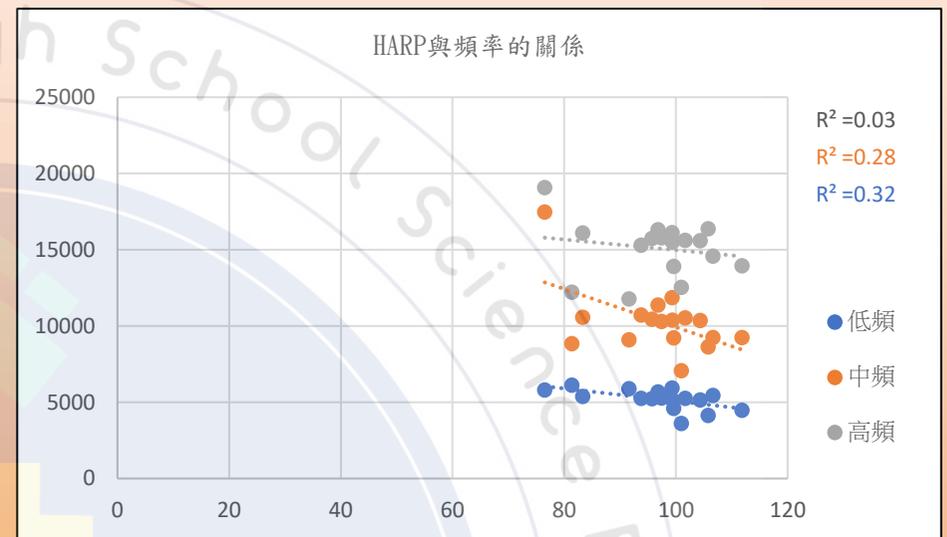
實驗結果-黑龍仔蟋蟀打鬥



圖二十四、橫軸為體重(mg)，縱軸為頻率(hz)

體型與中頻率為負相關

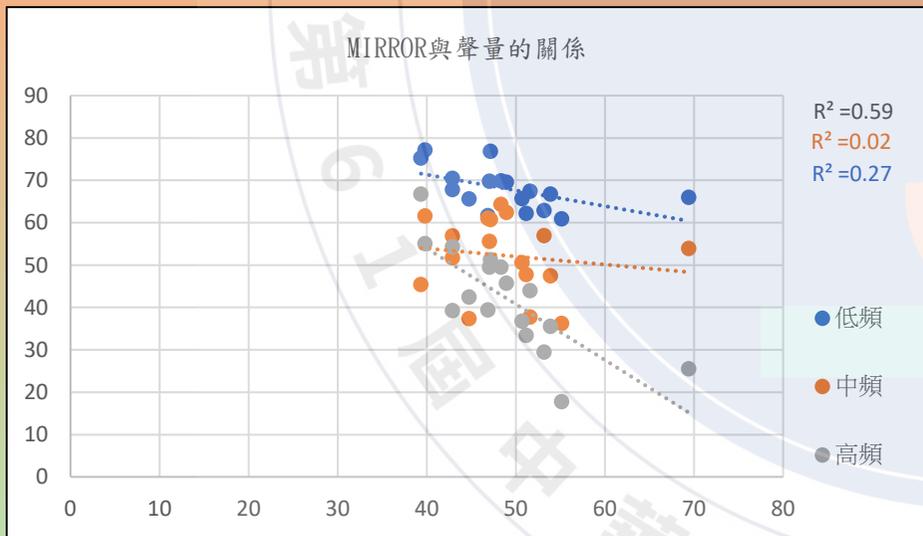
低頻率：P=0.17，中頻率：P<0.05，高頻率：P=0.43



圖二十五、橫軸為面積(mm²)，縱軸為頻率(hz)。

HARP與低、中頻率為負相關。

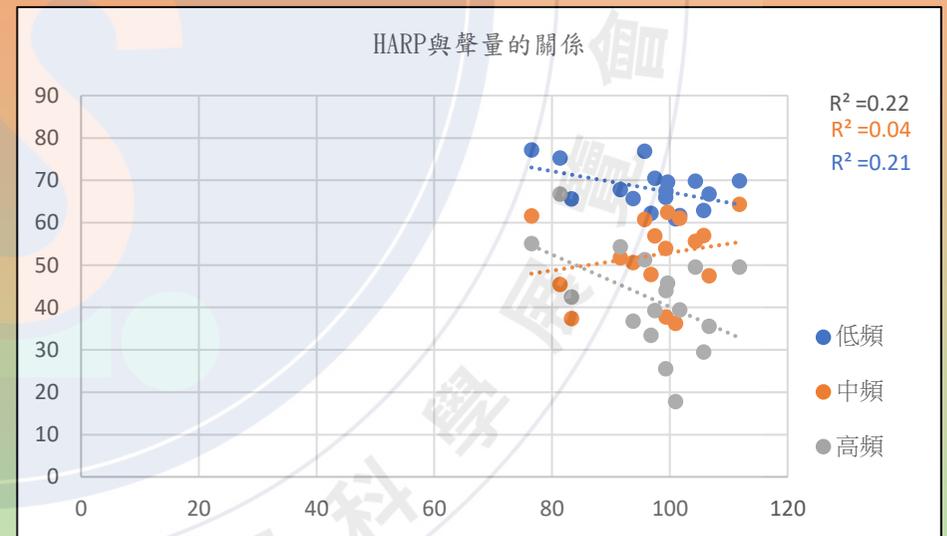
低頻率：P<0.01，中頻率：P<0.05，高頻率：P=0.48



圖二十六、橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量。

MIRROR與低、高頻率為負相關

低頻率：P<0.05，中頻率：P=0.57，高頻率：P<0.01

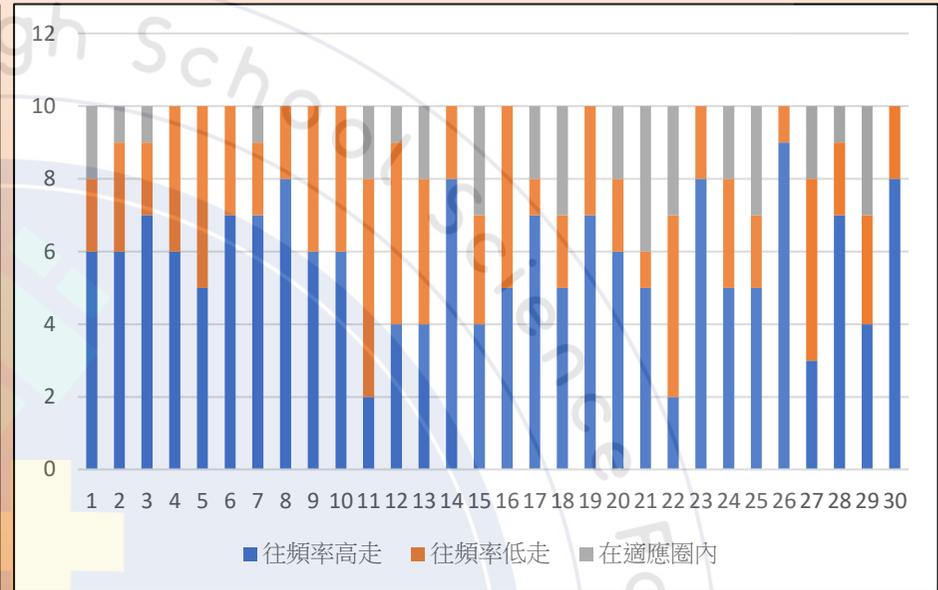
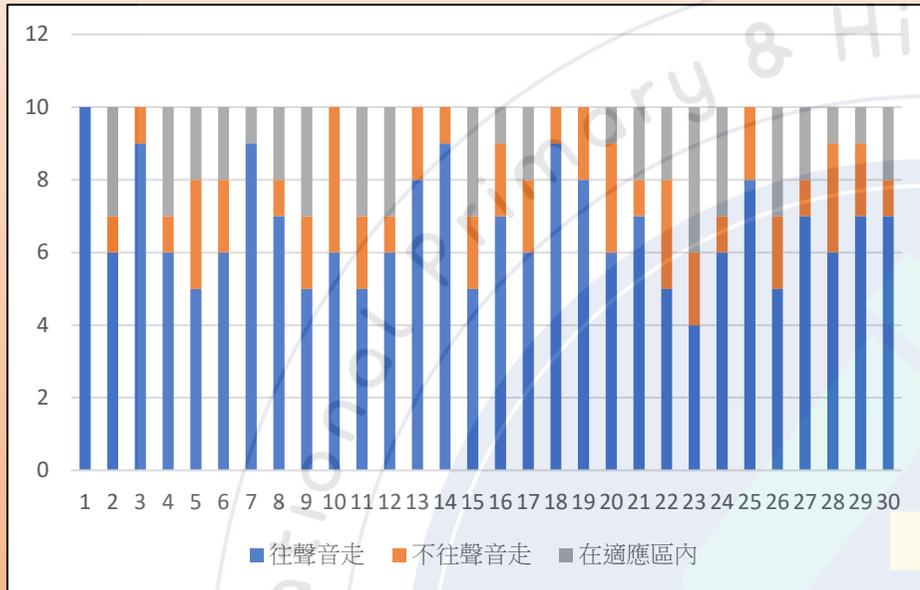


圖二十七、橫軸為面積(mm²)，縱軸為聲量。

HARP與低、高頻率為負相關

低頻率：P<0.05，中頻率：P=0.40，高頻率：P<0.05

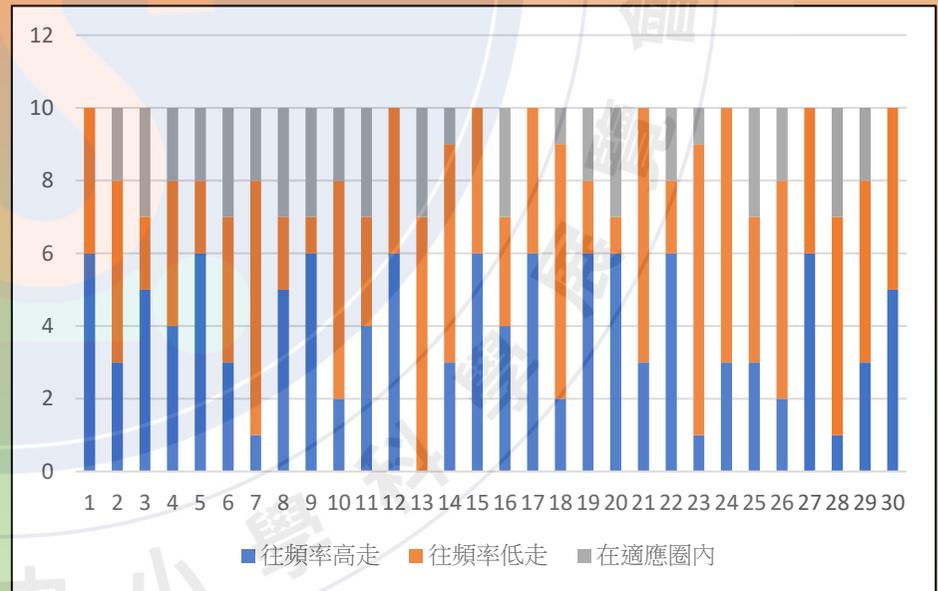
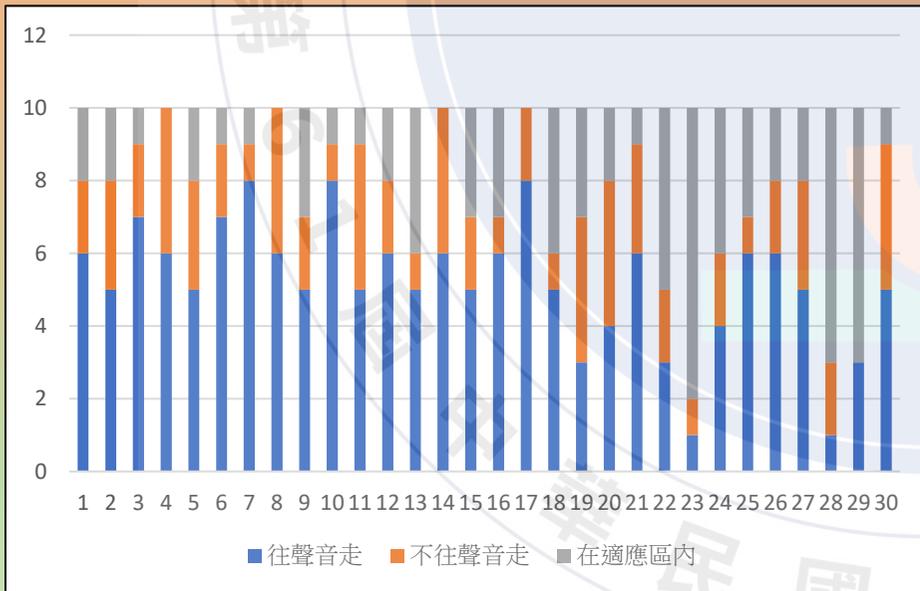
實驗結果-蟋蟀求偶聲的驗證



圖二十八、「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對聲音偏好

圖二十九、「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對聲音頻率偏好

「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對於聲音的偏好皆為最高偏好的範圍從40%-100%
 僅有4隻「紅羌仔」黃斑黑蟋蟀對於頻率較低的聲音有偏好，其餘蟋蟀偏好頻率較高的聲音



圖三十、「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀對聲音偏好

圖三十一、「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀對聲音頻率偏好

「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀對於聲音的偏好大多為「往聲音走」
 「黑龍仔」黃斑黑蟋蟀多選擇往頻率低的聲音走

結論

一、紅羌仔黃斑黑蟋蟀體型與聲音之關係

當紅羌仔黃斑黑蟋蟀的Harp面積在群體中越大，呼喚的低頻率、高頻率有越高的趨勢。Mirror面積在群體中越大，高頻率的聲量有越大趨勢。當紅羌仔黃斑黑蟋蟀的Harp面積在群體中越大，求偶的長音高頻率的聲量在群體中有越高的趨勢。Mirror面積越大，求偶的長音低頻率與高頻率的聲量有越大聲的趨勢。

二、黑龍仔黃斑黑蟋蟀體型與聲音之關係

當黑龍仔黃斑黑蟋蟀Mirror面積在群體中越大時，打鬥聲的高頻率在群體中的聲量有越大聲的趨勢，黑龍仔黃斑黑蟋蟀體重在群體中越重時，求偶聲的短音高頻率的聲量越大聲的趨勢。

三、關於求偶聲的探討

紅羌仔黃斑黑蟋蟀在選擇配偶上，會偏向選擇求偶聲低頻率較高、聲量較大的公蟋蟀的聲音，從前述「Mirror面積越大，求偶的長音低頻率與高頻率的聲量有越大聲的趨勢」推測，紅羌仔黃斑黑蟋蟀雌蟲偏好選擇體型較大的雄蟲。黑龍仔黃斑黑蟋蟀在選擇配偶上，會偏向選擇求偶聲低頻率較低、聲量較小的公蟋蟀的聲音，但因求偶聲對黑龍仔黃斑黑蟋蟀的低頻率 P值過高，討論性不足，推測黑龍仔黃斑黑蟋蟀雌蟲無法從求偶聲推斷雄蟲的體型特徵。

參考資料及其他

一 Atsushi Miyashita, Hayato Kizaki, Kazuhisa Sekimizu, and Chikara Kaito (2016) No Effect of Body Size on the Frequency of Calling and Courtship Song in the Two-Spotted Cricket, *Gryllus bimaculatus*

二 Keshi M. Jordan, Daniel Calderone Alexandra, Rubin Alma, Estes Wickenden (2010) A Review of Biological Communication Mechanisms Applicable to Small Autonomous Systems

三 Vamsy Godthi, Rudra Pratap (2015) Dynamics of Cricket Sound Production

四 MARTIN DAMBACH, AGNES GRAS (1994) BIOACOUSTICS OF A MINIATURE CRICKET, *CYCLOPTILOIDES CANARIENSIS*

五 Louise Kulzer (1998) House Crickets, *cheta domesticus* Order Orthoptera, Family Gryllidae

六 楊正澤 (民 91) 。歌唱高手－蟋蟀。科學研習期刊，41(4)，9-14。

七 參考網站

- 1. 昆蟲網 <http://163.26.138.3/school/cyber/sound.htm>