

第六屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA6-106

作品名稱：蟋蟀對話-悅耳叫聲的秘密

姓名：王翊丞

關鍵字：蟋蟀、蟲鳴

壹：摘要

在本實驗進行前的初期觀察中，我們發現蟋蟀的聲音種類與發聲時機相當的複雜，並非一般文獻所簡述的，僅有打鬥與求偶的不同，所以本實驗的初期目標在於分析不同聲音的頻譜與發聲時機。

在聲音辨析的原則確認後，我們於求偶過程中分析出 3 種聲音（以下稱為求偶 A、求偶 B 與求偶 C），於打鬥過程中分析出 2 種聲音（以下稱為打鬥 A 與打鬥 B），在多次重複實驗後，我們計算求偶時（發聲時間／動作時間）的比值，並將此比值平均，所得之平均值稱為求偶的『行為基礎指數』（表一）；同樣的，我們計算打鬥時（發聲時間／動作時間）的比值，並求出打鬥的『行為基礎指數』（表二），在計算『行為基礎指數』的同時，我們也試著歸納蟋蟀各式發聲的時機（結果一、二）。

由於在先前的求偶行為觀察中，我們已知雌蟋蟀不會發聲，而不會發聲的雄蟋蟀沒有求偶成功的機會，所以我們接著以電腦程式剪輯，純化與延長打鬥 A、B 的聲音和求偶 A、B、C 的聲音，然後以盡量不傷害和可恢復的方式限制蟋蟀發聲，讓這些不會發聲的雄蟋蟀，藉由我們所剪輯的聲音進行求偶，並比較各式替代聲音與自然情況下求偶有何不同。

在求偶行為聲音替代實驗中，我們發現若播放的聲響並非為該雄蟋蟀的聲音，縱使雌蟋蟀受刺激而主動配合求偶，雄蟋蟀完全排斥該次求偶行為，這和少數情況下，雄蟋蟀不願求偶的情況不同，因此我們研判雄蟋蟀能記憶與辨析自己的發聲，只是我們尚無法分辨雄蟋蟀間聲紋的不同。為了求偶行為聲音替代實驗能繼續進行，本團隊必須純化每隻雄蟋蟀的聲音，而不能用單一雄蟋蟀所剪輯的聲音來進行所有實驗。由於發現雄蟋蟀可辨識自己的聲音，所以本團隊接著進行打鬥行為聲音替代實驗。我們以兩隻同時被限制發聲的蟋蟀進行打鬥，並同時以電腦模擬出兩方不同類型的聲響，再比對出何種聲響較有利打鬥？而與自然情況下打鬥有何不同？

實驗結果顯示，以電腦所純化的單類聲音進行求偶行為時，成功率除了播放打鬥 B 聲音成功率較低之外，其餘普遍上升（圖一），而花費的時間卻都上升（圖二）。此外我們也發現，純化的求偶類聲音和打鬥類聲音有相近的求偶效果，但若是不發生求偶時，純化的打鬥類聲響會提高雄蟋蟀近似攻擊雌蟋蟀的情況，這是求偶類聲響所不會發聲的情況。

在打鬥實驗中本團隊發現，當兩方進行打鬥時都播放求偶聲音，打鬥時間會明顯下降，而且在此種狀況下，對於原本少數會於打鬥勝利後向失敗者求偶的雄蟋蟀而言，可能會增加這類蟋蟀對雄蟋蟀求偶的比例。

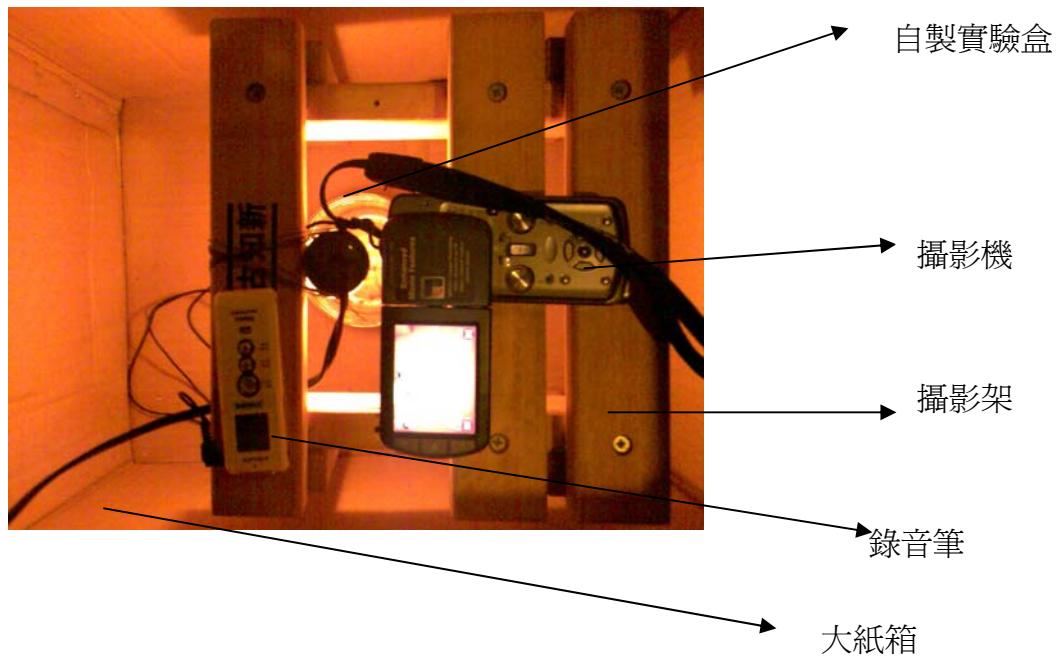
貳、材料

- 一. 培養蟋蟀的基本器材，自製飼養盒(以切半並在撤面做不透明處理之 1800c.c. 寶特瓶)，保暖用的報紙，餵食的紅蘿蔔
- 二. 大紙箱
- 三. 雄蟋蟀 (品種為黃斑黑蟋蟀 *Gryllus bimaculatus* De Geer)
- 四. 雌蟋蟀 (品種為黃斑黑蟋蟀 *Gryllus bimaculatus* De Geer)
- 五. 影像擷取軟體(ACA Capture Pro)和頻譜分析軟體(Gold wave 5.06)
- 六. 數位攝影機一個
- 七. 錄音筆兩個(款式相同)
- 八. 限制雄蟋蟀發生所需器材：



九.<自製攝影架.....> (放照相機用) 加燈泡

十.自製蟋蟀實驗盒



参、方法

一、記錄蟋蟀自然求偶時發聲的時序及（動作時間／發聲時間）之比值

1. 將一隻雄蟋蟀及一隻雌蟋蟀放入實驗盒，再將實驗盒放入大紙箱中，並開始錄影和錄音
2. 求偶成功或不進行求偶超過 5 分鐘則取出蟋蟀
3. 時用頻譜分析程式來分析結果，並計算其動作時間與發聲時間，並算出其基礎指數（動作時間／發聲時間）之比值。

二、記錄蟋蟀自然打鬥時發聲的時序及（動作時間／發聲時間）之比值

1. 將兩隻雄蟋蟀放入實驗盒，再將實驗盒放入大紙箱中，並錄音和錄影
2. 勝負分曉或超過五分鐘不進行打鬥時則取出蟋蟀
3. 使用頻譜分析程式來分析結果，並計算其動作時間與發生時間，並算出其基礎指數（動作時間／發聲時間）之比值。

三、以電腦程式剪輯，純化每隻雄蟋蟀於求偶時所發出的各式聲響

1. 截取同一隻雄蟋蟀在求偶中所發出的 A、B 和 C 類型聲音
2. A 類聲音截取後進行複製，並於中加入平均間距時間：0.21587 秒；B 類型聲截取後進行複製，並於中間加入平均間距時間：0.255 秒，C 類型聲截取後進行複製，並於中間加入平均間距時間：0.1852 秒，並分別加長至 6 分鐘

四、以電腦程式剪輯，純化每隻雄蟋蟀於打鬥時所發出的各式聲響

1. 截取同一隻雄蟋蟀在打鬥中所發出的 A、B 類型聲音
2. A 類聲音截取後進行複製，並於中間加入平均間距時間：3.8996 秒；B 類型聲截取後進行複製，並於中間加入平均間距時間：0.3899 秒，並分別加長至 6 分鐘

五、聲音替代實驗時限制雄蟋蟀發聲之前處理

1. 以乙醚將其迷昏



2. 再用細線繞蟋蟀一圈



3. 並用泡泡膠黏住



4. 待甦醒後進行實驗

六、求偶行爲聲音替代實驗

1. 按照表訂的次序，讓各蟋蟀依次進行實驗。每次進行時，取出一隻被限制發聲的雄蟋蟀和一隻雌蟋蟀。每次實驗時僅播放出一種電腦剪輯的聲音（如：求偶 A、B、C 和打鬥 A、B），替代雄蟋蟀的發聲

2. 記錄方式與取出蟋蟀的時機，與自然求偶實驗時的程序相同

3. 分析所記錄的數據

七、打鬥行爲聲音替代實驗

1. 按照表訂的次序，讓各雄蟋蟀依次進行實驗。每次進行時，放入兩隻被限制發聲的雄蟋蟀。打鬥時分別播放兩隻雄蟋蟀於電腦剪輯的聲音（如：求偶 A、B、C 和打鬥 A、B），替代兩隻雄蟋蟀所發出的聲音。

2. 記錄方式與取出蟋蟀的時機，與自然打鬥實驗時的程序相同

3. 聲音配對方式如下：

（1）打鬥 A 對打鬥 B

（2）求偶 A 對求偶 B

（3）求偶 A 對求偶 C

（4）求偶 B 對求偶 C

4. 分析所記錄的數據

肆、結果

一、自然求偶時發聲的時序及（動作時間／發生時間）之比值

表一：求偶基礎指數

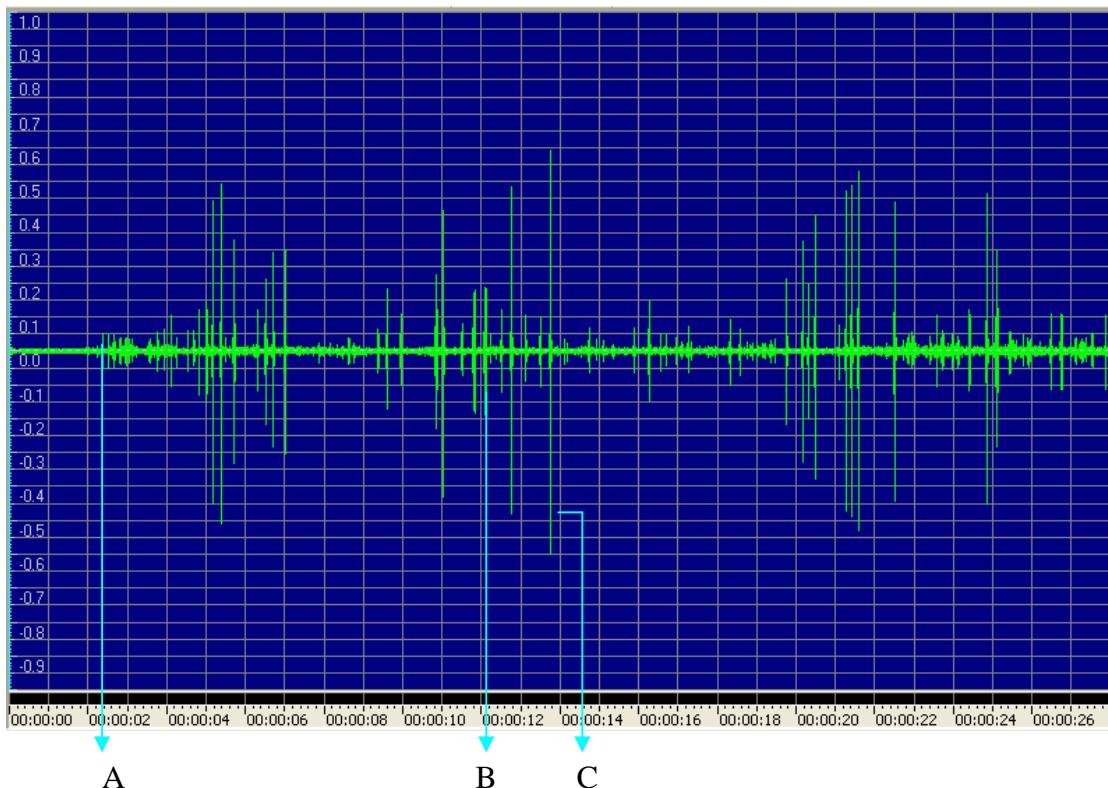
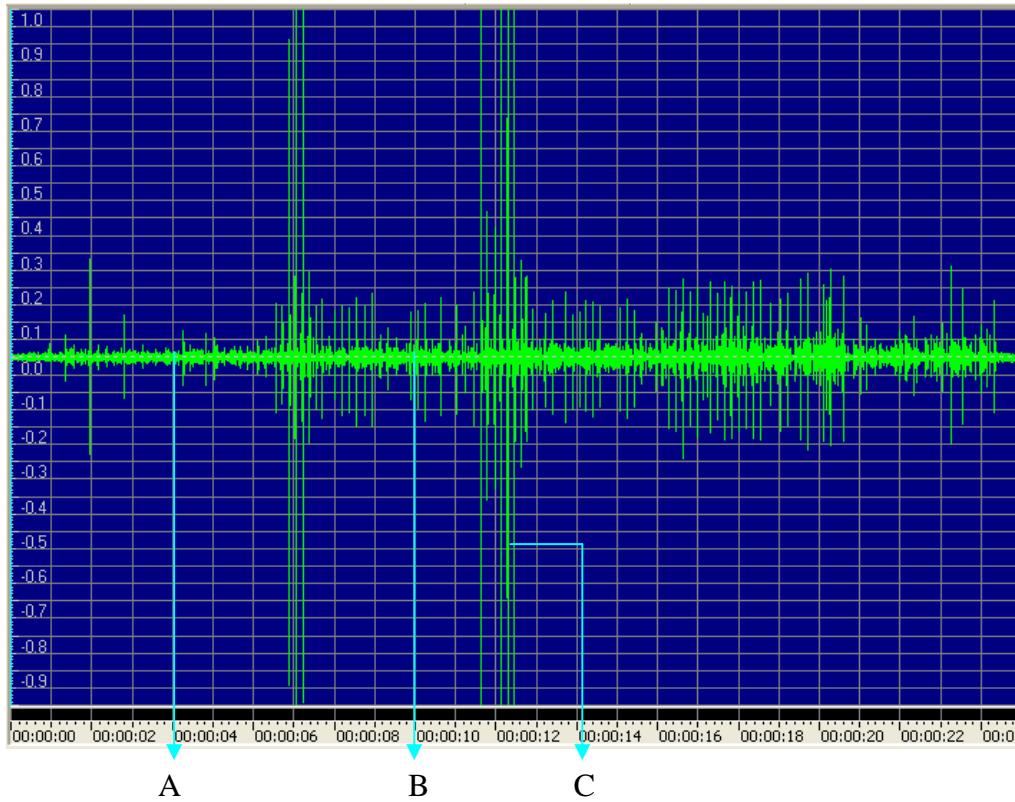
組數	發聲時間	動作時間	基礎指數(發聲/動作)
1	70	73	0.96
2	0	0	0
3	0	0	0
4	15	21	0.7
5	0	0	0
6	0	0	0
7	23	37	0.62
8	0	0	0
9	0	0	0
10	5	5	1
11	0	0	0
12	37	63	0.59
13	0	0	0
14	0	0	0
15	41	70	0.59
16	39	57	0.7
17	7	8	0.875
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	7	7	1
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	47	47	1
30	0	0	0
31	28	30	0.93
32	31	32	0.969
33	2	2	1
34	0	0	0
35	7	9	0.78
平均	24.58 秒	32..2 秒	0.8367(標準差 0.1661)

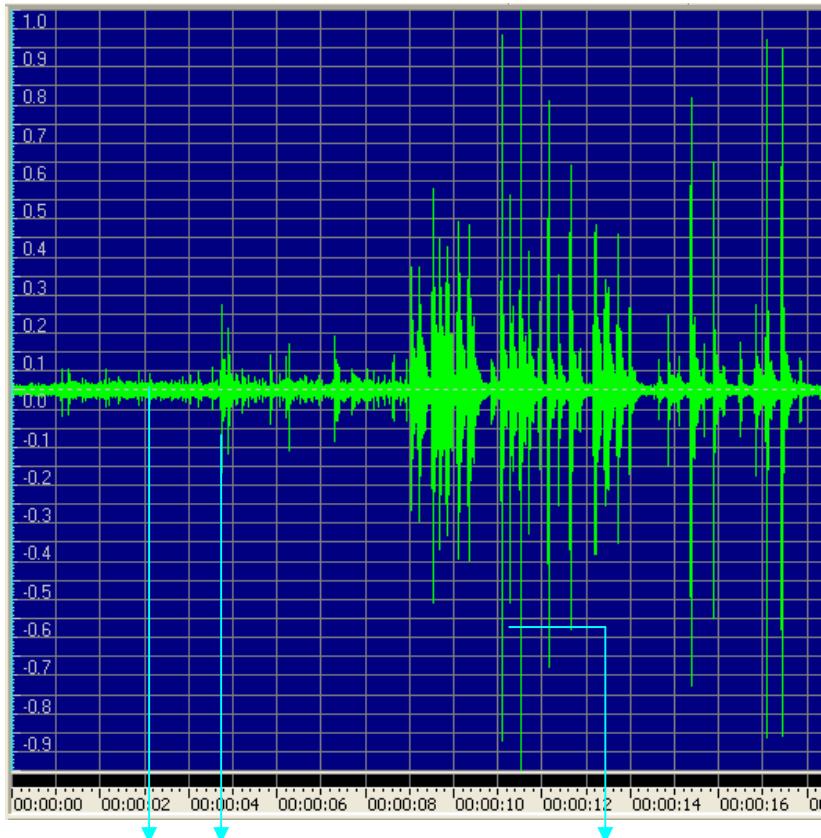
聲音類型：求偶 A：振幅最小，間距時間介於 B-C 之間(平均 0.21587 秒)

求偶 B：振幅介於 A.B 之間，間距時間最長(平均 0.255 秒)

求偶 C：振幅最大，間距時間最短(平均 0.1852 秒)

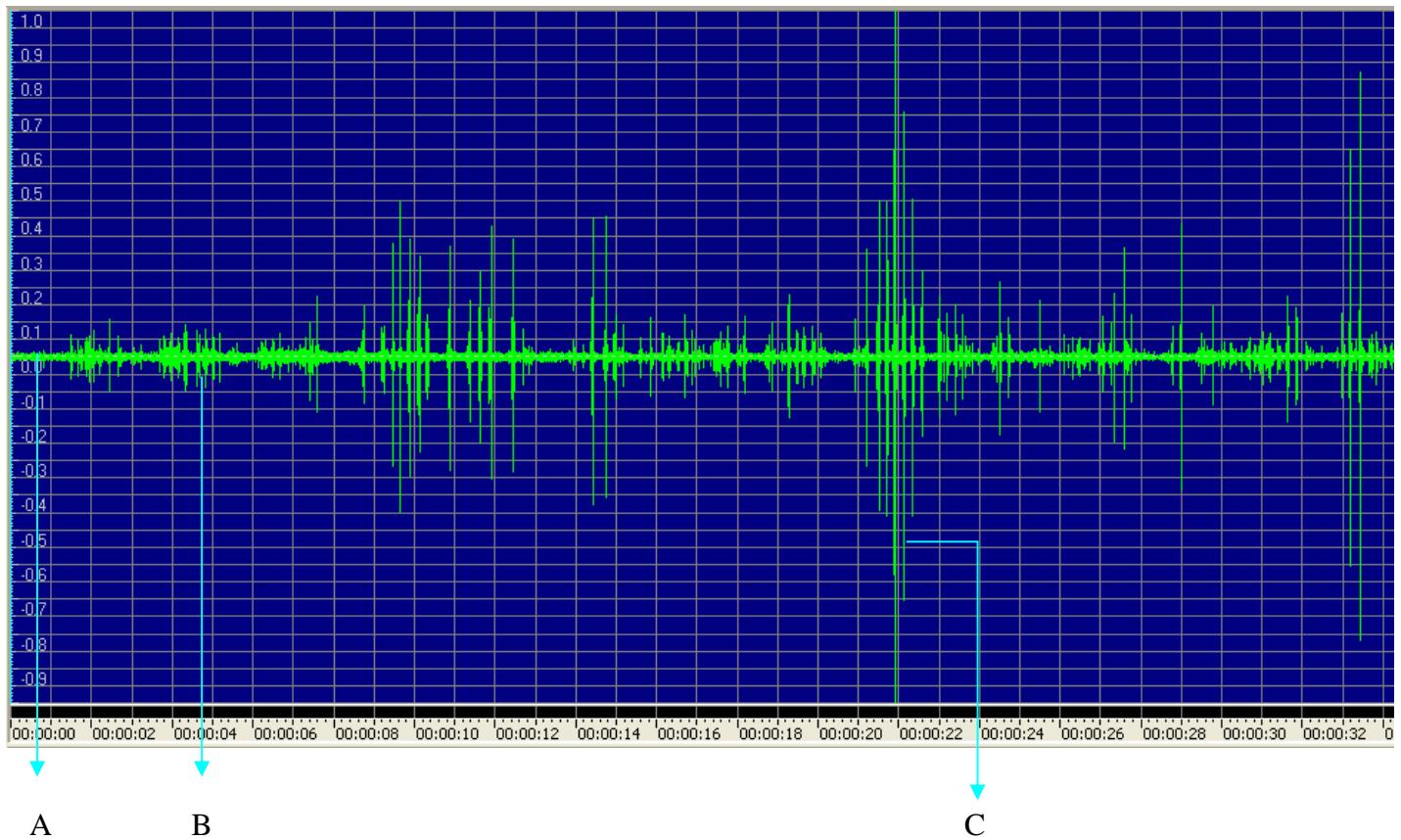
發聲模式：在初期接觸時雄蟋蟀會先發出求偶 A 聲響，接著會發出求偶 B 聲響對雌性提出正式邀請，若還未獲得青睞，雄性蟋蟀會再發出求偶 C 聲響，但接著可能是求偶 B 與求偶 C 聲響交替使用，較不會再出現求偶 A 聲響。





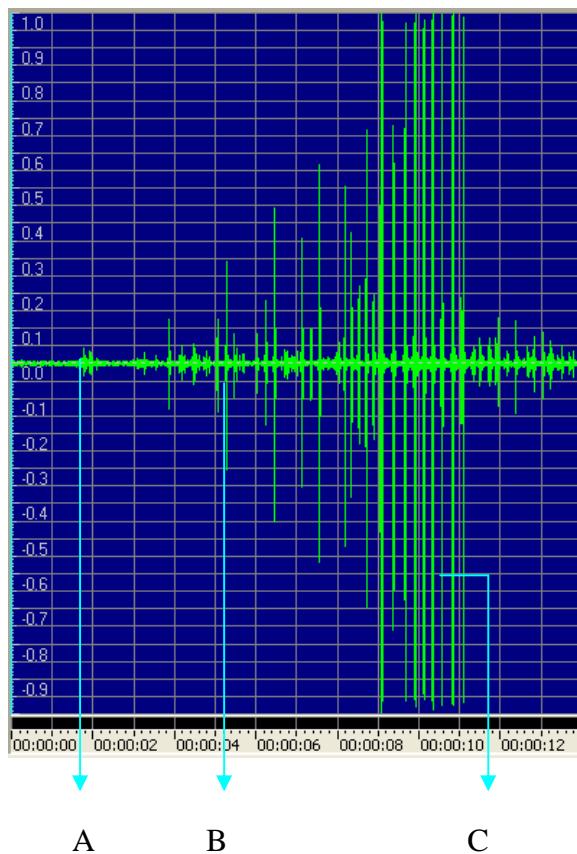
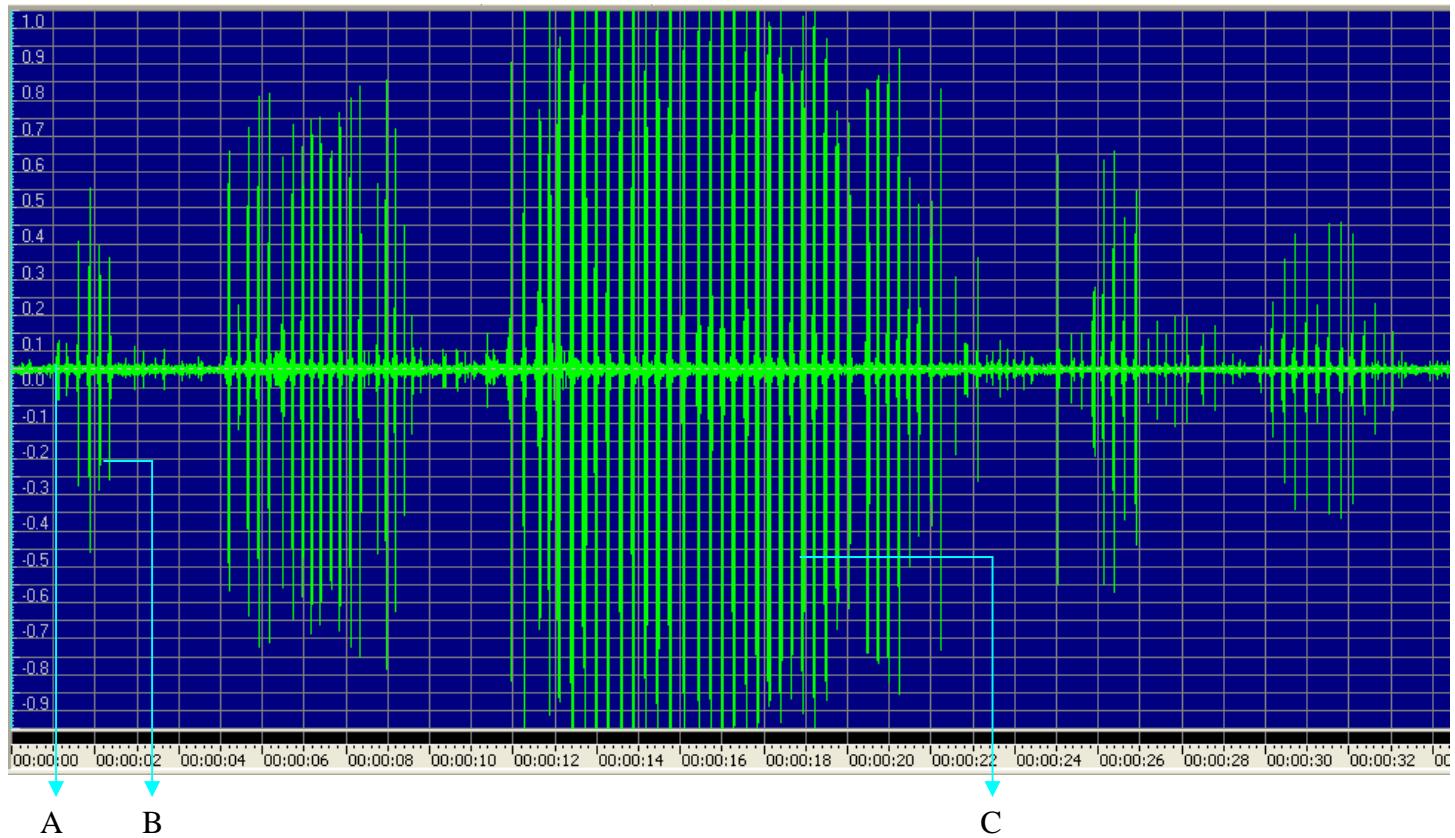
A B

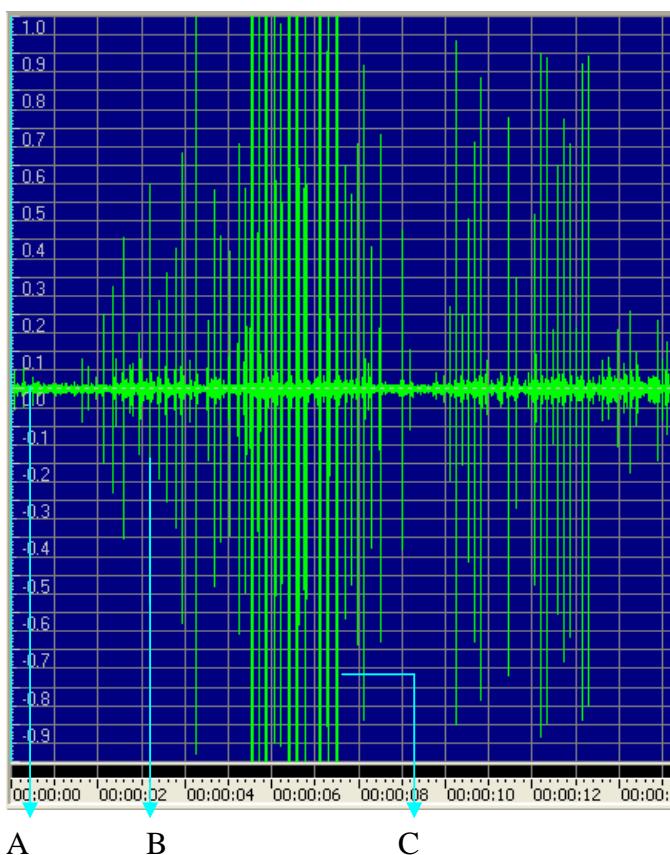
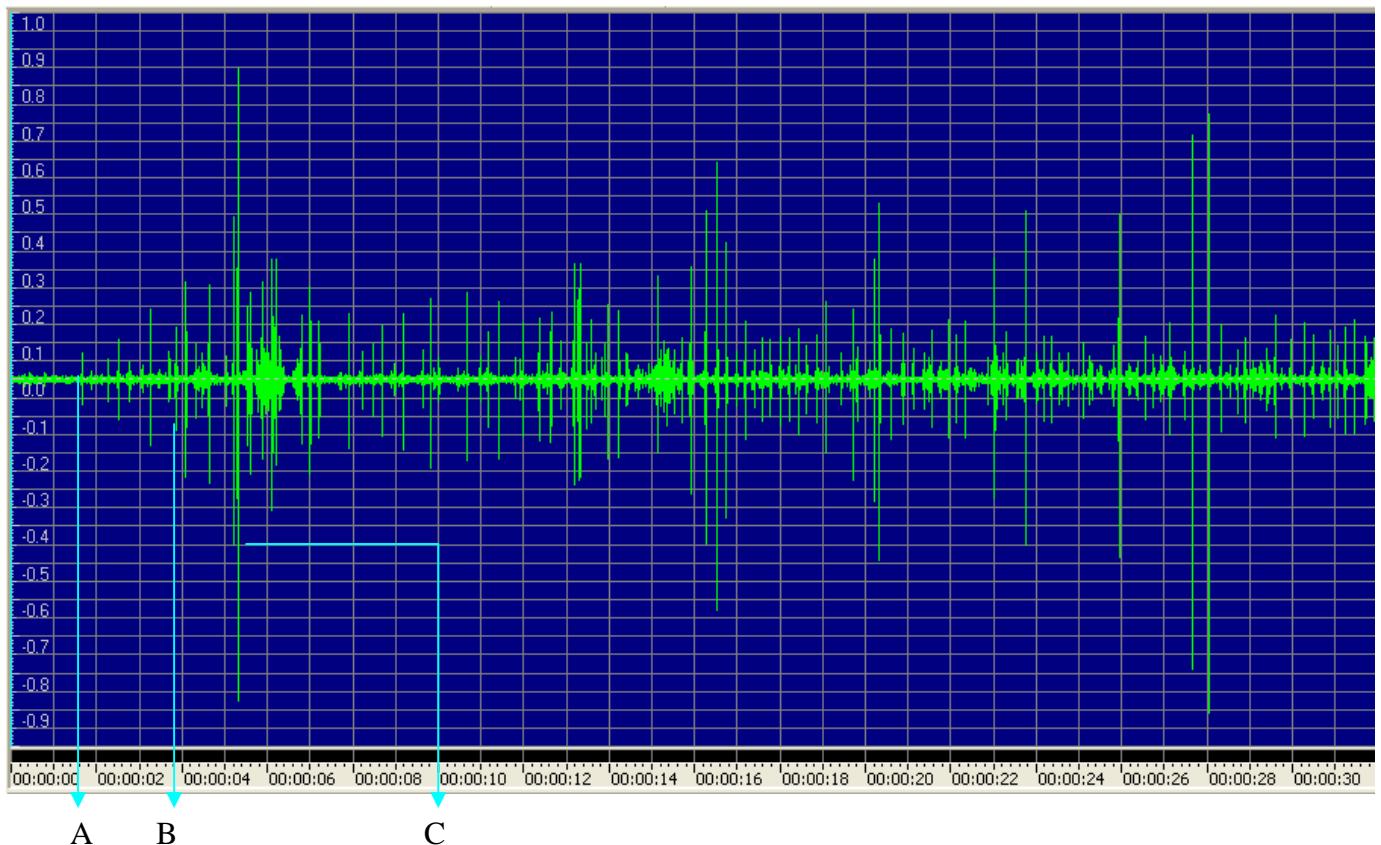
C

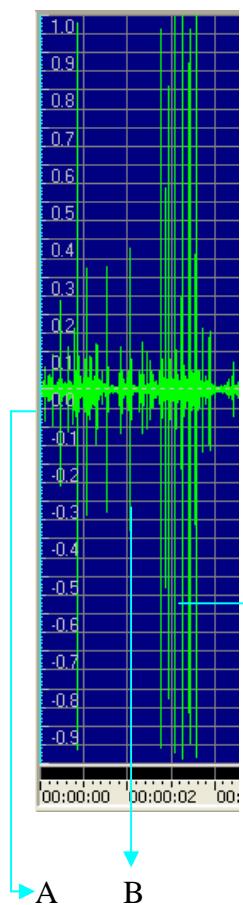
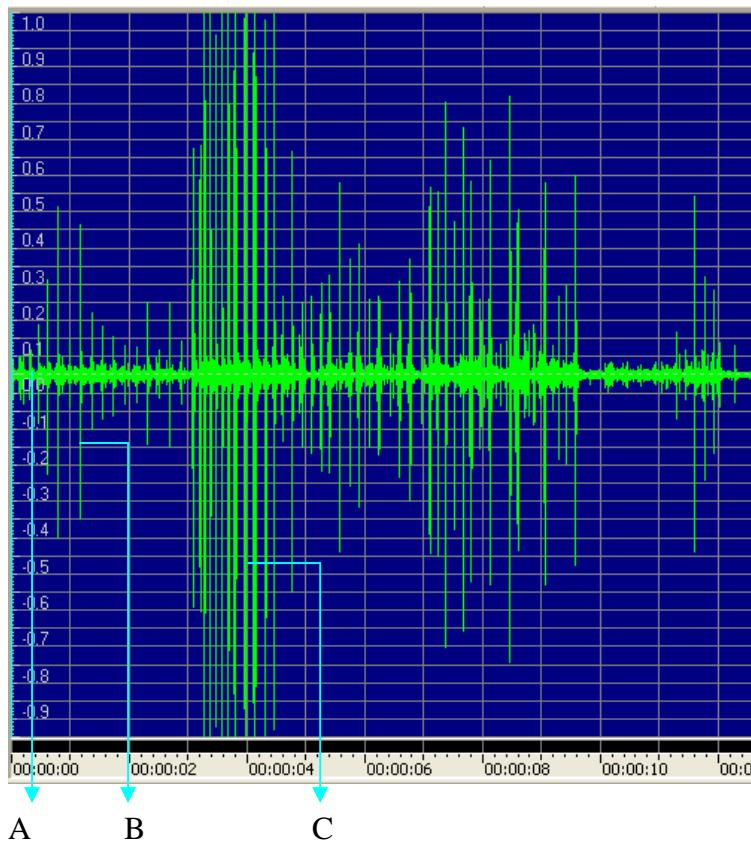


A B

C







二、自然打鬥時發聲的時序及（動作時間／發生時間）之比值聲音分類：

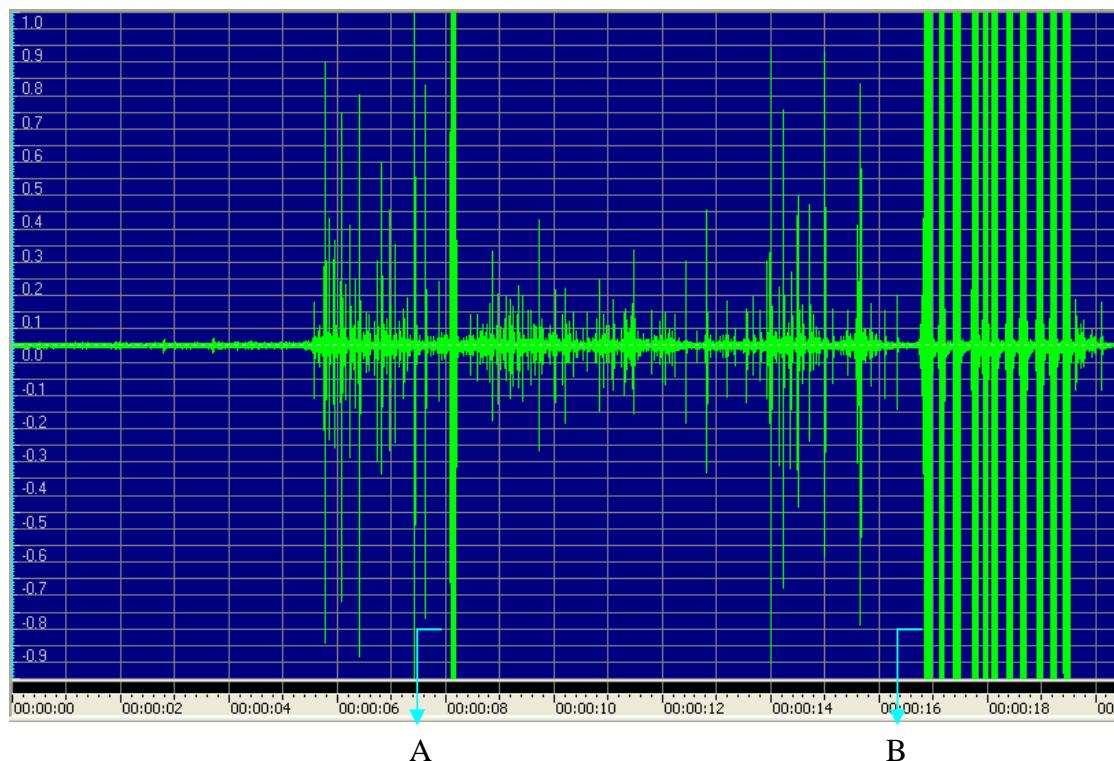
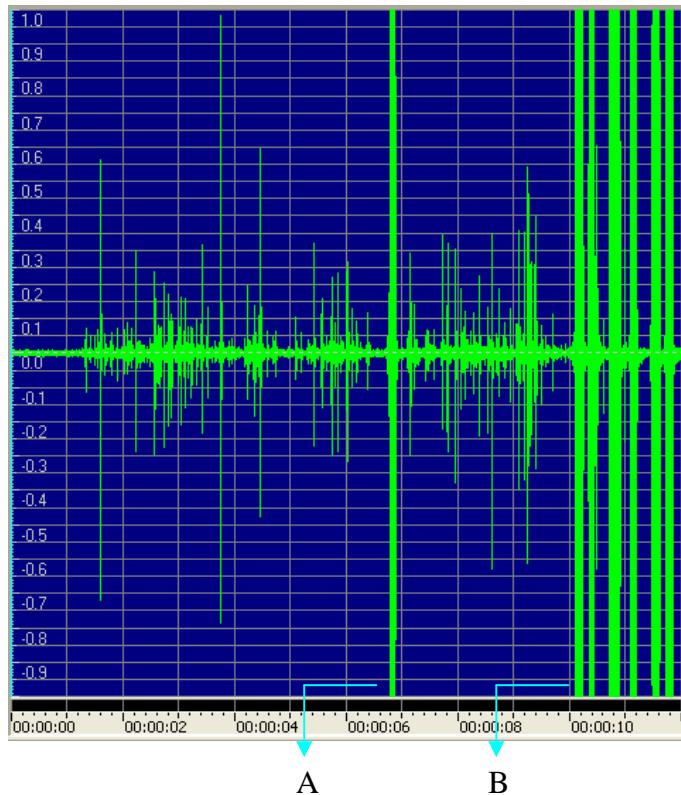
表二：打鬥基礎指數

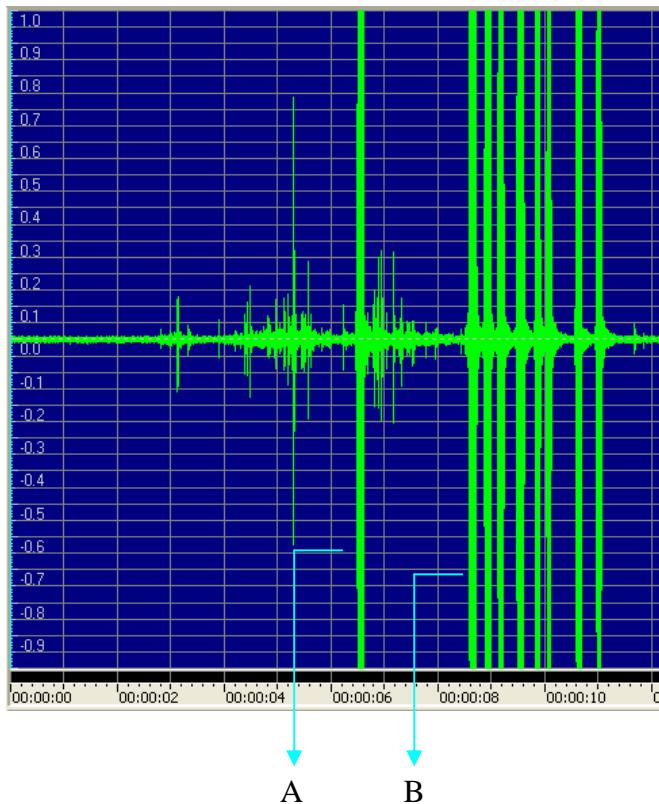
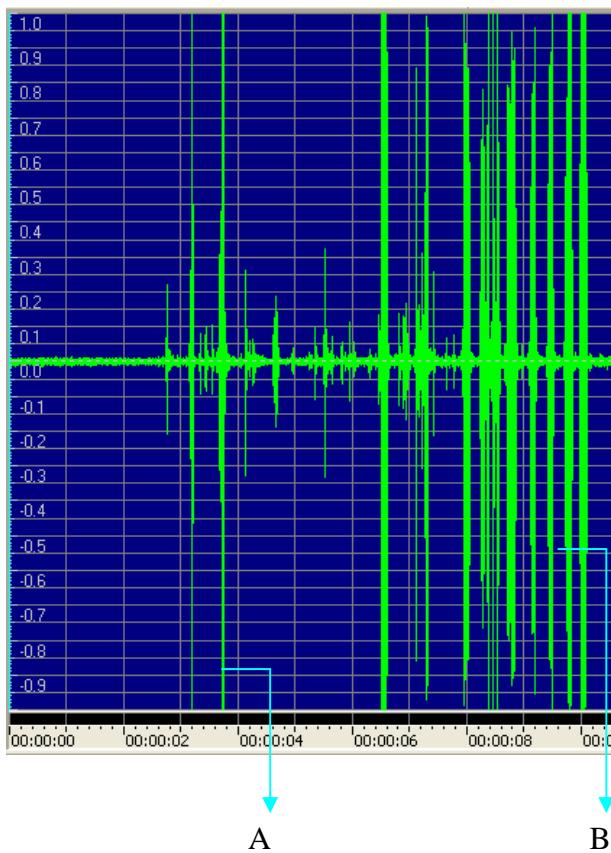
順序	發聲時間	動作時間	基礎指數(發聲/動作)
1	5	10	0.5
2	0	12	0
3	3	10	0.3
4	0	0	0
5	1	16	0.0625
6	0	7	0
7	4	6	0.67
8	3	15	0.2
9	7	10	0.7
10	0	3	0
11	0	0	0
12	0	11	0
13	16	78	0.21
14	0	4	0
15	1	8	0.125
16	3	7	0.429
17	10	28	0.38
18	6	41	0.146
19	2	26	0.077
20	0	21	0
21	0	29	0
22	7	47	0.149
23	0	3	0
24	0	0	0
25	1	86	0
26	12	25	0.48
27	0	0	0
28	1	39	0.026
29	5	16	0.3125
30	0	0	0
31	7	11	0.636
32	6	21	0.286
33	1	12	0.083
34	1	4	0.25
35	2	8	0.25
平均	5.18 秒	20.4 秒	0.3493(標準差 0.1993)

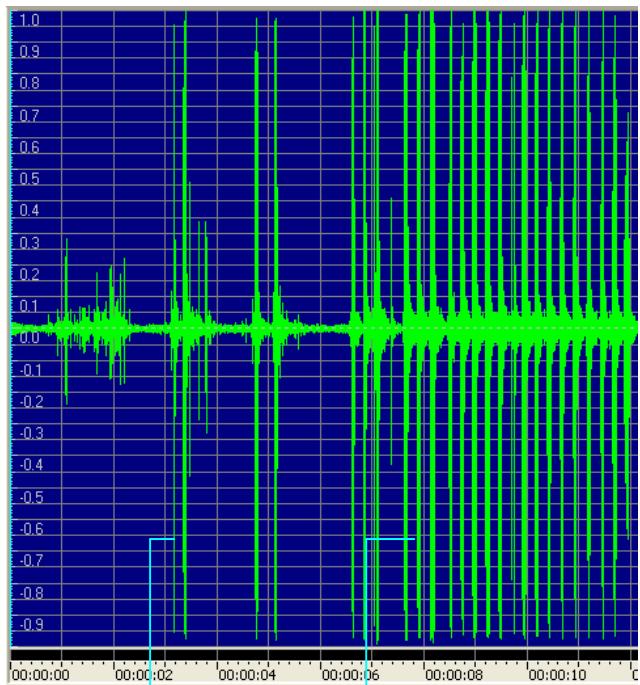
聲音類型：打鬥 A：一般脈衝較少(附錄二)，平均間距為 3.8996 秒，發生的時機為打鬥與打鬥之間，且發聲不規律。

打鬥 B：一般脈衝較多(附錄二)，平均間距為 0.3899 秒，發生的時機為打鬥完成時，發聲具有規律性。

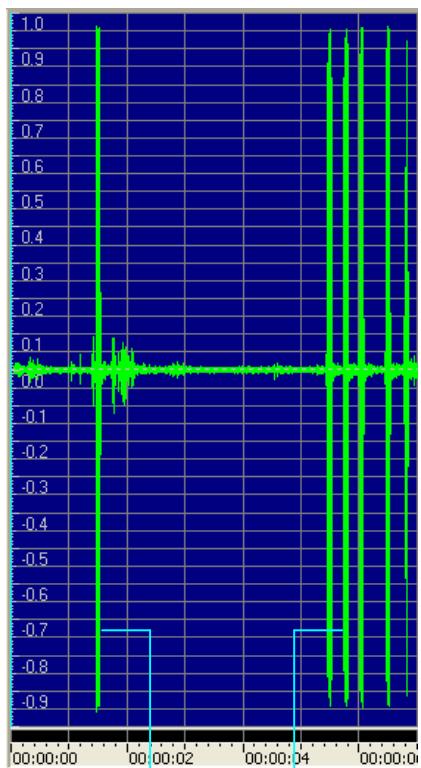
發聲模式：在戰鬥之前兩雄蟋蟀會先發出打鬥 A 聲響，而在戰鬥過程中短暫的喘息時間裡，優勢者往往較有餘力一再發出打鬥 A 聲響，劣勢的一方也會偶爾發出 A 聲響。當打鬥完畢，篤定獲勝者即發出打鬥 B 聲響。



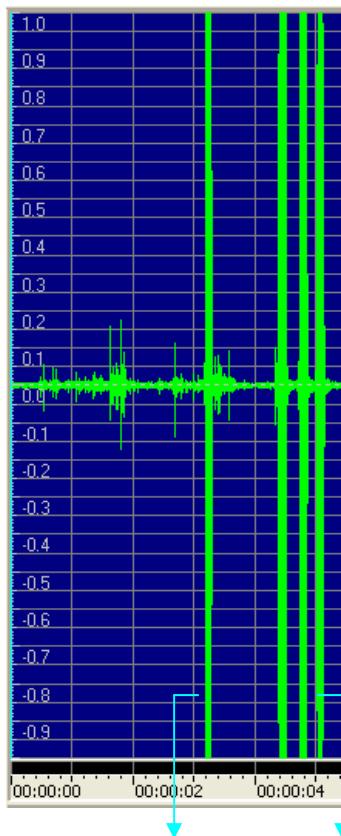




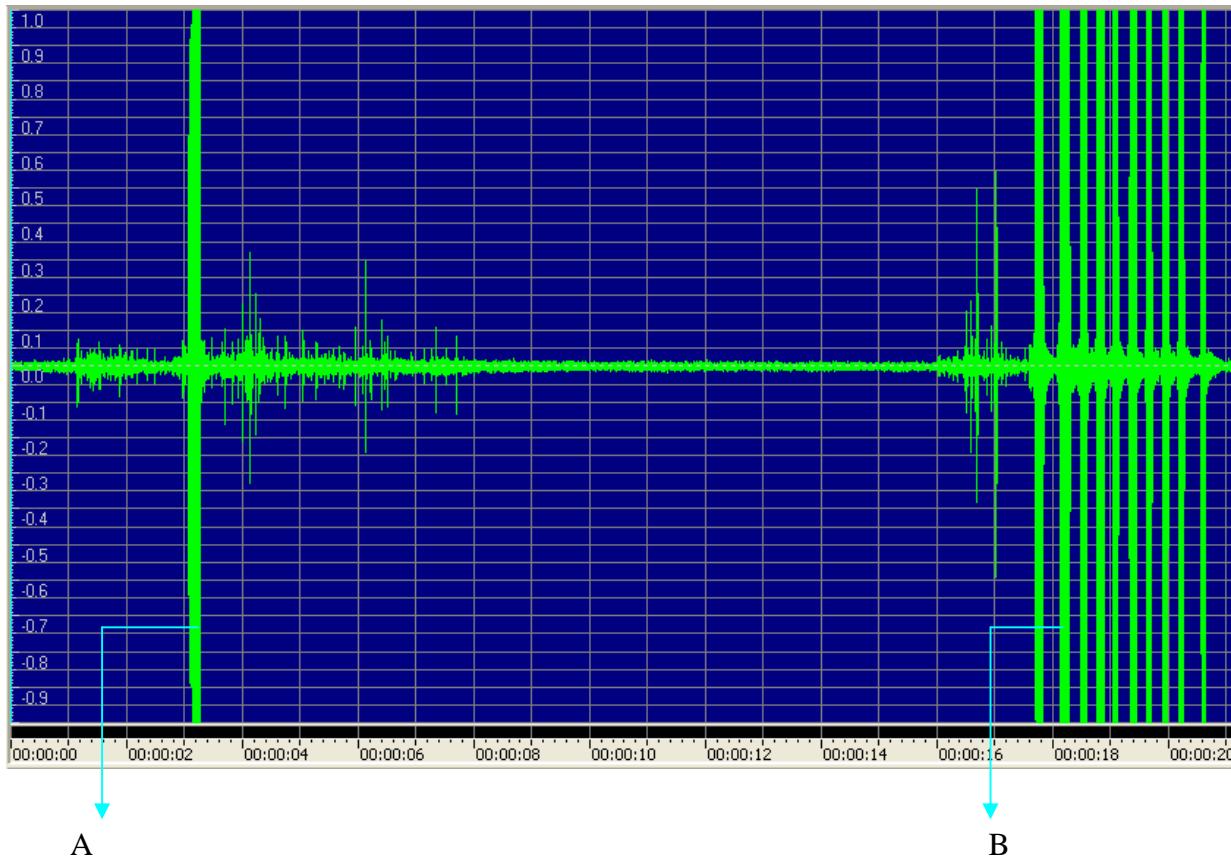
A B

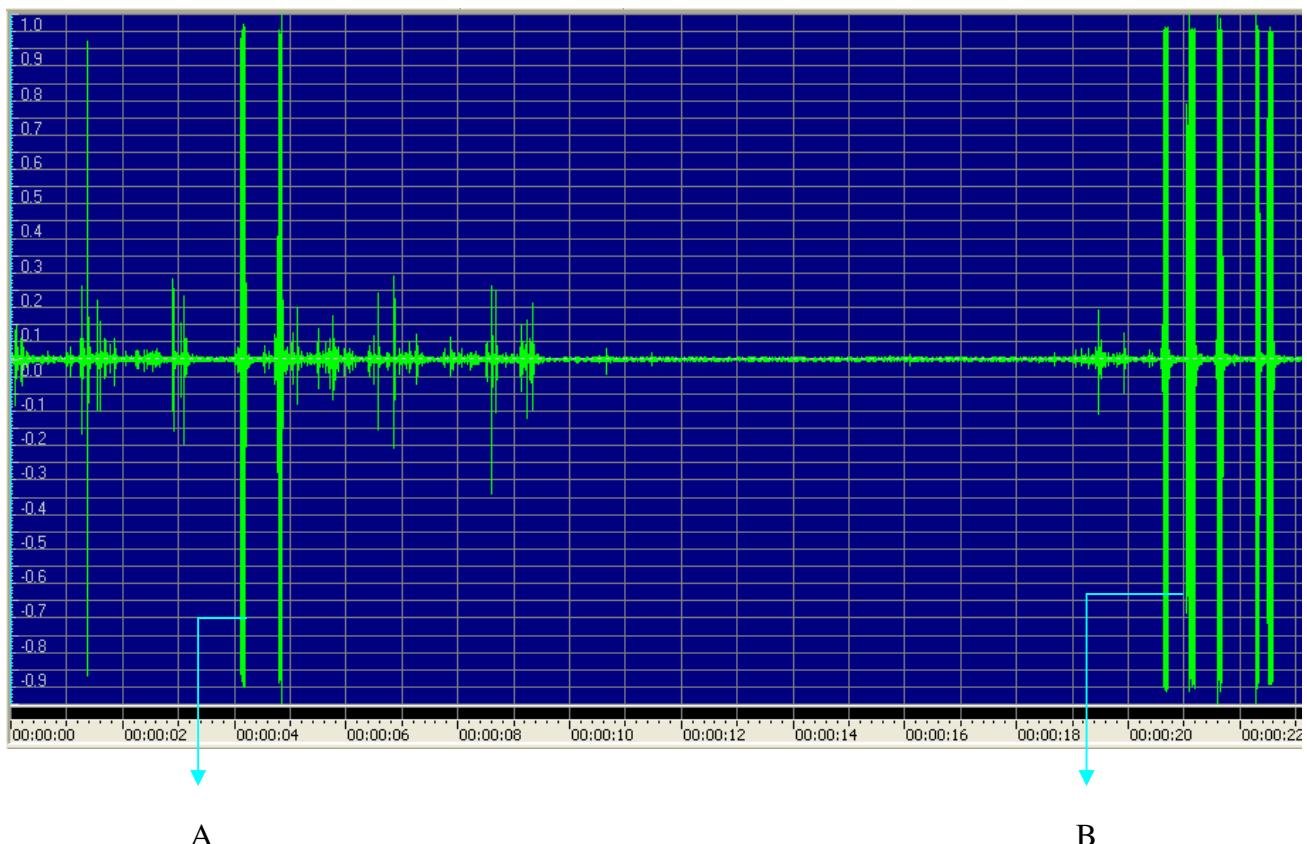


A B



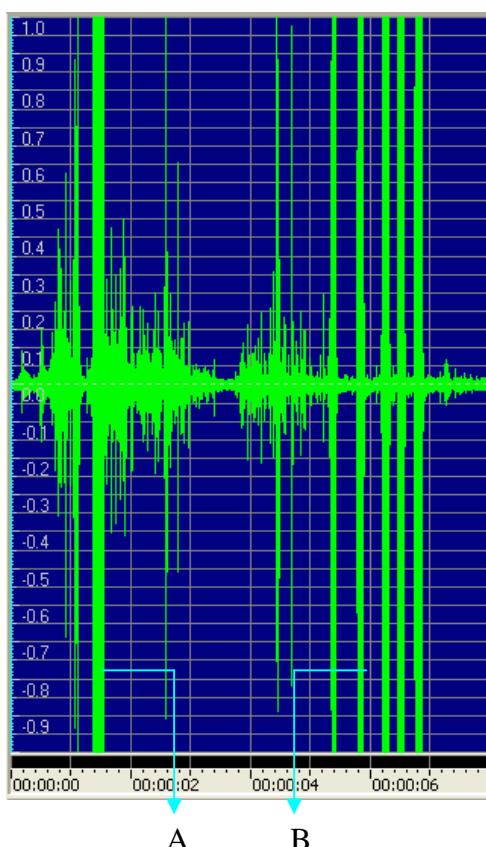
A B





A

B



A

B

三、純化雄蟋蟀於求偶時所發出的各式頻譜：

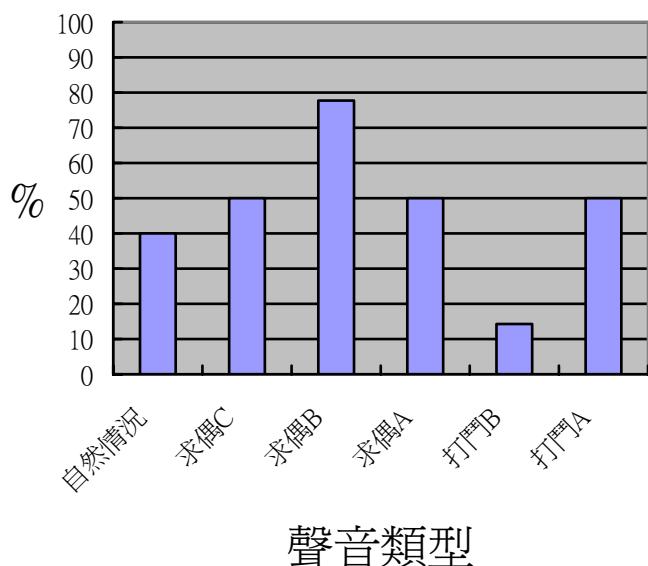
純化後之聲音頻譜於【附錄一】

四、純化雄蟋蟀於打鬥時所發出的各式頻譜：

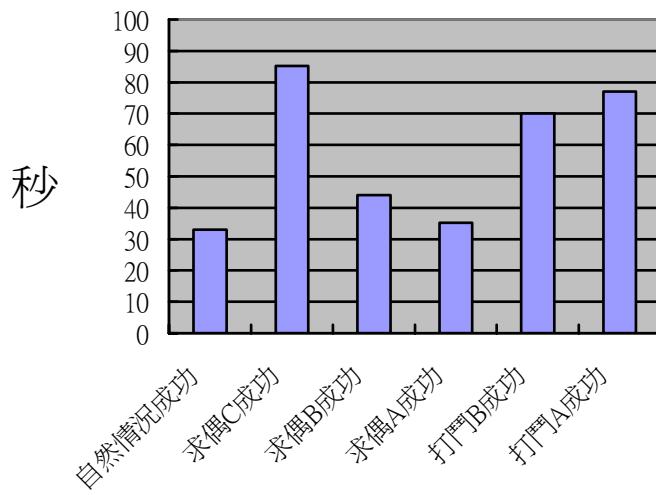
純化後之聲音頻譜於【附錄二】

五、求偶聲音替代實驗相關結果記錄於【附錄三】

圖一:求偶的成功率

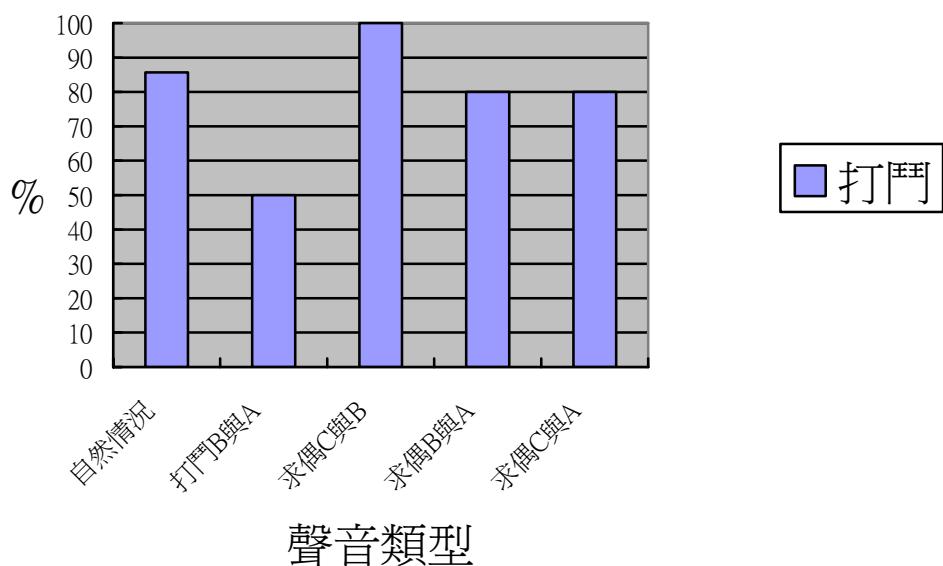


圖二:求偶的平均時間

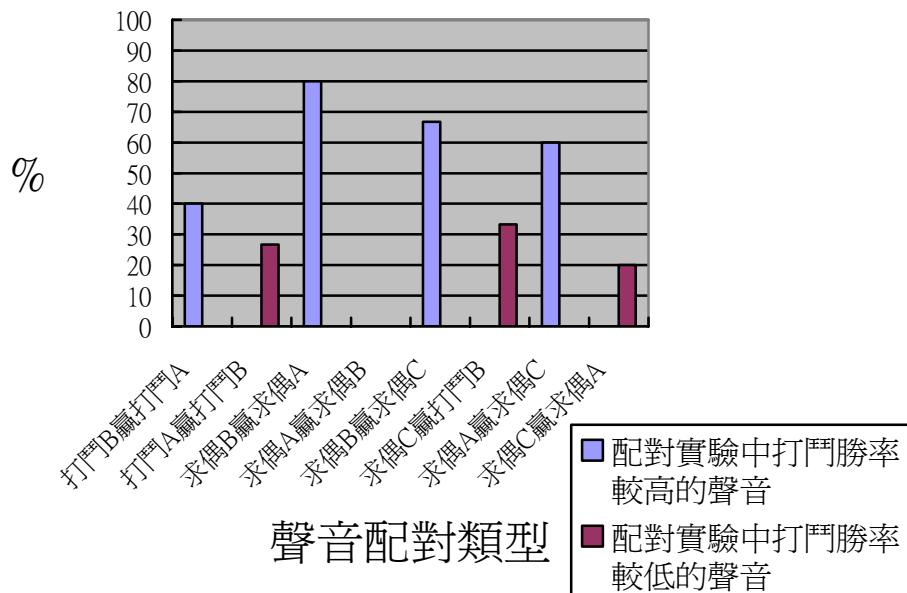


六、打鬥聲音替代實驗相關結果(實驗記錄於附錄三)

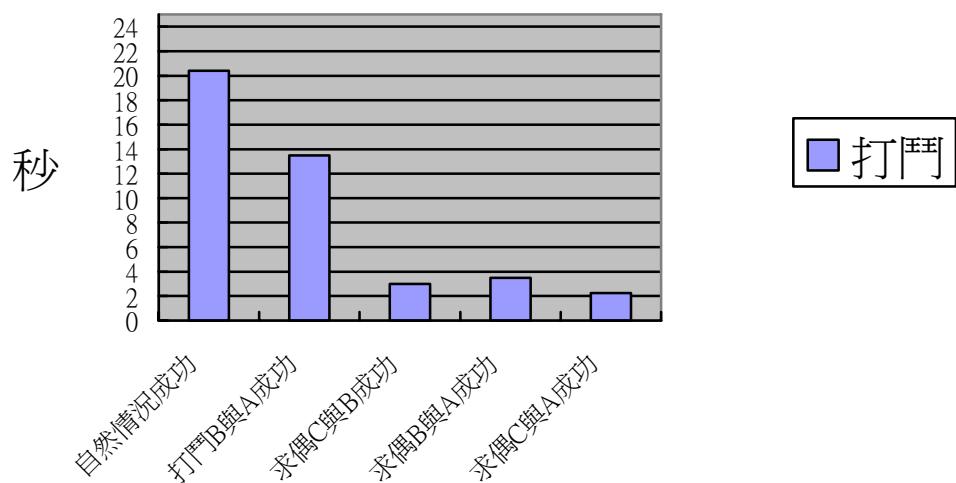
圖三:發生打鬥的比例



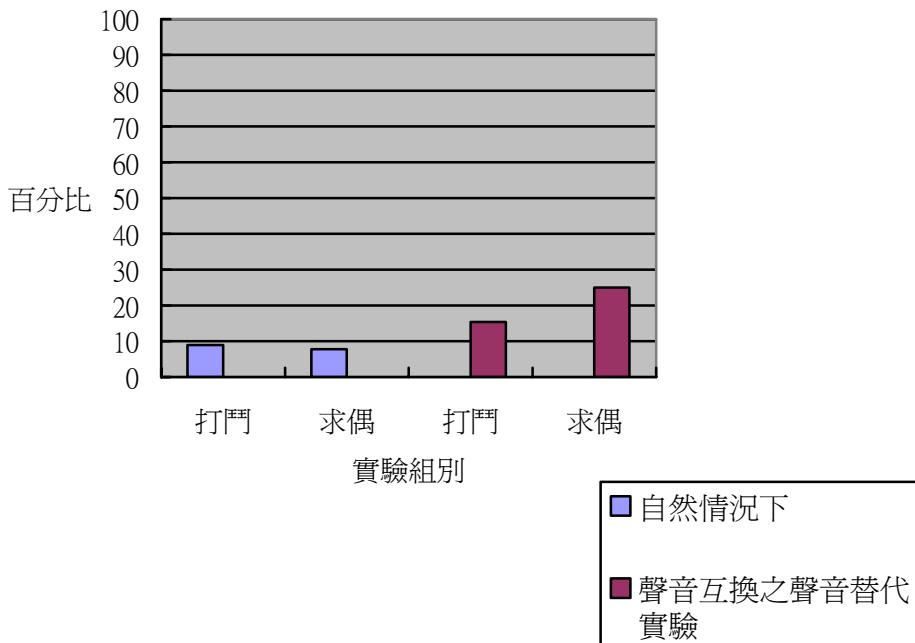
圖四:打鬥的勝率



圖五:打鬥的平均時間



圖六:公蟋蟀在打鬥與求偶實驗中發生
與該性別行為不對應之比例



伍、討論

一、討論自然情況下的求偶行為

在自然情況下，雄蟋蟀於求偶時期發出的 A、B 和 C 三種聲音也有大致的順序。在初期接觸時會先發出 C 類聲響，猶如打招呼一般，較沒有吸引力。蟋蟀會接著發出 B 聲響，有如對雌性提出正式邀請，若還未獲得青睞，雄性蟋蟀會使出渾身解數，發出更具魅力的 A 類聲響，但接著可能是 A 與 B 聲響交替使用，較不會再出現 C 聲響。

在求偶過程中，若雄蟋蟀熱衷執行該次求偶行為（雄蟋蟀也有不願求偶的情況），則求偶期間有多數的時間都在發聲，這應是求偶時（發聲動作時間／該動作前所發聲的時間）比值偏差較小因此比值的偏差較小（表一）

二、討論自然情況下的打鬥行為

於自然情況下，優勢者在戰鬥過程中的短暫喘息時間裡，往往較有餘力一再發出打鬥 A 的聲響，猶如在顯示自己尚有餘力，以壯大聲勢。劣勢的一方也會偶爾發出 A 的聲響，好像是在為自己打氣，可是當打鬥完畢，篤定獲勝者即發出打鬥 B 的聲響，之後即使再發生打鬥，失敗者也僅是被追打的角色，決不發出打鬥 B 的聲響。

在打鬥的聲音動作搭配方面，我們認為受到蟋蟀間臨場互動的影響較大，所以即使是同一隻蟋蟀，與不同的蟋蟀對峙時，也會有不同的聲音運用方式，這應該是打鬥時的（發聲時間／動作時間）比值偏差較大的原因（表二）。

三、討論求偶行為聲音替代實驗的結果

實驗結果顯示，以電腦所純化的單類聲音進行求偶行為時，成功率除了播放打鬥 B 聲音成功率較低之外，其餘普遍上升（圖一），花費的時間卻都增加（圖二），成功率普遍上升可能是由於相較於自然情況下，替代聲音實驗是以持續發聲的情況進行求偶，使母蟋蟀求偶的意願上升，提高求偶的成功率，而我們推測打鬥 B 聲音的失敗率較高可能

是因為易造成雄蟋蟀攻擊母蟋蟀的情況，導致求偶較易失敗，而在花費時間增長方面，我們觀察發現這可能是由於兩方面的影響，在雄蟋蟀方面，雖然雄蟋蟀在先前的實驗發現可以辨認自己的聲音以及接受其聲音，然而雄蟋蟀需要一段時間去辨認，之後才會進行求偶的動作，造成時間的拉長，而雌蟋蟀方面因為不需辨認其聲音的發出者為何，進行求偶行為的時間有時較雄蟋蟀為先，造成雄蟋蟀一開始不接受雌蟋蟀求偶的行為，也造成時間的拉長。此外我們也發現，純化的打鬥類聲音和求偶類聲音有相近的求偶效果，我們推測這可能是由於生物於自然情況下發聲的打鬥行為通常是為了能與雌蟋蟀進行求偶，或許打鬥的聲音本身就具有吸引雌蟋蟀的功能，甚至也能讓求偶成功，但若是雄蟋蟀不發生求偶時，純化的打鬥聲響卻會提高雄蟋蟀近似攻擊雌蟋蟀的情況，而求偶類聲響則不會發生這類情況，這可能是由於打鬥的聲音對公蟋蟀來說本意仍是進行打鬥的行為，而在此實驗中的蟋蟀組成為一雄一雌，是否因此讓雄蟋蟀誤以為雌蟋蟀為雄蟋蟀，進而出現近似攻擊雌蟋蟀的行為，雖然播放打鬥聲音造成分辨錯誤機率的提高。由於在自然情況下雄蟋蟀也有分辨錯誤的情況發生(圖六)，這類情況較分散在不同蟋蟀的偶發情況，我們推測這可能是由於蟋蟀分辨性別的方式不同於我們直觀是以視覺的方式分辨，而是以其他方式分辨，然而關於這方面我們並沒有進行相關的實驗佐證。

四、討論打鬥行為聲音替代實驗的結果

在先前的觀察過程中，我們發現雄蟋蟀即使被限制發聲，亦會有激烈的打鬥，而且打鬥的勝負結果應該與蟋蟀的求勝意志、體型或當時的身體情況等因素有關。為了要排除上述因素的影響，本團隊在紀錄自然情況下的打鬥行為時，會有嘗試紀錄每隻蟋蟀的平均打鬥勝負率，以備為在打鬥聲音替代實驗中做為對照組數據。但後來由於雄蟋蟀的死亡，使得我們不得不持續更換蟋蟀進行實驗，因此難以求得某蟋蟀於自然情況下的勝負表現。由於沒有對照數據的比對，可能使得打鬥聲音替代實驗中，各式聲音的獲勝率較不可靠。

但是我們認為整體平均打鬥時間，較不需考慮個別蟋蟀的因素，所以在打鬥聲音替代實驗中，我們強調此項數據的比對。由於本項實驗強調打鬥類聲響與求偶類聲響對打鬥時間的影響，所以在交叉比對時，僅進行打鬥 A、B 和求偶 A、B、C 的比較。實驗結果發現，當兩方都播放求偶聲音進行打鬥時，打鬥時間會明顯下降(圖五)，顯示求偶聲音對雄蟋蟀確實有抑制打鬥的效果。此外，我們於先前的觀察中就已發現，在自然情況下就有極少數的雄蟋蟀會於打鬥勝利後向失敗者進行求偶的行為，而在打鬥聲音替代實驗中，這類行為的比例增高(圖六)，但僅侷限於特定的雄蟋蟀，而非普遍性的情況。因此我們認為純化的求偶聲音，對於會發生交配對象錯亂的蟋蟀，有更顯著的影響。

五、討論雄蟋蟀對自己發聲產生記憶的問題與後續研究

雄蟋蟀對自己的聲音有記憶，是本次實驗的重要發現。由於雄蟋蟀的發聲源自成蟲後翅膀的磨擦，此摩擦聲響應具有個別化的聲紋特質(在本實驗的頻譜紀錄中，即使同一隻蟋蟀的同類發聲也有些微差異，因此以我們現有的能力並無法歸納分析出個別化的聲紋特質)，才會讓雄蟋蟀有分辨和記憶的機會，我們認為這樣的記憶應在雄蟋蟀具發聲能力後才產生，不該是以遺傳方式代相傳。

蟋蟀為何要記憶自己的聲音？這是我們在發現此現象時很大的疑惑，因為在自然情

況下，蟋蟀摩擦翅膀的同時就能發聲，幾乎沒有其他生物會像本團隊的實驗一般，去限制蟋蟀摩擦翅膀，所以蟋蟀並沒有記住自己聲音的必要性。所以我們推測蟋蟀能辨析自己的聲音，主要功能應在於修飾自己的發聲，以獲得更好的打鬥或是求偶效果，而記憶聲響的必要性，應在於區分自己與其他蟋蟀聲響的不同，而非是以記憶自己的發聲為主要目的，畢竟蟋蟀的生活環境中充滿了其他蟋蟀的叫聲。

多數人從小要修飾自己的發音，應在自己運作發聲器時，同時也接收到這份聲音或振波，才有良好的效果，因此我們推測蟋蟀修飾發音時也須能接收到自己的聲音，只是蟋蟀的情況和人類不完全相同。因為幾乎所有人第一次聽到由錄音機發出自己聲音時，都會產生質疑，反而是周遭熟識的人會說：「那就是你的聲音啊！」。這是因我們在發聲時會受到耳咽部的干擾，所以自己感受到自己的聲音和別人聽到自己的聲音有所差異，但經由本次蟋蟀的聲音替代實驗發現，蟋蟀在第一次聽到自己由錄音方式產生的發聲時，就能辨識出是自己的聲音，所以蟋蟀在感受自己發聲時，應沒有這樣的干擾或困擾。因此蟋蟀在接收或是修飾自己的發音時，應不像人類在矯正自己的發音，而可能比較類似人們在練習樂器時，修飾自己所演奏出來的樂音，也就是自己聽到的聲音和別人聽到的是一樣的。

如果讓蟋蟀仍能摩擦翅膀，且同時由人工模擬發聲，蟋蟀是否能產生記憶？若能產生記憶？是否又有學習記憶的關鍵時期？相對的，在自然情況產生下記憶的蟋蟀又是否會發生遺忘？這些都是本團隊想繼續探討的問題。

六、討論蟋蟀過度實驗和蟋蟀更替所引發的問題：

本團隊為了減少蟋蟀於實驗前的相互干擾，於蟋蟀飼養期間個別以不透明的寶特瓶分居，並個別編號與紀錄實驗次數與時間。在實驗進行中，為了數據的準確，我們盡量以同一組蟋蟀進行聲音替代實驗，但也為了讓蟋蟀在健康的情況下進行打鬥與求偶測試，蟋蟀需有足夠的休息機會，所以本實驗進行多以分散為原則。但由於現實情況的限制，我們偶爾必需於一個時段中大量實驗，使得部分蟋蟀可能有過勞的現象，甚至造成蟋蟀的死亡（蟋蟀過勞死亡和寄生蟲等其他因素造成死亡有不同的外觀特徵）。由於我們仍無法由數字判定：過度密集的實驗會不會使蟋蟀殘存前一次對打的記憶？或是過勞對打鬥和求偶成功率的影響？但為了要完成整組實驗，在實驗進行中我們還是被迫不斷更替蟋蟀，造成許多實驗數據無法比對的現象。

陸：結論

1. 蟋蟀的打鬥時的(聲音時間/動作時間)比值的變動較大，而求偶的比值相對較穩定。
2. 雄蟋蟀會記憶自己的聲音。
3. 播放電腦純化剪輯的聲音，不論打鬥和求偶聲音都有令雌蟋蟀有同意交配的機會，但求偶的平均時間會增長。
4. 播放電腦純化剪輯的交配聲音，可令雄蟋蟀打鬥的平均時間下降。
5. 在求偶放以電腦純化剪輯打鬥的聲音，會讓雄蟋蟀提高對雌蟋蟀的敵意。
6. 在自然情況下，少數打鬥勝利的雄蟋蟀，有向戰敗的雄蟋蟀求偶的情況，電腦所純化剪輯聲音會提高這類雄性蟋蟀向雄性蟋蟀求偶的比例。

柒：參考資料及其他

文獻一：[http://freebsd.tspes\(tpc.edu.tw/~afu/230.htm](http://freebsd.tspes(tpc.edu.tw/~afu/230.htm)(蟋蟀總科 Gryllidea)

文獻二：<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2005/cricket/catch.htm>(認識蟋蟀)

文獻三：Discovery 新年特集:鬥蟋蟀 (電視節目)

文獻四：www.bud.org.tw/observer/year2003/K/Kfinal.asp(周子軒：蟋蟀生活史)

文獻五：www.mdais.gov.tw/admin/upload/20051230163458.htm(觀光休閒昆蟲系列)

文獻六：地棲蟋蟀及棲所保育(編者:楊正澤)

軟體來源網站一：

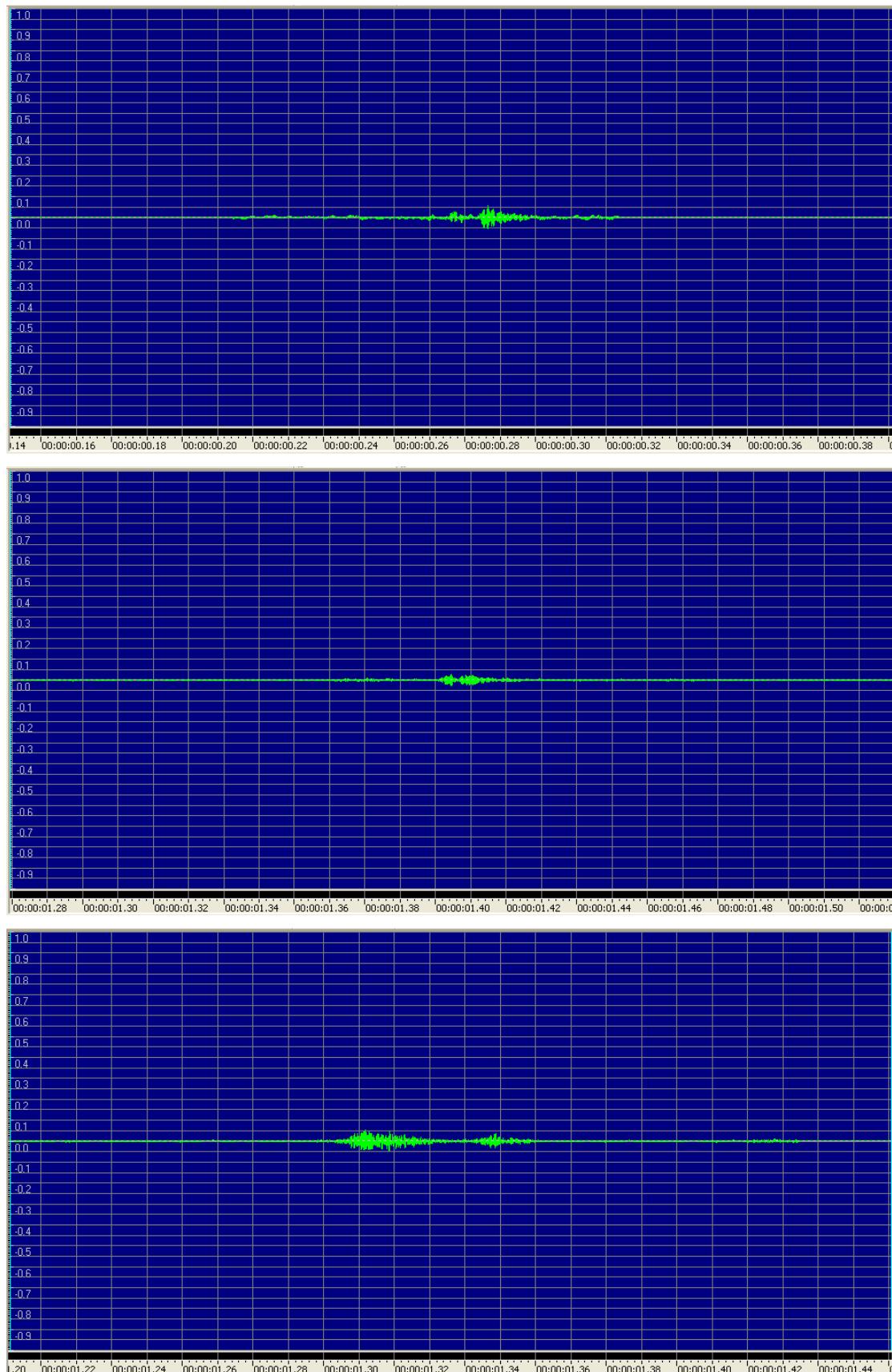
www.download.com/ACA-Capture-Pro/3000-2192_4-10512048.html(影像捕捉軟體)

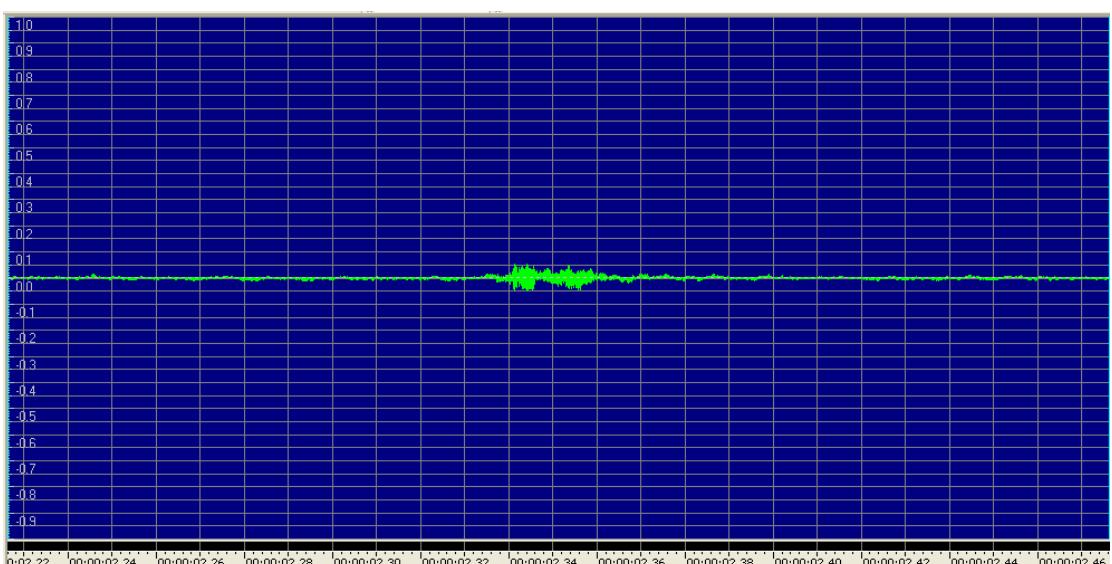
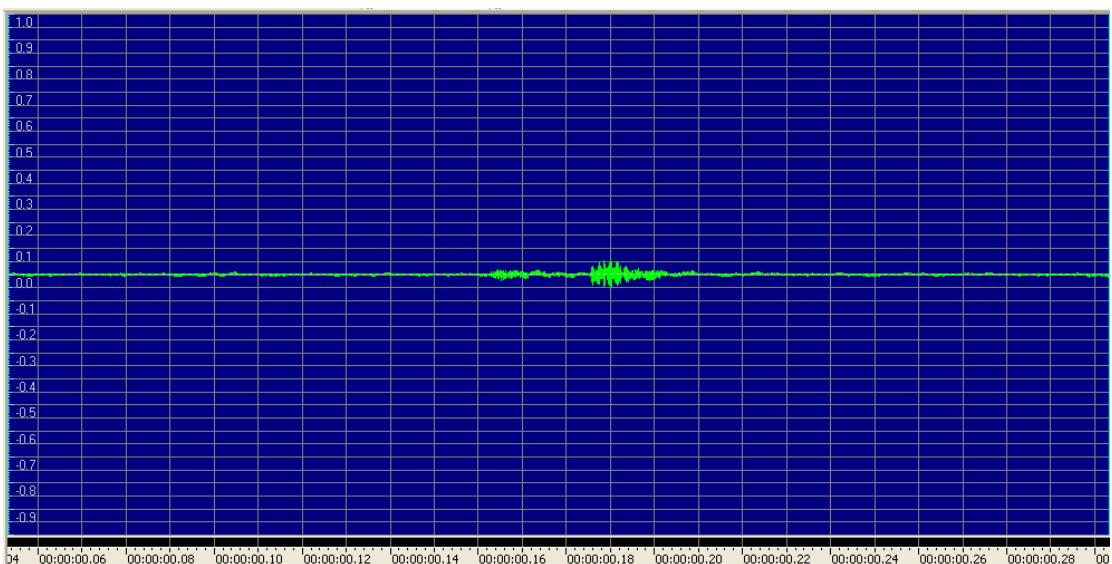
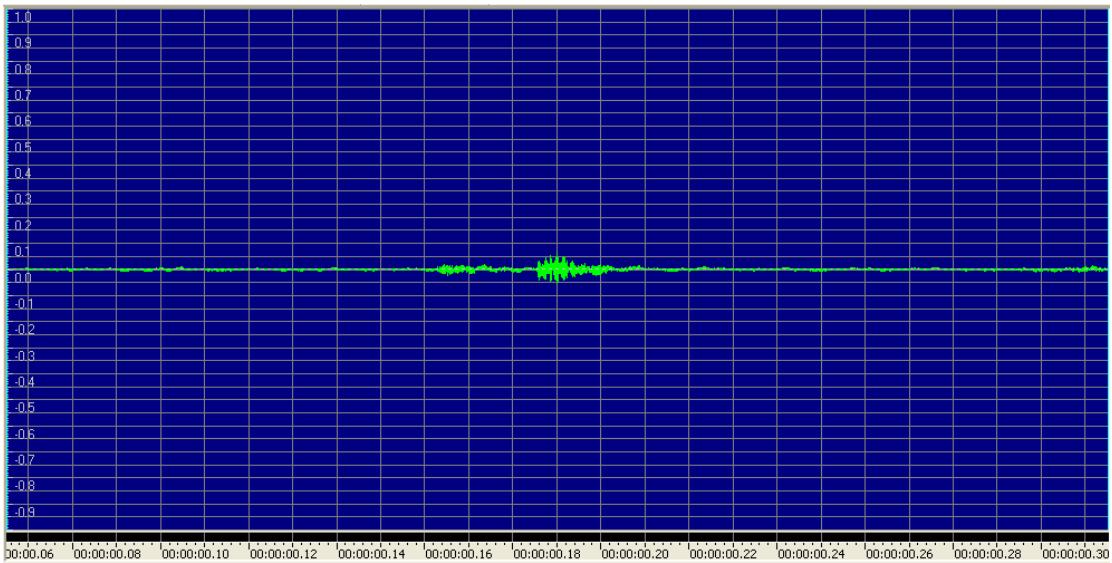
軟體來源網站二：www.goldwave.com(頻譜分析軟體)

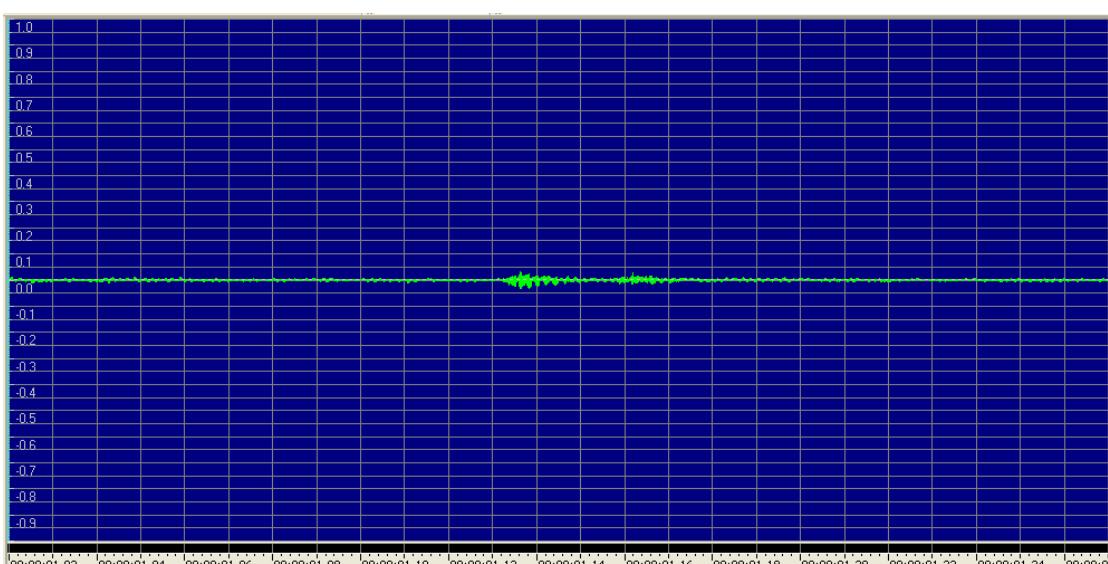
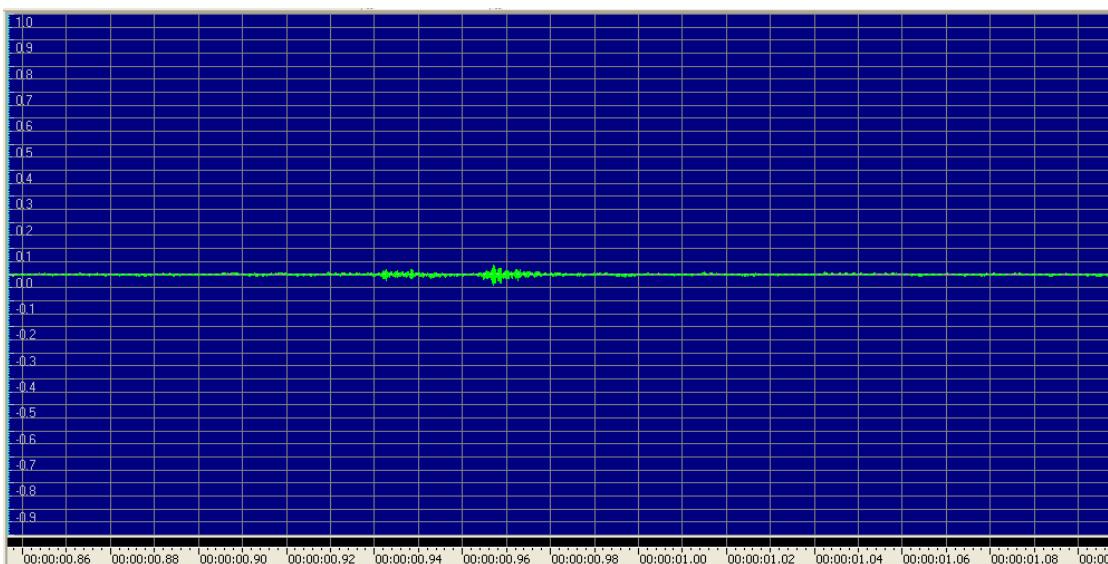
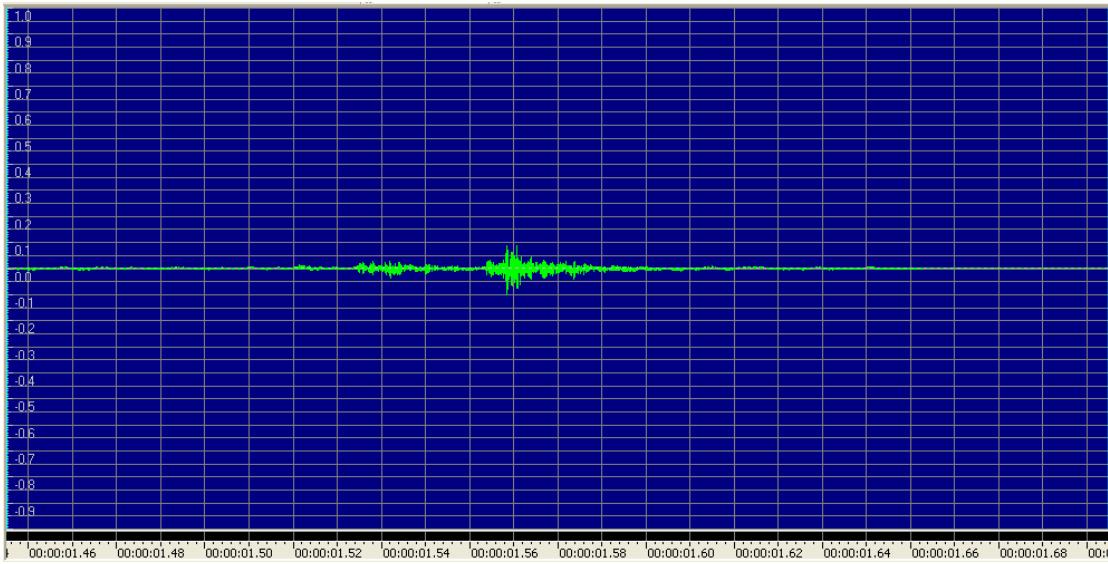
感謝：實驗夥伴陳彥儒

附錄一：求偶聲音之剪輯純化

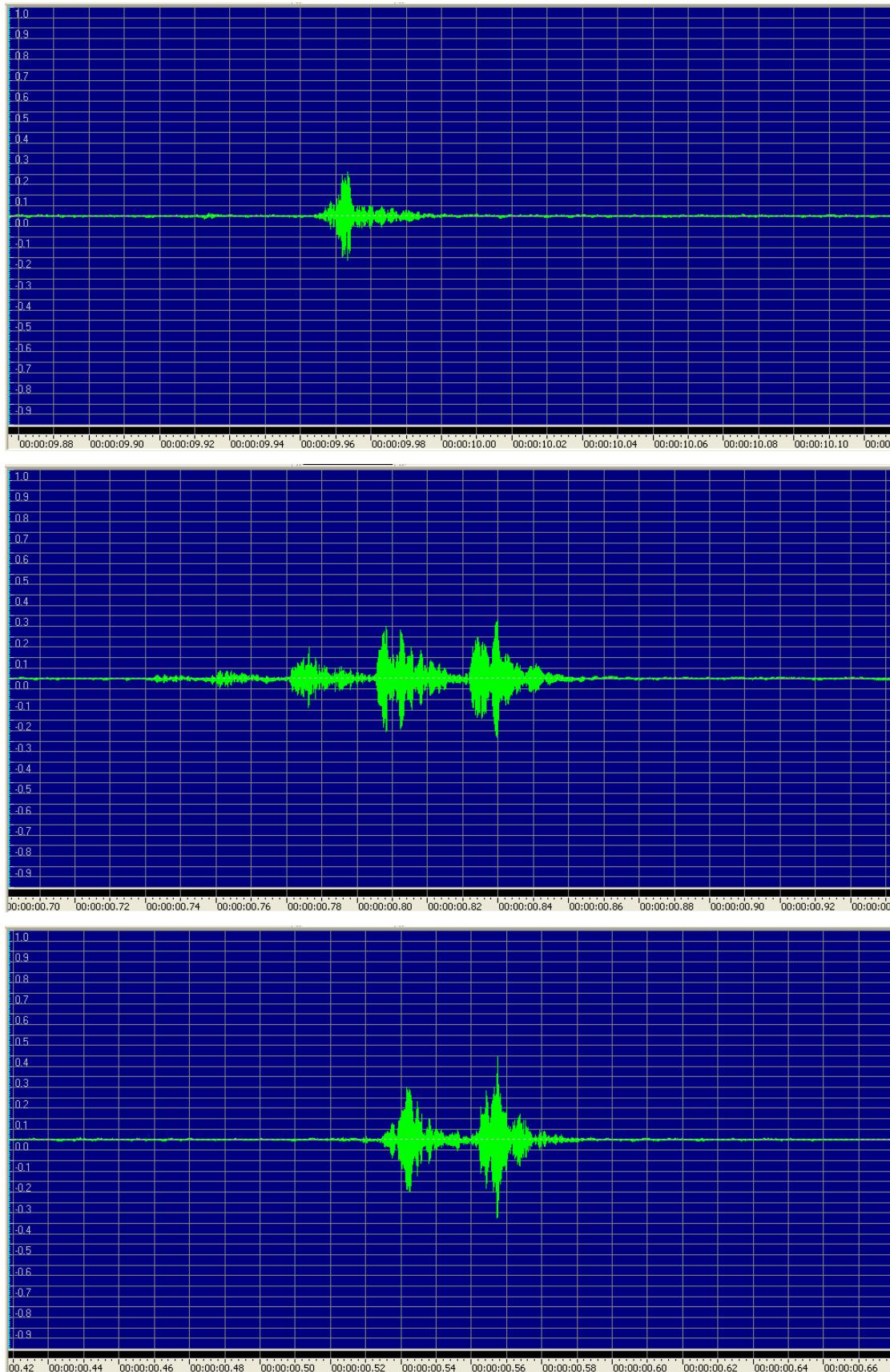
求偶 A

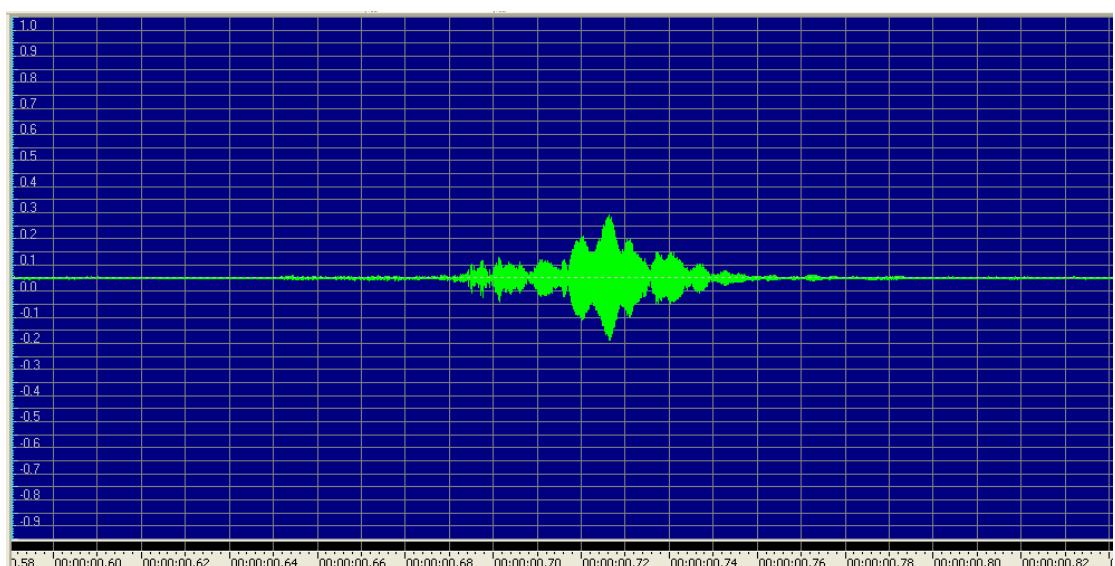
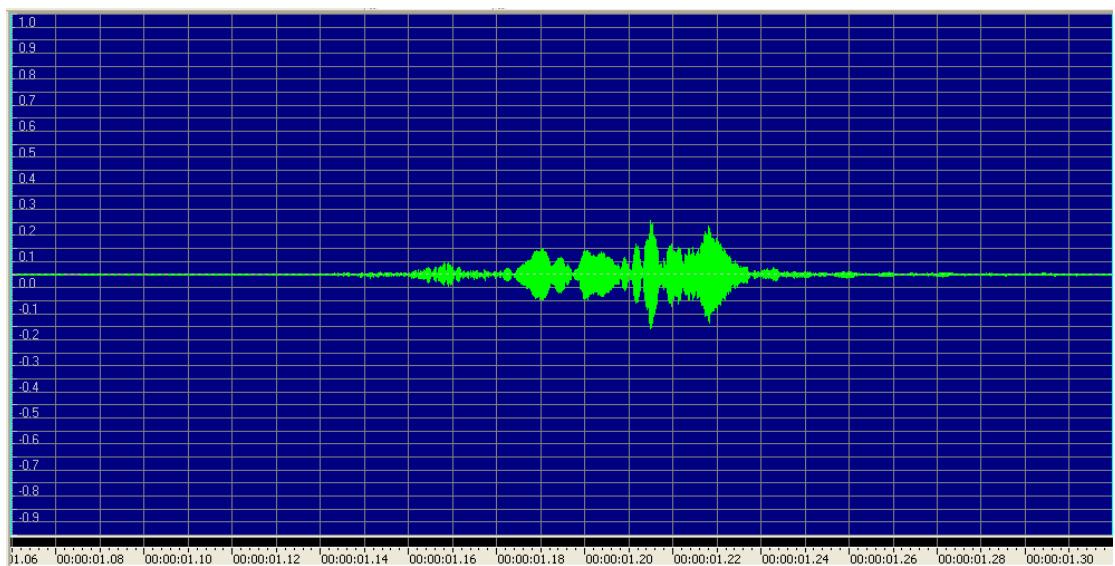
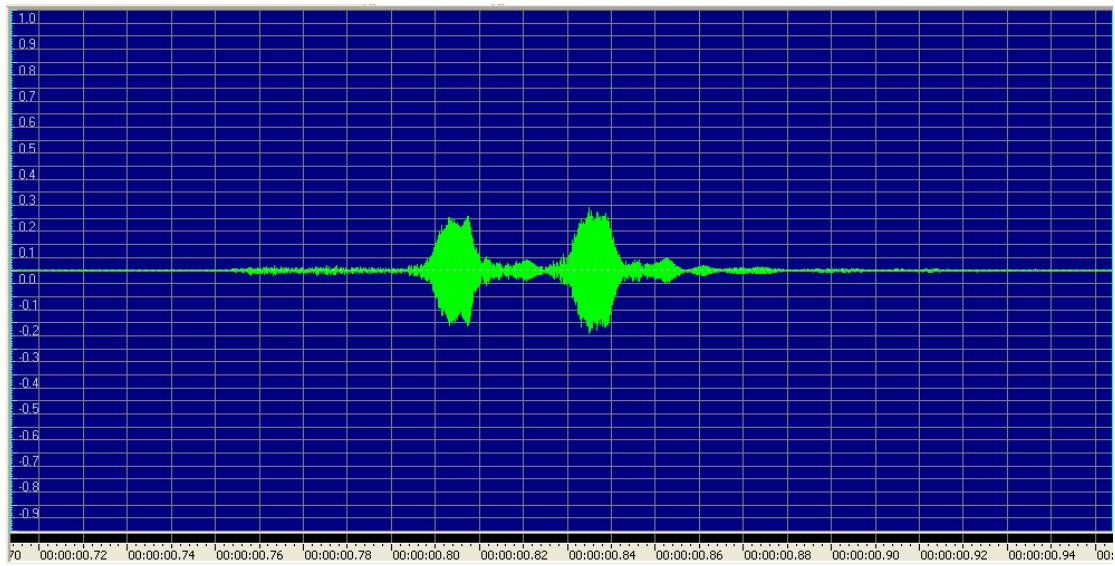


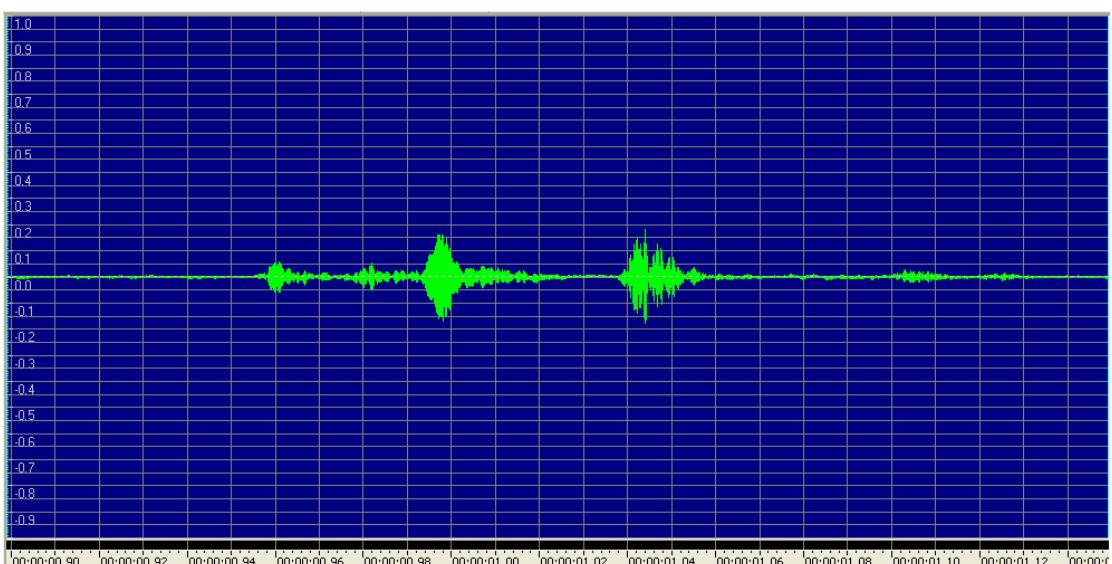
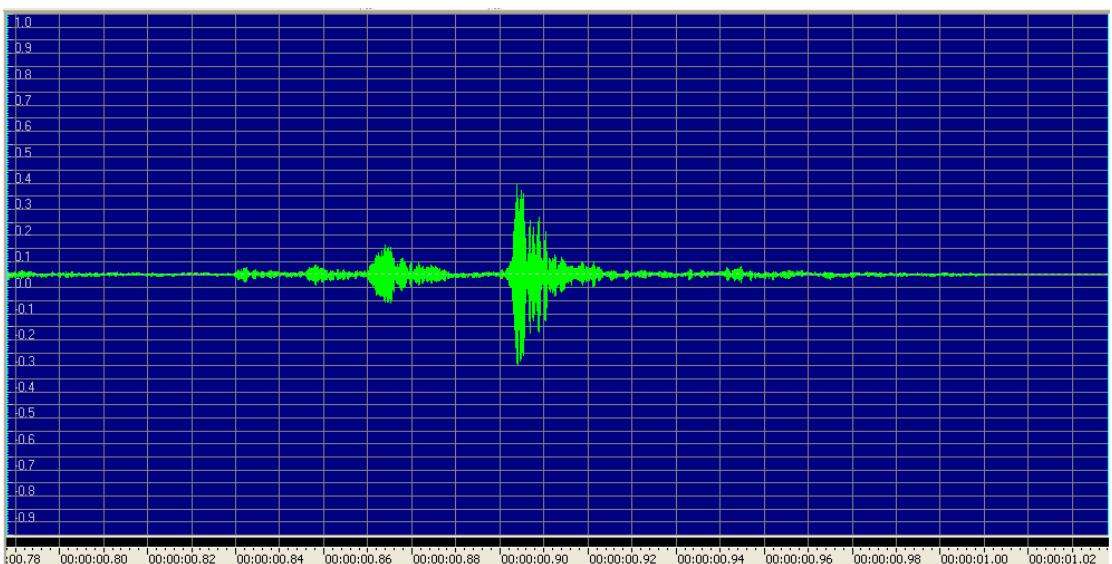
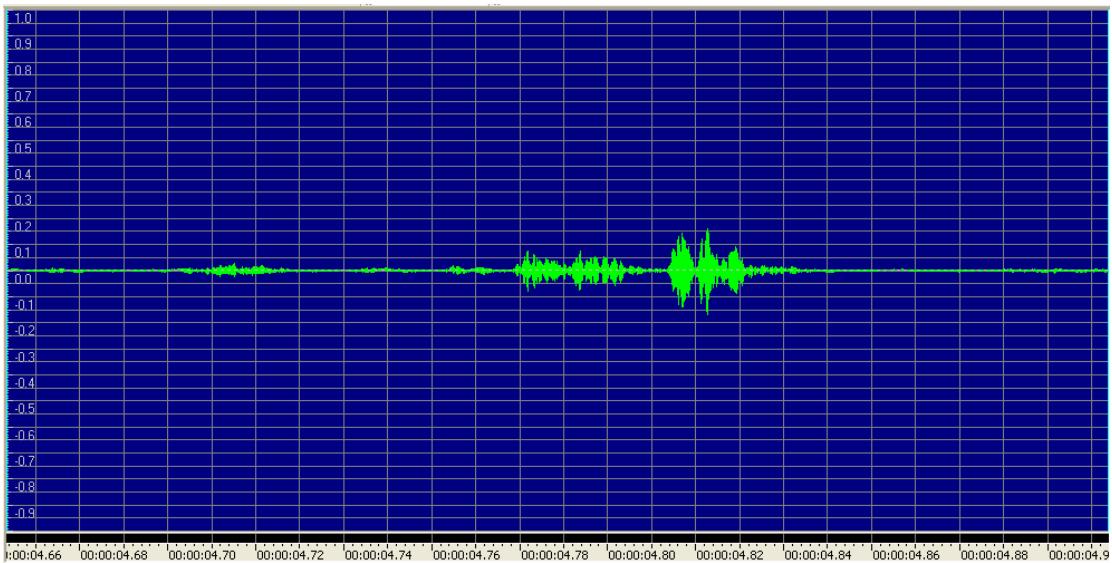




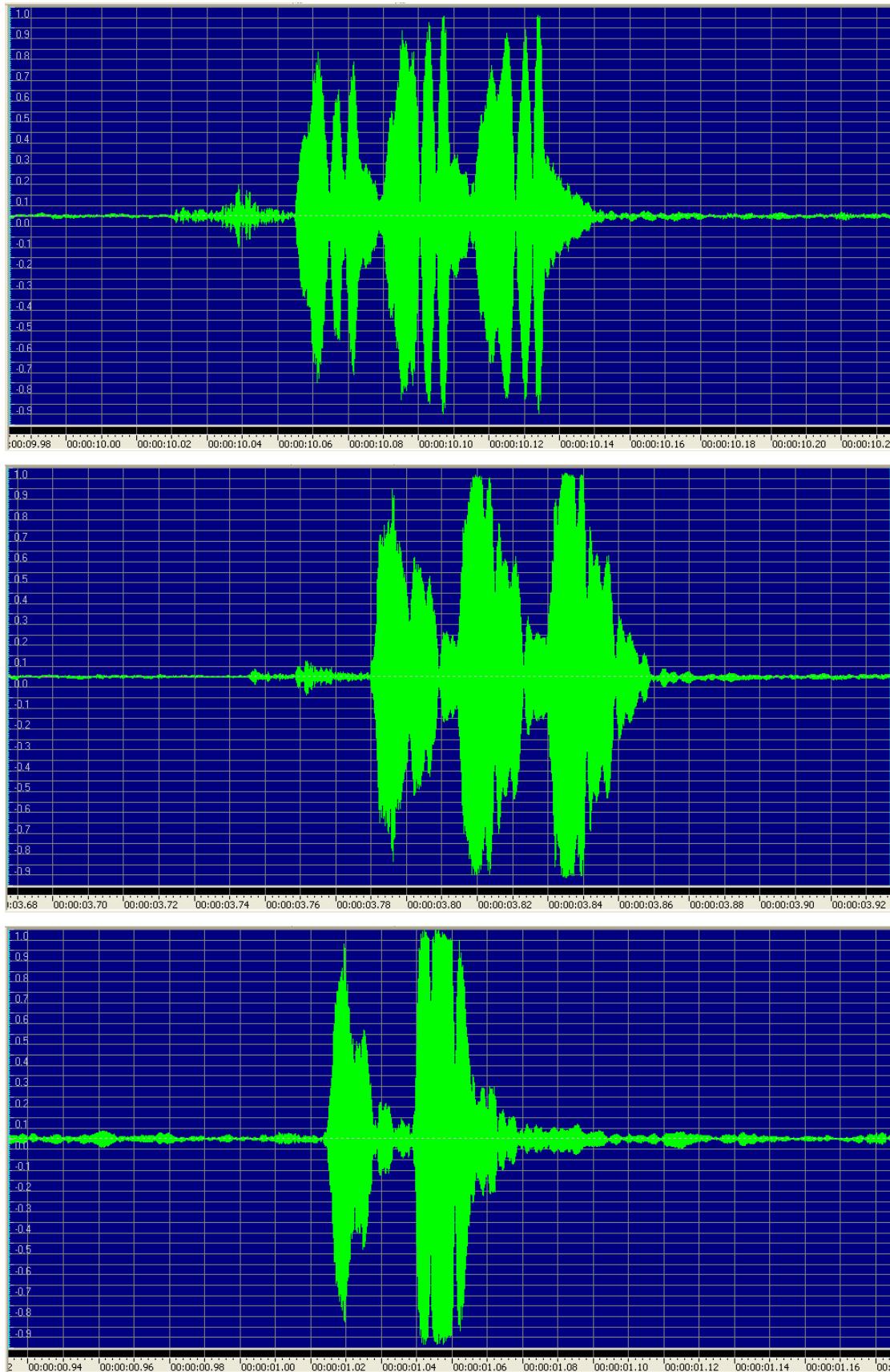
求偶 B

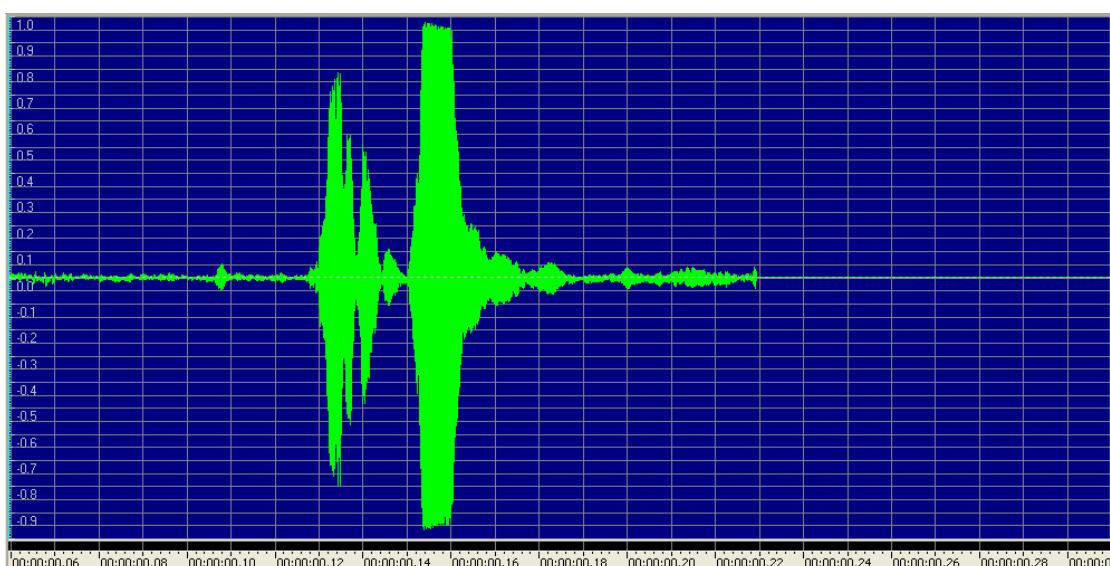
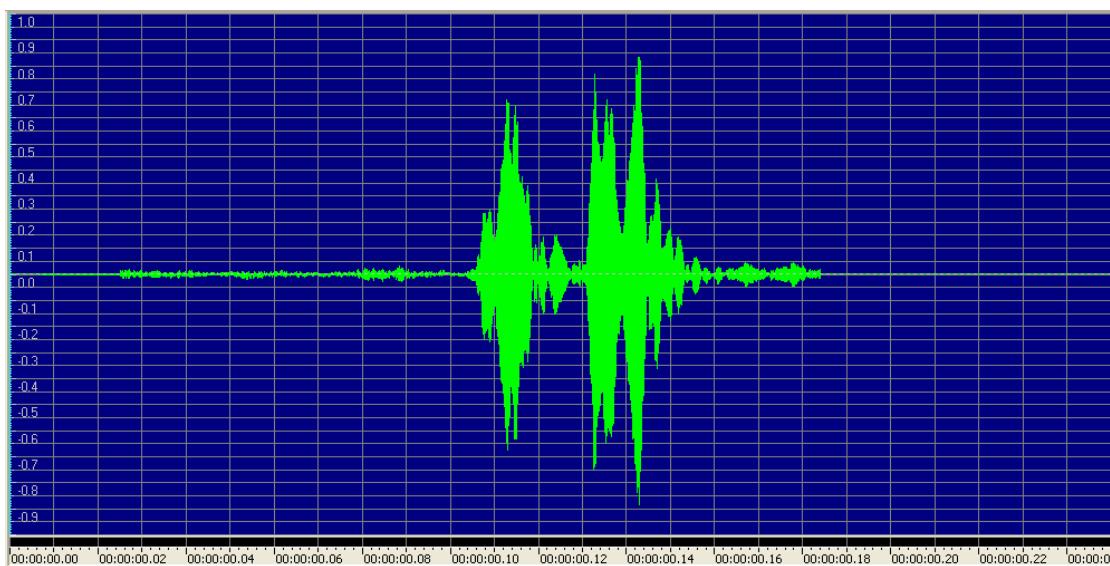
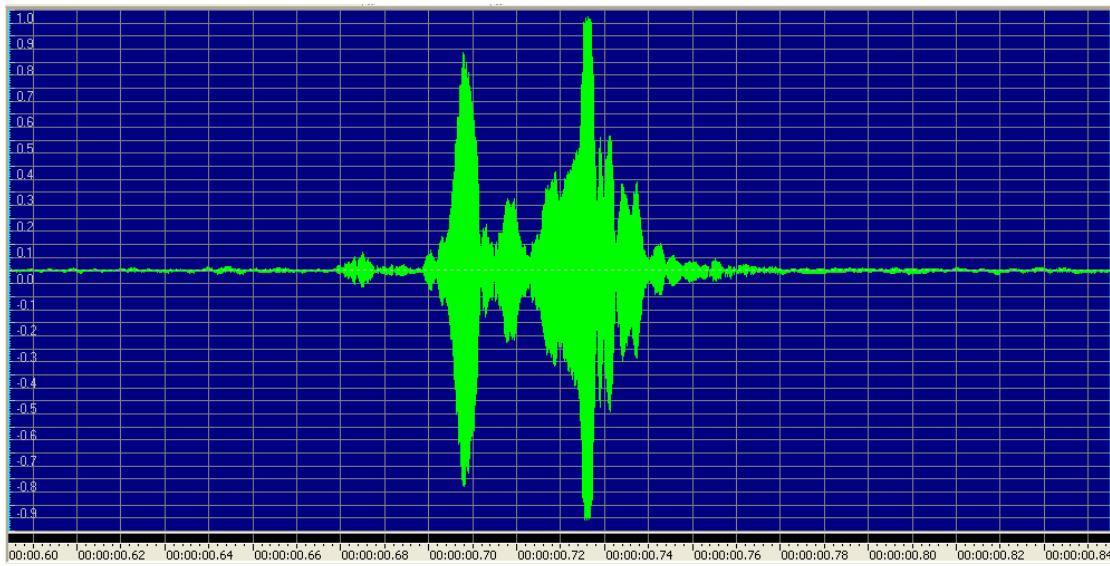


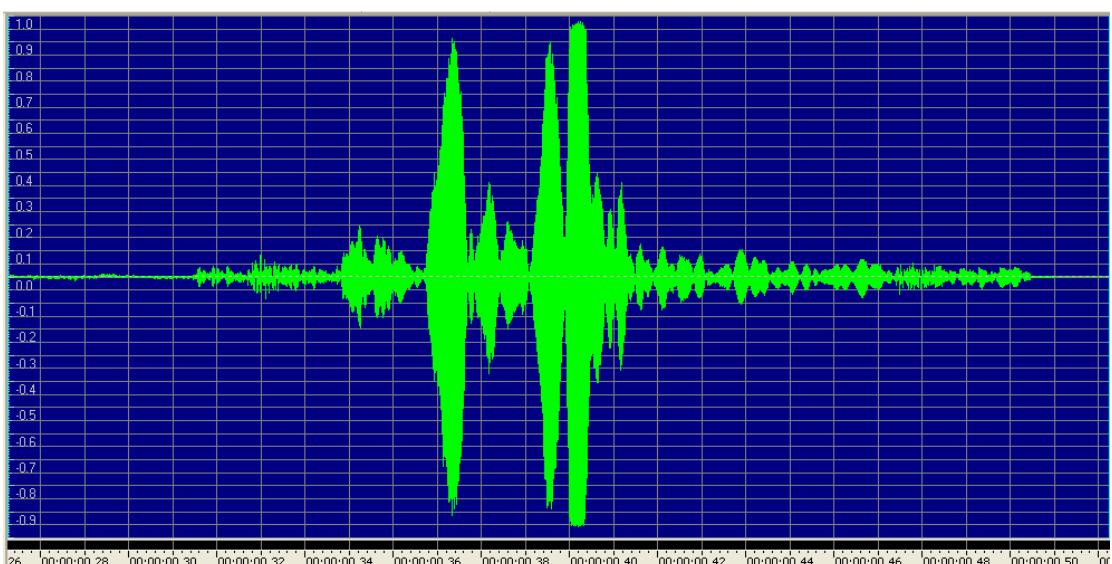
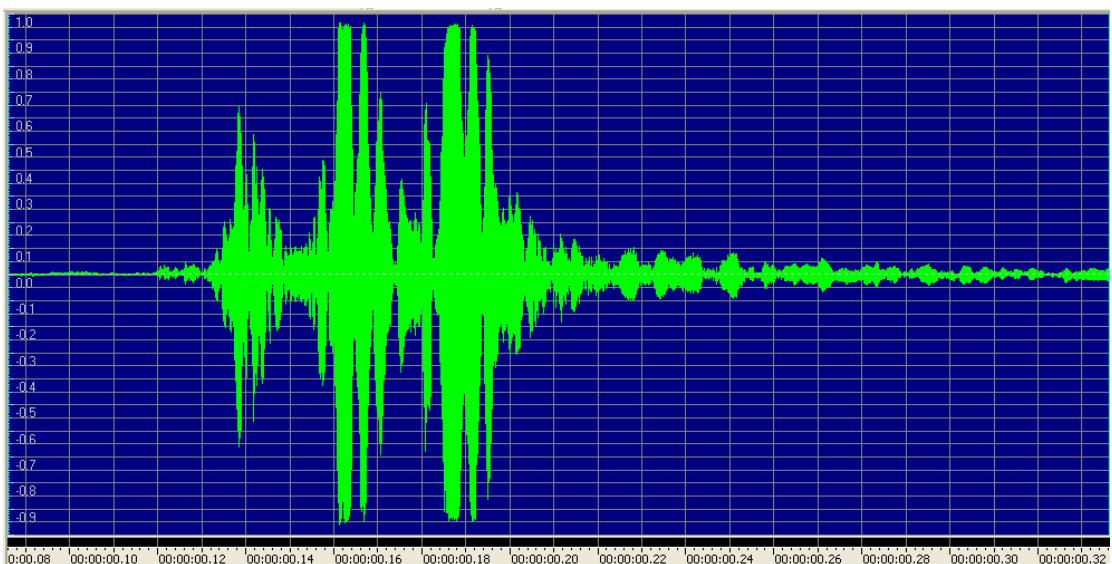
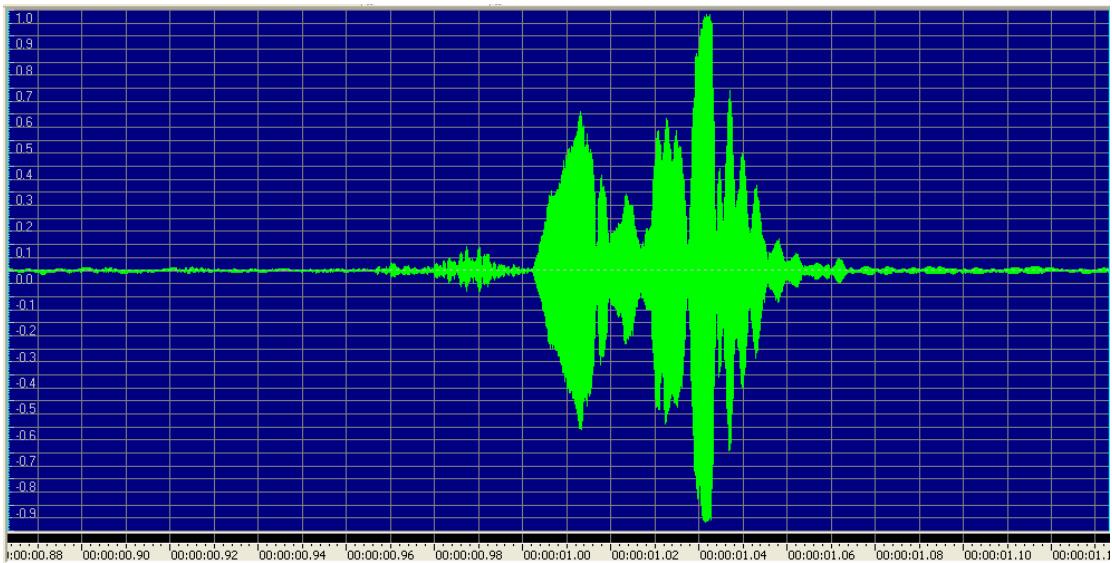




求偶 C

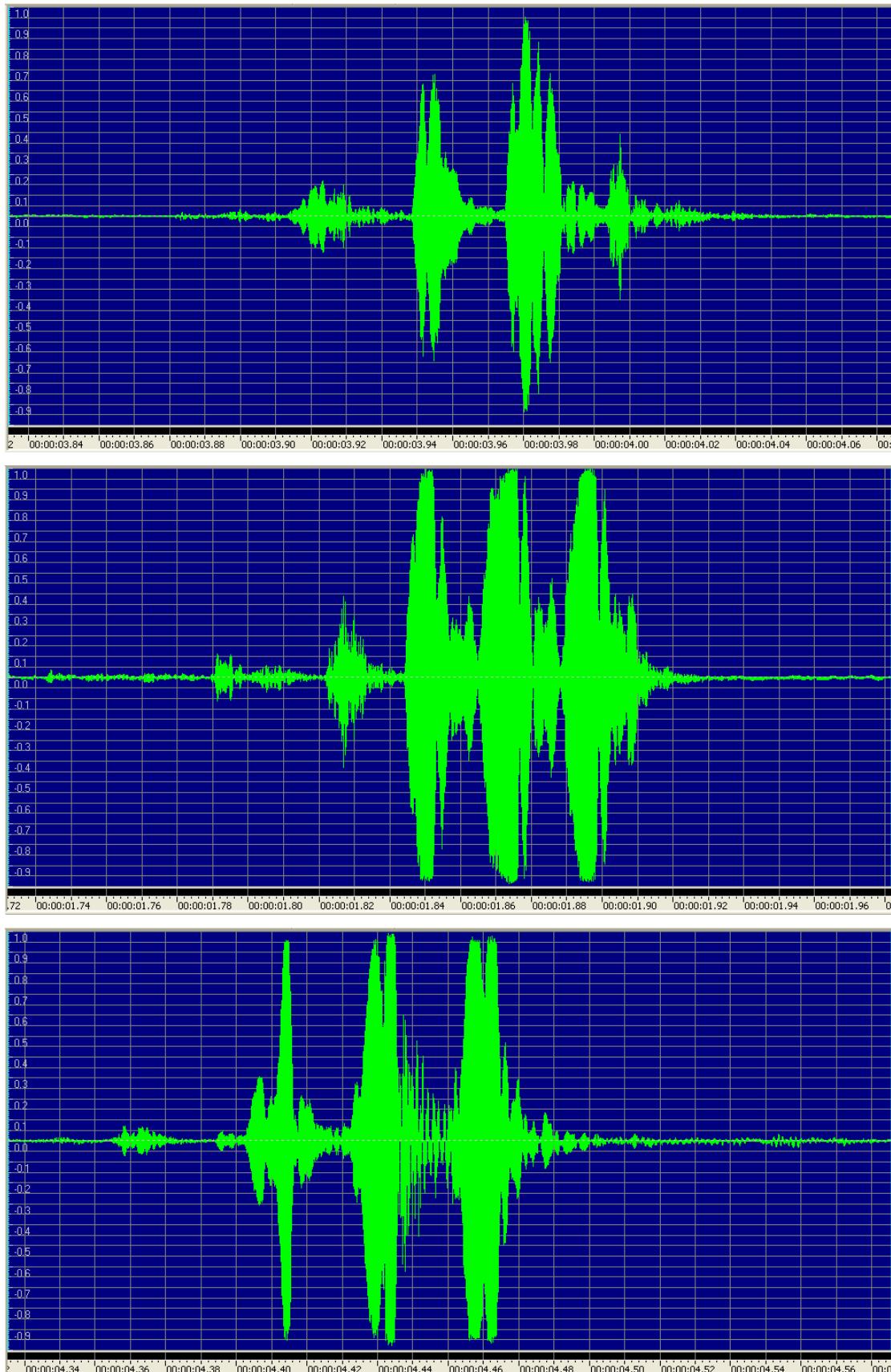


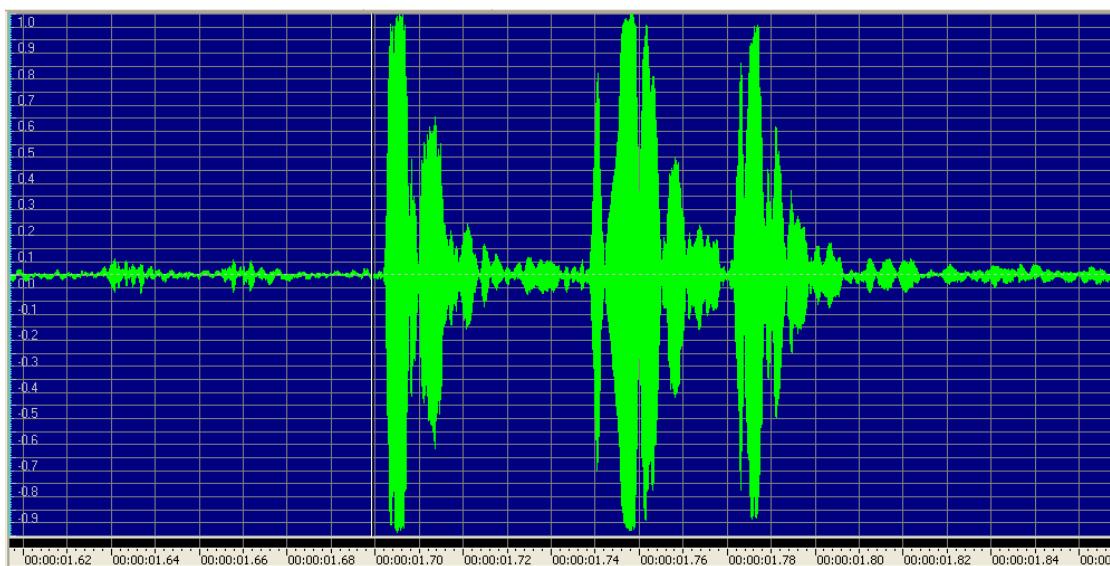
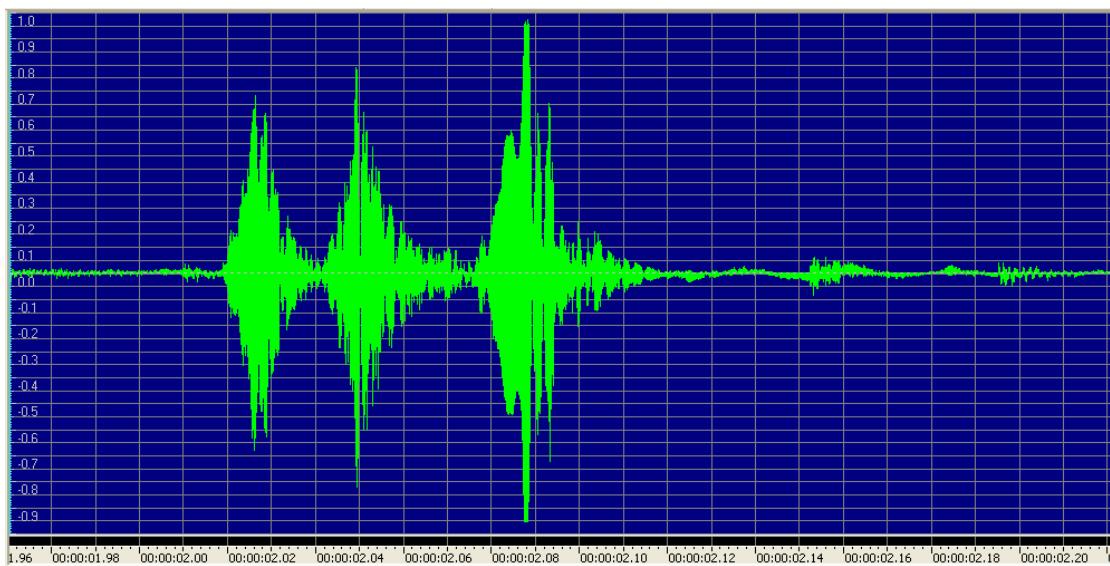
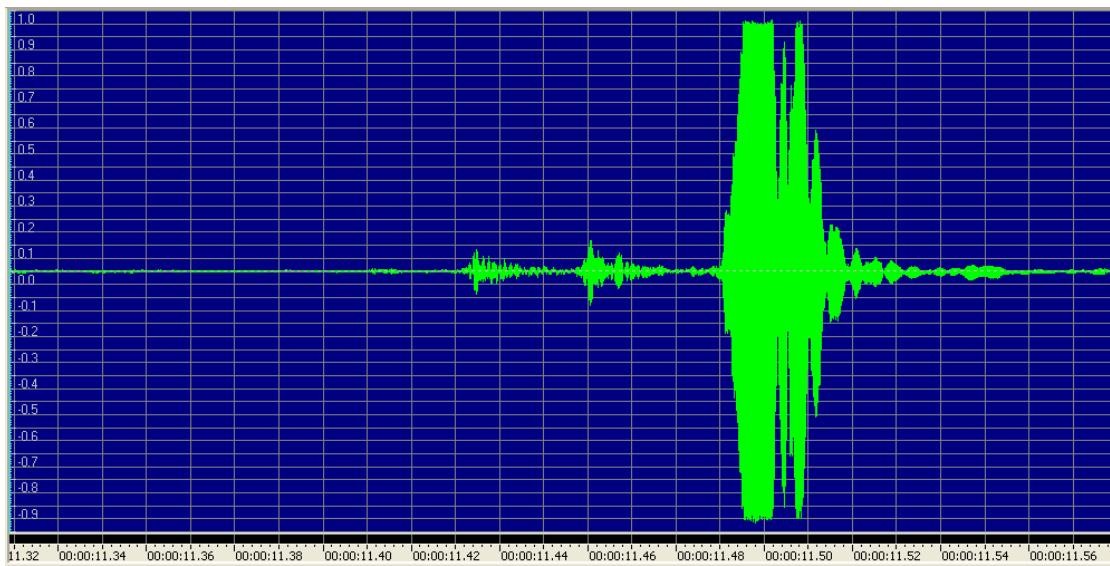


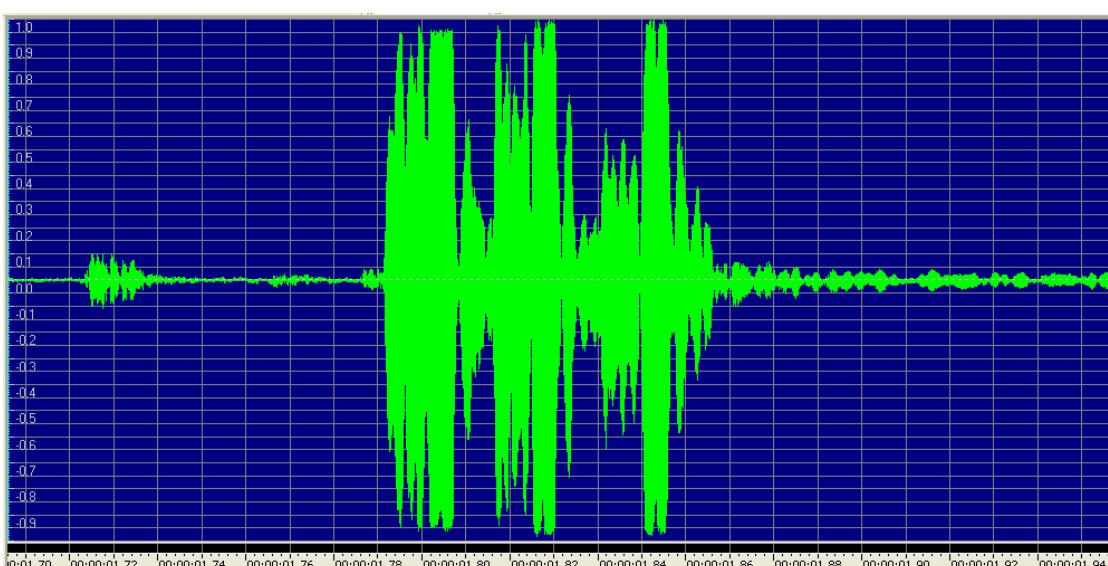
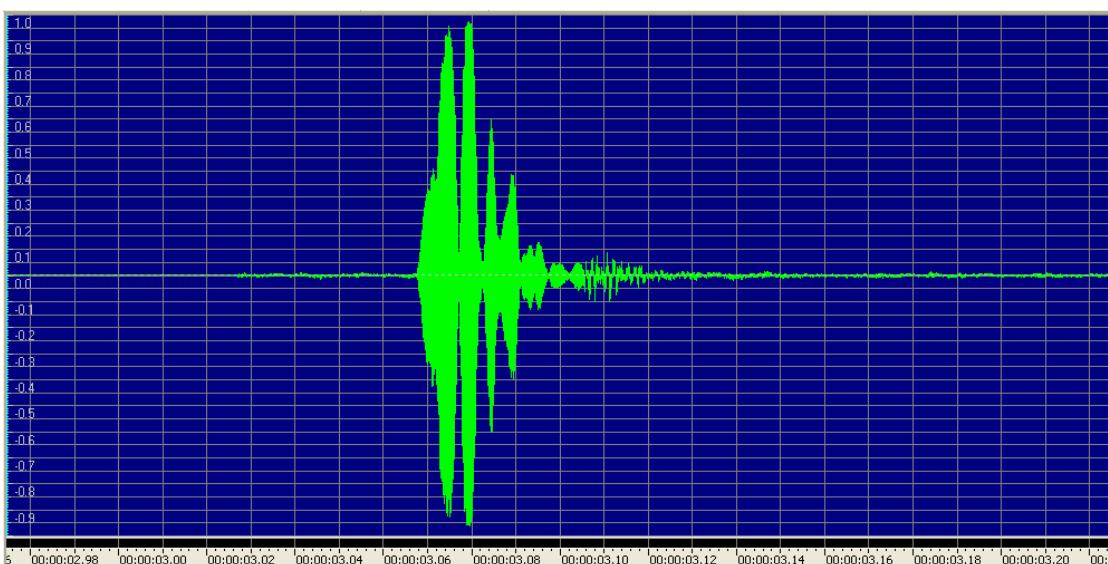
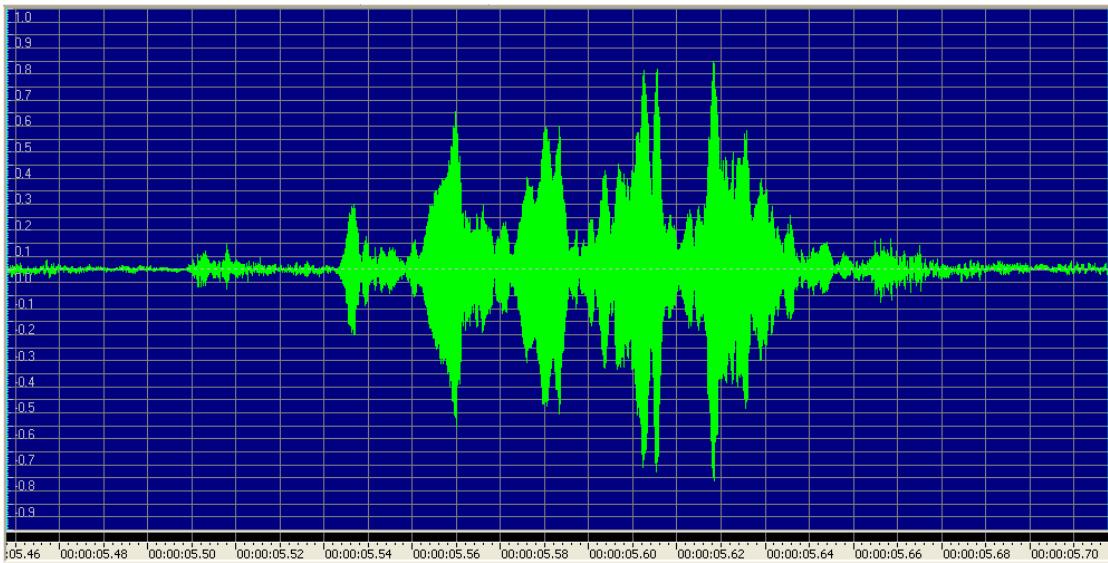


附錄二：打鬥聲音之剪輯純化

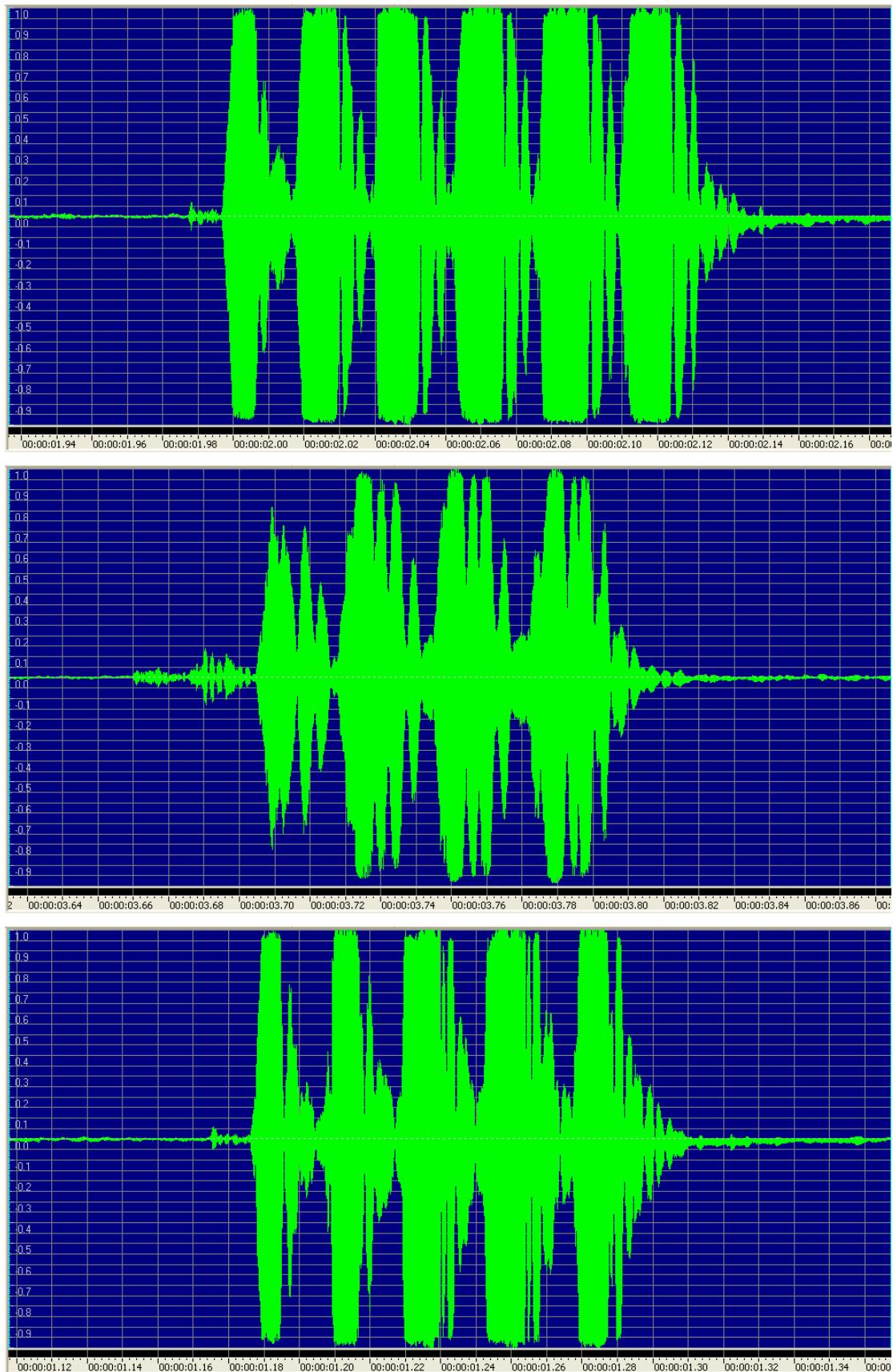
打鬥聲 A

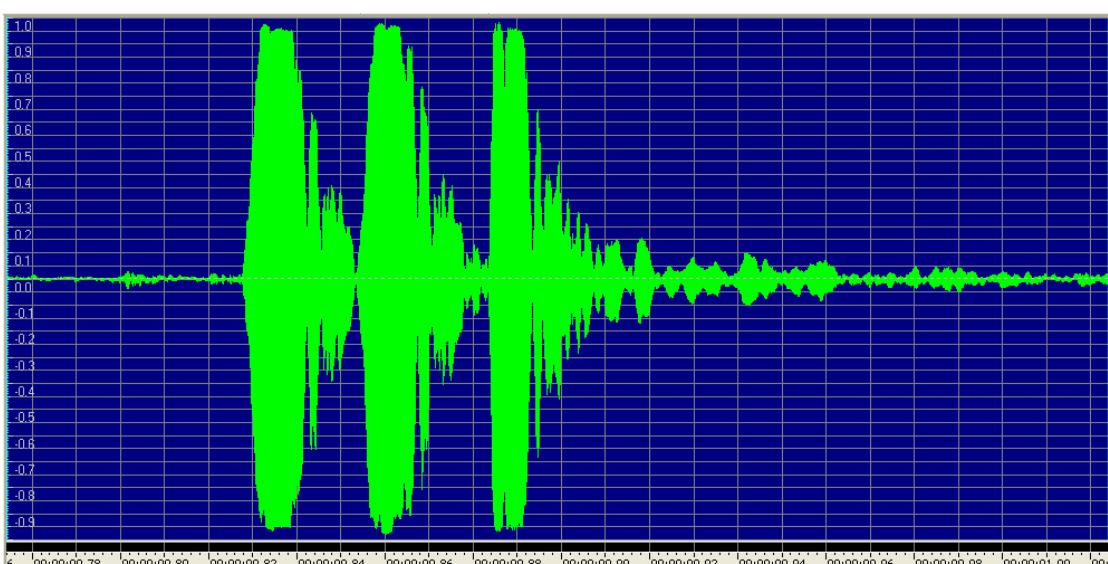
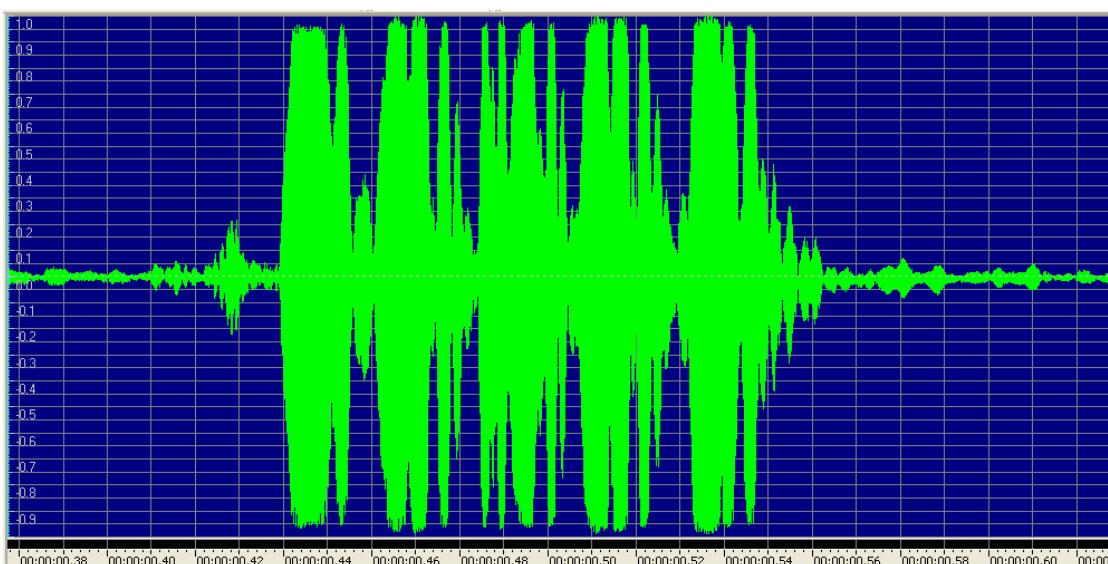
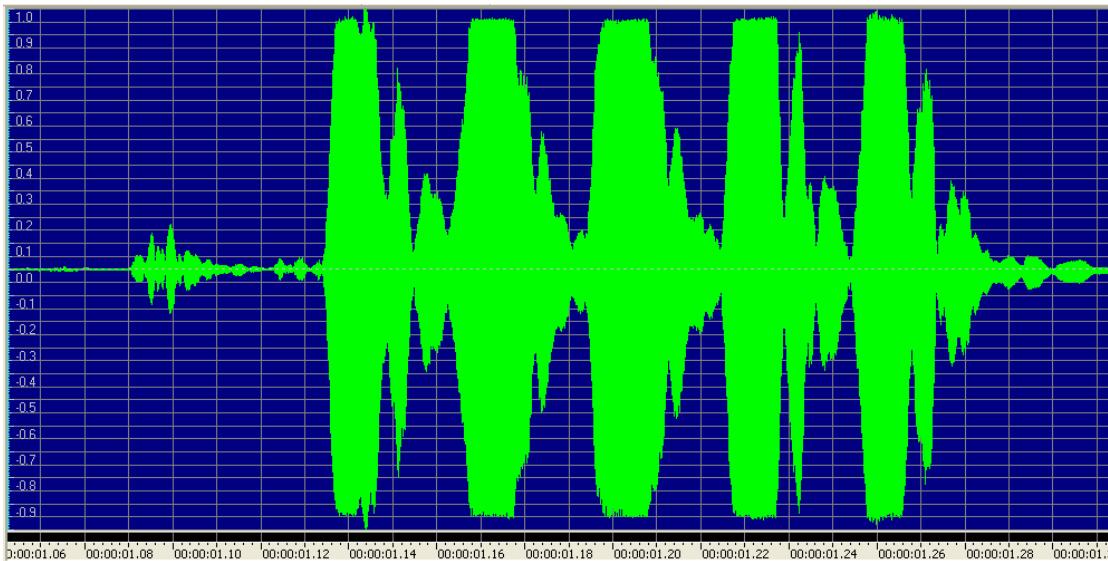


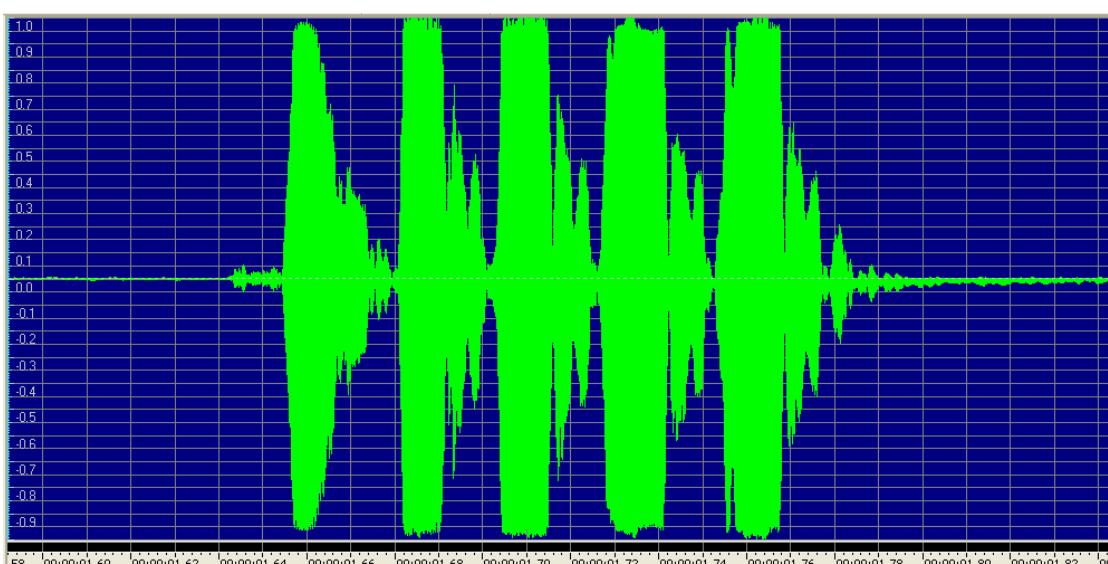
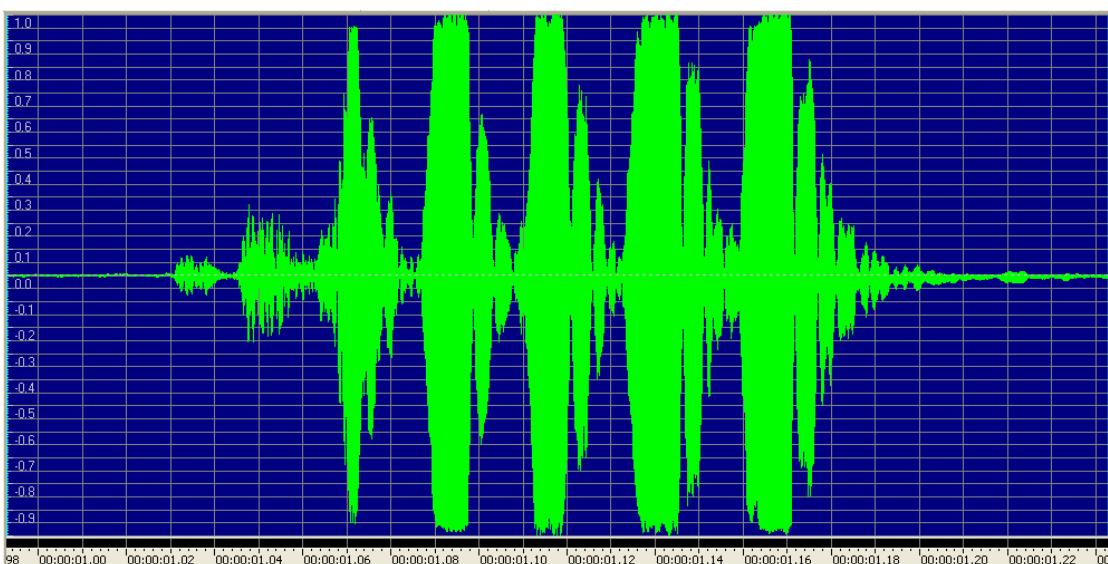
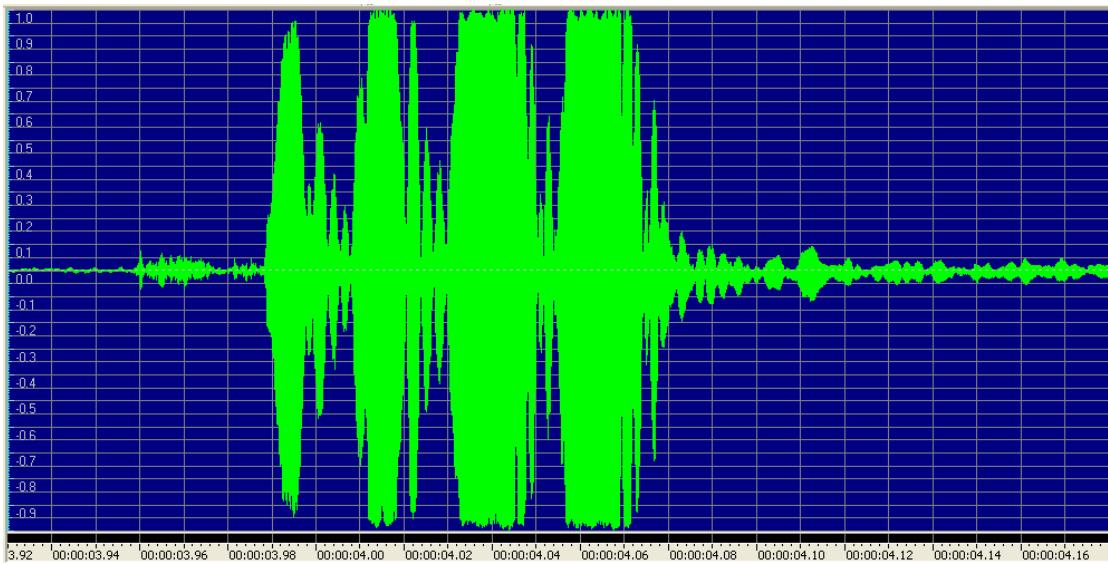




打門聲 B







附錄三：聲音替代實驗紀錄

(一)：聲音無互換

於求偶時播放求偶聲音 C (次數/是否成功/動作時間)

1	失敗	0 秒
2	成功	62 秒
3	失敗	0 秒
4	成功	79 秒
5	成功	112 秒
6	成功	93 秒
7	失敗	0 秒
8	成功	89 秒
9	失敗	0 秒
10	失敗	0 秒
11	失敗	0 秒
12	成功	76 秒

標準差：15.572 秒
(去掉零的數據)

於求偶時播放求偶聲音 B (次數/是否成功/動作時間)

1	失敗	0 秒
2	成功	41 秒
3	成功	26 秒
4	成功	56 秒
5	成功	41 秒
6	成功	45 秒
7	成功	35 秒
8	成功	23 秒
9	失敗	0 秒

標準差：10.480 秒
(去掉零的數據)

於求偶時播放求偶聲音 A (次數/是否成功/動作時間)

1	失敗	0 秒
2	成功	9 秒
3	成功	31 秒
4	失敗	0 秒
5	成功	30 秒
6	成功	71 秒
7	失敗	0 秒
8	失敗	0 秒

標準差：22.432 秒
(去掉零的數據)

於打鬥時分別播放打鬥聲音 A 與打鬥聲音 B(次數/是否成功/動作時間/放何種聲音的贏)

1	失敗	0 秒	
2	成功	8 秒	聲音 B 贏
3	成功	3 秒	聲音 A 贏
4	成功	2 秒	聲音 A 贏
5	失敗	0 秒	
6	成功	6 秒	聲音 B 贏
7	失敗	0 秒	
8	成功	7 秒	聲音 B 贏
9	成功	55 秒	聲音 B 贏
10	成功	7 秒	聲音 A 贏
11	成功	23 秒	聲音 A 贏
12	失敗	0 秒	
13	成功	1 秒	聲音 B 贏
14	成功	13 秒	聲音 A 贏
15	失敗	0 秒	

標準差：15.403 秒
(去掉零的數據)

(二)聲音互換

於求偶中播放打鬥聲音 B (次數/是否成功/動作時間)

1	失敗	0 秒
2	失敗	0 秒
3	成功	70 秒
4	失敗	0 秒
5	失敗	0 秒
6	失敗	0 秒
7	失敗	0 秒

標準差：0 秒
(去掉零的數據)

於求偶中播放打鬥聲音 A (次數/是否成功/動作時間)

1	失敗	0 秒
2	成功	14 秒
3	失敗	0 秒
4	失敗	0 秒
5	成功	150 秒

標準差：68 秒
(去掉零的數據)

於打鬥中分別播放求偶聲音 C 與求偶聲音 A (次數/是否成功/動作時間/放何種聲音的贏)

1	成功	4 秒	聲音 C
2	成功	2 秒	聲音 A
3	成功	1 秒	聲音 A
4	失敗	0 秒	
5	成功	2 秒	聲音 A

標準差：1.897 秒
(去掉零的數據)

於打鬥中分別播放求偶聲音 C 與求偶 B 聲音(次數/是否成功/動作時間/放何種聲音的贏)

1	成功	2 秒	聲音 C 贏
2	成功	6 秒	聲音 B 贏
3	成功	1 秒	聲音 B 贏
4	成功	4 秒	聲音 C 贏
5	成功	2 秒	聲音 B 贏
6	成功	3 秒	聲音 B 贏

標準差：1.633 秒
(去掉零的數據)

於打鬥中分別播放求偶聲音 B 與求偶聲音 A (次數/是否成功/動作時間/放何種聲音的贏)

1	成功	9 秒	聲音 B 贏
2	成功	2 秒	聲音 A 贏
3	成功	2 秒	聲音 B 贏
4	失敗	0 秒	
5	成功	1 秒	聲音 B 贏

標準差：3.202 秒
(去掉零的數據)