

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：

「蟀」氣跳躍

—影響黃斑蟋蟀跳遠因素探討與跳躍時之六足模式分析—

關 鍵 詞：黃斑蟋蟀、跳躍、六足模式

編號：B4012

摘要

- 一、在不同的刺激方式中，以筷子蟋蟀的刺激方式可達到約 8 成的引起跳躍。總言之，以刺激尾毛的方式最能引起蟋蟀進行跳躍。
- 二、蟋蟀性別會造成跳躍最大平均距離的差異，分析結果為雄蟲跳躍最大平均距離優於雌蟲。
- 三、蟋蟀身體體長也會造成跳躍最大平均距離的差異，分析結果為體長越長，其跳躍最大平均距離越遠，兩者呈現正相關，相關係數達.88，屬於中高強度相關。
- 四、蟋蟀的步足、觸鬚都具有協助蟋蟀進行跳躍的功能。若是缺乏步足或是觸鬚斷裂都會造成其跳躍距離變短。推測觸鬚具有觸覺、味覺與感之空間方向的功能，斷裂觸鬚會影響蟋蟀的跳躍。
- 五、蟋蟀平時步足步行的模式為三足步行法(符合文獻)，但是文獻中沒有提到跳躍時的步足模式。我們發現蟋蟀在跳躍準備的時候會出現前足和後足同時向後彎曲的現象，而著地時是前足先行落地。

壹、研究動機

唐朝以來，人們喜愛「鬥蚰蚩」，也就是現在所說的「鬥蟋蟀」，老一輩的人會將兩隻雄性蟋蟀放在透明盒子裡，透過刺激尾毛及放入食物或雌蟲來刺激兩隻雄蟋蟀的鬥性。這令我們想到除了鬥蟋蟀之外，蟋蟀給人的感覺是很會跳躍的，因此我們萌生想要探討哪些因素會影響蟋蟀的跳躍，且當蟋蟀跳躍的時候六足是否有規律跳躍的模式？

貳、研究目的與問題

研究目的	研究問題
探討影響蟋蟀跳遠的可能因素。	1. 哪些物理性刺激會引起蟋蟀的跳躍？ 2. 蟋蟀性別是否影響跳遠長度？ 3. 蟋蟀體長是否影響跳遠長度？ 4. 蟋蟀後腿長是否影響跳遠長度？
建立蟋蟀步行與跳躍時的六足運動模式。	1. 蟋蟀步行時的六足運動狀況為何？ 2. 蟋蟀進行跳躍時的六足運動為何？

參、文獻探討與分析

一、黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus* De Geer)

一年能交配多次，每次母蟲都可在土中產下大量的卵，是很好的爬蟲類及魚類飼料，本身跳躍力強，雄性蟋蟀好鬥，是民間用來鬥蟋蟀的主角，老一輩的人會將兩隻雄性蟋蟀放在透明盒子裡，透過刺激尾毛及放入食物或雌蟲來刺激兩隻蟋蟀的鬥性，一旦開打，雙方便會展翅鳴叫並開始廝殺，直到其中一方落敗或逃離。食性為雜食性，葷素不拘，飼養時可用狗飼料，地瓜，小魚乾…等乾性食物飼養，也會吃同伴的屍體，但須注意食物及土壤溼度避免發霉造成感染，成蟲雖健壯，但唯獨幼蟲怕冷，且容易受疾病及土中的線蟲等天敵等侵犯。體長 25 - 28 mm，頭部及前胸背板黑色具光澤，上翅前端有 2 個明顯的黃斑，雄蟲翅膀具明顯的渦紋，雌蟲則無但具產卵管，雄蟲會以上翅摩擦發音求偶、警示、宣誓領域等行為。本屬一種，本種分布於平地或低海拔山區，棲息草叢或落葉、石瓦縫隙裡，成蟲春至秋季出現，夜晚出沒，有些個體會在路燈下活動。

形態特徵：體長 21~27 公釐左右，全體黑色，翅黑色或棕色，翅基部具有黃斑，一般黑色型稱黑龍仔。頭圓形，稍短，比前胸板稍窄或等寬。

(1)頭部：球形或半圓形，具咀嚼式口器，大小顎發達，及絲狀細長的兩根觸角，觸角比身體長。單眼成三角形。

(2)胸部：有 3 對，有前、腳，雌雄成蟲前足脛節均有鼓膜聽器，但是若蟲

沒有。

(3)腹部：雄蟲生殖器包在生殖下片之內，具有兩枝尾毛，腹部尾部成「二尾」雌蟲產卵管細長，針狀，和兩側的尾毛排成「三尾」。



↑ 雄蟋蟀構造



↑ 雌蟋蟀構造

二、蟋蟀跳躍

林羿呈、王玟宣、林祖安、顏子涵、吳旻宸、林軒毅(民109)以小扁頭蟋蟀、台灣大蟋蟀、烏頭眉紋蟋蟀、家蟋蟀與黃斑黑蟋蟀等五種蟋蟀成蟲為研究對象，利用壓克力觀察箱與GoPro7攝影機，以120fps高速攝影蟋蟀的垂直跳躍與水平跳躍，總計完成804部影片上傳至youtube的影片編輯器，以0.25倍慢速播放紀錄分析，找出跳得最高、跳得最遠與最會跳的蟋蟀。最後總計完成109隻蟋蟀外型特徵、垂直跳躍高度與水平跳躍距離的分析，結果顯示：1. 家蟋蟀的後腿/體長比最大，是「長腿王」；2. 家蟋蟀的垂直跳躍高度（體長數）最高，是「跳高王」；3. 家蟋蟀的水平跳躍距離（體長數）也最遠，是「跳遠王」；4. 接受刺激後的跳躍率，眉紋蟋蟀是垂直跳躍的「跳跳王」，小扁頭蟋蟀則是水平跳躍的「跳跳王」。

(<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=16611>)

三、昆蟲的六足運動模式

臧傑皓、李昕龍、林上軒、吳曜宗、陳盈吉、莊媛媛(民91)經過實際觀察螞蟻、蟑螂、蟋蟀和獨角仙的步行，發現並證實了昆蟲最常使用的步足運動是三足式步行法，並且推翻昆蟲在使用三足式步行法運動時，是從後腳開始運動的理論。其發現昆蟲在步行時，不一定是從後腳開始運動，而且常常是從前腳或中間的腳開始運動。在實驗中也發現斷腳昆蟲也有其特定的步行模式。













(<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=495>)

四、文獻小結

綜合以上的文獻探討，有研究團隊以不同種類的蟋蟀進行分析找出最會跳高、最會跳遠的蟋蟀品種，也有研究團隊分析出昆蟲的六足模式為三足式步行法，且斷腳的昆蟲步行會有獨特的模式。可是文獻中並無提到影響蟋蟀跳躍的相關因素(例如性別、體型大小等等)，同時也未提到昆蟲跳躍的時候是否有提出的六足跳躍模式，所以形成本研究的研究方向。

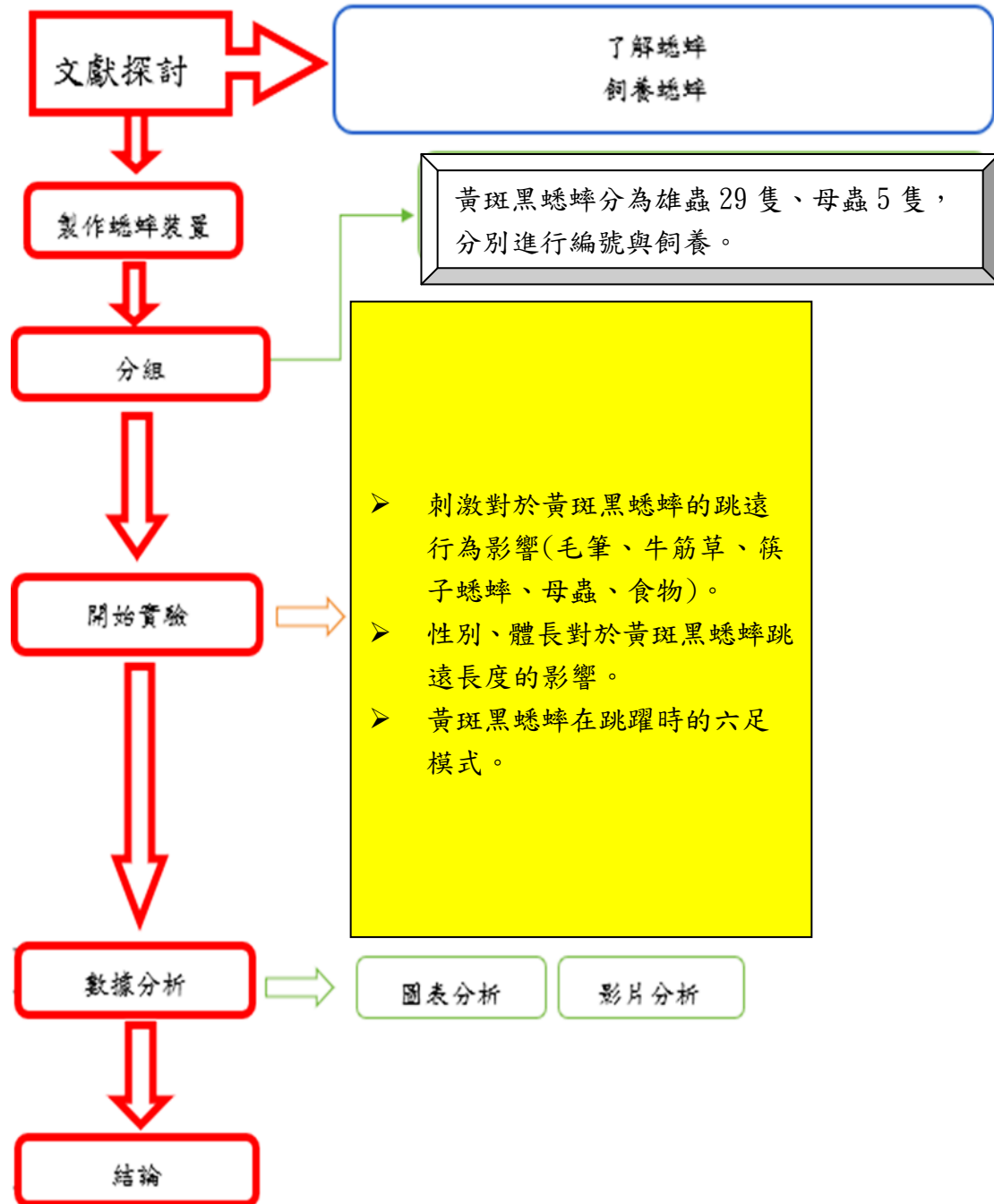
肆、 研究材料與器材

黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus De Geer*)、透明壓克力箱、攝影機、相機、電腦、EXCEL 軟體、WORD 軟體、皮尺、毛筆、筷子蟋蟀(在筷子前面黏上蟋蟀標本)、牛筋草、地瓜。

				
筆電。	實驗用食物(洛神花汁)。	壓克力板。	線鋸機。	黃斑黑蟋蟀(公)。
				
熱熔膠槍。	牛筋草。	筷子蟋蟀。	毛筆。	黃斑黑蟋蟀(母)。
				
瓶蓋。	攝影機+腳架。			蟋蟀食物—地瓜。

伍、研究架構與設計

一、實驗架構圖



二、研究過程

(一) 前置作業

(一) 設計觀測蟋蟀反應的裝置

以無蓋長方體為底基，並以中間檔板格為粗、細二道

(二) 採購並組裝蟋蟀裝置

用線鋸機切壓克力板，且用熱溶膠槍黏貼。

(三) 選擇並購買要研究的蟋蟀品種

本次實驗使用對象為「黃斑黑蟋蟀」，是水族館常見的活餌之一，由於取得及繁殖容易，故做為實驗對象。

(四) 飼養蟋蟀

以單隻飼養杜絕打架、交配的產生，並且用黃光維持溫度，最後以隔水飼養的方式防止螞蟻的入侵

(五) 分組

公蟲共有 29 隻，母蟲共有 5 隻，將公蟲分為 A、B、C 三組，A、B 各十隻，C 組共九隻，D 組為母蟲共 5 隻。

			
製作裝置	製作裝置	製作裝置	裝置成品及飼養蟋蟀

(二) 實驗方法與步驟

1、量體長及殘缺狀況(皆為自然受損，非人為因素)

(1) 雄蟲之基本資訊

編號	斷觸鬚	斷腳	體長	性別	編號	斷觸鬚	斷腳	體長	性別	編號	斷觸鬚	斷腳	體長	性別
A1	1	0	2.70	M	B1	0	1	2.50	M	C1	1	0	2.60	M
A2	0	0	2.70	M	B2	0	0	2.80	M	C2	1	1	2.70	M
A3	2	0	2.40	M	B3	1	0	2.40	M	C3	1	1	2.30	M
A4	1	0	2.80	M	B4	1	0	2.40	M	C4	0	0	2.40	M
A5	1	0	2.50	M	B5	1	0	2.70	M	C5	1	1	2.30	M
A6	0	0	2.80	M	B6	0	0	2.60	M	C6	0	0	2.30	M
A7	0	0	2.80	M	B7	0	0	2.80	M	C7	0	0	2.40	M
A8	0	1	2.60	M	B8	0	1	2.60	M	C8	1	0	2.30	M
A9	2	0	2.50	M	B9	1	0	2.60	M	C9	1	1	2.20	M
A10	2	1	2.50	M	B10	1	0	2.90	M					

(2)雌蟲之基本資訊

編號	斷觸鬚	斷腳	體長	性別
D1	0	0	2.80	F
D 2	0	0	2.60	F
D 3	0	0	2.50	F
D 4	0	0	2.40	F
D 5	0	0	2.20	F

2、 行為分析方法

同時在電腦上開啟記事本跟拍攝實驗個體的影片，分析拍照後的影片時，當蟋蟀沒有任何反應、動作時，按數字鍵 1，當蟋蟀出現步行行為時，按數字鍵 2，當蟋蟀出現跳躍行為時，按數字鍵 3，當蟋蟀出現反擊行為時，按數字鍵 4，當蟋蟀出現鳴叫行為時，按數字鍵 5。最後將記事本文字檔的數字出現頻率用 EXCEL 作時序分析，即可得出每隻不同個體在不同物體刺激下的活動頻率，再將最後得出的結果做成圓餅圖進行討論。

分析時間	60 秒
行為編碼	代碼 1: 沒有任何反應。 代碼 2: 出現步行行為。 代碼 3: 出現跳躍行為。 代碼 4: 出現反擊行為。 代碼 5: 出現鳴叫行為。

3、 分析方法—六足分析

開啟拍攝實驗個體的影片，當出現運動行為時，將播放速度調至最慢，每一單位截圖一次，再行分析。

三、實驗步驟

實驗一(A)、直接刺激蟋蟀觀察其反應及長時間之反應

(1)實驗一---1、刺激因素：毛筆

1. 放入實驗雄蟋蟀
2. 開始計時、錄影 1 分鐘
3. 每五秒用毛筆刺激尾毛一次，共 12 次
4. 結束錄影
5. 分析影片

(2)實驗一---2、刺激因素：牛筋草

1. 放入實驗雄蟋蟀
2. 開始計時、錄影 1 分鐘

3. 每五秒用牛筋草刺激尾毛一次，共 12 次
4. 結束錄影
5. 分析影片

(3) 實驗一---3、刺激因素：筷子蟋蟀

前置. 將因自然死亡的蟋蟀腹部黏在竹筷末端，製成筷子蟋蟀

1. 放入實驗雄蟋蟀
2. 開始計時、錄影 1 分鐘
3. 每五秒用筷子蟋蟀刺激尾毛一次，共 12 次
4. 結束錄影
5. 分析影片

實驗二(B)、間接刺激蟋蟀觀察其長時間之反應

(1) 實驗二---1、刺激因素：母蟲

1. 放入母蟲
2. 放入實驗蟋蟀(與刺激因素用隔板分開)
3. 錄影 2 分鐘
4. 結束錄影
5. 分析影片

(2) 實驗二---2、刺激因素：食物

前置. 尋找食物




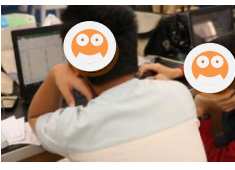
由於蟋蟀為雜食性動物，所以我們尋找食物的目標：香味易散、取得容易、體積小→我們選擇了「洛神花」且將其搗成汁

1. 放入食物
2. 放入實驗蟋蟀(與刺激因素用隔板分開)
3. 錄影 3 分鐘
4. 結束錄影
5. 分析影片

實驗三(C)、直接刺激蟋蟀觀察其六足之運動

(1) 實驗三---1、刺激因素：毛筆

1. 放入實驗蟋蟀
2. 錄影 1 分鐘
3. 結束錄影
4. 分析影片

			
實驗前置作業	實驗中	實驗中	實驗後分析

陸、 研究結果與討論

一、 分析引起蟋蟀跳躍的刺激方式

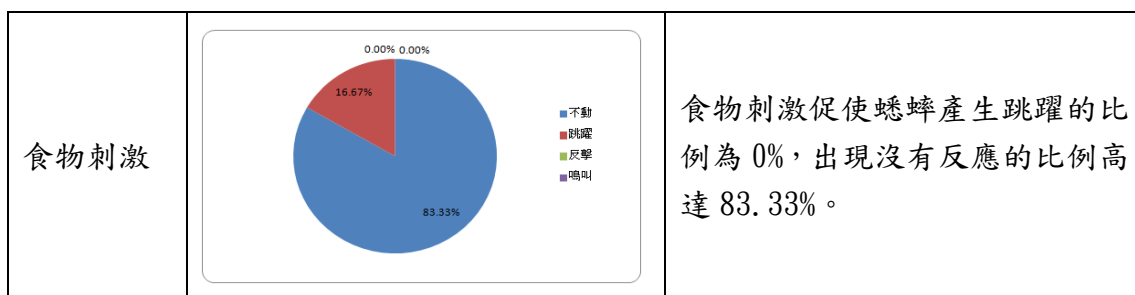
此段分析我們將所飼養的 29 隻雄性蟋蟀以不同的刺激方式，在 60 秒內其產生不同行為的次數進行分析，其結果如下表 6-1 與表 6-2 所示。

表 6-1-1 不同刺激方式使雄性蟋蟀產生不同的行為表

刺激方式 產生行為	毛筆刺激 尾毛	牛筋草刺激 尾毛	筷子蟋蟀刺 激尾毛	食物刺激	雌性蟋蟀刺 激(只分析 雄蟲)
不動	1(0.8%)	10(8.5%)	4(3.33%)	60(83.33%)	9(8.49%)
跳躍	93(77.5%)	88(74.6%)	94(78.33%)	12(16.67%)	60(56.60%)
反擊	26(21.7%)	20(16.9%)	20(16.67%)	0(0.00%)	0(0.00%)
鳴叫	0(0.0%)	0(0.0%)	2(1.67%)	0(0.00%)	28(26.42%)
總次數	120	118	120	72	106

表 6-1-2 不同刺激方式之百分比行為表

刺激方式	圓餅圖比較	說明
毛筆刺激 尾毛		使用毛筆刺激尾毛，產生跳躍行為的比例達到 77.5%。
牛筋草刺 激尾毛		使用牛筋草刺激尾毛，產生跳躍行為的比例達到 74.6%。
筷子蟋蟀 刺激尾毛		使用筷子蟋蟀刺激尾毛，產生跳躍行為的比例高達 78.33%。



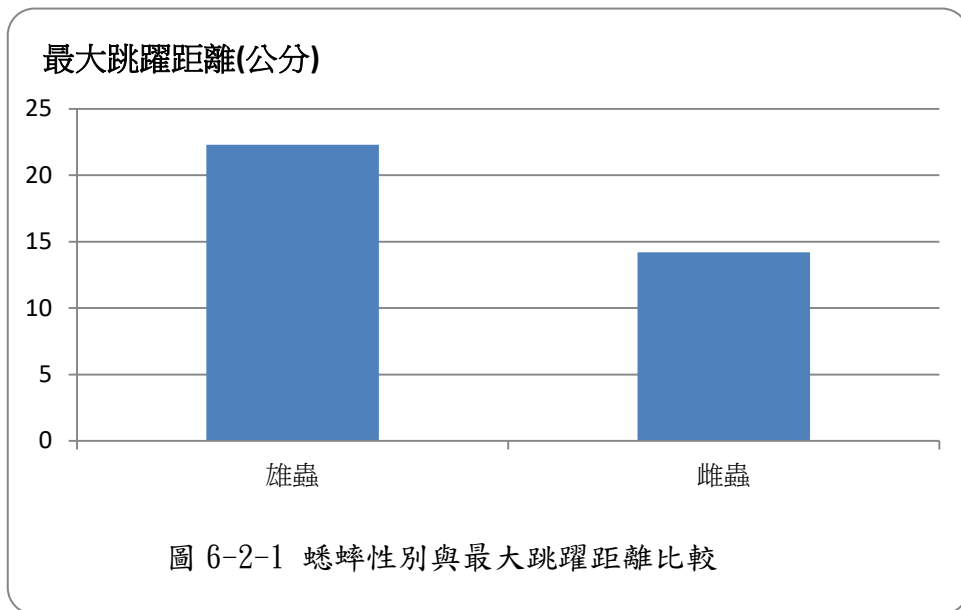
此段研究分析發現使用物體或標本刺激蟋蟀的尾毛，容易引起蟋蟀的跳躍行為，出現比例最高的為筷子蟋蟀的刺激。可是我們考量筷子蟋蟀的碰觸損壞率很高，所以接下來的實驗都使用毛筆進行刺激，使蟋蟀產生跳躍行為。

二、 性別與蟋蟀跳遠距離的關係

此次的實驗蟋蟀樣本共有 29 隻雄蟲與 5 隻雌蟲，我們將每隻成蟲在毛筆的刺激下所產生的最大跳遠距離進行分析，看性別在跳遠距離上是否具有差異。其結果如下所示。

表 6-2-1 蟋蟀性別與最大跳躍距離之比較

蟋蟀性別	雄蟲	雌蟲
最大跳躍距離(公分)	22.3	14.2



分析結果如果以長條圖進行比較(不考慮統計差異)，雄蟲的平均最大跳躍距離優於雌蟲，顯示性別是影響蟋蟀跳躍距離的影響因素。那麼蟋蟀的體型大小是否也為影響因素呢？請見下段分析。

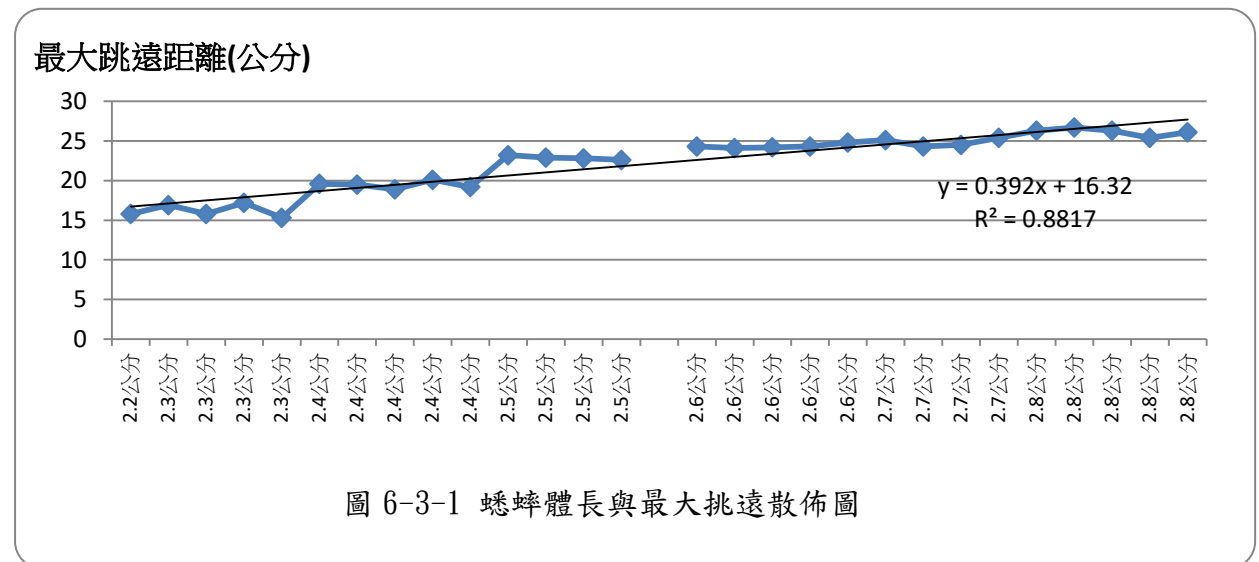
三、 體長與蟋蟀跳遠距離的關係

此段分析中因為雌蟲數目過少，因此我們只計算雄蟲的體長與其跳遠距離的關係，其結果如下所示：

表 6-3-1 蟋蟀體長與最大跳遠距離表

編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)	編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)	編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)
A1	2.7 公分	25.1	B1	2.5 公分	22.6	C1	2.6 公分	24.8
A2	2.7 公分	24.3	B2	2.8 公分	25.4	C2	2.7 公分	25.4
A3	2.4 公分	19.6	B3	2.4 公分	19.5	C3	2.3 公分	16.9
A4	2.8 公分	26.3	B4	2.4 公分	18.9	C4	2.4 公分	20.1
A5	2.5 公分	22.9	B5	2.7 公分	24.5	C5	2.3 公分	15.8
A6	2.8 公分	26.7	B6	2.6 公分	24.1	C6	2.3 公分	17.2
A7	2.8 公分	26.3	B7	2.8 公分	26.1	C7	2.4 公分	19.2
A8	2.6 公分	24.3	B8	2.6 公分	24.2	C8	2.3 公分	15.3
A9	2.5 公分	22.8	B9	2.6 公分	24.3	C9	2.2 公分	15.8
A10	2.5 公分	23.2	B10	2.9 公分	26.2			

平均體長：2.55 公分



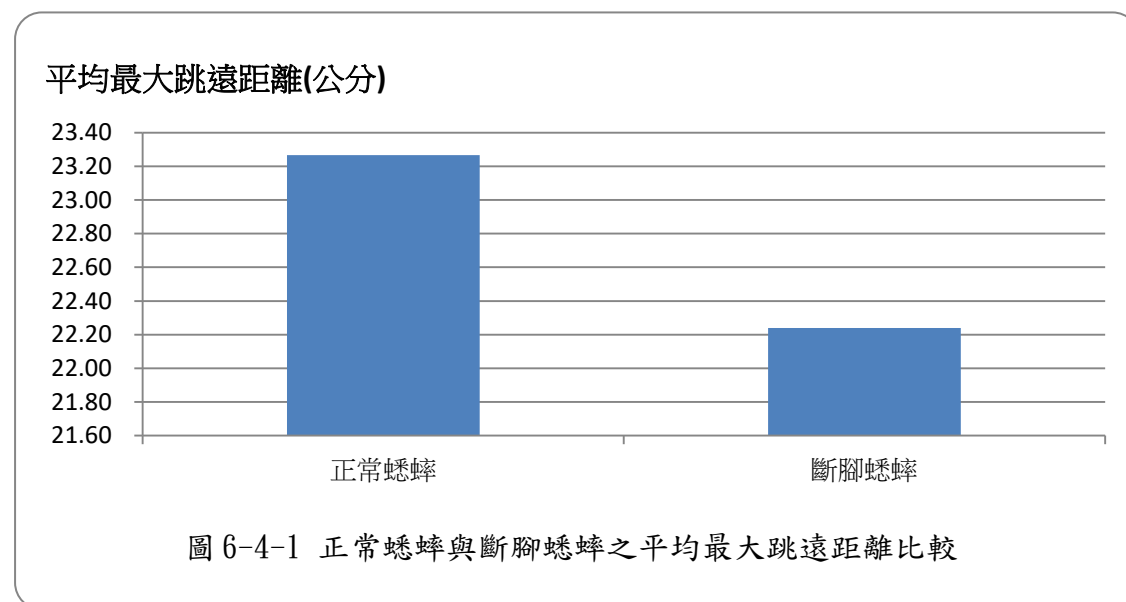
由以上數據分析可得知，雄性蟋蟀體長越長，其跳躍的距離越遠，兩者呈現正相關關係，相關係數為.88，為中高強度相關。

四、 斷腳與蟋蟀跳遠距離的關係

此段分析我們將 29 隻雄性蟋蟀根據飼養的結果找出完全健康和只有斷腳的蟋蟀隻跳遠長度進行分析，其結果如下所示。

表 6-4-1 正常蟋蟀與斷腳蟋蟀之最大跳遠距離表

正常蟋蟀			斷腳蟋蟀		
編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)	編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)
A2	2.7 公分	24.3	A8	2.6	24.3
A6	2.8 公分	26.7	B1	2.5	22.6
A7	2.8 公分	26.3	B8	2.6	24.2
B2	2.8 公分	25.4	C1	2.6	24.8
B6	2.6 公分	24.1	C8	2.3	15.3
B7	2.8 公分	26.1			
C4	2.4 公分	20.1			
C6	2.3 公分	17.2			
C7	2.4 公分	19.2			
平均	2.62	23.27	平均	2.52	22.24



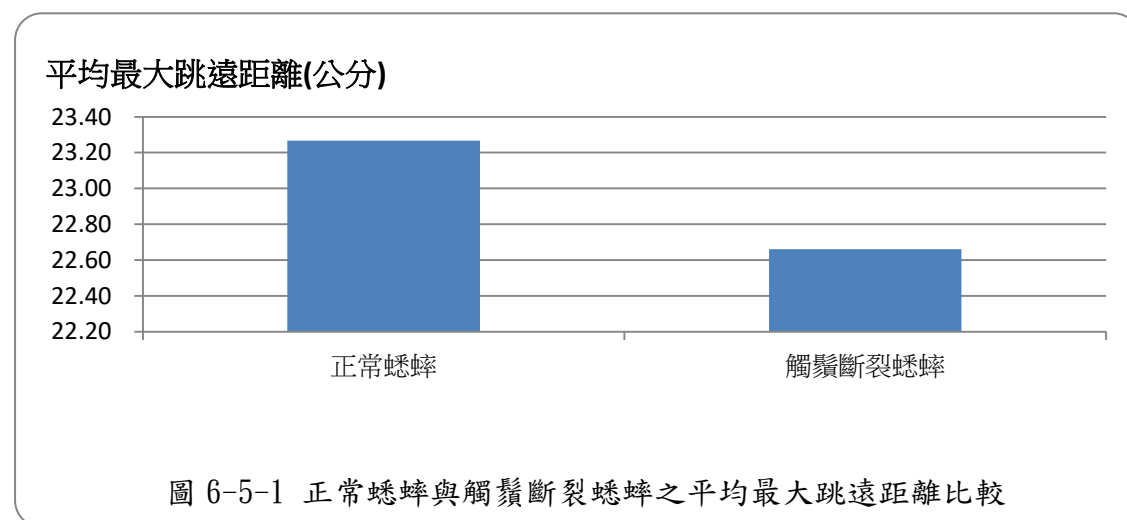
此段分析發現正常蟋蟀的最大跳遠距離優於斷腳蟋蟀，顯示腿部構造對於蟋蟀而言是跳躍的重要器官。

五、觸鬚斷裂與跳遠距離的關係

我們將正常蟋蟀與觸鬚斷裂的蟋蟀整理出來做比較，分析其最大跳遠距離的差異，其結果如下表所示。

表 6-5-1 正常蟋蟀與觸鬚斷裂蟋蟀之最大跳遠距離表

正常蟋蟀			觸鬚斷裂蟋蟀		
編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)	編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)
A2	2.7 公分	24.3	A1	2.7	25.1
A6	2.8 公分	26.7	A3	2.4	19.6
A7	2.8 公分	26.3	A4	2.8	26.3
B2	2.8 公分	25.4	A5	2.5	22.9
B6	2.6 公分	24.1	A9	2.5	22.8
B7	2.8 公分	26.1	B3	2.4	19.5
C4	2.4 公分	20.1	B4	2.4	18.9
C6	2.3 公分	17.2	B5	2.7	24.5
C7	2.4 公分	19.2	B9	2.6	24.3
			B10	2.9	26.2
平均	2.62	23.27	平均	2.56	22.66



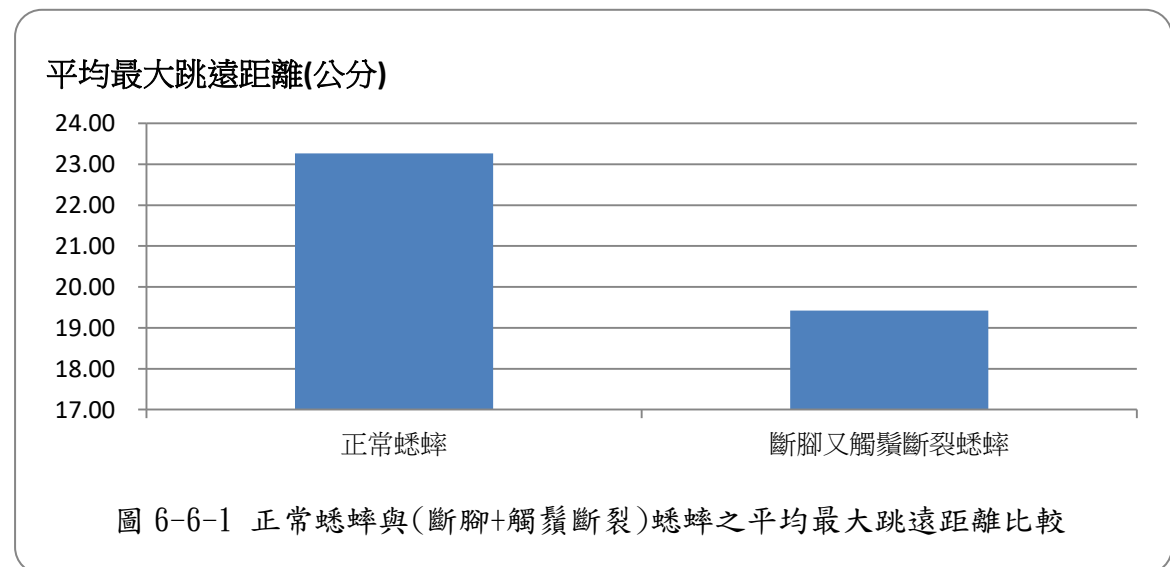
此段分析有一個有趣的發現，觸鬚斷裂的蟋蟀跳遠距離劣於正常蟋蟀，可是觸鬚與跳躍所用的器官不同。我們推測昆蟲的觸鬚具有味覺、觸覺，同時可能具有協助判斷方位的功能。斷裂觸鬚的蟋蟀可能無法正確判定方位而進行遠距離的跳躍。

六、同時斷腳和觸鬚之蟋蟀之跳遠距離是否有差異？

我們將正常蟋蟀與同時斷裂腳和觸鬚的蟋蟀整理出來，進行其最大跳遠距離的分析比較，其結果如下所示。

表 6-6-1 正常蟋蟀與觸鬚斷裂蟋蟀之最大跳遠距離表

正常蟋蟀			斷腳又觸鬚斷裂蟋蟀		
編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)	編號	體長(公分)	最大跳遠距離(公分)
A2	2.7 公分	24.3	A10	2.5	23.2
A6	2.8 公分	26.7	C2	2.7	25.4
A7	2.8 公分	26.3	C3	2.3	16.9
B2	2.8 公分	25.4	C5	2.3	15.8
B6	2.6 公分	24.1	C9	2.2	15.8
B7	2.8 公分	26.1			
C4	2.4 公分	20.1			
C6	2.3 公分	17.2			
C7	2.4 公分	19.2			
平均	2.62	23.27	平均	2.40	19.42

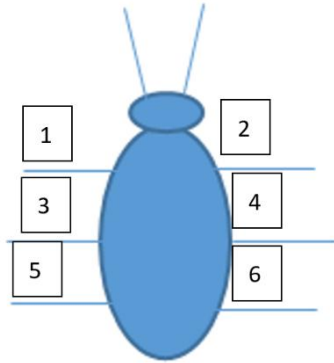


此段分析中我們發現缺腳又觸鬚斷裂的蟋蟀，其最大跳遠距離劣於正常蟋蟀，顯示腳部和觸鬚對於蟋蟀而言是非常重要的器官。

七、 蟋蟀步行與進行跳躍的六足模式

此段分析我們使用錄影設備將蟋蟀步行與進行跳躍時的影片，以慢速播放進行傑圖，分析六足的運動方式，結果如下所示。

(一) 步足編碼



我們以上方往下方看的俯視角度，如左圖依序將步足編號為 1、2、3、4、5、6 號，再觀看影片進行分析。

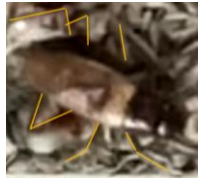



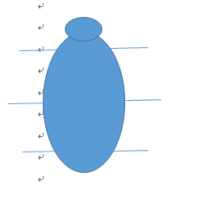
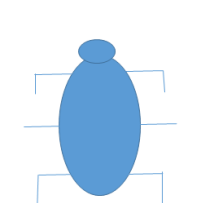
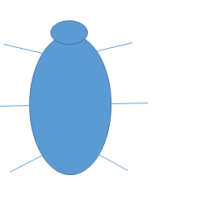

(二) 步行模式一三足步法

如下表所示，我們發現與文獻一樣的三足步行法。

全展	動 1、4、5	動 2、3、6	全展

(三)跳躍時的步足模式

我們截圖分析的結果將跳躍分成跳躍前、跳躍準備、跳躍中和著地等四個過程，其步足結果如下表所示。結果顯示蟋蟀跳躍時的步足模式不再是三足步法。於跳躍準備的時候，前 1+2 號腳會進行彎曲，同時後 5+6 號腳也會進行彎曲，像是青蛙向前跳躍時的四足模式。在著地的瞬間是前腳 1+2 向前著地，其他步足則輕輕落下，這是其他文獻中所沒有說明的。

			
			
全展	彎曲 1+2 彎曲 5+6	跳躍中	1+2 著地 其他步足向後

柒、 研究結論

- 六、 在不同的刺激方式中，以筷子蟋蟀的刺激方式可達到約 8 成的引起跳躍。總言之，以刺激尾毛的方式最能引起蟋蟀進行跳躍。
- 七、 蟋蟀性別會造成跳躍最大平均距離的差異，分析結果為雄蟲跳躍最大平均距離優於雌蟲。
- 八、 蟋蟀身體體長也會造成跳躍最大平均距離的差異，分析結果為體長越長，其跳躍最大平均距離越遠，兩者呈現正相關，相關係數達.88，屬於中高強度相關。
- 九、 蟋蟀的步足、觸鬚都具有協助蟋蟀進行跳躍的功能。若是缺乏步足或是觸鬚斷裂都會造成其跳躍距離變短。推測觸鬚具有觸覺、味覺與感之空間方向的功能，斷裂觸鬚會影響蟋蟀的跳躍。
- 十、 蟋蟀平時步足步行的模式為三足步行法(符合文獻)，但是文獻中沒有提到跳躍時的步足模式。我們發現蟋蟀在跳躍準備的時候會出現前足和後足同時向後彎曲的現象，而著地時是前足先行落地。

捌、參考文獻

台北市立動物園，<https://www.zoo.gov.tw/baike/detail.aspx?id=791>。

109 年全國中小學科學展覽會，

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=16611>。

91 年全國中小學科學展覽會，

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=495>。