

中華民國第 62 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

(鄉土)教材獎

052005

黃斑黑蟋蟀(直翅目：蟋蟀科)遭遇行為初探

學校名稱：方濟會學校財團法人臺南市黎明高級中學

作者： 高二 丁子修	指導老師： 曾文英
---------------	--------------

關鍵詞：黃斑黑蟋蟀、領域行為、遭遇行為

摘要

本研究主要以黃斑黑蟋蟀成蟲(雄)、成蟲(雌)、老熟若蟲(雄)、老熟若蟲(雌)、初齡若蟲(無法分辨雄雌)等5種不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，設計蟋蟀的領域行為、遭遇行為實驗，進行黃斑黑蟋蟀遭遇行為的研究並分析大顎的發育情形對打鬥行為的影響。研究結果：黃斑黑蟋蟀有領域行為的表現，其領域行為表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關。最常出現的遭遇情形有：靜止不動、觸鬚碰觸、身體抬高、逃至角落與出現勝負結果。黃斑黑蟋蟀會因為大顎發育情形的不同而影響其打鬥方式。不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，遭遇行為模式大致相同，其中當成蟲(雄)遭遇成蟲(雌)時，會發出求偶的聲音進而與成蟲(雌)發生交配的行為。

壹、前言

一、研究動機

黃斑黑蟋蟀的發育可分為：卵期、若蟲期與成蟲期，而若蟲期又可分為 10 個不同發育階段的齡期(楊平世，1994)。檢視過去的相關文獻大都針對成蟲期進行相關的研究，若蟲期的相關研究則相對較少。

我觀察蟋蟀在與同類遭遇時，出現不同的行為動作：進行「鬥蟋蟀」活動時，2 隻雄成蟲在飼主以貓撿逗弄下，發生打鬥的行為；另外，在無人為干擾下，發現飼養箱中的若蟲與若蟲遭遇時，出現類似成蟲的打鬥行為。我想透過這次的研究，探討成蟲和若蟲在與同類遭遇時其遭遇行為的異同，過程針對不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，觀察蟋蟀遭遇行為之特色並建立行為模式。

二、文獻回顧

(一)動物領域行為

為了維持領域所產生之警告、威脅、驅趕、甚至攻擊入侵者(intruders)等行為則稱

為領域行為(陳振榮，2003)。

領域行為是指動物、個人或是團體在佔有某個區域，為了控制該區域而採取防禦他人侵入的行為模式。例如某些動物會透過鳴叫、氣味或是打鬥等不同方式防止同種或不同種入侵其領域(楊瑞珍，2002)。動物出現領域攻擊行為的主要目的是為了要與他人界定領域的範圍並且獨自享有資源，表現的方式有警戒、發出聲音與打鬥(吳雅婷，2011)。

(二)蟋蟀遭遇行為

黃斑黑蟋蟀具有領域性而且好打鬥，在與同種蟋蟀遭遇時會先以觸鬚彼此碰觸來分辨對方性別後，而採取打鬥或求偶的行為(詹子緯，2011)，通常雄蟋蟀辨別雌蟋蟀位置是透過嗅覺的方式(吳哲榕，2005)。

(三)大顎研究

蟋蟀屬於咀嚼式口器(chewing mouthparts)，由上唇、上顎、舌（各1個）、下顎、下唇（各2個）共5個部分組成。有1對深度骨化的大顎具有發達而堅硬的特點，其切區可移動跨越至另一邊，用以切斷或磨碎食物(戴樂楷、蕭文鳳，2021)。

(四)蟋蟀的發聲特徵

羽化成熟的雄蟋蟀藉由前翅一張一合來發出聲音，主要利用左翅後緣增厚的彈器來刮右翅下方齒狀突起的弦器。蟋蟀發聲的曲目可分為：呼喚聲音(callingsound)、求偶聲音(courtship sound)、求偶中斷聲音(courtship interruption sound)、交尾後聲音(post-copulatory sound)、攻擊性聲音(aggressive sound)及辨識聲音(recognition sound)(楊正澤，1999)。

(五)影響打鬥勝負因素

影響打鬥勝負因素的相關研究，國內的研究以紅樹林鱗魚(*KryptolebiasMarmoratus*)為

實驗的對象，讓擁有打鬥勝利經驗的紅樹林鱗魚與無勝利經驗者進行打鬥實驗，結果顯示有打鬥勝利經驗者比無勝利經驗者有更高的勝利機率(黃智男，2006)；國外的研究以有打鬥勝利經驗之蟋蟀與無打鬥勝利經驗的蟋蟀相比較，有打鬥勝利經驗之蟋蟀具有較強烈的打鬥意願，這種現象稱為「勝者效應」(Jan Rillich&Paul Anthony Stevenson，2011)。影響勝負的因素除了打鬥勝利經驗之外，打鬥者的體型也是重要的因素(陳昱儒，2013)。

(六)若蟲期的相關研究

黃斑黑蟋蟀的發育期可分為：卵期、若蟲期與成蟲期。若蟲期可分為 10 個齡期，每個齡期發育的時間約 6-11 天，整個若蟲期約 73.9 天，隨著齡期的增長主要外觀特徵如頭縫線、翅芽與產卵管也跟著改變(楊平世等，1994)。

貳、研究目的

- 一、比較黃斑黑蟋蟀領域行為的表現與打鬥勝負關係。
- 二、比較黃斑黑蟋蟀各個發育期與性別的遭遇行為。
- 三、分析黃斑黑蟋蟀大顎發育是否影響打鬥的方式。
- 四、分組處理不同發育期與性別之蟋蟀，觀察黃斑黑蟋蟀遭遇行為特色並建立行為模式。

參、研究設備及器材

一、蟋蟀活體與標本

(一)活體：黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)於台南市新化區謝爵安蟋蟀養殖場取得後，以產下的卵為 F1，飼養於自家工作室內，平均溫度約 31.8°C，相對溼度 75-80%RH 及 11 小時的光照，養殖於塑膠整理箱以狗飼料餵食，以 F1 為本研究之材料。

(二)標本：各齡期的蟋蟀死亡後以 75%酒精保存為浸泡標本，根據飼養紀錄標註蟋蟀齡期與處理日期，以供日後參考。

二、領域行為實驗

(一)黃斑黑蟋蟀合計 450 隻：

- 1.成蟲(雄)90 隻
- 2.成蟲(雌)90 隻
- 3.老熟若蟲(雄)90 隻：齡期約 8-10 齡
- 4.老熟若蟲(雌)90 隻：齡期約 8-10 齡
- 5.初齡若蟲(無法分辨雄雌)90 隻：齡期約 1-3 齡

(二)過籠：如（圖一），將蟋蟀由飼養箱放至實驗設備的器具，以減少對蟋蟀干擾。

(三)洞穴模擬器

- 1.紙捲：如（圖二），黑色粉彩紙製作直徑 4cm、長 10cm，一端封住以模擬洞穴。
- 2.竹筒：如（圖五），直徑 4cm、長 10cm，打開上蓋以解說蟋蟀領域行為的表現。

(四)計時器(ASUS zenfone3)

三、遭遇行為實驗

(一)黃斑黑蟋蟀合計 140 隻：

- 1.成蟲(雄)：有領域行為表現 20 隻、無領域行為表現 10 隻。
- 2.成蟲(雌)：有領域行為表現 20 隻、無領域行為表現 10 隻。
- 3.老熟若蟲(雄)：有領域行為表現 20 隻、無領域行為表現 10 隻。
- 4.老熟若蟲(雌)：有領域行為表現 20 隻、無領域行為表現 10 隻。
- 5.初齡若蟲(無法分辨雄雌)：有領域行為表現 10 隻、無領域行為表現 10 隻。

(二)遭遇觀察箱：如（圖三），透明壓克力板與木板製作，長 21 cm/寬 7 cm/高 7 cm。

(三)攝影機(ASUS zenfone3)、音頻剪輯軟體(Cool Edit Pro)。

四、大顎發育變化實驗

(一)黃斑黑蟋蟀標本 150 隻：

- 1.成蟲(雄)：30 隻
- 2.成蟲(雌)：30 隻
- 3.老熟若蟲(雄)：30 隻
- 4.老熟若蟲(雌)：30 隻
- 5.初齡若蟲(無法分辨雄雌)：30 隻

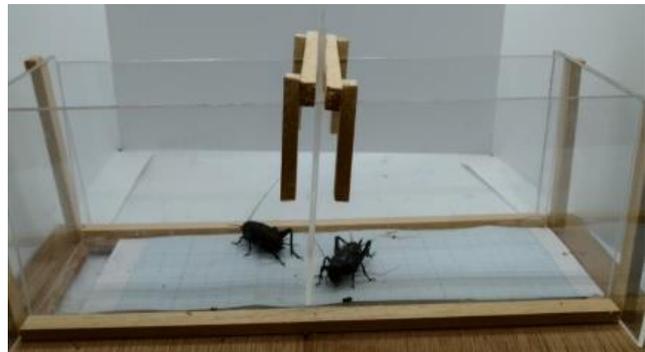
(二)解剖顯微鏡、解剖刀、鑷子、75%酒精與保存罐、格子紙(1mm)、游標尺、照相機 (ASUS zenfone3)。



圖一 過籠

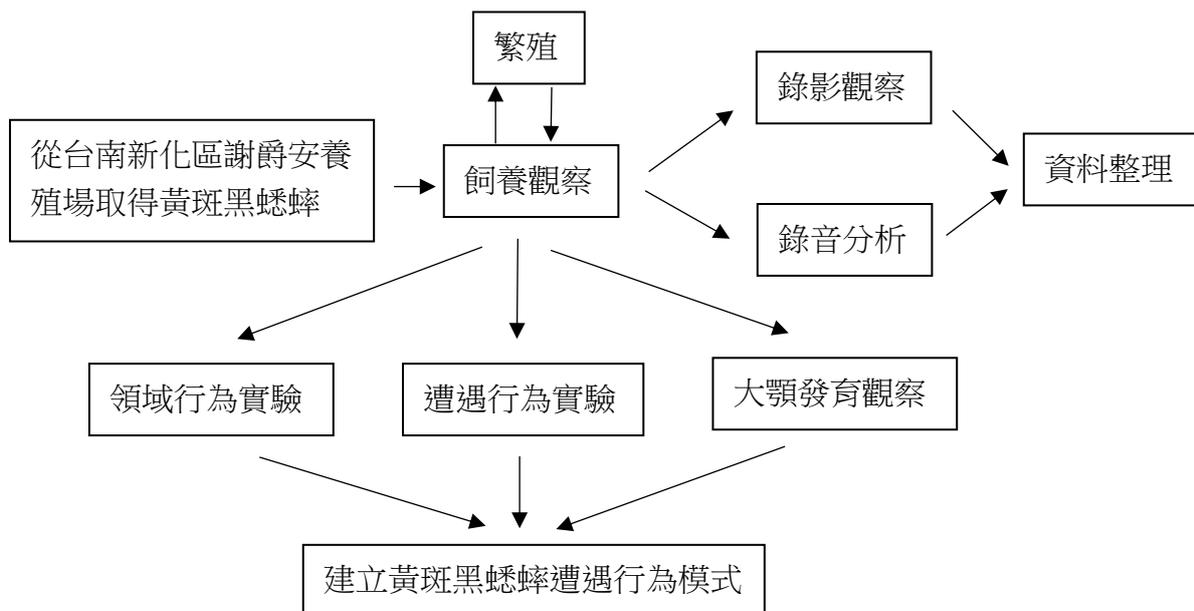


圖二 紙捲



圖三 遭遇觀察箱

肆、研究流程

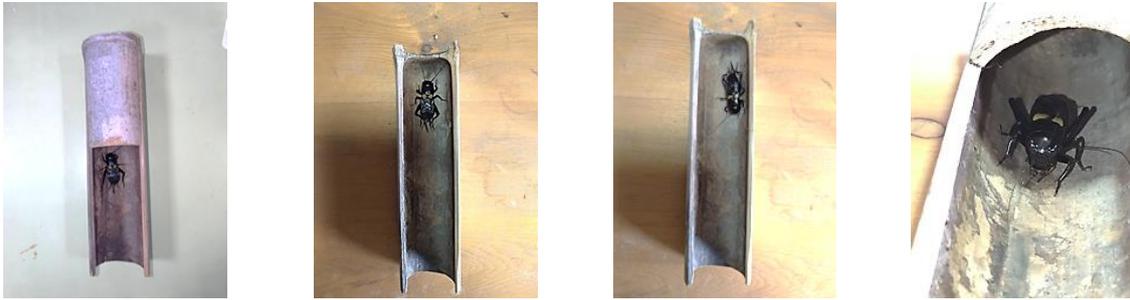


圖四 黃斑黑蟋蟀遭遇行為實驗流程圖

伍、研究方法

一、領域行為實驗

經過觀察，野外的黃斑黑蟋蟀會進入台灣大蟋蟀挖的洞穴，多數的蟋蟀到達洞底後身體會做 180°的迴轉，以頭部向外的方式停留在該洞穴裡（圖五），當有同種的蟋蟀進入該洞穴時，2 隻蟋蟀會發生打鬥的行為，輸的蟋蟀離開洞穴而獲勝的蟋蟀則佔領該洞穴。



- 1.以竹子模擬洞穴，蟋蟀進入洞口。
- 2.蟋蟀到達洞穴底端。
- 3.蟋蟀轉身 180°，頭部朝外。
- 4.蟋蟀轉向後於洞內保持不動。

圖五 黃斑黑蟋蟀領域行為表現示意圖

此實驗根據：「中興大學昆蟲系楊正澤教授實驗室的研究方法，以第 1 隻蟋蟀進入竹筒一端小室，然後轉身向外，判定為領域。(楊正澤，個人通訊)」實驗步驟如下：

(一)模擬洞穴：以黑色粉彩紙捲成直徑 4cm、長 10cm 的圓柱狀，一端封住開口，共 10 個，每次進行 10 隻蟋蟀的實驗觀察紀錄（圖六）。

(二)測試對象：成蟲(雄)、成蟲(雌)、老熟若蟲(雄)、老熟若蟲(雌)、初齡若蟲(無法分辨雄雌)5 組各 90 隻，共 450 隻。

(三)操作方式：從飼養箱隨機選取後，一人以過籠將蟋蟀放置於第 1 個紙捲洞口讓蟋蟀自行爬入（圖七），另一人紀錄蟋蟀進入洞口時間(當蟋蟀前腳踏到紙捲就開始計時)，依序完成第 2.3.4.5...9.10 個紙捲，重複操作 9 次即完成第一組 90 隻的實驗(每隻蟋蟀僅作 1 次實驗)，過程以燈光照射每個紙捲內部，全程以手機攝影以供事後整理分析（圖八）。

(四)實驗時間：每個紙捲實驗時間為 5 分鐘。

(五)判定依據：觀看影片，若紙捲內的蟋蟀於 5 分鐘內完成轉身 180°的動作，頭朝洞口且於洞內保持不動者，則判定該蟋蟀有領域行為的表現。



圖六 模擬洞穴紙捲



圖七 蟋蟀進入洞穴方式



圖八 觀察與紀錄

(六)記錄方式 (表一):

表一 蟋蟀領域行為紀錄圖例

實際照片			
	洞底 ↓ 洞口	洞底 ↑ 洞口	洞底 ↘ 洞口
圖例 1	說明 身體轉向且頭朝洞口	說明 頭朝洞內	說明 轉向後跑出洞穴
圖例 2	V (有領域行為表現)	X (無領域行為表現)	X (無領域行為表現)

(七)領域行為紀錄表 (表二):

表二 領域行為實驗紀錄表

發育類別：成蟲(雄)															
編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
測試結果	↓	↑	↓	↑	↓	↖	→	↓	→	↓	↑	↓	↓	↘	↓
完成時間(秒)	255		249		47			29		163		69	152		186
領域行為	V	X	V	X	V	X	X	V	X	V	X	V	V	X	V

二、遭遇行為實驗

在證明蟋蟀有領域行為的表現後，接著想進一步了解有領域行為表現的蟋蟀與無領域行為表現的蟋蟀其打鬥勝負關係為何？還有不同發育期與性別的蟋蟀遭遇行為的異同？將設計實驗以觀察其行為表現，實驗步驟如下：

(一)將領域實驗各組中有領域與無領域行為表現的蟋蟀分別飼養，並標示符號：A 代表有領域行為表現；B 代表無領域行為表現，例：成蟲(雄)-A；成蟲(雄)-B。

(二)分為 7 種遭遇處理：

1. 領域行為表現與打鬥勝負關係

(1)10 隻成蟲(雄)-A vs 10 隻成蟲(雄)-B

(2)10 隻成蟲(雌)-A vs 10 隻成蟲(雌)-B

(3)10 隻老熟若蟲(雄)-A vs 10 隻老熟若蟲(雄)-B

(4)10 隻老熟若蟲(雌)-A vs 10 隻老熟若蟲(雌)-B

(5)10 隻初齡若蟲(無法分辨雄雌)-A vs 10 隻初齡若蟲(無法分辨雄雌)-B

2. 不同性別的遭遇情形

(1)10 隻成蟲(雄)-A vs 10 隻成蟲(雌)-A

(2)10 隻老熟若蟲(雄)-A vs 10 隻老熟若蟲(雌)-A

(三)每種處理實驗 10 組蟋蟀(20 隻蟋蟀)，7 種處理共計 140 隻蟋蟀。

(四)在進行遭遇行為實驗之前，先將測試的蟋蟀獨自飼養於盒中 3 日。

(五)蟋蟀進行遭遇時，先以過籠將蟋蟀放入盒中（圖九），等到 AB 蟋蟀都靜置不動時，再拿開中間隔板（圖十）開始觀察記錄 2 隻蟋蟀的遭遇過程。



圖九 以過籠讓蟋蟀進入觀察箱



圖十 待 AB 蟋蟀皆靜止，才拿開隔板

(六)以手機紀錄影像與聲音，若有以下情形即停止紀錄：2 隻蟋蟀出現勝負結果或是超過 5 分鐘未有遭遇行為。

(七)事後觀看影片分析蟋蟀遭遇行為的動作並統計 A、B 蟋蟀勝負的比例。

(八)紀錄與說明：

1.A 蟋蟀放在觀察者左邊的盒子中，B 蟋蟀放在右邊。以 a 表示觸鬚、c 表示尾毛，若紀錄 a→c，則表示 A 蟋蟀以觸鬚去碰觸 B 蟋蟀尾毛。

2.Ac 表示 A 蟋蟀清潔身體(尾毛)；Ba 表示 B 蟋蟀清潔身體(觸鬚)。

3.2 隻蟋蟀都出現相同的行為在空格處紀錄 AB；僅個別蟋蟀則紀錄 A 或 B。

4.成蟲(雄)-A vs 成蟲(雌)-A 與若蟲(雄)-A vs 若蟲(雌)-A 這 2 組處理，遭遇時皆以有領域表現的蟋蟀來實驗，紀錄時則以 ♂、♀、N♂、N♀ 來區別。

5.於備註欄以文字紀錄蟋蟀的特別行為。

(九)遭遇行為紀錄表 (表三)：

表三 成蟲(雄)-A vs 成蟲(雄)-B

遭遇編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
影片編號	0206-6	0206-7	0207-15	0207-15-2	0207-14	0207-13	0206-1	0206-2	0206-3	0206-4	
蟋蟀	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂	
遭遇前	靜止不動	AB	AB		AB		A		B	B	AB
	清潔身體							Ac			
	到處走動	B		AB			B	AB	A	A	
	觸鬚碰觸	a←a	a←a	a→c	c←a	a→a	a←a	a→a	a←a	a→a	a←a
	頭部碰觸	AB		AB			AB	A			
遭遇中	身體抬高	AB		AB			AB		AB	AB	AB
	後足彎曲										
	以頭互頂	AB		AB	AB	AB	AB				AB
	以顎互咬	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB			AB
	身體躍起失去平衡	B	A		AB		A	AB	B	B	B
遭遇後	逃至角落	B	A	B	A	A	A				
	振翅高歌	A	B	A	B	B	B	B	B	B	B
	身體抬高							A	A	A	
	身體抖動	A		A	B	B	B	B			A
	其他行為					註 1		註 1.2	註 1	註 1	

結果	獲勝者	A	B	A	B	B	B	B	A	A	A
----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

註 1：遭遇中 AB 同時出現振翅發出聲音 註 2：AB 以顎互咬長達 50 秒

三、大顎觀察與分析

在觀察蟋蟀遭遇行為影片後初步發現：蟋蟀在與同類遭遇時，會表現各種身體動作，例如觸鬚碰觸、振翅發聲或相互打鬥，而打鬥時大顎是攻擊對方最主要的武器，觀察不同發育期和性別的蟋蟀在打鬥時，大顎開合程度或是運用大顎攻擊對方的方式各有差異。曾就此問題請教蟋蟀飼養達人謝爵安先生，他表示：「若蟲大顎尚未發育完成，無法大幅度向外開展，而剛羽化的成蟲也無法立即進行鬥蟋蟀，需要等待數日……」。因此進一步來探討蟋蟀大顎發育情形是否影響其打鬥方式，實驗步驟如下：

(一)檢視遭遇行為的影片，觀察不同發育期與性別的蟋蟀，在打鬥時大顎開合的情形。

(二)利用蟋蟀標本，將蟋蟀標本固定於每格 1mm 的格子紙上，測量大顎的大小、打開的幅度、大顎打開的幅度與頭部寬度的比例。

(三)利用解剖顯微鏡進行蟋蟀口器的解剖，觀察大顎的構造與差異。

陸、研究結果

一、黃斑黑蟋蟀領域行為的表現與打鬥勝負關係

(一)有領域行為表現的次數：

從（表四）可以知道，透過卡方測定的統計方法，結果 $p=0.463 > 0.05$ 時無顯著差異，表示 5 個實驗組別中，不同發育期與性別的蟋蟀在領域行為表現的次數上無顯著差異。

表四 蟋蟀有領域行為表現的次數統計表

組別	♂ ^{註1}	♀	N♂	N♀	N	P-value
出現次數/全部次數	71/90 ^{註2}	83/90	71/90	51/90	53/90	$p=0.463$ ^{註3}

註 1：♂ 代表成蟲(雄)；♀ 代表成蟲(雌)；N♂ 代表老熟若蟲(雄)；N♀ 代表老熟若蟲(雌)；N 代表初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

註 2：71/90 表示在 90 次的實驗中出現 71 次的領域行為。

註 3：以卡方測定(The Chi Square Test)分析各組間的次數是否有顯著差異。 $p<0.05$ 時有顯著差異。(Chi-square= 7.707 with 8 degrees of freedom.) (P = 0.463)

(二)表現出領域行為平均花費的時間：

從(表五)可以知道，在 5 個實驗組別中，不同發育期與性別的蟋蟀表現出領域行為平均花費的時間，以老熟若蟲(雌)與初齡若蟲(無法分辨雄雌)花費最多時間，而成蟲(雌)花費最少時間；另外，若將 5 個實驗組別區分為成蟲與若蟲的比較時，若蟲表現出領域行為平均花費的時間多於成蟲。

表五 表現出領域行為平均花費的時間統計表

組別	♂ ^{註1}	♀	N♂	N♀	N
平均	118.2±23.3 ^b ^{註2}	93.0±7.0 ^d	104.7±26.3 ^c	161.2±24.0 ^a	152.8±10.3 ^a
(秒)	105.6±17.9 ^b		139.6±30.5 ^a		

註 1：♂ 代表成蟲(雄)；♀ 代表成蟲(雌)；N♂ 代表老熟若蟲(雄)；N♀ 代表老熟若蟲(雌)；N 代表初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

註 2：以 one-way ANOVA 分析各組間的平均花費時間是否有顯著差異，若有再以 Tukey-test 做事後檢定(a 設為最大)。 $p<0.05$ 時有顯著差異。

(三)領域行為表現與打鬥勝負關係：

從(表六)可以知道，蟋蟀有無領域行為表現與打鬥獲勝關係在卡方差異值的檢定下，自由度(df)為 1：成蟲(雄)其 p 值為 1.000 並大於 0.05，未達顯著差異，表示成蟲(雄)有無領域行為表現與打鬥獲勝關係之間沒有顯著相關；成蟲(雌)其 p 值為 .074 並大於 0.05，未達顯著差異，表示成蟲(雌)有無領域行為表現與打鬥獲勝關係之間沒有顯著相關；老熟若蟲(雄)其 p 值為 .007 並小於 0.05，達顯著差異，表示老熟若蟲(雄)有無領域行為表現

與打鬥獲勝關係之間有顯著相關；老熟若蟲(雌)其p值為1.000並大於0.05，未達顯著差異，表示老熟若蟲(雌) 有無領域行為表現與打鬥獲勝關係之間沒有顯著相關；初齡若蟲(無法分辨雄雌)其p值為1.000並大於0.05，未達顯著差異，表示初齡若蟲(無法分辨雄雌) 有無領域行為表現與打鬥獲勝關係之間沒有顯著相關。

不同發育期與性別的蟋蟀(全部實驗的蟋蟀)，有無領域行為表現與打鬥獲勝關係在卡方差異值的檢定下，自由度(df)為1，皮爾森X²(PearsonX²)為4.000，由於p值為.046並小於0.05，達顯著差異，表示不同發育期與性別的蟋蟀有無領域行為表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關。

表六 有無領域行為表現與打鬥獲勝關係交叉分析表

有無領域行為		打鬥獲勝		Chi-square tests.		
		勝	負	Pearson X ²	df	Sig
成蟲(雄)	A-有領域行為	5	5	.000	1	1.000
	B-無領域行為	5	5			
	Total	10	10			
成蟲(雌)	A-有領域行為	7	3	3.200	1	.074
	B-無領域行為	3	7			
	Total	10	10			
老熟若蟲(雄)	A-有領域行為	8	2	7.200	1	.007
	B-無領域行為	2	8			
	Total	10	10			
老熟若蟲(雌)	A-有領域行為	5	5	.000	1	1.000
	B-無領域行為	5	5			
	Total	10	10			
初齡若蟲(無法分辨雄雌)	A-有領域行為	5	5	.000	1	1.000
	B-無領域行為	5	5			
	Total	10	10			
不同發育期與性別的蟋蟀 (全部實驗的蟋蟀)	A-有領域行為	30	20	4.000	1	.046
	B-無領域行為	20	30			
	Total	50	50			

二、比較黃斑黑蟋蟀各個發育期與性別的遭遇行為

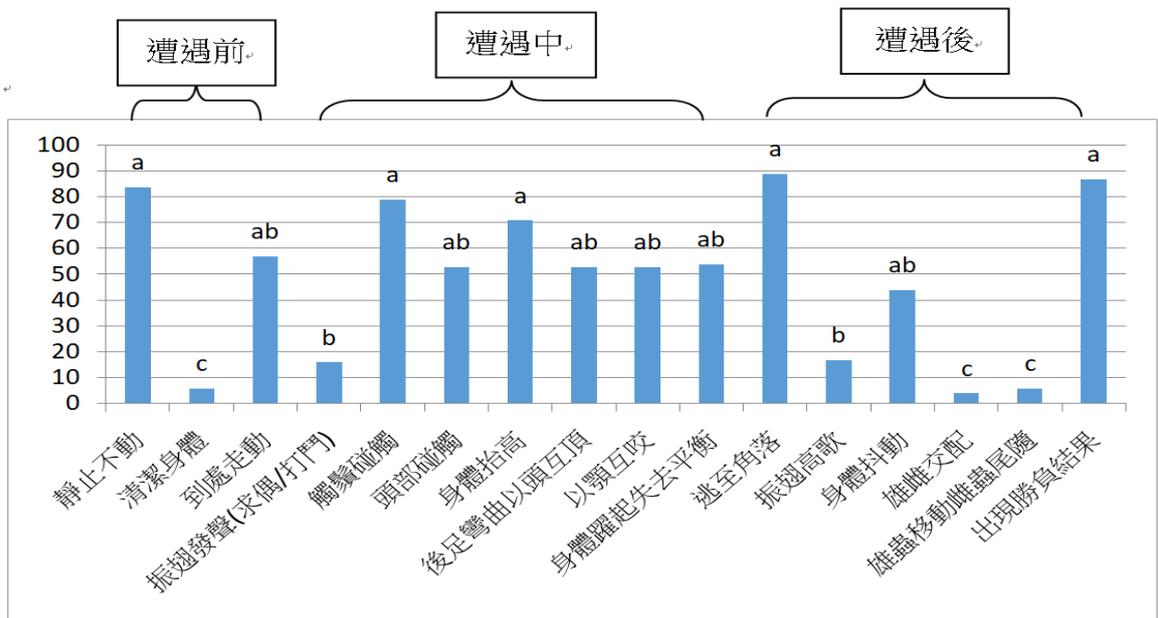
從（表七）可以知道，出各種遭遇動作在各配對處理中出現的次數，從（圖十一）可以知道，以 one-way ANOVA 分析各組間相同遭遇動作的累計次數是否有顯著差異時，設定 $a > b > c$ ，a 表示該動作出現的頻率比較高，c 表示該動作出現的頻率比較低，而 ab 與 a、b 則無顯著差異。遭遇前，出現頻率較高的動作有靜止不動，出現頻率較低的動作有清潔身體；遭遇中，出現頻率較高的動作有觸鬚碰觸、身體抬高；遭遇後，出現頻率較高的動作有逃至角落、出現勝負結果，出現頻率較低的動作有雄雌交配、雄蟲移動雌蟲尾隨。

表七 蟋蟀遭遇行為各種遭遇動作次數統計表

組別編號		1	2	3	4	5	6	7
配對處理		♂-A	♀-A	♂-A	N♂-A	N♀-A	N♂-A	N-A
		Vs	Vs	Vs	Vs	Vs	Vs	Vs
		♂-B	♀-B	♀-A	N♂-B	N♀-B	N♀-A	N-B
		註 1						
遭遇前	靜止不動	7 註 2	9	10	10	7	9	7
	清潔身體	1	1	0	1	0	1	0
	到處走動	6	5	5	7	8	5	4
	振翅發聲 求偶/打鬥	5 打鬥	0	6 求偶	0	0	0	0
遭遇中	觸鬚碰觸	10	10	7	10	9	8	10
	頭部碰觸	3	5	4	5	6	8	6
	身體抬高	7	6	3	9	9	10	6
	後足彎曲	6	5	2	6	6	7	5
	以顎互咬	8	7	2	4	5	8	3
	身體躍起 失去平衡	8	6	3	7	4	9	1
	逃至角落	10	10	4	10	9	10	9
	振翅高歌	10	0	2	0	0	0	0
遭遇後	身體抖動	7	1	2	10	6	9	5
	雄雌交配	0	0	3	0	0	0	0
	雄蟲移動 雌蟲尾隨	0	0	4	0	0	0	0
	出現勝負結果	10	10	2	10	9	10	10

註 1：♂ 代表成蟲(雄)；♀ 代表成蟲(雌)；N♂ 代表老熟若蟲(雄)；N♀ 代表老熟若蟲(雌)；N 代表初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

註 2：7 表示每種配對處理都進行 10 次的遭遇實驗中，靜止不動這個動作出現 7 次。



圖十一 蟋蟀遭遇行為結果統計圖

註 1：以 one-way ANOVA 分析各組間相同遭遇動作的累計次數是否有顯著差異，若有再以 Tukey-test 做事後檢定(a 設為最大)。p<0.05 時有顯著差異。

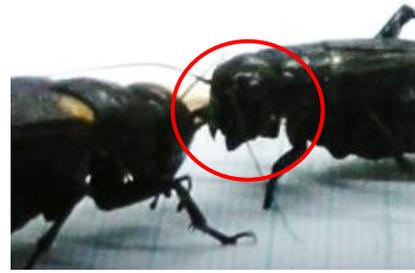
三、分析黃斑黑蟋蟀大顎發育變化

(一)從遭遇影片以目測觀察：

如(圖十二)，透過拍攝的遭遇影片，觀察蟋蟀打鬥時大顎開合的情形，發現成蟲(雄)的大顎粗大明顯，打鬥時向外側打開，目測約與頭部同寬；成蟲(雌)的大顎短小且打開幅度明顯小於雄蟲；老熟若蟲(雄)的大顎向外側打開的寬度約為兩複眼間的距離；老熟若蟲(雌)的大顎打開後約呈現平行的狀態無法向外翻；初齡若蟲(無法分辨雄雌)的大顎尚小且不明顯，僅前端有微幅的打開。



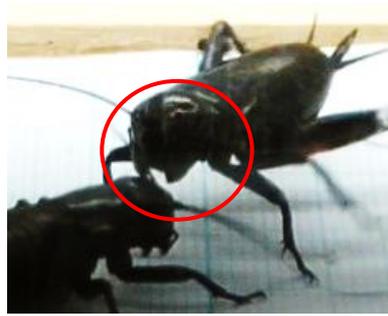
成蟲(雄)



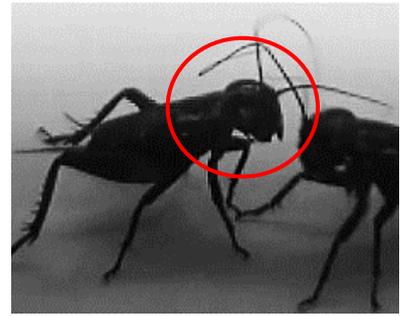
成蟲(雌)



老熟若蟲(雄)



老熟若蟲(雌)

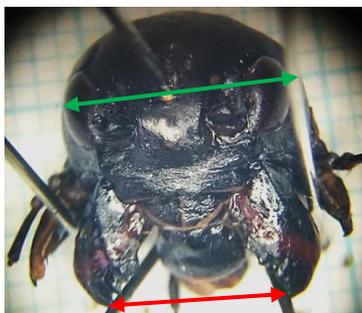


初齡若蟲(無法分辨雄雌)

圖十二 蟋蟀打鬥大顎開合情形

(二)從蟋蟀標本測量：

如（圖十三），從蟋蟀標本測量頭部寬度與大顎打開幅度，經測量成蟲(雄)頭寬平均約 10mm、大顎打開幅度平均約 7mm；成蟲(雌)頭寬平均約 8mm、大顎打開幅度平均約 5mm；老熟若蟲(雄)頭寬平均約 8mm、大顎打開幅度平均約 5mm；老熟若蟲(雌)頭寬平均約 7.5mm、大顎打開幅度平均約 4mm；初齡若蟲(無法分辨雄雌)頭寬平均約 4mm、大顎打開幅度平均約 2mm。



成蟲(雄)



成蟲(雌)



老熟若蟲(雄)



老熟若蟲(雌)



初齡若蟲(無法分辨雄雌)

圖十三 蟋蟀標本頭部寬度(綠線)與大顎打開幅度(紅線)

1. 「大顎打開平均幅度(mm)」與「頭部平均寬度(mm)」差異比較：

由(表八)可以知道，在大顎打開平均幅度(mm)構面中，不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀在「大顎打開平均幅度(mm)」構面的F檢定達顯著水準($F=327.196$ ， $p=.000<.05$)，表示不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀在「大顎打開平均幅度(mm)」構面上有顯著差異。經Scheffe事後檢定(表九)，成蟲(雄)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於成蟲(雌)、成蟲(雄)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於老熟若蟲(雄)、成蟲(雄)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於老熟若蟲(雌)、成蟲(雄)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)；成蟲(雌)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於老熟若蟲(雌)、成蟲(雌)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)；老熟若蟲(雄)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於老熟若蟲(雌)、老熟若蟲(雄)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)；老熟若蟲(雌)大顎打開平均幅度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

由(表八)可以知道，在頭部平均寬度(mm)構面中，不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀在「頭部平均寬度(mm)」構面的F檢定達顯著水準($F=587.881$ ， $p=.000<.05$)，表示不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀在「頭部平均寬度(mm)」構面上有顯著差異。經Scheffe事後檢定(表九)，成蟲(雄)頭部平均寬度(mm)顯著大於成蟲(雌)、成蟲(雄)頭部平均寬度(mm)顯著大於老熟若蟲(雄)、成蟲(雄)頭部平均寬度(mm)顯著大於老熟若蟲(雌)、成蟲(雄)頭部平均寬度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)；成蟲(雌)頭部平均寬度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)；老熟若蟲(雄)頭部平均寬度(mm)顯著大於老熟若蟲(雌)、老熟若蟲

(雄) 頭部平均寬度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)；老熟若蟲(雌) 頭部平均寬度(mm)顯著大於初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

表八 「大顎打開平均幅度(mm)」與「頭部平均寬度(mm)」分析結果

依變項	發育期/性別	樣本數	平均值	標準差	F 值	p 值	Scheffe 檢定
大顎打開平均幅度(mm)	成蟲(雄)	30	6.967	.694	327.196	.000	1>2 ; 1>3
	成蟲(雌)	30	5.033	.669			1>4 ; 1>5
	老熟若蟲(雄)	30	5.033	.507			2>4 ; 2>5
	老熟若蟲(雌)	30	4.033	.392			3>4 ; 3>5
	初齡若蟲(無法分辨雄雌)	30	2.017	.382			4>5
	總計	150	4.617	1.703			
頭部平均寬度(mm)	成蟲(雄)	30	10.033	.629	587.881	.000	1>2 ; 1>3
	成蟲(雌)	30	7.900	.563			1>4 ; 1>5
	老熟若蟲(雄)	30	7.950	.402			2>5
	老熟若蟲(雌)	30	7.533	.454			3>4 ; 3>5
	初齡若蟲(無法分辨雄雌)	30	4.033	.346			4>5
	總計	150	7.490	2.005			

表九 「大顎打開平均幅度(mm)」與「頭部平均寬度(mm)」事後比較(Scheffe 檢定法)結果

依變數		平均值差異	標準誤	顯著性	95% 信賴區間		
					下限	上限	
大顎打開平均幅度	♂	♀	1.9333*	.1408	.000	1.494	2.373
		N♂	1.9333*	.1408	.000	1.494	2.373
		N♀	2.9333*	.1408	.000	2.494	3.373
		N	4.9500*	.1408	.000	4.511	5.389
	♀	♂	-1.9333*	.1408	.000	-2.373	-1.494
		N♂	0.0000	.1408	1.000	-.439	.439
		N♀	1.0000*	.1408	.000	.561	1.439
		N	3.0167*	.1408	.000	2.577	3.456
N♂	♂	-1.9333*	.1408	.000	-2.373	-1.494	
	♀	0.0000	.1408	1.000	-.439	.439	
	N♀	1.0000*	.1408	.000	.561	1.439	
	N	3.0167*	.1408	.000	2.577	3.456	

	N ♀	♂	-2.9333*	.1408	.000	-3.373	-2.494
		♀	-1.0000*	.1408	.000	-1.439	-.561
		N ♂	-1.0000*	.1408	.000	-1.439	-.561
		N	2.0167*	.1408	.000	1.577	2.456
	N	♂	-4.9500*	.1408	.000	-5.389	-4.511
		♀	-3.0167*	.1408	.000	-3.456	-2.577
		N ♂	-3.0167*	.1408	.000	-3.456	-2.577
		N ♀	-2.0167*	.1408	.000	-2.456	-1.577
頭部 平均寬度	♂	♀	2.1333*	.1264	.000	1.739	2.528
		N ♂	2.0833*	.1264	.000	1.689	2.478
		N ♀	2.5000*	.1264	.000	2.105	2.895
		N	6.0000*	.1264	.000	5.605	6.395
	♀	♂	-2.1333*	.1264	.000	-2.528	-1.739
		N ♂	-.0500	.1264	.997	-.445	.345
		N ♀	.3667	.1264	.084	-.028	.761
		N	3.8667*	.1264	.000	3.472	4.261
	N ♂	♂	-2.0833*	.1264	.000	-2.478	-1.689
		♀	.0500	.1264	.997	-.345	.445
		N ♀	.4167*	.1264	.032	.022	.811
		N	3.9167*	.1264	.000	3.522	4.311
	N ♀	♂	-2.5000*	.1264	.000	-2.895	-2.105
		♀	-.3667	.1264	.084	-.761	.028
		N ♂	-.4167*	.1264	.032	-.811	-.022
		N	3.5000*	.1264	.000	3.105	3.895
	N	♂	-6.0000*	.1264	.000	-6.395	-5.605
		♀	-3.8667*	.1264	.000	-4.261	-3.472
		N ♂	-3.9167*	.1264	.000	-4.311	-3.522
		N ♀	-3.5000*	.1264	.000	-3.895	-3.105

*. 平均值差異在 0.05 層級顯著。

註 1：♂ 代表成蟲(雄)；♀ 代表成蟲(雌)；N ♂ 代表老熟若蟲(雄)；N ♀ 代表老熟若蟲(雌)；N 代表初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

2. 「大顎打開平均幅度(mm)」和「頭部平均寬度(mm)」相關性：

由（表十）可以知道，成蟲(雄)樣本數有30個，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.694$)為中度正相關。

表十 成蟲(雄)相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開平 均幅度(mm)	頭部平均寬 度(mm)
大顎打開平均幅度(mm)	30	6.967	.694	1.000	
頭部平均寬度(mm)	30	10.033	.629	.694**	1.000

由（表十一）可以知道，成蟲(雌)樣本數有30個，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.765$)為高度正相關。

表十一 成蟲(雌)相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開平 均幅度(mm)	頭部平均寬 度(mm)
大顎打開平均幅度(mm)	30	5.033	.669	1.000	
頭部平均寬度(mm)	30	7.900	.563	.765**	1.000

由（表十二）可以知道，老熟若蟲(雄)樣本數有30個，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.765$)為高度正相關。

表十二 老熟若蟲(雄)相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開平 均幅度(mm)	頭部平均寬 度(mm)
大顎打開平均幅度(mm)	30	5.033	.507	1.000	
頭部平均寬度(mm)	30	7.950	.402	.728**	1.000

由（表十三）可以知道，老熟若蟲(雌)樣本數有 30 個，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.720$)為高度正相關。

表十三 老熟若蟲(雌)相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開平 均幅度(mm)	頭部平均寬 度(mm)
大顎打開平均幅度(mm)	30	4.033	.392	1.000	
頭部平均寬度(mm)	30	7.533	.454	.720**	1.000

由（表十四）可以知道，初齡若蟲(無法分辨雄雌)樣本數有 30 個，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.713$)為高度正相關。

表十四 初齡若蟲(無法分辨雄雌)相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開平 均幅度(mm)	頭部平均寬 度(mm)
大顎打開平均幅度(mm)	30	2.017	.382	1.000	
頭部平均寬度(mm)	30	4.033	.346	.713**	1.000

由（表十五）可以知道，不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀全部樣本數共有 150 個，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.957$)為高度正相關。

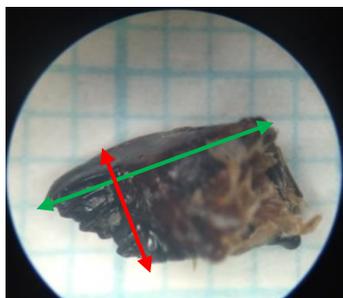
表十五 不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開平 均幅度(mm)	頭部平均寬 度(mm)
大顎打開平均幅度(mm)	150	4.617	1.703	1.000	
頭部平均寬度(mm)	150	7.490	2.004	.957**	1.000

註1：相關係數為1，表示完全相關；相關係數為0.70-0.99，表示高度相關；相關係數為0.40-0.69，表示中度相關；相關係數為0.10-0.39，表示低度相關；0.1以下，代表微弱相關或無相關。

(三)利用解剖顯微鏡解剖分析：

如（圖十四），利用解剖顯微鏡解剖觀察大顎型態與測量大顎大小，發現大顎內側呈鋸齒狀而外側較光滑，由幾丁質組成其質地堅硬，若蟲大顎的顏色偏橘色，成蟲則轉為橘紅色。經測量成蟲(雄)大顎平均長約 5mm、寬約 3mm；成蟲(雌)大顎平均長約 3.8mm、寬約 2.8mm；老熟若蟲(雄)大顎平均長約 3.8mm、寬約 2.6mm；老熟若蟲(雌)大顎平均長約 3mm、寬約 2mm；初齡若蟲(無法分辨雄雌)大顎平均長約 1.9mm、寬約 1.2mm。



成蟲(雄)



成蟲(雌)



老熟若蟲(雄)



老熟若蟲(雌)



初齡若蟲(無法分辨雄雌)

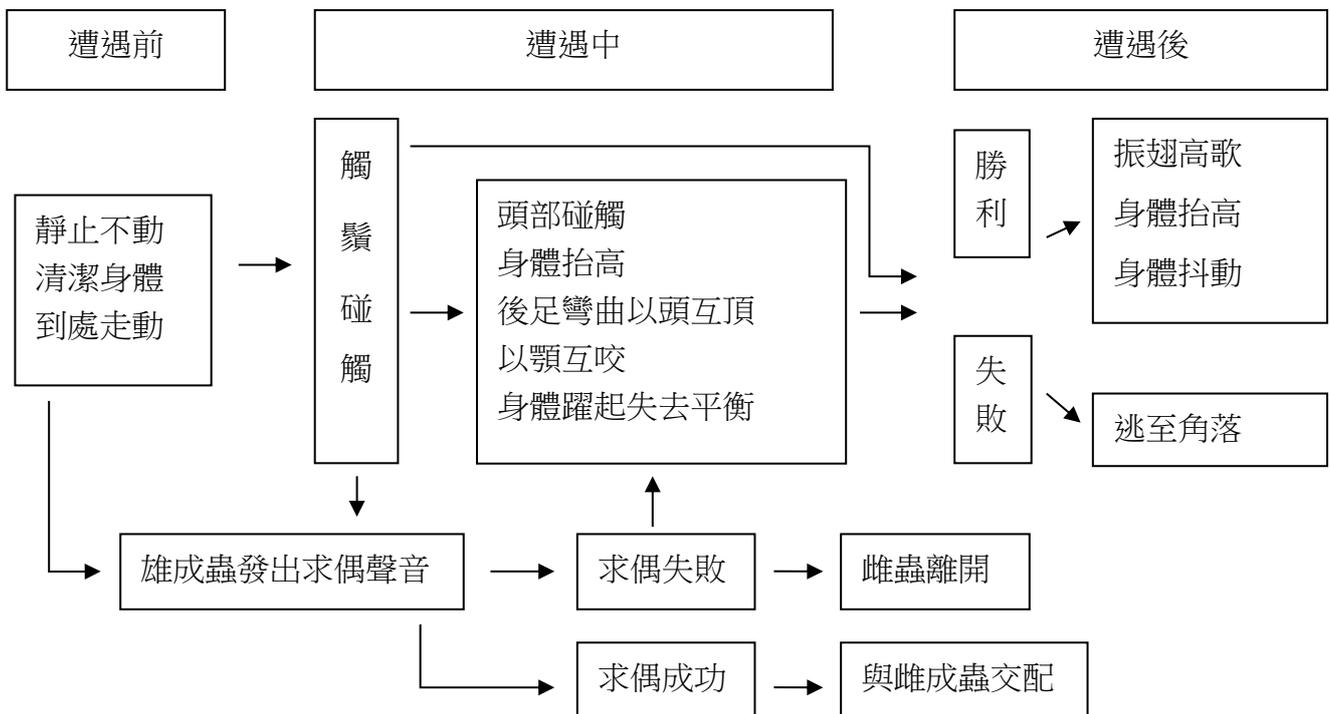
圖十四 蟋蟀大顎型態與大小(綠線代表長度 / 紅線代表寬度)

四、分組處理不同發育期與性別之蟋蟀，觀察黃斑黑蟋蟀遭遇行為特色並建立行為模式

從這次的實驗確認黃斑黑蟋蟀無論是成蟲或是若蟲，在與同類遭遇時皆會出現許多相似的動作，將這些動作整理如（表十六）、從觀察蟋蟀遭遇行為的過程，整理出蟋蟀遭遇行為的流程（圖十五）與遭遇行為分解動作（圖十六-1 / 圖十六-2 / 圖十六-3）：

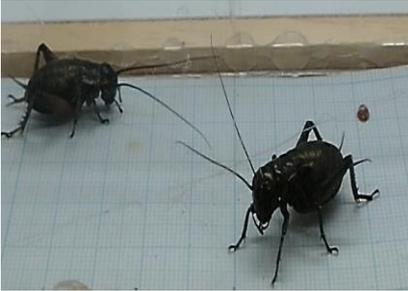
表十六 成蟲與若蟲相似的遭遇行為一覽表

遭遇階段	遭遇前	遭遇中	遭遇後
遭遇動作	靜止不動 清潔身體 到處走動	觸鬚快速抖動、相互碰觸 頭部碰撞 身體抬高 後足彎曲、以頭互頂 張顎對峙 以大顎攻擊	敗者逃離現場 勝者抖動身體



圖十五 蟋蟀遭遇行為流程圖

靜止不動



蟋蟀靜止不動，觸鬚不斷揮動。

清潔身體—觸鬚



左邊觸鬚向下捲動，以左前腳往身體方向勾入，以口器清潔觸鬚。

(圖十六-1) 遭遇前動作

清潔身體—尾毛



以後腿梳理尾毛。

觸鬚碰觸



大多數蟋蟀在遭遇前都會揮動觸鬚彼此碰觸。

頭部碰觸



雙方觸鬚持續揮動，持續接近對方至頭部碰觸。

身體抬高



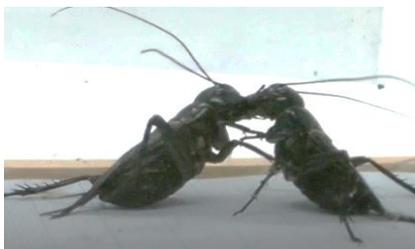
身體明顯抬高、大顎開合、頭部碰觸頻率增加。

後足彎曲以頭互頂



後腿彎曲身體向前傾，以頭部頂向對方並以大顎攻擊對方。

以顎互咬



成蟲大顎發育完整可以咬住對方，常發生於雄蟲打鬥。

身體躍起失去平衡



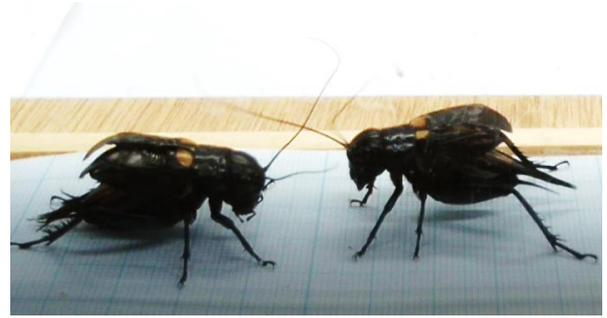
被拋飛或是自行跳離打鬥現場。

振翅發聲—求偶



發生於雄成蟲與雌成蟲的遭遇過程，雄蟲發出求偶聲。

振翅發聲—打鬥



發生於雄成蟲與雄成蟲的打鬥過程，雄蟲彼此振翅發出打鬥聲。

(圖十六-2) 遭遇中動作

逃至角落



輸的一方，逃離打鬥現場。

身體抖動



獲勝的蟋蟀，常出現身體抖動、振翅卻未發聲的動作，若蟲與成蟲皆有。

振翅高歌



雄成蟲於獲勝後，會摩擦翅膀發出勝利的聲音。

雄蟲發出求偶聲，雌蟲尾隨



雄成蟲發出求偶聲並降低腹部，雌成蟲尾隨其後。

雄雌交配



求偶成功，雌成蟲爬上雄成蟲背上進行交配。

(圖十六-3) 遭遇後動作

柒、討論

一、領域行為實驗

由（表四）可以看出：黃斑黑蟋蟀有領域行為的表現，表現方式包括領域的佔有、與入侵者發生打鬥等動作，與(楊瑞珍，2002)、(吳雅婷，2011)與(陳振榮，2003)研究中有關領域行為的描述有相似之處。

不同發育期與性別的蟋蟀在領域行為表現的次數上無顯著差異，可知領域行為的表現應該是演化過程中蟋蟀的適應特徵，與發育期的不同和性別上的差異無關。

另外，蟋蟀表現出領域行為平均花費的時間，為何老熟若蟲(雌)與初齡若蟲(無法分辨雄雌)花費最多時間，而成蟲(雌)花費最少時間？需要再做相關的研究來進行探討。

二、遭遇行為實驗

遭遇行為的實驗中，在 7 組配對遭遇中，其中成蟲(雄) VS 成蟲(雌)這一組的遭遇行為較為特殊，實驗發現成蟲(雄)除了比較不會攻擊成蟲(雌)之外，還會發展成求偶的動作，這個結果與(詹子緯，2011)與(吳哲榕，2005)的研究：蟋蟀在遭遇時會先以觸鬚碰觸對方，並且以嗅覺辨識雌蟋蟀的位置有相似之處。

「鬥蟋蟀」活動是透過人為的逗弄讓蟋蟀(雄成蟲)產生打鬥的行為，而此次遭遇行為的研究主要是以不同發育期與性別的蟋蟀，模擬蟋蟀在自然遭遇的情況下所出現的遭遇動作。中興大學楊正澤教授將「鬥蟋蟀」的過程分為：2 隻蟋蟀在競技場遭遇、互咬過後並以頭相頂、兩隻蟋蟀彎曲後足、一方屈身躍起並失去平衡、再度以顎互咬陷入激戰與敗者逃離而勝者振翅高歌等 6 個動作，此次遭遇實驗的遭遇中動作與這 6 個動作有許多相似的地方，可以說明當蟋蟀遭遇而發生打鬥時，無論是人為操弄或是自然遭遇，打鬥的動作無太大差異。

從不同的發育期與性別配對組合中，發現較為特殊的遭遇行為（表十七）：

表十七 各種配對組合出現較特殊遭遇行為一覽表

配對組合	特殊行為
♂ vs ♂	<ol style="list-style-type: none"> 1.大顎打開的幅度足以咬住對方身體，常出現大顎互咬不放的情形。 2.遭遇前，常會摩擦翅膀發出打鬥聲音。 3.獲勝一方會摩擦翅膀發出勝利聲音。
♂ vs ♀	<ol style="list-style-type: none"> 1.大都數的雄成蟲不會攻擊雌成蟲，只有少數雄成蟲會攻擊雌成蟲，大部分雄成蟲在遭遇後會逃離雌蟲。 2.雄成蟲會摩擦翅膀發出求偶聲。 3.求偶成功，雌成蟲會爬上雄成蟲的背上進行交配動作。
N vs N	<ol style="list-style-type: none"> 1.多數若蟲遭遇時，僅觸鬚碰觸後(未有身體接觸)某方蟋蟀即逃離現場。 2.打鬥方式以頭部碰觸居多。 3.獲勝的一方較少有追擊敗者的情形。

三、大顎相關研究

在許多研究黃斑黑蟋蟀的研究中，對於大顎的觀察大都在於切割與磨碎食物的描述。從此次實驗觀察過程，發現蟋蟀因為大顎發育的不同而影響其打鬥的方式，齡期愈小的若蟲因大顎無法向外側做大幅度的打開，在與同類遭遇時，雖然會用大顎攻擊對方，不過方式類似小雞「啄」米的動作，只能做單點的攻擊或是進行頭部碰撞，無法像成蟲(雄)的大顎可以往外側大幅度打開，在成蟲(雄)與成蟲(雄)的遭打鬥中，常常可以觀察到2隻蟋蟀互咬對方身體不放的情形。

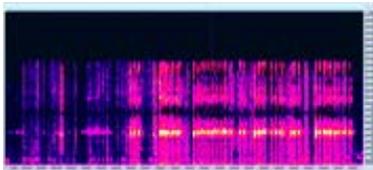
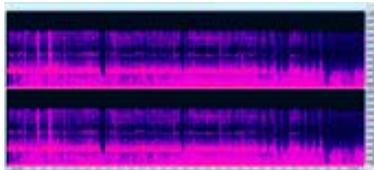
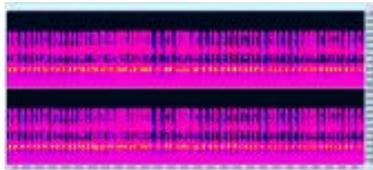
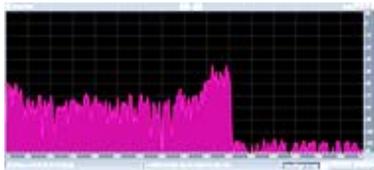
四、聲音分析

針對黃斑黑蟋蟀聲音的研究，有許多相關的研究可供參考，其中(楊正澤，1999)的研究將蟋蟀發聲的曲目區分為6種，是目前將蟋蟀聲音做最多分類的研究。

在這次遭遇行為的實驗中，發現成蟲(雄)在以下3種情形會發出聲音如(表十八)，其中

打鬥時的威嚇聲如（圖十七）與成蟲(雄)打鬥獲勝後摩擦翅膀所發出的聲音如（圖十八）皆被歸類為攻擊性聲音，2種聲音聽起來較為類似，無法靠聽力直接分辨彼此的差異，透過聲音編輯軟體可以將聲音圖形化，比較不同聲音圖形之間的變化，就更容易分辨聲音的差異。比較發現，求偶聲如（圖十九）與攻擊性聲音在聲音圖形上差異很大因此聽力容易分辨，威嚇聲與獲勝的聲音雖然同屬於攻擊性聲音，不過在聲音圖形上還是存在差異，確定是2種不同的聲音。

表十八 蟋蟀聲音功能與波形圖一覽表

時間	遭遇中	遭遇中	遭遇後
功能	成蟲(雄)打鬥時用以威嚇對方聲。	成蟲(雄)向成蟲(雌)發出的求偶聲。	成蟲(雄)打鬥勝利所發出的聲音。
波形圖			
聲紋圖			
頻譜圖			
實際聲音	圖十七 威嚇聲	圖十八 求偶聲	圖十九 打鬥勝利聲

五、影響打鬥勝負因素

雖然蟋蟀有領域行為的表現，由（表六）可以知道不同發育期與性別的蟋蟀其領域行為的表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關，而關於影響打鬥勝負的因素，有相關研究認為與體型和打鬥勝利的經驗有關係(陳昱儒，2013)、(Jan Rillich&Paul Anthony Stevenson，2011)與(黃智男，2006)。

六、若蟲期的相關研究

根據(楊平世等，1994)的研究指出，若蟲期的生長期約 73.9 天，在食物供給不足時會若蟲會自相殘殺，觀察發現成蟲有清潔身體的行為。

在繁殖實驗蟲體的過程中，在平均溫度約 31.8°C，相對溼度 75-80%RH 及 11 小時的光照條件下，蟋蟀從孵化至全數羽化為成蟲共經歷 74 天；在食物充足無虞的條件下，若蟲自相殘殺的情形依舊存在，因為在 15 個飼養箱(5 種不同飼養密度)中發現黃斑黑蟋蟀殘肢者佔 100%。成蟲與若蟲都有清潔身體的行為（圖十六-1）。

捌、結論

- 一、黃斑黑蟋蟀有領域行為的表現，其領域行為表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關。
- 二、黃斑黑蟋蟀各個發育期與性別的遭遇行為，出現頻率較高的遭遇動作有：靜止不動、觸鬚碰觸、身體抬高、逃至角落與出現勝負結果；出現頻率較低的遭遇動作有：清潔身體、雄雌交配與雄蟲移動雌蟲尾隨。
- 三、黃斑黑蟋蟀在打鬥時會使用大顎攻擊對方，因大顎發育情形的不同而影響其打鬥方式。
- 四、不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，遭遇行為模式大致相同，其中當成蟲(雄)遭遇成蟲(雌)時，除了成蟲(雄)比較不會攻擊成蟲(雌)外，還會發出求偶的聲音進而與成蟲(雌)發生交配的行為。

玖、未來展望

- 一、將蟋蟀遭遇行為的研究擴展至直翅目其他蟋蟀，例如灌蟋蟀活動的台灣大蟋蟀，以建立更多蟋蟀遭遇行為的模式。
- 二、有關黃斑黑蟋蟀大顎發育的情形，可以從孵化開始至羽化階段，進行各齡期一系列的觀察研究，建立更詳盡的資料。

拾、參考文獻

- 一、楊平世等(1994)。黑蟋蟀之生活史及若、成蟲行為之觀察。台大農學院研究報告，34(4)，411-418。
- 二、陳振榮(2003)。鉛色水鶉領域行為與棲地利用(碩士論文)。台北市：國立臺灣師範大學生物研究所。
- 三、楊瑞珍(2002年2月)。領域感。*雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網*。取至 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1320078/>
- 四、吳雅婷(2011)。有機防曬物質 benzophenone-3(BP-3)對雄性泰國鬥魚領域行為及性腺之影響(碩士論文)。花蓮縣：國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所。
- 五、吳哲榕(2005)。蟋蟀聲音分析與聲音行為探討。台灣 2005 年國際科展展覽會。34。
- 六、詹子緯(2011)。打鬥或是求偶？黃斑黑蟋蟀雄蟲(直翅目：蟋蟀科)以觸角進行之性別辨識(碩士論文)。台北市：國立臺灣大學昆蟲學研究所。
- 七、戴樂楷、蕭文鳳(2021)。應用昆蟲學：蟲害管理。台北市。五南。
- 八、楊正澤，1999，蟋蟀聲學特徵分析，昆蟲分類及進化研討會專刊，175-197。
- 九、黃智男(2006)。體型大小對打鬥行為的影響。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所。
- 十、Jan Rillich,&Paul Anthony Stevenson(2011). Winning Fight Induce Hyperaggression via the

Action of the Biogenic Amine Octopamine in Crickets.PLoS ONE, 6(12).

十一、陳昱儒(2013)。體型差異與近期勝敗經驗如何共同影響動物的打鬥決策。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所。

【評語】 052005

1. 本實驗探討5種不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，設計蟋蟀的領域行為、遭遇行為實驗，進行黃斑黑蟋蟀遭遇行為的研究並分析大顎的發育情形對打鬥行為的影響。單純的探討不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀對於領域行為的影響，實驗中規中矩並沒有太意外的發現，初步現象的觀察，並沒有更深入的探討。
2. 研究作品的主題清楚且聚焦，科學研究方法適切，對單一作者獨立持續的調查研究與紀錄之辛勞，值得鼓勵與嘉許。適時結合台南新化區謝爵安蟋蟀達人的養殖場提供素材與飼養經驗，凸顯最佳鄉土教材範例。
3. 領域行為實驗發現與前人研究中有關領域行為的描述有相似之處，遭遇行為實驗結果也與前人的研究有相似之處，至於觀察發現較為特殊的行為則需要再做相關的研究來進行探討，觀察仔細，結果探討可再加強。

作品簡報

作品名稱：黃斑黑蟋蟀(直翅目：蟋蟀科)遭遇行為初探

組 別：高中組

科 別：動物與醫學學科



研究問題與相關研究

表一 研究問題

觀察發現	研究假設	研究目的
2隻初齡若蟲遭遇時，以頭部互頂方式進行打鬥。	黃斑黑蟋蟀(<i>Gryllus bimaculatus</i>)遭遇時的打鬥行為，因發育期與性別的不同而有差異。	<ul style="list-style-type: none"> 一、比較領域行為的表現與打鬥勝負關係。 二、建立遭遇行為模式。 三、分析大顎發育變化是否影響打鬥的方式。

表二 相關研究

研究問題	動物領域行為	蟋蟀遭遇行為	蟋蟀大顎研究	蟋蟀的發聲	打鬥勝負因素	蟋蟀若蟲期研究
研究者	楊瑞珍，2002 吳雅婷，2011	詹子緯，2011 吳哲榕，2005	戴樂楷、蕭文鳳， 2021	楊正澤，1999	Jan Rillich&Paul Anthony Stevenson， 2011	楊平世等，1994

研究方法



從台南市新化區謝爵安養殖場
取得黃斑黑蟋蟀

飼養

觀察

錄影觀察

錄音分析

資料整理

繁殖(F1為研究材料)

- 1.成蟲(雄)
- 2.成蟲(雌)
- 3.老熟若蟲(雄)：8-10齡
- 4.老熟若蟲(雌)：8-10齡
- 5.初齡若蟲(無法分辨雄雌)：1-3齡

一、領域行為實驗

二、遭遇行為實驗

三、大顎觀察與分析

統計分析

- 1.有無領域行為表現與打鬥勝負關係
- 2.各個遭遇行為出現的頻率
- 3.大顎發育變化分析

圖一 研究流程



研究結果(一)：有領域行為表現的次數

從 (表三) 可以知道在5個實驗組別中，不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，在領域行為表現的次數上無顯著差異。

表三 蟋蟀有領域行為表現的次數統計表

組別	♂ 註1	♀	N♂	N♀	N	P-value
出現次數/ 全部次數	71/90 註2	83/90	71/90	51/90	53/90	$p=0.463$ 註3

註1：♂代表成蟲(雄)；♀代表成蟲(雌)；N♂代表老熟若蟲(雄)；N♀代表老熟若蟲(雌)；N代表初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

註2：71/90表示在90次的實驗中出現71次的領域行為。

註3：以卡方測定(The Chi Square Test)分析各組間的次數是否有顯著差異。

$p < 0.05$ 時有顯著差異。(Chi-square= 7.707 with 8 degrees of freedom.) (P = 0.463)



研究結果(二)：表現出領域行為平均花費的時間

從 (表四) 可以知道在5個實驗組別中，以老熟若蟲(雌)與初齡若蟲(無法分辨雄雌)花費最多時間，而成蟲(雌)花費最少時間，若蟲表現出領域行為平均花費的時間多於成蟲。

表四 表現出領域行為平均花費的時間統計表

組別	♂ 註1	♀	N♂	N♀	N
平均 (秒)	118.2±23.3 ^b 註2	93.0±7.0 ^d	104.7±26.3 ^c	161.2±24.0 ^a	152.8±10.3 ^a
	105.6±17.9 ^b			139.6±30.5 ^a	

註1：♂代表成蟲(雄)；♀代表成蟲(雌)；N♂代表老熟若蟲(雄)；N♀代表老熟若蟲(雌)；N代表初齡若蟲(無法分辨雄雌)。

註2：以one-way ANOVA分析各組間的平均花費時間是否有顯著差異，若有再以Tukey-test做事後檢定(a設為最大)。p<0.05時有顯著差異。

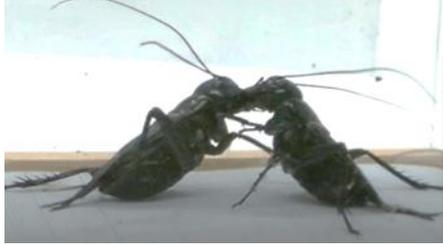


研究結果(三)：領域行為表現與打鬥勝負關係

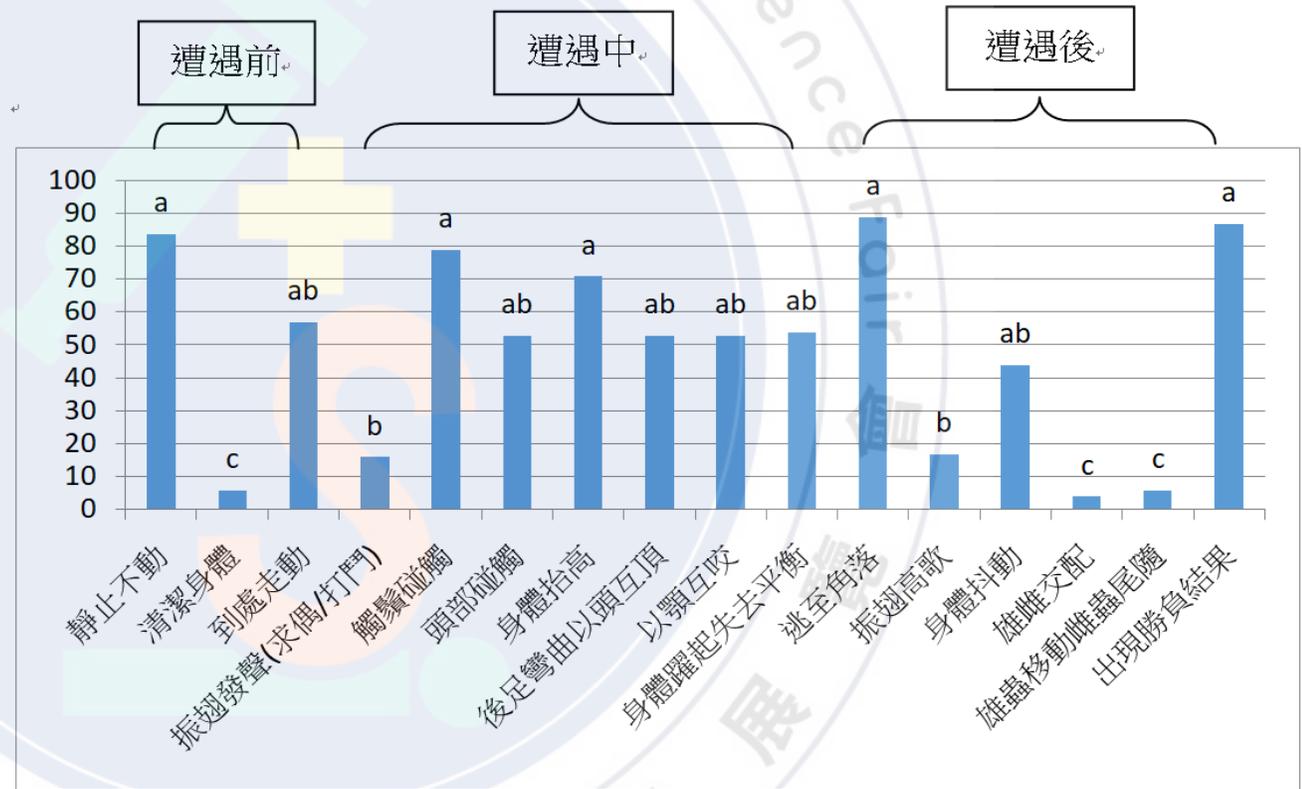
表五 有無領域行為表現與打鬥獲勝關係分析表

有無領域行為	Chi-square tests		
	Pearson χ^2	df	Sig
成蟲(雄)	.000	1	1.000
成蟲(雌)	3.200	1	.074
老熟若蟲(雄)	7.200	1	.007
老熟若蟲(雌)	.000	1	1.000
初齡若蟲(無法分辨雄雌)	.000	1	1.000
不同發育期與性別的蟋蟀 (全部實驗的蟋蟀)	4.000	1	.046

從(表五)可以知道，不同發育期與性別的蟋蟀有無領域行為表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關。



研究結果(四)：比較黃斑黑蟋蟀各個發育期與性別的遭遇行為



從(圖二)可以知道，
出現頻率較高的動作：
遭遇前，有靜止不動；

遭遇中，有觸鬚碰觸、身體抬高；

遭遇後，有出現勝負結果、逃至角落。

圖二 蟋蟀遭遇行為結果統計圖

註1：以one-way ANOVA分析各組間相同遭遇動作的累計次數是否有顯著差異，若有再以Tukey-test做事後檢定(a設為最大)。p<0.05時有顯著差異。



研究結果(五)：「大顎打開平均幅度」和「頭部平均寬度」相關性

由(表六)可以知道，不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀，大顎打開平均幅度(mm)和頭部平均寬度(mm)之間的相關($r=.957$)為高度正相關。

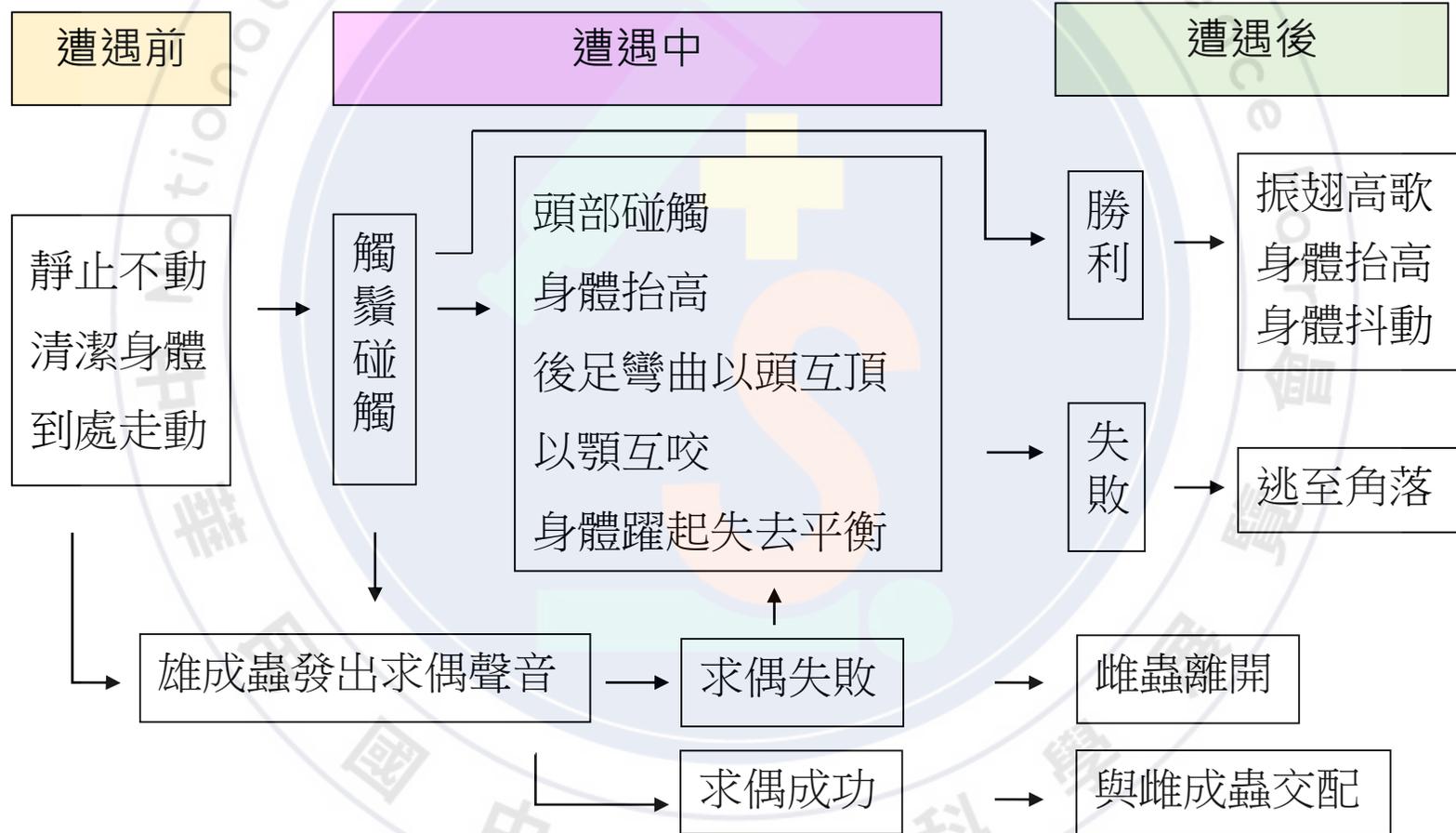
表六 不同發育期與性別的黃斑黑蟋蟀相關分析

	Sample statistic			Pearson Correlation	
	樣本數 N	平均數 Mean	標準差 Std Dev	大顎打開 平均幅度 (mm)	頭部平均 寬度(mm)
大顎打開平均幅度 (mm)	150	4.617	1.703	1.000	
頭部平均寬度 (mm)	150	7.490	2.004	.957** 註1	1.000

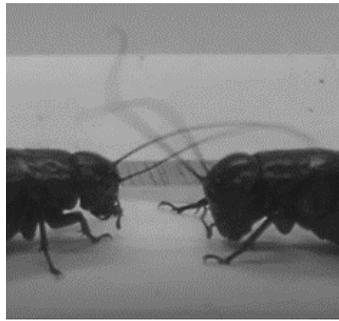
註1：相關係數為1，表示完全相關；相關係數為0.70-0.99，表示高度相關；相關係數為0.40-0.69，表示中度相關；相關係數為0.10-0.39，表示低度相關；0.1以下，代表微弱相關或無相關。



研究結果(六)：黃斑黑蟋蟀遭遇行為行為模式



圖三 蟋蟀遭遇行為流程圖



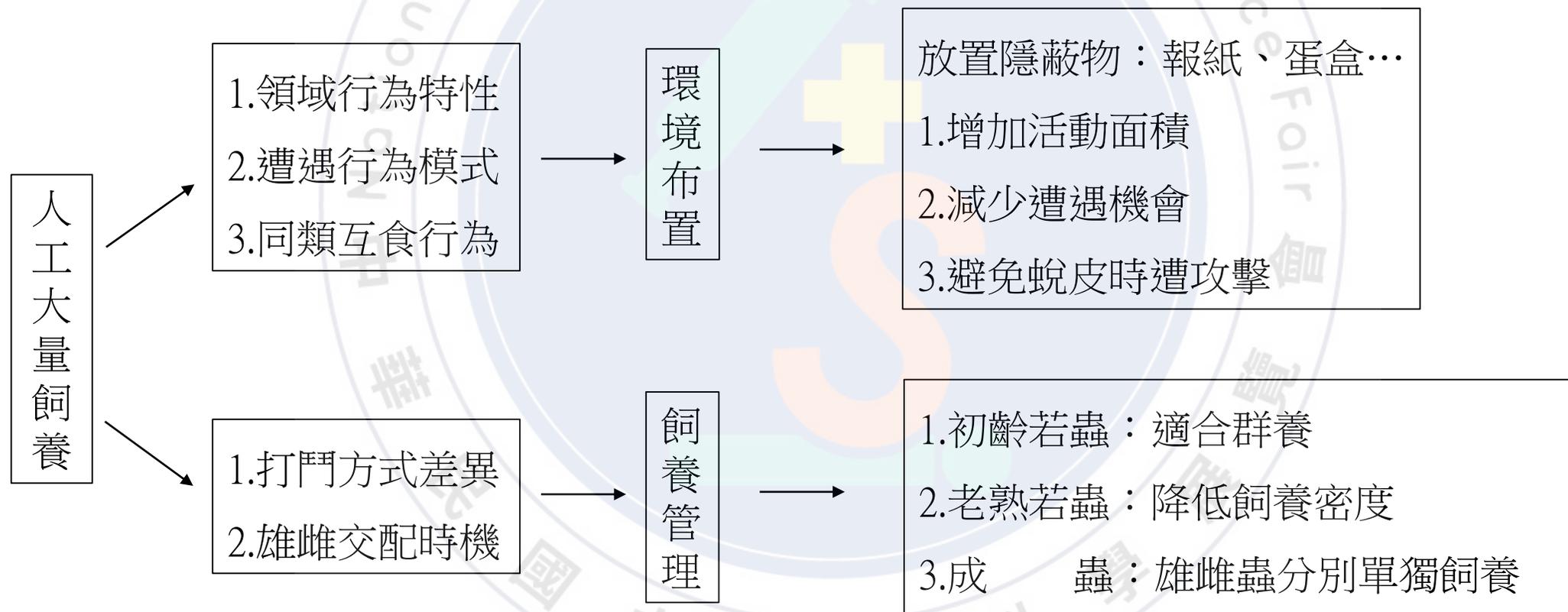
討論

表七 研究新發現

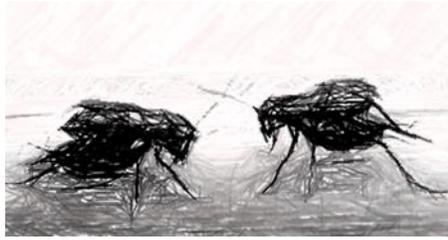
	與以前研究相似處	研究過程新發現
領域行為	<ol style="list-style-type: none"> 1.佔有 2.與入侵者發生打鬥 	<ol style="list-style-type: none"> 1.在領域行為表現的次數上無顯著差異。 2.領域行為表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關。 3.推論領域行為的表現是演化過程中蟋蟀的適應特徵。
遭遇行為	<ol style="list-style-type: none"> 1.先以觸鬚碰觸對方 2.以嗅覺辨識雌蟋蟀的位置 	<ol style="list-style-type: none"> 1.無論是人為操弄或是自然遭遇，打鬥的動作無太大差異。 2.初齡若蟲(無法分辨雄雌)遭遇時，打鬥方式以頭部碰觸居多。
大顎發育	<ol style="list-style-type: none"> 1.一對發達而堅硬的大顎 2.切斷或磨碎食物 	<ol style="list-style-type: none"> 1.齡期愈小的若蟲，只能做出類似小雞啄米的單點攻擊動作。 2.成熟期的成蟲(雄)能以大顎互咬對方身體不放。



我的研究如何運用在人工大量繁殖黃斑黑蟋蟀上



圖四 人工大量飼養管理圖



結論與參考文獻

- 一、黃斑黑蟋蟀有領域行為的表現，其表現與打鬥獲勝關係之間有顯著相關。
- 二、黃斑黑蟋蟀的遭遇行為，除了成蟲(雄)比較不會攻擊成蟲(雌)外，其餘遭遇行為模式大致相同。
- 三、黃斑黑蟋蟀因大顎發育情形的差異而影響其打鬥方式。

- 一、楊平世等(1994)。黑蟋蟀之生活史及若、成蟲行為之觀察。台大農學院研究報告，34(4)，411-418。
- 二、陳振榮(2003)。鉛色水鴨領域行為與棲地利用(碩士論文)。台北市：國立臺灣師範大學生物研究所。
- 三、楊瑞珍(2002年2月)。領域感。雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。取至://terms.naer.edu.tw/detail/1320078/
- 四、吳雅婷(2011)。有機防曬物質benzophenone-3(BP-3)對雄性泰國鬥魚領域行為及性腺之影響(碩士論文)。花蓮縣：國立東華大學海洋生物多樣性及演化研究所。
- 五、吳哲榕(2005)。蟋蟀聲音分析與聲音行為探討。台灣2005年國際科展展覽會。34。
- 六、詹子緯(2011)。打鬥或是求偶？黃斑黑蟋蟀雄蟲(直翅目：蟋蟀科)以觸角進行之性別辨識(碩士論文)。台北市：國立臺灣大學昆蟲學研究所。
- 七、戴樂楷、蕭文鳳(2021)。應用昆蟲學：蟲害管理。台北市。五南。
- 八、楊正澤，1999，蟋蟀聲學特徵分析，昆蟲分類及進化研討會專刊，175-197。
- 九、黃智男(2006)。體型大小對打鬥行為的影響。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所。
- 十、Jan Rillich,&Paul Anthony Stevenson(2011). Winning Fight Induce Hyperaggression via the Action of the Biogenic Amine Octopamine in Crickets.PLoS ONE, 6(12).
- 十一、陳昱儒(2013)。體型差異與近期勝敗經驗如何共同影響動物的打鬥決策。台北市：國立臺灣師範大學生命科學研究所。