

屏東縣第64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：蟑螂跑跑跑-探討蟑螂步行模式與觸角擺動模式

關鍵詞： 蟑螂 、 步行模式 、 觸角擺動 （最多三個）

編號：B4007

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。（←←←←←灰字請自行刪除）

目錄

■ 摘要	01
■ 研究動機	02
■ 文獻回顧與分析	02
■ 研究目的與問題	03
■ 研究材料	04
■ 實驗方法	06
■ 研究結果與討論	10
■ 綜合討論	18
■ 研究結論	19
■ 參考文獻	20

摘要

本實驗以三種蟑螂(杜比亞、櫻桃、龍蝦)作為實驗樣本，共拍攝 30 段蟑螂直線前行影片，發現蟑螂以賓士步行法為主要的步行模式。三種蟑螂在本實驗分析中，出現賓士步行法的百分比達到 61%以上。本實驗也發現發現體長越長的蟑螂，其出現賓士步行法的百分比越高，且體長與賓士步行法百分比呈現線性相關，相關係數為.92，為高度相關。在斷腳蟑螂的步行分析上，步伐擺動規律基本上以(35→24→16)的模式來移動，只是會隨著斷掉腿的不同而有不同的規律。若該蟑螂斷腿編號為 1，他的行動規律便會變成(35→24→6)的重複，若斷腿編號為 3，行動規律則會變成(5→24→16)的重複。在有無食物狀況下分析三種蟑螂的觸角擺動狀況，目前正在進行質化與量化分析中。初步觀察結果為沒食物吸引的蟑螂觸角擺動方式時，觸角總是朝前左右擺動。我們利用高麗菜來當吸引蟑螂的食物時，蟑螂並未被吸引，我們用筷子將蟑螂移到高麗菜旁，牠只是爬過去或停在原地，觸角與沒有食物時的擺動模式一樣。我們認為是已經吃飽，於是換成香甜的咖啡捲試試看，多次靠近食物後，牠開始吃食物，觸角出現了朝上左右擺動的情形，所以如果我們推測觸角朝上左右擺動，是在吃食物而非找食物。

壹、 研究動機

我們時常在家中的陰暗角落發現蟑螂的蹤跡，我們一直認為「蟑螂」是種噁心卻又富有謎團的神秘生物。擁有六隻腳的牠，要往前行動時必須擺動所有的腳，如此的麻煩卻又能移動得那麼快。蟑螂不僅是牠的六足具有自己獨特的行動步伐，牠的觸角也會隨著環境的不同而改變擺動位置。因此我們設計了一連串的實驗以深入了解蟑螂的奧秘。

貳、 文獻回顧與分析

(一) 昆蟲步行模式建立之研究

根據臧傑皓、李昕龍、林上軒、吳曜宗、陳盈吉、莊媛媛(2001)年使用數種昆蟲研究其步足運動時是否具有規律模式，該團隊發現不同種類的昆蟲共同的步足模式為”賓士步行法”。該研究團隊將昆蟲的六隻腳進行編號，刺激昆蟲前進的時候使用攝影機拍攝，之後慢速撥放影片分析六足模式。

賓士步行法如右圖2-1所示，通常1+3+5同時移動，4+6+2同時移動，將角連線很像賓士車的賓士圖案，稱為賓士步行法。根據臧傑皓等(2001)之研究也同時提出當賓士步行法發生的時候，後腳先出動的比例高過於前腳，推翻之前對於昆蟲步足的相關研究。



圖2-1 昆蟲賓士步行法

(資料引自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/d/3/030319.pdf>)

(二) 文獻探討對於本研究之啟示

1. 臧傑皓等(2001)之研究僅選用美洲蟑螂、骷髏、蟋蟀、獨甲仙等四種昆蟲，其對於昆蟲之代表性不足。
2. 該研究之攝影方法在那個時代至多至放慢原來影速 1/8，現今平板的慢速攝影可以放滿現在影速的 1/32，應可進行更詳細的分析。
3. 本研究團隊討論過後，認為昆蟲種類眾多，若要以昆蟲為主題則會過於龐大，於是我們僅選擇蟑螂進行分析。

參、 研究目的與問題

(一) 研究目的

- 了解不同蟑螂在正常與斷腳的狀況下的步伐擺動
 1. 健康杜比亞蟑螂公母的步伐擺動
 2. 健康櫻桃蟑螂的步伐擺動
 3. 健康龍蝦蟑螂公母的步伐擺動
 4. 斷腳櫻桃蟑螂公母的步伐擺動

- 了解三種蟑螂在有食物和無食物的狀態下的觸角擺動
 1. 三種蟑螂在無食物狀態的觸角擺動模式
 2. 三種蟑螂在食物刺激下的觸角擺動模式

(二) 研究問題

1. 健康杜比亞蟑螂公母的步伐如何擺動?
2. 健康櫻桃蟑螂的步伐如何擺動?
3. 健康龍蝦蟑螂公母的步伐如何擺動?
4. 斷腳櫻桃蟑螂公母的步伐如何擺動?
5. 三種蟑螂在無食物狀態的觸角如何擺動?
6. 三種蟑螂在食物刺激下的觸角如何擺動?

肆、 實驗材料

(一) 杜比亞蟑螂(*Blaptica dubia*)

杜比亞蟑螂是一般家中的常見蟑螂，他的分類為節肢動物門蜚蠊目，一般常被用作寵物的用途，也會因繁殖力強盛而被作為肉食性爬蟲與昆蟲的飼料，繁殖方式為卵胎生。杜比亞蟑螂的成蟲體長約為5公分左右，雄性的杜比亞蟑螂成蟲一般具有翅膀，而雌性的杜比亞蟑螂成蟲的翅膀已退化，但仍可藉由肉眼觀察，且不論杜比亞蟑螂的雌雄皆無法飛行。杜比亞蟑螂行走時通常會選擇水平或稍微傾斜面爬行，因為他們無法行走於物體的光滑或垂直表面。杜比亞蟑螂的主要產地與分布範圍有：[巴拉圭](#)、[烏拉圭](#)和[阿根廷](#)。



圖4-1 實驗用杜比亞蟑螂(研究團隊拍攝)

(二) 櫻桃蟑螂(*Blatta lateralis*/*Shelfordella lateralis*)

櫻桃蟑螂是一種常見的蟑螂，也有人將牠稱為東突厥蟑螂和櫻桃紅蟑螂。櫻桃蟑螂不會鳴叫且具有較短的生長期，因此常被當作寵物飼料來使用，可用來餵食其他的昆蟲類、魚類及爬蟲類。一般的櫻桃蟑螂成蟲的體長大約為2~3公分，壽命大約可到達3~6個月不等。櫻桃蟑螂的雌雄成蟲的甲殼有著不一樣的顏色，雄性的櫻桃蟑螂成蟲的甲殼為黃褐色，而雌性的櫻桃蟑螂成蟲的甲殼則呈現黑褐色或褐紅色。主要散布於非洲北部和亞洲中部。



圖4-2 實驗用櫻桃蟑螂(研究團隊拍攝)

(三) 龍蝦蟑螂(*Nauphoeta cinerea*)

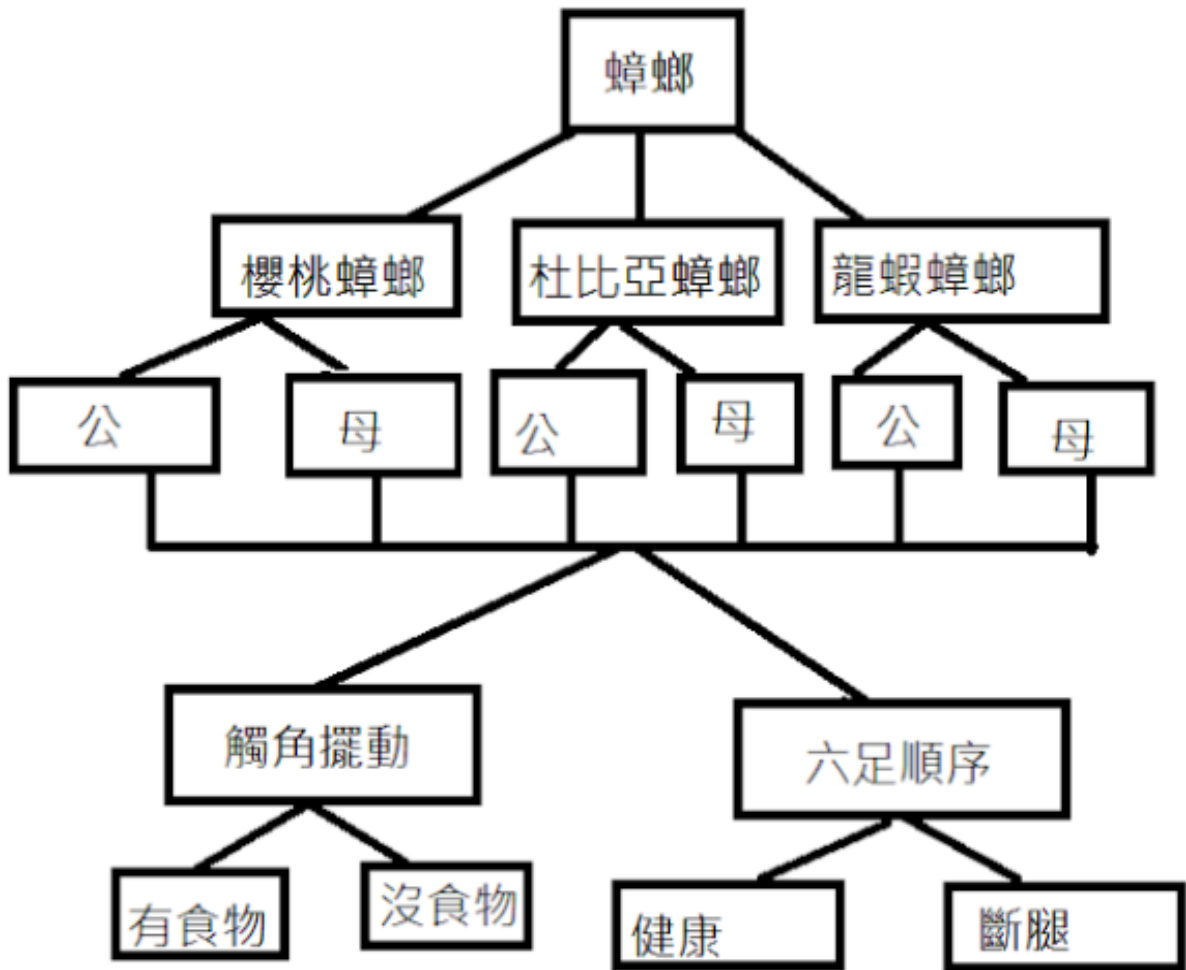
成熟時呈褐色斑駁，呈鰓狀，成蟲長約2.5~4cm。卵胎生，繁殖能力強，可以通過兼性孤雌生殖進行繁殖。會爬牆、步行速度快且稍微會跳飛，成體殼硬。原產於非洲東北部。



圖4-3 實驗用龍蝦蟑螂(研究團隊拍攝)

伍、 實驗方法

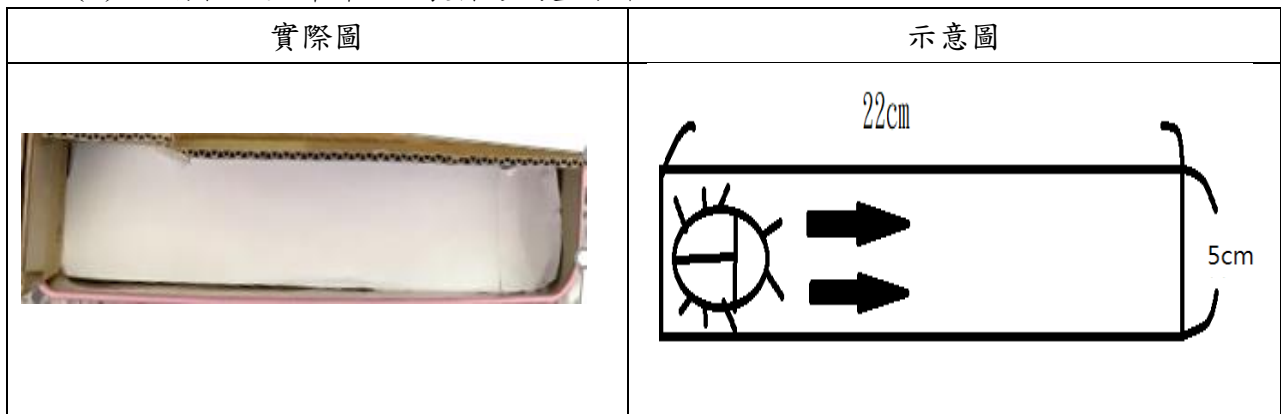
(一)研究架構圖



(二)蟑螂步足研究步驟

1. 健康杜比亞蟑螂步行

(1) 將杜比亞蟑螂放入長條形的盒子中



(2) 讓牠從左邊走到右邊，停在原地時，以竹筷輕碰牠的尾端，促使牠移動

(3) 錄下牠的移動過程

(4) 分析健康杜比亞蟑螂六足步行順序並記錄

2. 健康櫻桃蟑螂步行

- (1) 將櫻桃蟑螂放入長條形的盒子中
- (2) 讓牠從左邊走到右邊，停在原地時，以竹筷輕碰牠的尾端，促使牠移動
- (3) 錄下牠的移動過程
- (4) 分析健康櫻桃蟑螂六足步行順序並記錄

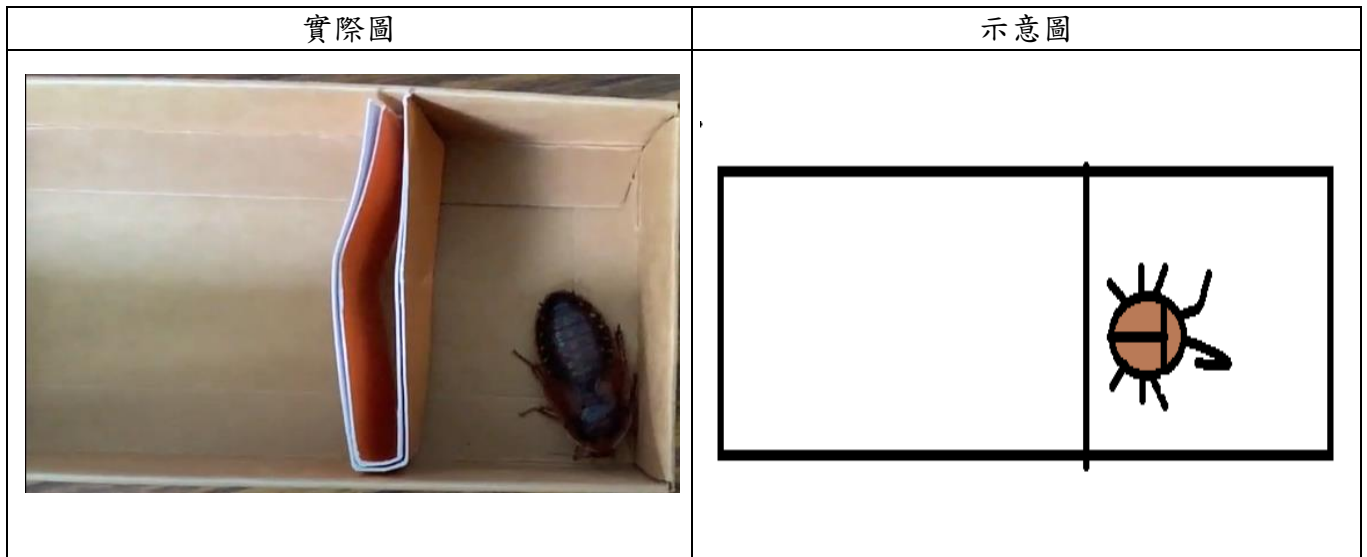
3. 健康龍蝦蟑螂步行

- (1) 將龍蝦蟑螂放入長條形的盒子中
- (2) 讓牠從左邊走到右邊，停在原地時，以竹筷輕碰牠的尾端，促使牠移動
- (3) 錄下牠的移動過程
- (4) 分析健康龍蝦蟑螂六足步行順序並記錄

4. 斷腳櫻桃蟑螂步行

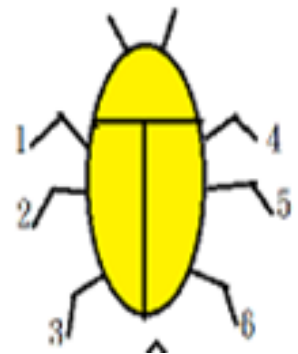
- (1) 將斷腿的櫻桃蟑螂放入長條形的盒子中
- (2) 讓牠從左邊走到右邊，停在原地時，以竹筷輕碰牠的尾端，促使牠移動。
- (3) 錄下牠的移動過程，若錄影期間蟑螂難以行動，便將蟑螂擺回原位，待蟑螂正常後再繼續拍攝
- (4) 分析斷腳櫻桃蟑螂六足步行順序並記錄

長盒子前視圖



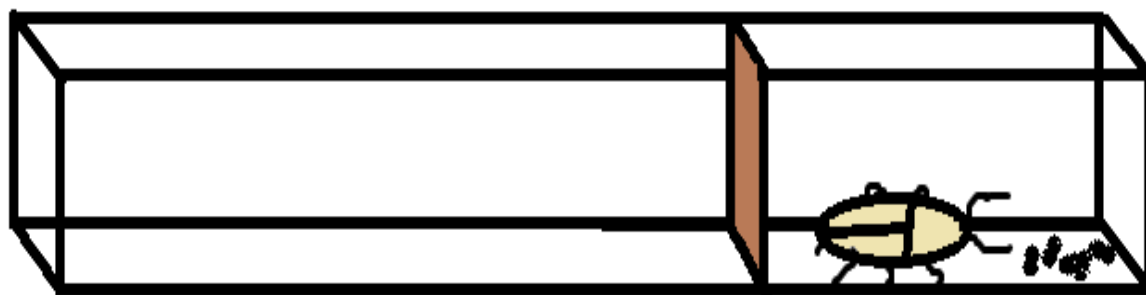
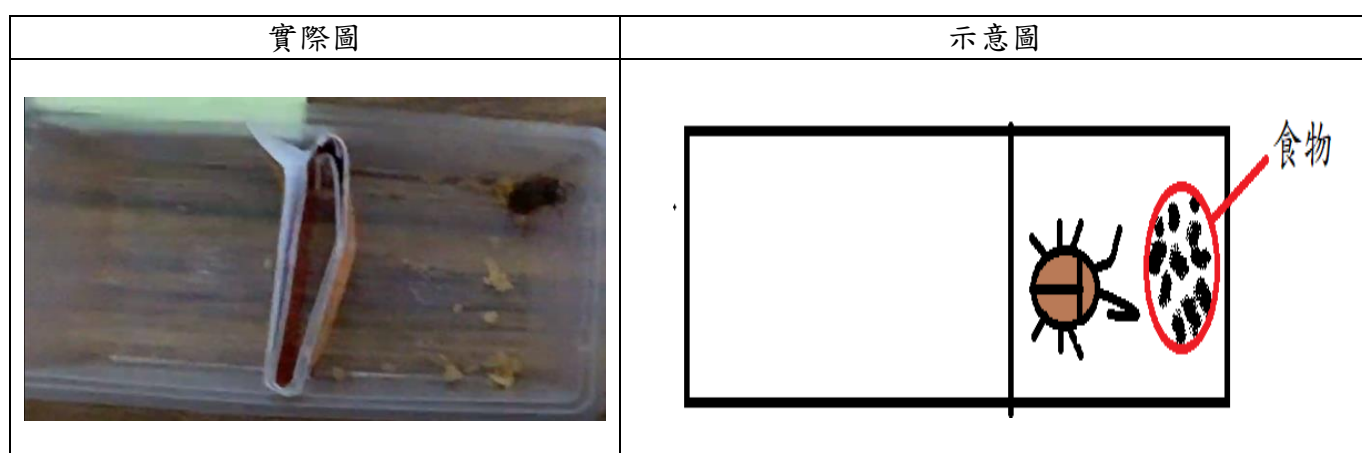
(三) 蟑螂步足分析方式

1. 我們將使用的蟑螂六足分別編號如右圖所示，從蟑螂俯視圖看來，將左側三隻步足分別編號為 1、2、3，右側三隻步足分別編號 4、5、6。
2. 使用平板慢速攝影蟑螂的移動 1 分鐘，然後播放進行紀錄分析。

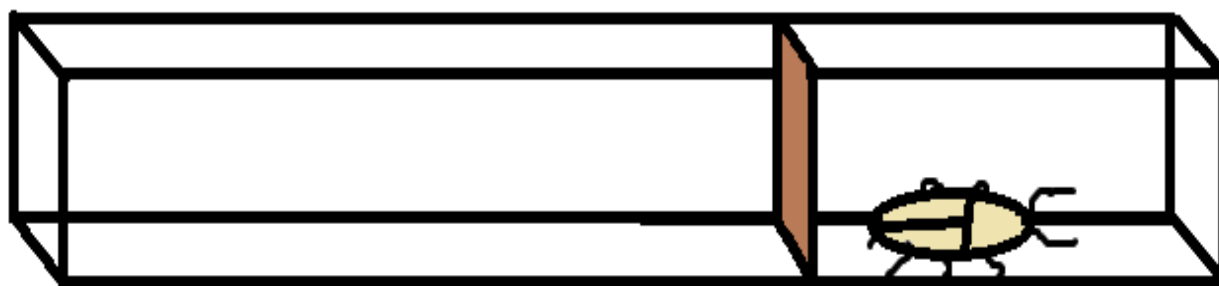


(四) 蟑螂觸角擺動實驗

1. 蟑螂在無食物狀態的觸角擺動模式
 - (1) 在長條盒中放入隔板
 - (2) 將蟑螂放入長條狀盒子中
 - (3) 待牠狀態穩定後，錄下蟑螂的觸角擺動
 - (4) 觀察錄像並分析蟑螂在無食物時觸角擺動
2. 蟑螂在食物刺激下的觸角擺動模式
 - (1) 在長條盒子中放入隔板
 - (2) 在盒子中放進味道強烈的食物
 - (3) 將蟑螂放入長條狀盒子中
 - (4) 待牠狀態穩定後，錄下蟑螂的觸角擺動
 - (5) 觀察錄像並分析蟑螂在食物刺激下的觸角擺動



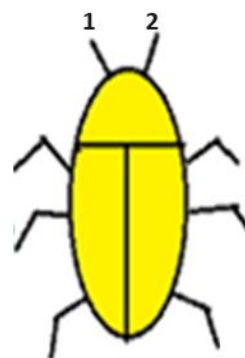
有食物的長條盒前視圖



沒有食物的長條盒前視圖

(五)觸角擺動分析

1. 以蟑螂的俯視圖，將左前方觸角編號為 1 號，右前方觸角編號為 2 號(如右圖所示)。
2. 在有食物和沒食物的盒子上方架設平板。
3. 使用平板慢速攝影蟑螂的觸角擺動模式 1 分鐘。
4. 播放擺動樣態，進行分析。



陸、 研究結果與討論

一、 不同蟑螂在正常與斷腳的狀況下的步伐擺動

1. 健康杜比亞蟑螂公母的步伐擺動

(一) 健康杜比亞公蟑螂

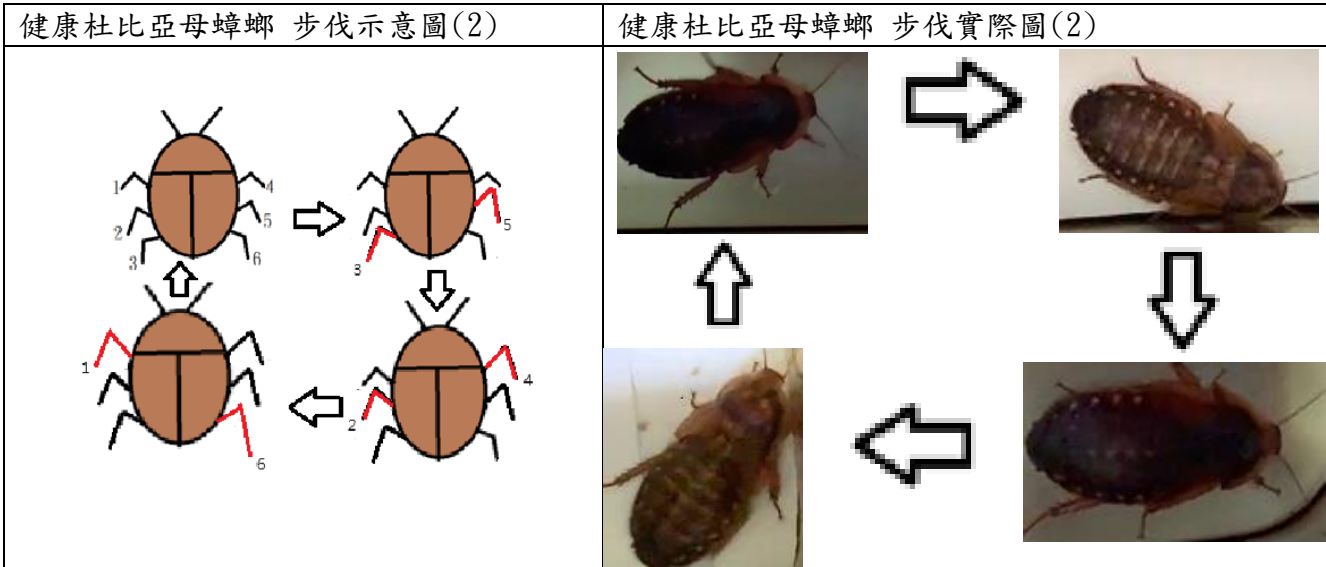
(1) 5 → 261 → (153 → 426) 重複

健康杜比亞公蟑螂 步伐示意圖	健康杜比亞公蟑螂 步伐實際圖

(二) 健康杜比亞母蟑螂

(1) (153 → 426) 重複九次 → 觸角碰到牆壁 → (35 → 24 → 16) 重複

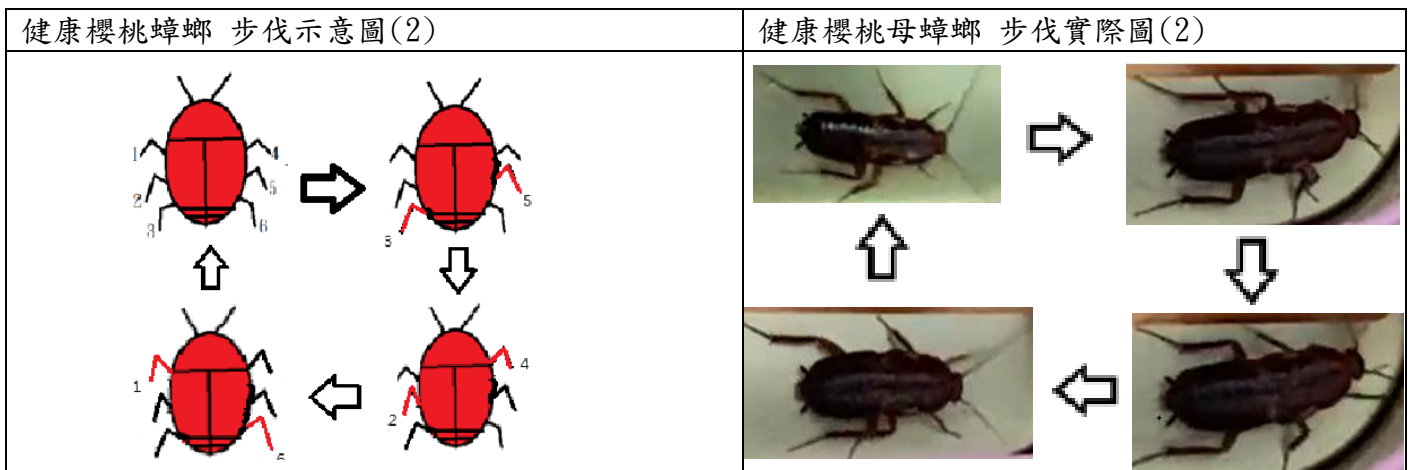
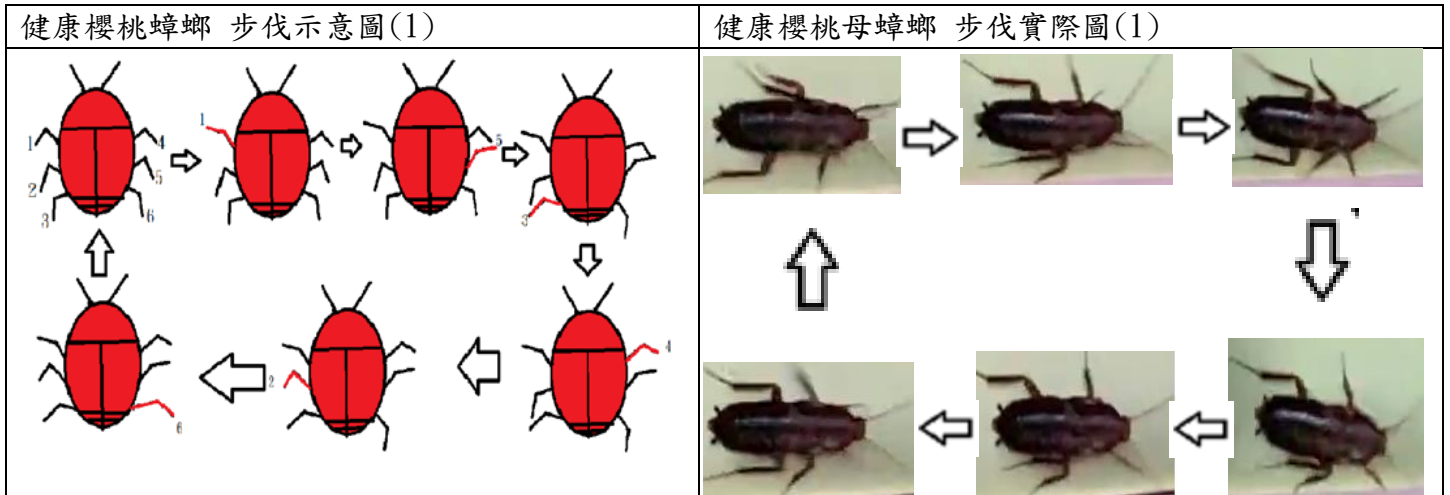
健康杜比亞母蟑螂 步伐示意圖(1)	健康杜比亞母蟑螂 步伐實際圖(1)



2. 健康櫻桃蟑螂的步伐擺動

(一) 健康櫻桃蟑螂

(1) (153→426)重複→觸角碰到牆壁後→35→24→16



3. 健康龍蝦蟑螂公母的步伐擺動

(一) 健康龍蝦公蟑螂

(1) 25→24→(153→426)重複→停止→(426→153)重複→觸角碰到牆壁後→停止→16

健康龍蝦公蟑螂 步伐示意圖	健康龍蝦公蟑螂 步伐實際圖

(二) 健康龍蝦母蟑螂

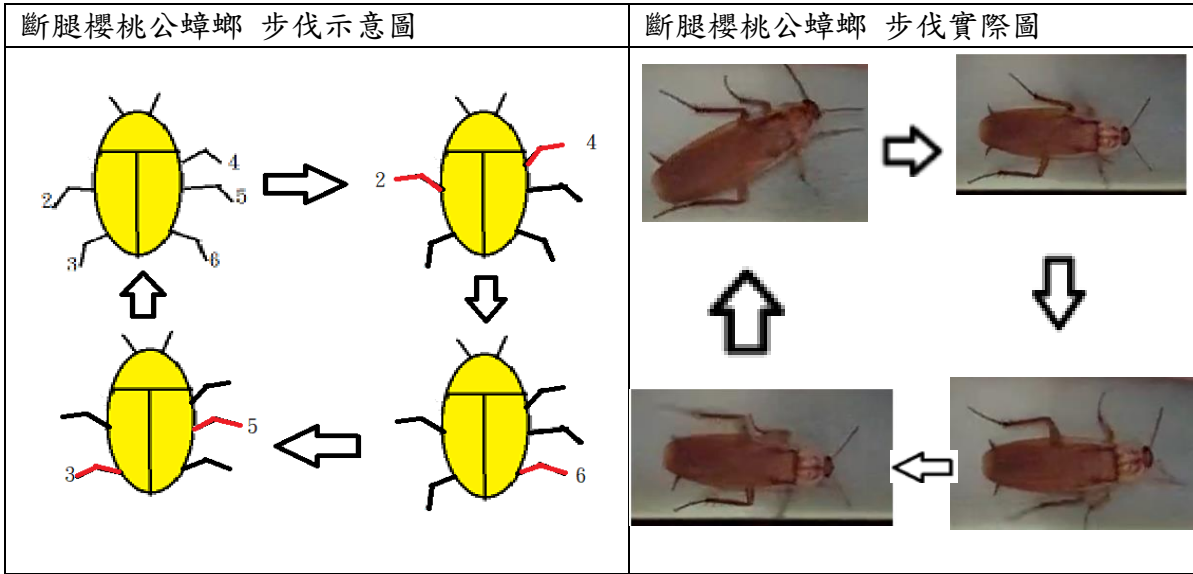
(1) (153→426)重複

健康龍蝦母蟑螂 步伐示意圖	健康龍蝦母蟑螂 步伐實際圖

4. 斷腳櫻桃蟑螂公母的步伐擺動

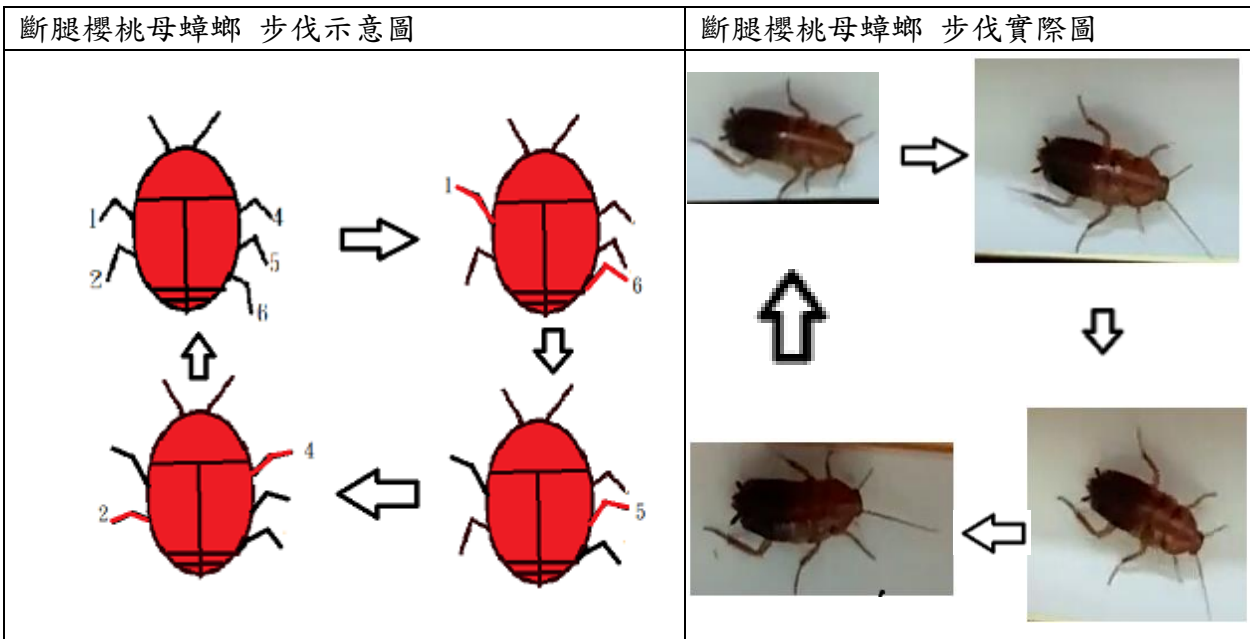
(一) 斷腳櫻桃公蟑螂

(1) 26→35→26→35→46→35→24→(24→6→35)重複六次→停止→(24→6→35)重複



(二) 斷腳櫻桃母蟑螂

(1) 2→15→46→1→停止→(15→24→6)重複兩次→2→(16→5→24)重複



二、賓士步行法與蟑螂體長的關係

此段分析中我們將三種蟑螂在影片中的隻數，測量其體長，然後在各拍攝的一分鐘影片中計算出現賓士步行法的時間累計起來，計算佔影片長度的比例與該蟑螂體長進行相關分析，其結果如下：

蟑螂種類	隻數	體長(公分)	平均體長	總出現賓士步行法秒數	出現平均秒數	所占百分比	平均百分比
杜比亞公蟑螂	5	5.2	4.98	48.2	46.52	80.33%	77.53%
		4.8		40.1		66.83%	
		4.5		47.8		79.67%	
		5.3		48.6		81.00%	
		5.1		47.9		79.83%	
杜比亞母蟑螂	5	5.4	5.2	48.7	45.86	81.17%	76.43%
		5.5		49.1		81.83%	
		5.7		50.2		83.67%	
		4.6		40.1		66.83%	
		4.8		41.2		68.67%	
櫻桃公蟑螂	5	2.5	2.64	38.2	36.72	63.67%	61.20%
		2.3		35.3		58.83%	
		2.7		33.2		55.33%	
		2.9		38.6		64.33%	
		2.8		38.3		63.83%	
櫻桃母蟑螂	5	3.2	3.2	39.8	41.02	66.33%	68.37%
		3.3		41.2		68.67%	
		3.5		44.8		74.67%	
		3.1		41.8		69.67%	
		2.9		37.5		62.50%	
龍蝦公蟑螂	5	3.2	3.48	38.9	39.76	64.83%	66.27%
		3.3		39.3		65.50%	
		3.2		39.1		65.17%	
		3.8		40.3		67.17%	
		3.9		41.2		68.67%	
龍蝦母蟑螂	5	3.8	4.14	39.8	41.94	66.33%	69.90%
		4.2		43.6		72.67%	
		4.1		41.3		68.83%	
		4.3		42.4		70.67%	
		4.3		42.6		71.00%	

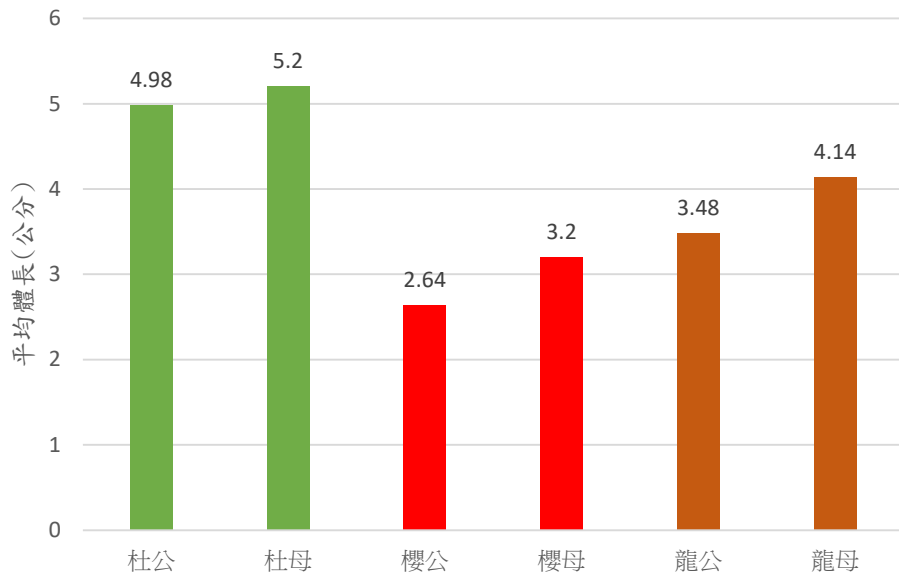


圖6-2-1 三種蟑螂公母隻平均體長

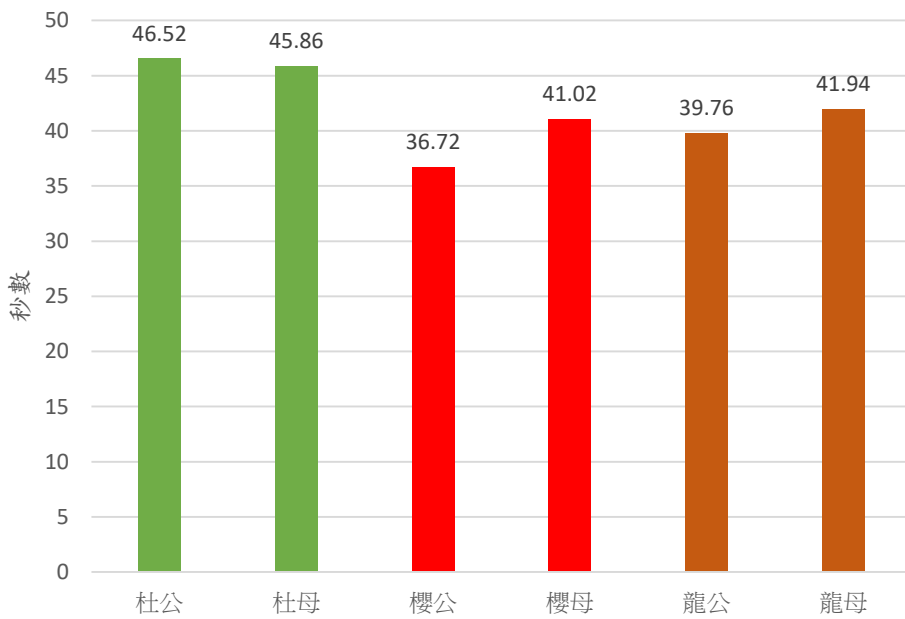
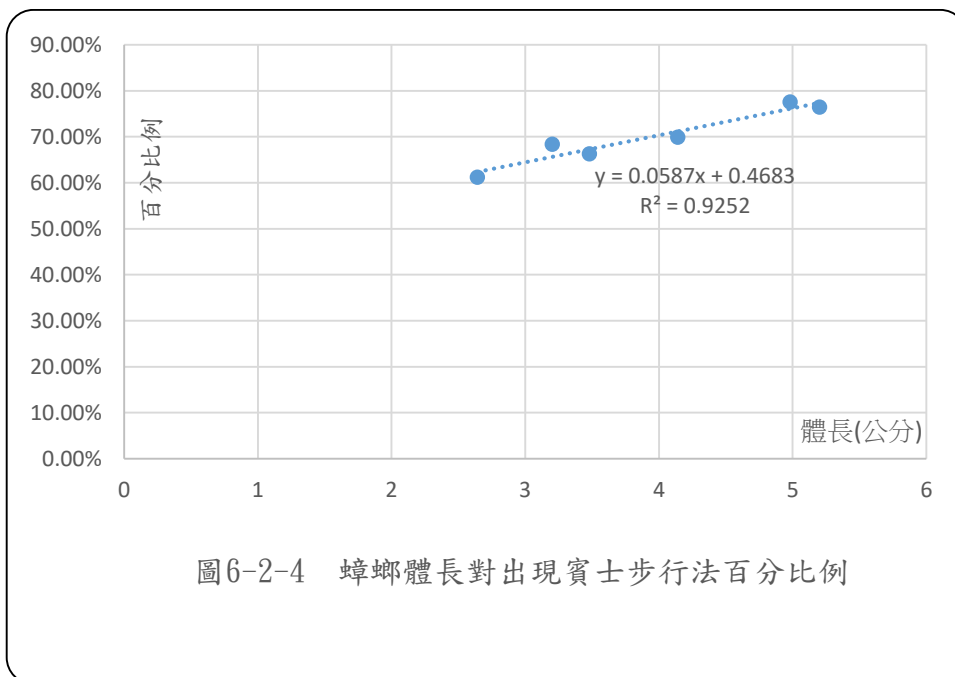
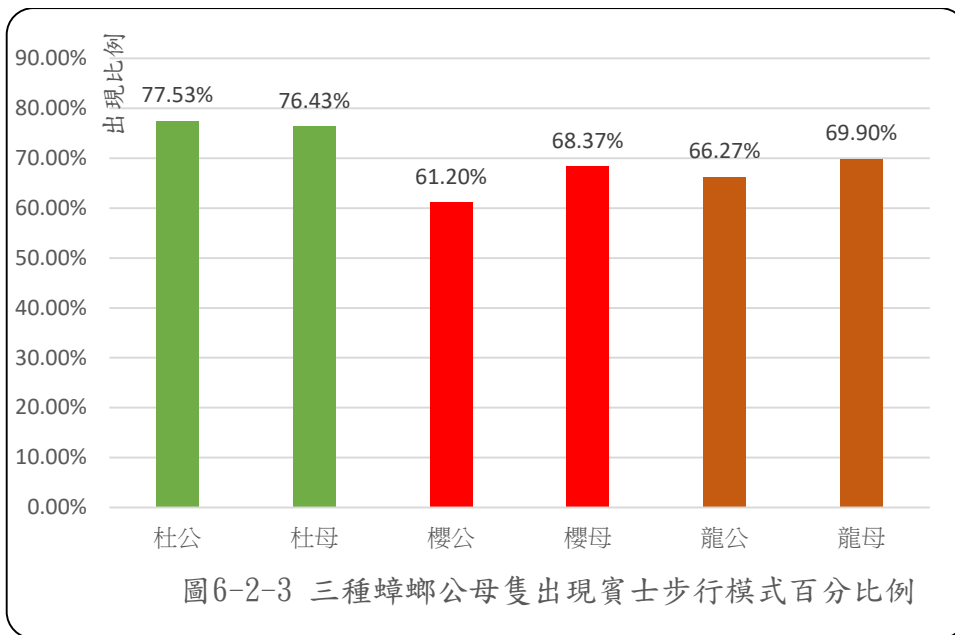


圖6-2-2 三種蟑螂公母隻出現賓士步行模式秒數



由此段分析，我們發現：

- (一)由圖 6-2-1，發現實驗中所使用的三種蟑螂其雌蟲個體體長都大於同種類的雄蟲個體；若不分性別來分析，則體型大小則為杜比亞蟑螂>龍蝦蟑螂>櫻桃蟑螂。
- (二)由圖 6-2-2、6-2-3，發現在 30 段一分鐘的影片中，不同種類與不同性別出現賓士步行法的秒數皆超過 60%以上，顯示賓士步行法為主要的步行模式。
- (三)由圖 6-2-4，我們若以所有參與拍攝的 30 隻蟑螂中，以體長當成 X 軸資料，出現賓士步行法的百分比例做為 Y 軸資料進行相關分析，得到當蟑螂的體長越長，其出現賓士步行法的百分比例越高，兩者呈現線性相關，相關係數達到.92 以上，屬於高度相關。

三、三種蟑螂在有食物和無食物的狀態下的觸角擺動

1. 三種蟑螂在無食物狀態的觸角擺動模式

- (一) 杜比亞公蟑螂
- (二) 杜比亞母蟑螂
- (三) 櫻桃公蟑螂
- (四) 櫻桃母蟑螂
- (五) 龍蝦公蟑螂
- (六) 龍蝦母蟑螂

截至屏東縣報名系統截稿前，本段分析尚在進行中，我們目前正在努力，請評審海涵，請繼續推薦我們進入複賽，將在複賽中呈現。

柒、 綜合討論

一、 正常蟑螂在直線走動時是否有固定的步伐擺動？

拍攝三種正常蟑螂(無斷腿)在直線前進時的影片並寫下步伐擺動的編號，觀察過後，可以發現正常蟑螂在剛開始時的行動步伐並沒有特定的規律，經過一段時間後，主要的步伐便會變為(153→426)的模式。若在蟑螂行動的過程中，該蟑螂的觸角碰觸到牆壁，該蟑螂的行動步伐便會變成(35→24→16)的模式，直到蟑螂移動至盡頭。

二、 斷腿蟑螂在直線移動時是否有固定的步伐擺動？

在飼養盒中挑出在自然環境中斷腿的蟑螂，拍下斷腿蟑螂在盒中的移動情況並寫下蟑螂的腿部擺動編號，觀察其中的規律，會發現斷腿蟑螂的步伐擺動規律基本上以(35→24→16)的模式來移動，只是會隨著斷掉腿的不同而有不同的規律。若該蟑螂斷腿編號為1，他的行動規律便會變成(35→24→6)的重複，若斷腿編號為3，行動規律則會變成(5→24→16)的重複。不過本實驗在我們飼養的蟑螂中僅發現櫻桃蟑螂有斷腿，無法推論於杜比亞蟑螂和龍蝦蟑螂。

三、 蟑螂的體長是否與賓士步行法有關？

由本實驗第二段的分析，蟑螂的體長越長，在一分鐘拍攝直線前進的步行中，出現賓士步行法的百分比例越高，體長與賓士步行法百分比例呈現線性相關，相關係數達.92，屬於高度相關。

四、 觀察蟑螂觸角擺動實驗，觸角擺動方式是否跟吃食物有關？

起初我們觀察沒食物吸引的蟑螂觸角擺動方式時，觸角總是朝前左右擺動。我們利用高麗菜來當吸引蟑螂的食物時，蟑螂並未被吸引，我們用筷子將蟑螂移到高麗菜旁，牠只是爬過去或停在原地，觸角與沒有食物時的擺動模式一樣。我們認為是已經吃飽，於是換成香甜的咖啡捲試試看，多次靠近食物後，牠開始吃食物，觸角出現了朝上左右擺動的情形，所以如果我們推測觸角朝上左右擺動，是在吃食物而非找食物。

捌、 研究結論

- 一、本實驗以三種蟑螂(杜比亞、櫻桃、龍蝦)作為實驗樣本，共拍攝 30 段蟑螂前行影片，發現蟑螂以賓士步行法為主要的步行模式。
- 二、三種蟑螂在本實驗分析中，出現賓士步行法的百分比例達到 61%以上。
- 三、三種蟑螂在本實驗分析中，發現體長越長的蟑螂，其出現賓士步行法的百分比例越高，且體長與賓士步行法百分比例呈現線性相關，相關係數為.92，為高度相關。
- 四、斷腿蟑螂的步伐擺動規律基本上以(35→24→16)的模式來移動，只是會隨著斷掉腿的不同而有不同的規律。若該蟑螂斷腿編號為 1，他的行動規律便會變成(35→24→6)的重複，若斷腿編號為 3，行動規律則會變成(5→24→16)的重複。不過本實驗在我們飼養的蟑螂中僅發現櫻桃蟑螂有斷腿，無法推論於杜比亞蟑螂和龍蝦蟑螂。
- 五、在有無食物狀況下分析三種蟑螂的觸角擺動狀況，目前正在進行質化與量化分析中。初步觀察結果為沒食物吸引的蟑螂觸角擺動方式時，觸角總是朝前左右擺動。我們利用高麗菜來當吸引蟑螂的食物時，蟑螂並未被吸引，我們用筷子將蟑螂移到高麗菜旁，牠只是爬過去或停在原地，觸角與沒有食物時的擺動模式一樣。我們認為是已經吃飽，於是換成香甜的咖啡捲試試看，多次靠近食物後，牠開始吃食物，觸角出現了朝上左右擺動的情形，所以如果我們推測觸角朝上左右擺動，是在吃食物而非找食物。

玖、參考資料

1. 昆蟲馬拉松昆蟲步行模式建立之研究 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/d/3/030319.pdf>
2. 杜比亞蟑螂-維基百科 https://en.wikipedia.org/wiki/Blattella_dubia
3. 櫻桃紅蟑螂-維基百科 https://en.wikipedia.org/wiki/Turkestan_cockroach
4. 有斑點的蟑螂 *Speckled Cockroach* <https://academic-accelerator.com/encyclopedia/zh/speckled-cockroach>
5. 龍蝦蟑螂的飼養法- 昆蟲、蜈蚣、千足蟲類交流討論板 <https://www.turtle-family.com/Discuz50/viewthread.php?tid=9364>
6. 杜比亞簡易飼養-生物戀-痞客邦 <https://fencing119.pixnet.net/blog/post/102326182>
7. 「蟑螂」包 ~杜比亞蟑螂族群領袖生物行為之研究~ https://sci.ptc.edu.tw/Upfile/Works/1583461958_510724_17.pdf
8. 美洲蟑螂可分泌警告物質的證實與相關研究 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2014/pdf/050008.pdf>
9. 公共電視台-下課花路米 <http://www.pts.org.tw/~web02/followme/p4-1.htm>
10. 史都華著，葉李華譯(1996)。大自然的數學遊戲。天下文化，台北市。
11. 史都華著，蔡信行譯(2000)。生物世界的數學遊戲。天下文化，台北市。
12. 行政院國家科學發展委員會 昆蟲數位博物館 蟲蟲總動員 <http://140.112.185.3/insect/cls/cls-02/cls-02-03.htm#>
13. 昆蟲篇 <http://hk.geocities.com/waterworldcc/Insects/insects2index.htm>
14. 特有生物研究保育中心 <http://nature.tesri.gov.tw/tesriusr/htm>
15. 偉偉蟲蟲館 <http://home.kimo.com.tw/x4235/htm> 八、國民中學生物教科書上冊。國立編譯館(民 90)。
16. 張永仁創意設計(民 83)。昆蟲的活動方式。護幼社，台北市。
17. 誠信除蟲網 <http://www.tacocity.com.tw/C7944151/f01.htm>
18. 廖智安撰文、潘建宏攝影(1999)。台灣昆蟲記-賞蟲大圖鑑。大樹文化，台北市。
19. 蜚鐮目 <http://home.kimo.com.tw/harrort/blattoidea.htm>