

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030308

蟑螂跑跑跑-蟑螂步行模式探討與觸角擺動模式  
初探

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者：  國二 廖晟勳  國二 陳羿甫  國二 楊閔淵	指導老師：  陳盈吉  鍾梅英
---	-----------------------------

關鍵詞： 蟑螂、步行模式、觸角擺動

## 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且靜止時間長。後來觀察有食物的狀況下，三種蟑螂觸角擺動時間高達 70%以上。

## 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

(資料引自第42屆全國中小學科展國中組生物科 昆蟲六足模式分析)

### (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*)

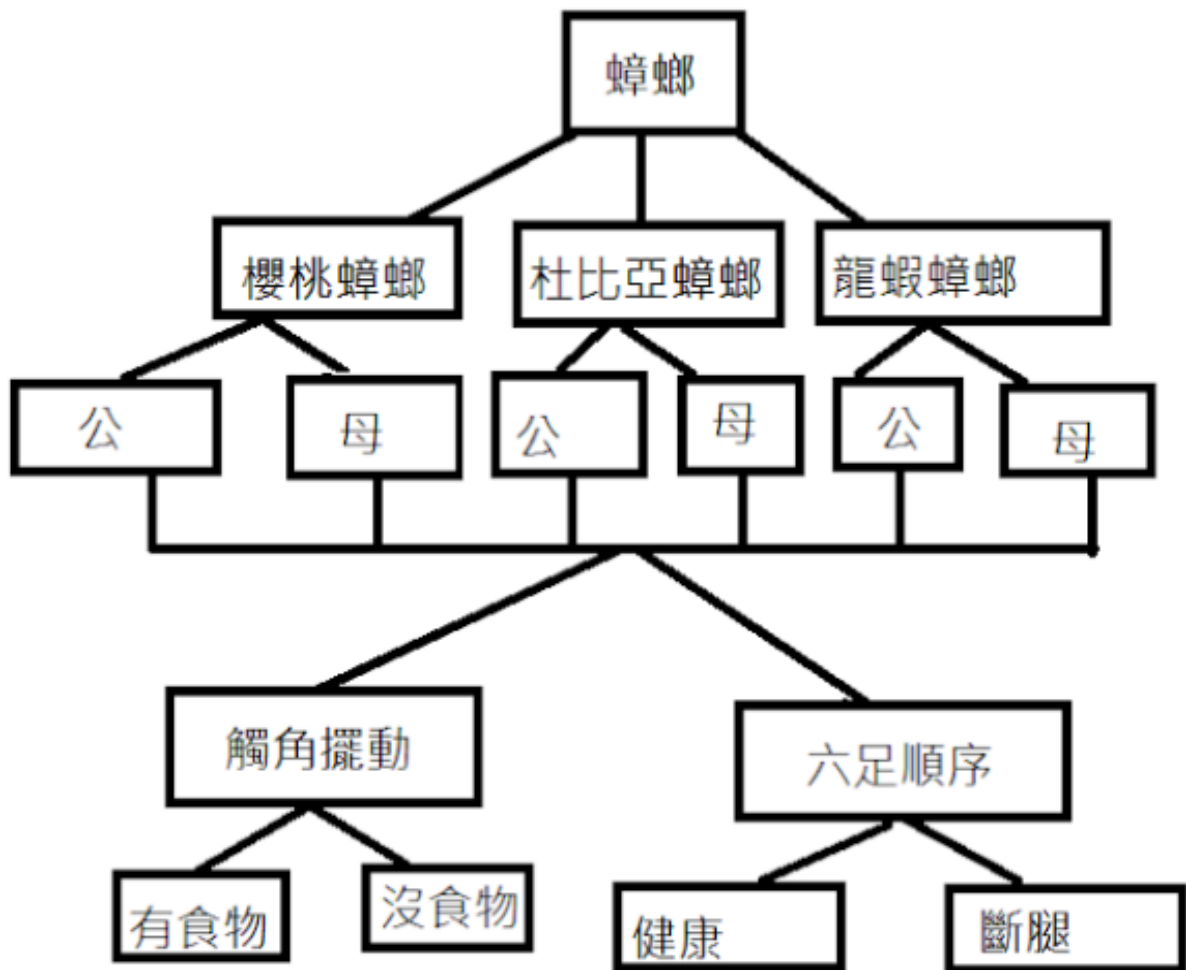
成熟時呈褐色斑駁，呈鰓狀，成蟲長約2.5~4cm。卵胎生，繁殖能力強，可以通過兼性孤雌生殖進行繁殖。會爬牆、步行速度快且稍微會跳飛，成體殼硬。原產於非洲東北部。



圖4-3 實驗用龍蝦蟑螂(研究團隊拍攝)

## 伍、 實驗方法

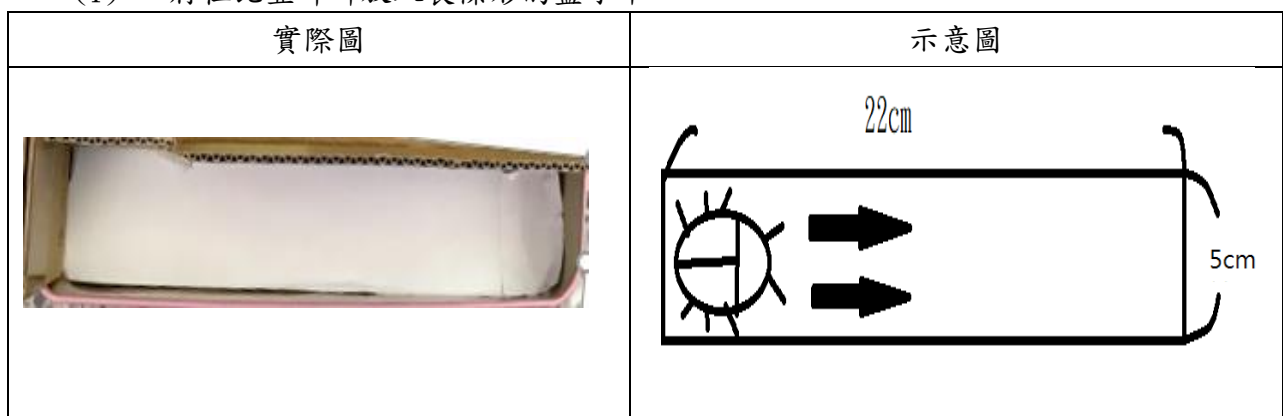
### (一)研究架構圖



### (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

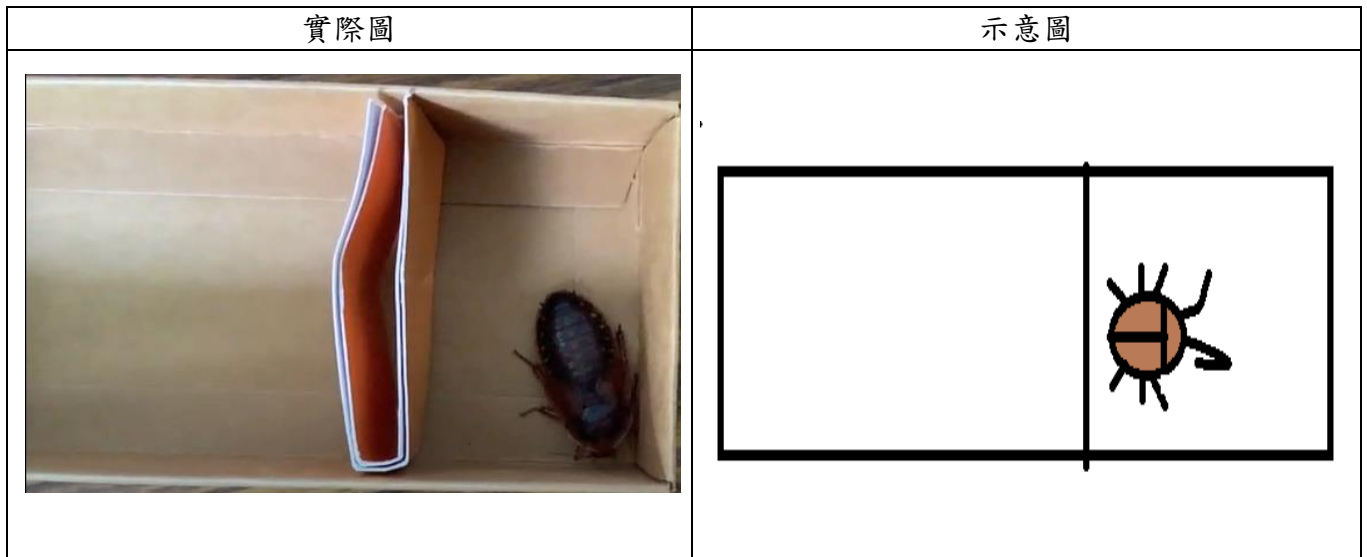
## 3. 健康龍蝦蟑螂步行

- (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

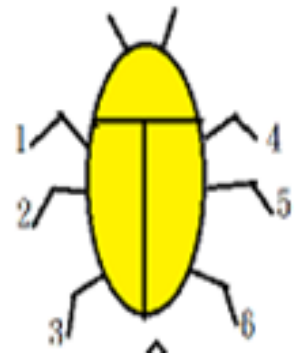
- (1) 將斷腿的櫻桃蟑螂放入長條形的盒子中
- (2) 讓牠從左邊走到右邊，停在原地時，以竹筷輕碰牠的尾端，促使牠移動。
- (3) 錄下牠的移動過程，若錄影期間蟑螂難以行動，便將蟑螂擺回原位，待蟑螂正常後再繼續拍攝
- (4) 分析斷腳櫻桃蟑螂六足步行順序並記錄

長盒子前視圖



### (三) 蟑螂步足分析方式

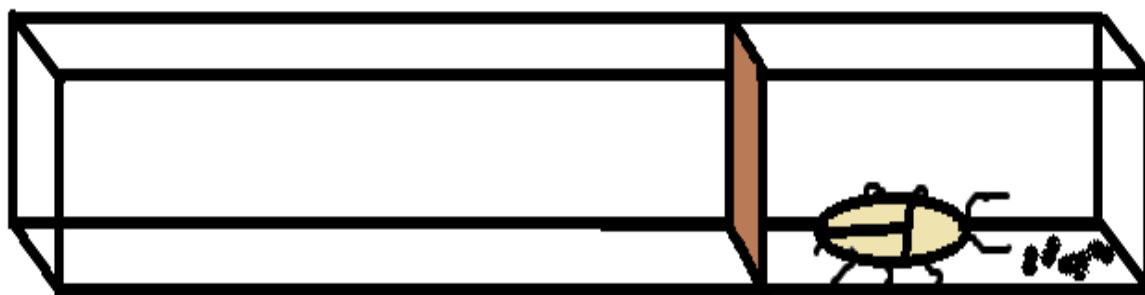
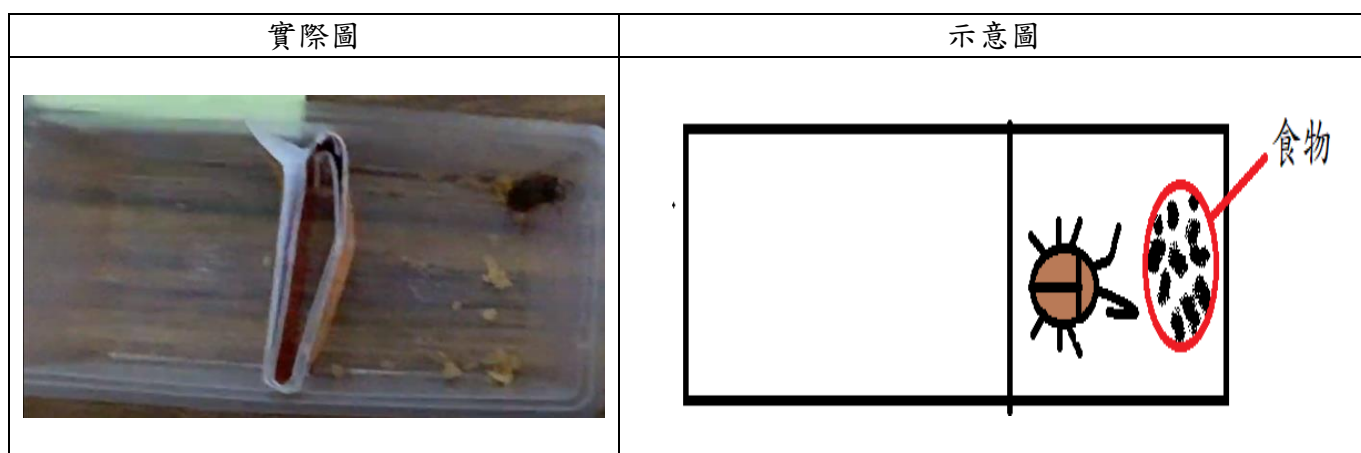
1. 我們將使用的蟑螂六足分別編號如右圖所示，從蟑螂俯視圖看來，將左側三隻步足分別編號為 1、2、3，右側三隻步足分別編號 4、5、6。
2. 使用平板慢速攝影蟑螂的移動 1 分鐘，然後播放進行紀錄分析。



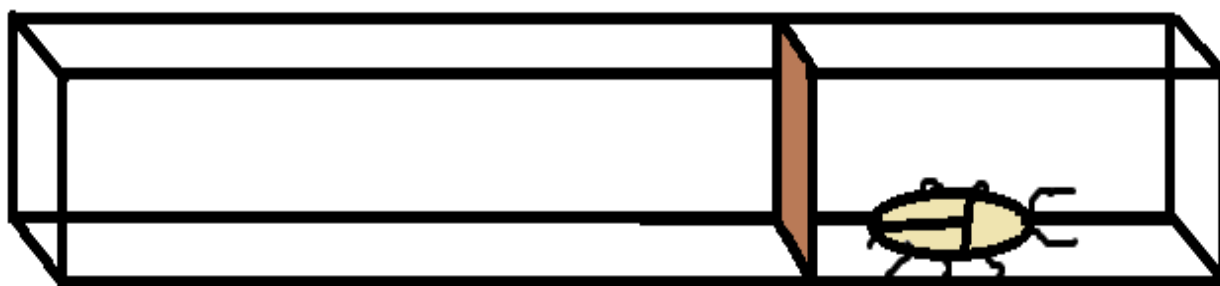


#### (四) 蟑螂觸角擺動實驗

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



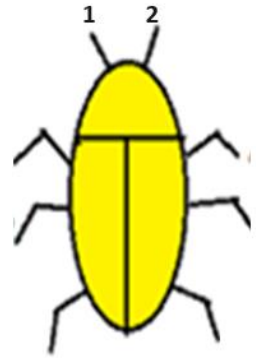
有食物的長條盒前視圖



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 30u。
4. 播放擺動樣態，進行分析。



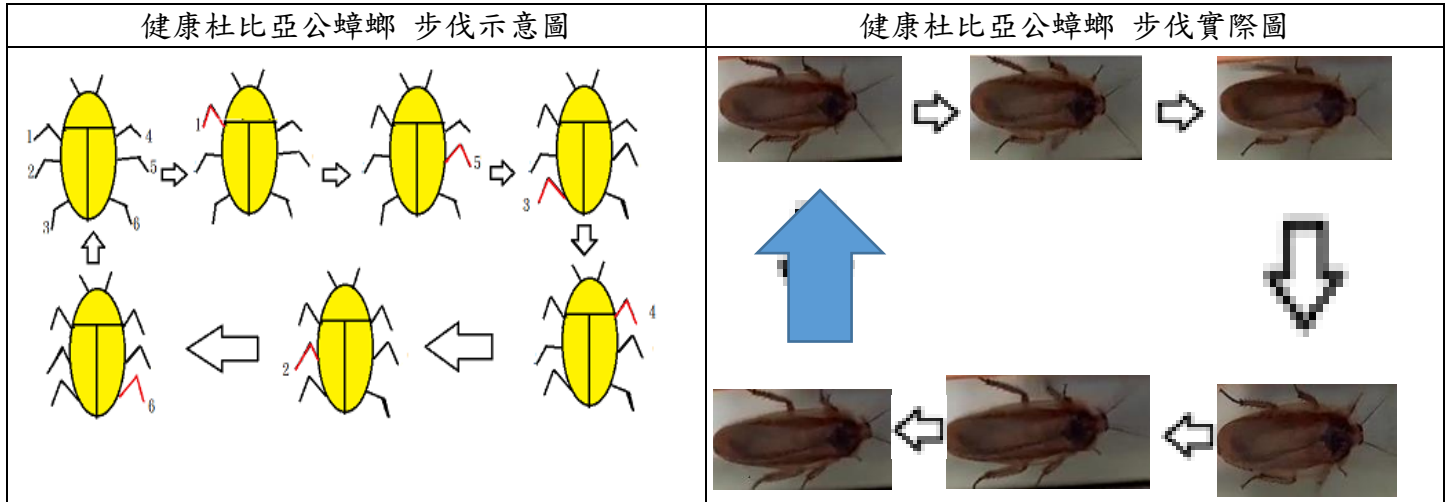
# 陸、 研究結果與討論

## 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

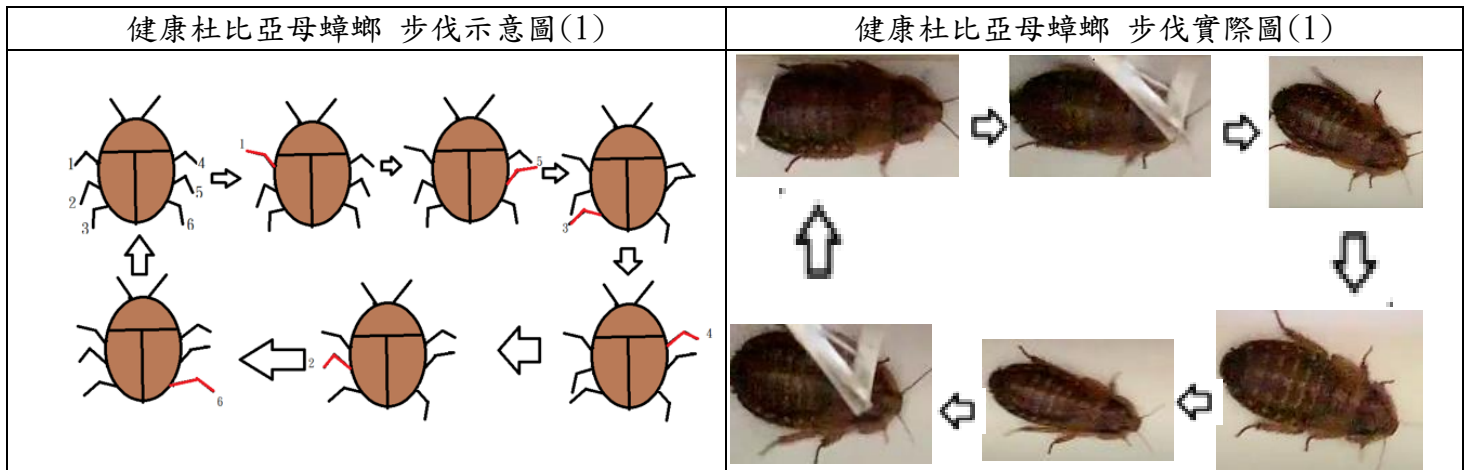
#### (一) 健康杜比亞公蟑螂

(1) 5 → 261 → (153 → 426) 重複

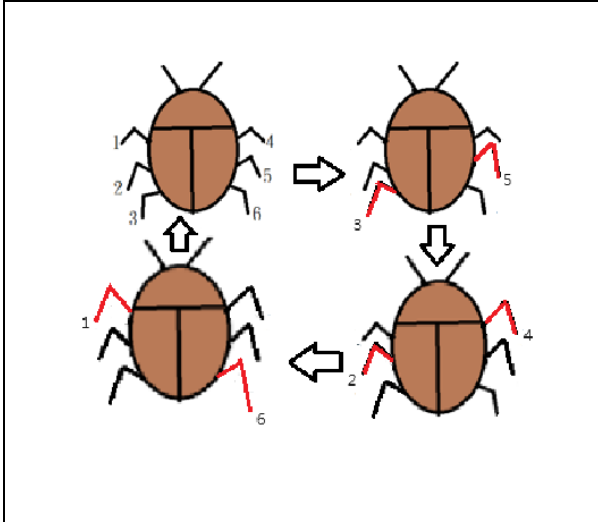


#### (二) 健康杜比亞母蟑螂

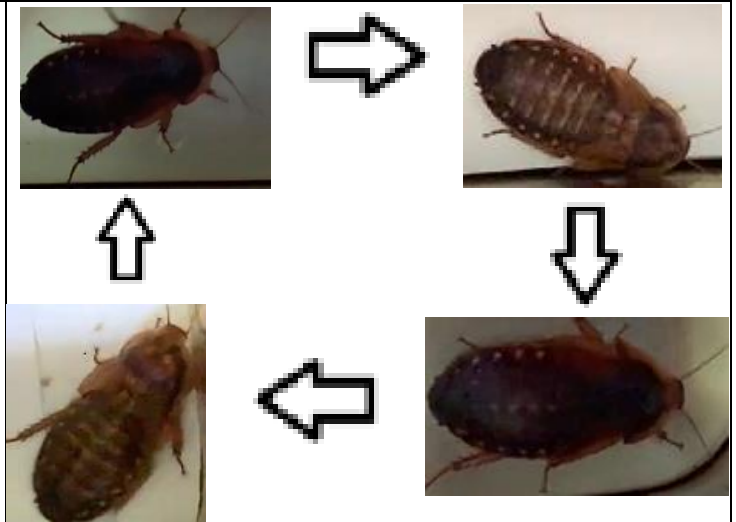
(1) (153 → 426) 重複九次 → 觸角碰到牆壁 → (35 → 24 → 16) 重複



健康杜比亞母蟑螂 步伐示意圖(2)



健康杜比亞母蟑螂 步伐實際圖(2)

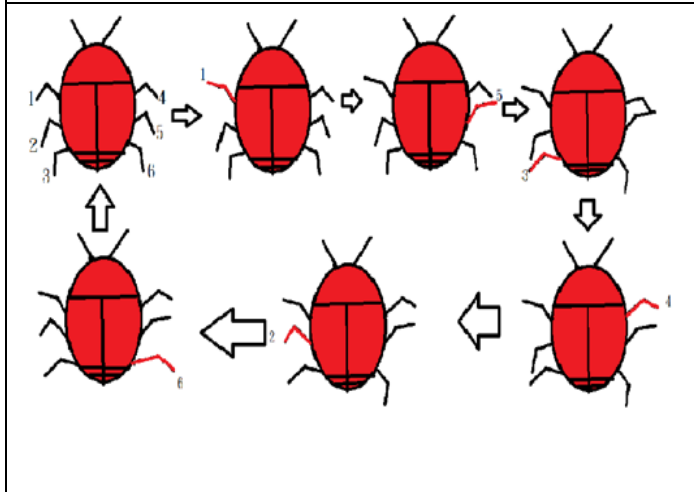


2. 健康櫻桃蟑螂的步伐擺動

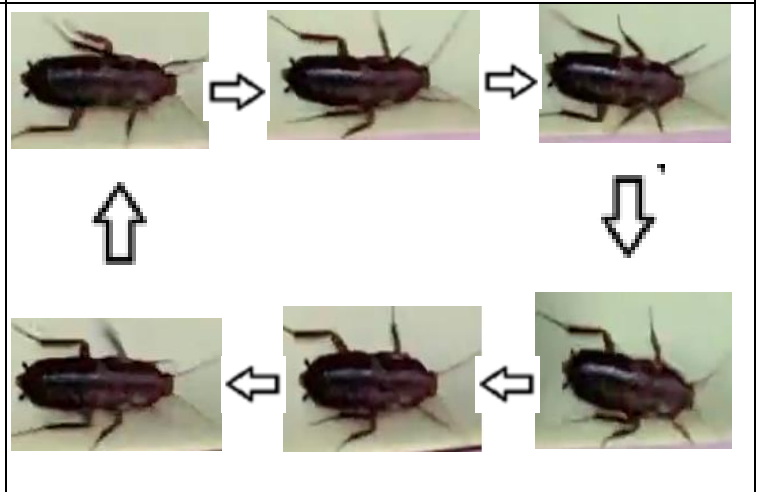
(一) 健康櫻桃蟑螂

(1) (153→426)重複→觸角碰到牆壁後→35→24→16

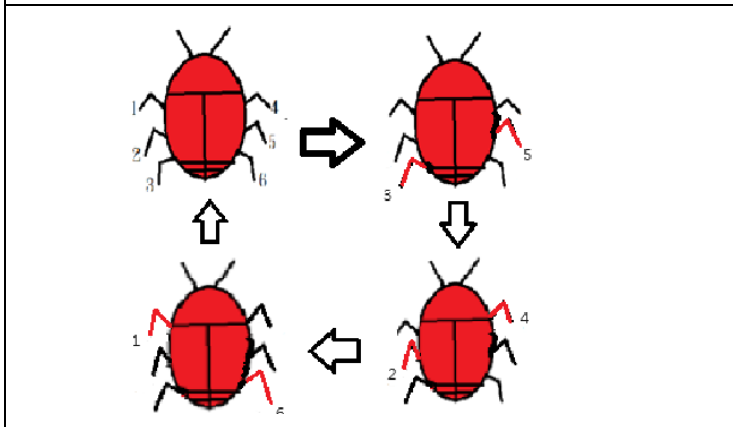
健康櫻桃蟑螂 步伐示意圖(1)



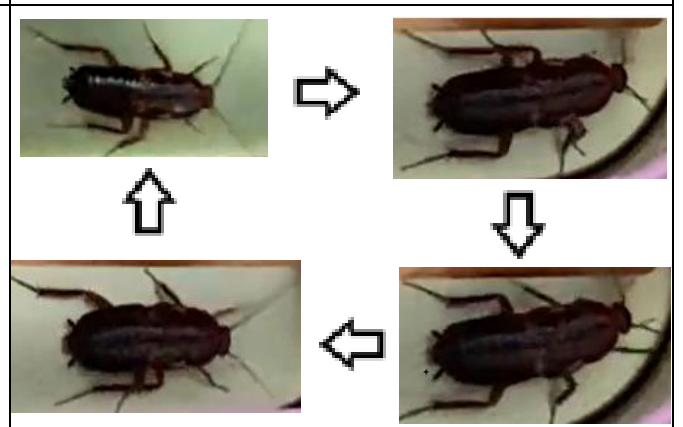
健康櫻桃母蟑螂 步伐實際圖(1)



健康櫻桃蟑螂 步伐示意圖(2)



健康櫻桃母蟑螂 步伐實際圖(2)



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

斷腿櫻桃公蟑螂 步伐示意圖	斷腿櫻桃公蟑螂 步伐實際圖

(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

斷腿櫻桃母蟑螂 步伐示意圖	斷腿櫻桃母蟑螂 步伐實際圖

## 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%	

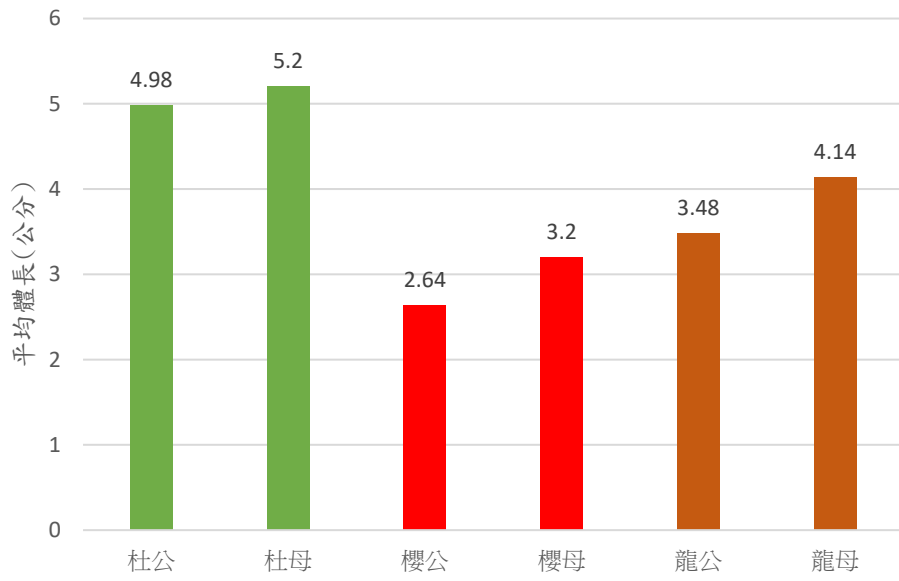


圖6-2-1 三種蟑螂公母隻平均體長

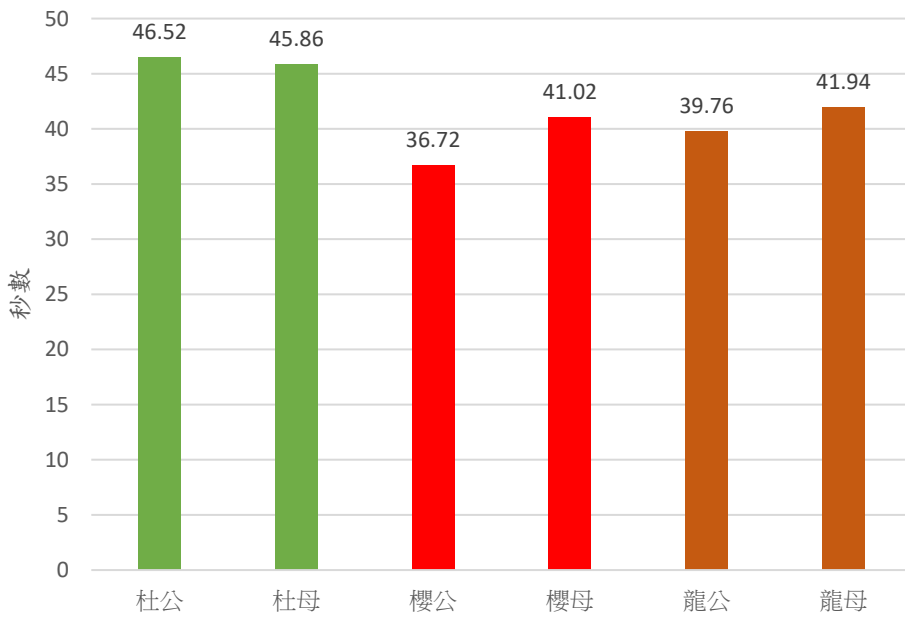
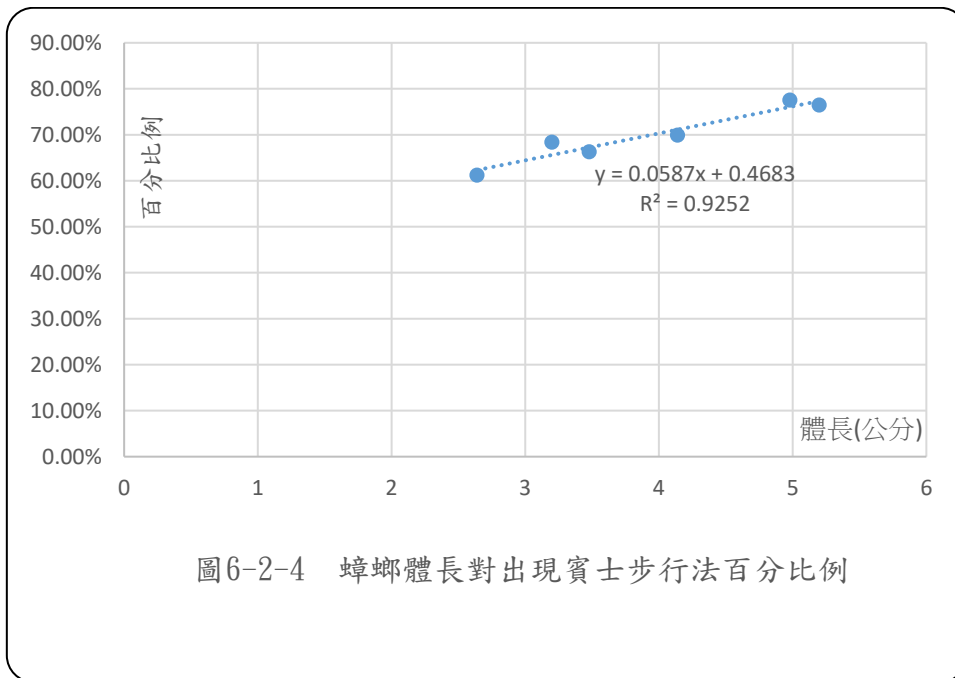
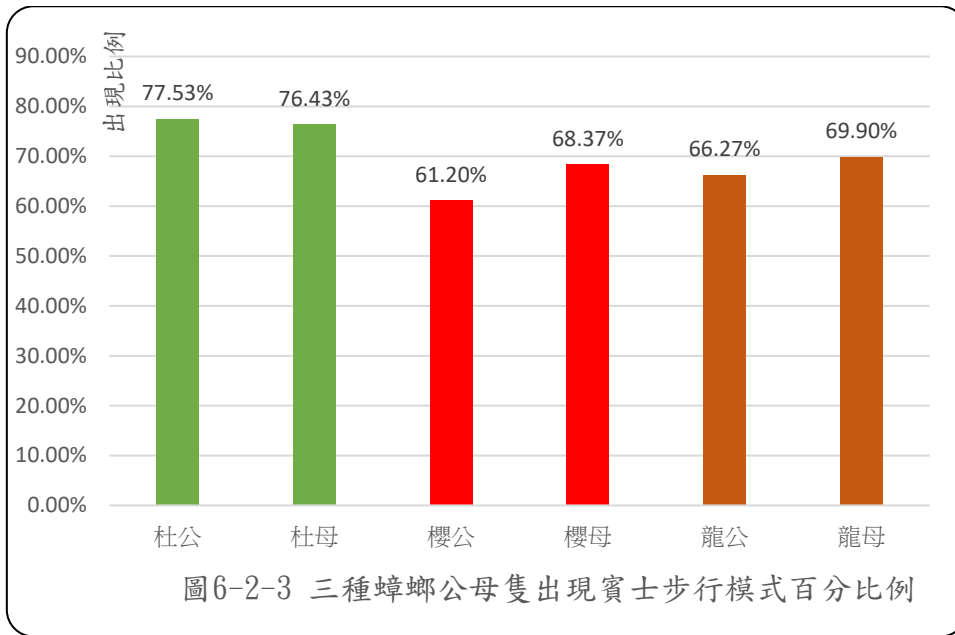


圖6-2-2 三種蟑螂公母隻出現賓士步行模式秒數





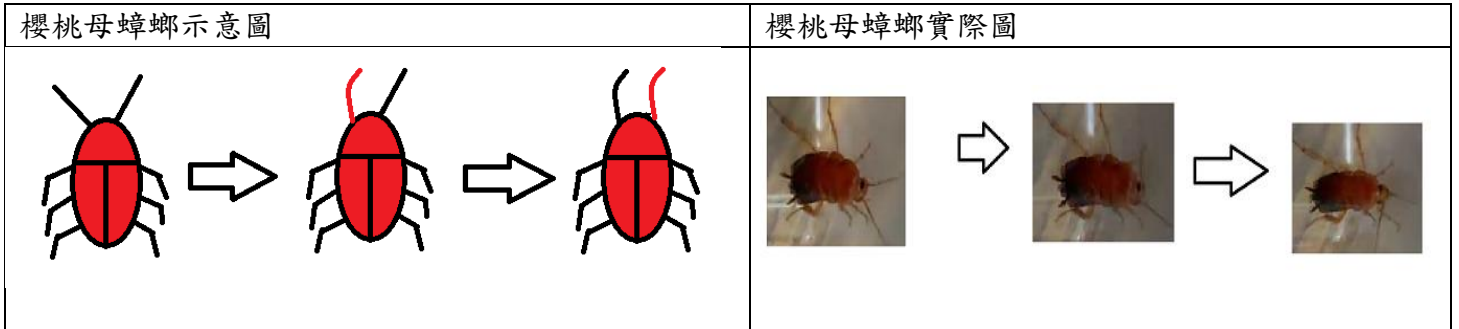
由此段分析，我們發現：

- (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。



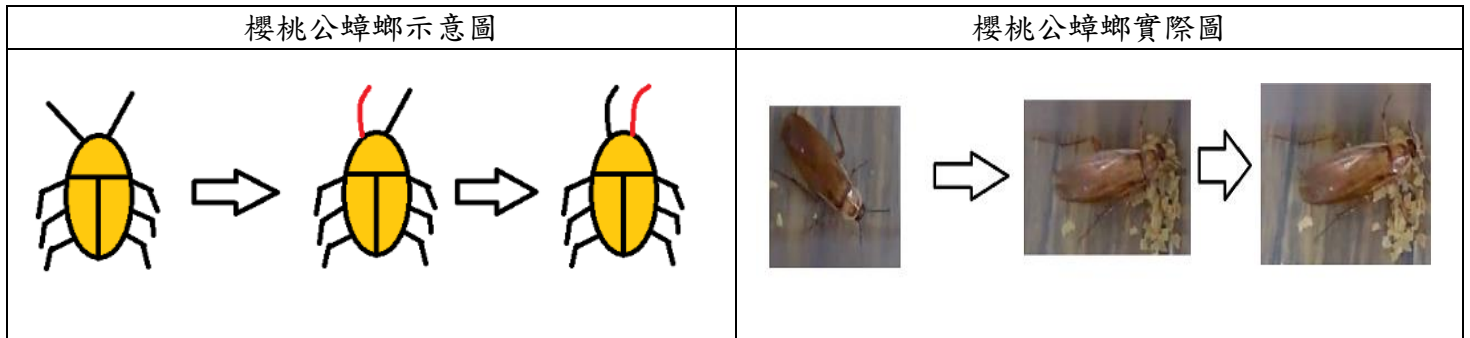
(3) 櫻桃母蟑螂

stop→1上→2右→1左2右→1左→2上→1上→1左→2上→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1左→結尾



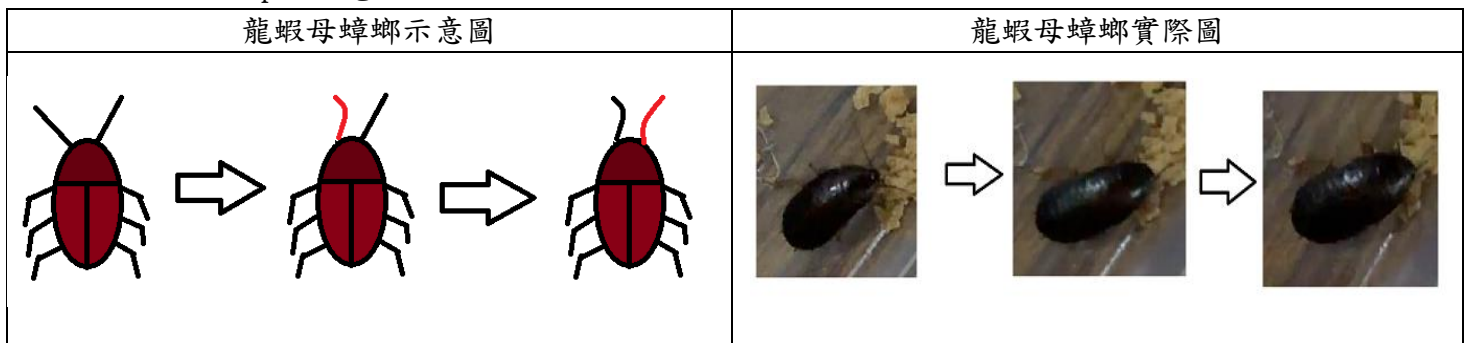
(4) 櫻桃公蟑螂

stop→1左→2右→1上→2右→1左→1左2右→1上→2上→1上→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上→結尾



(5) 龍蝦母蟑螂

stop→1左→2右→2上→2右1上→1左→stop→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→1上1左→2上2右→stop→結尾

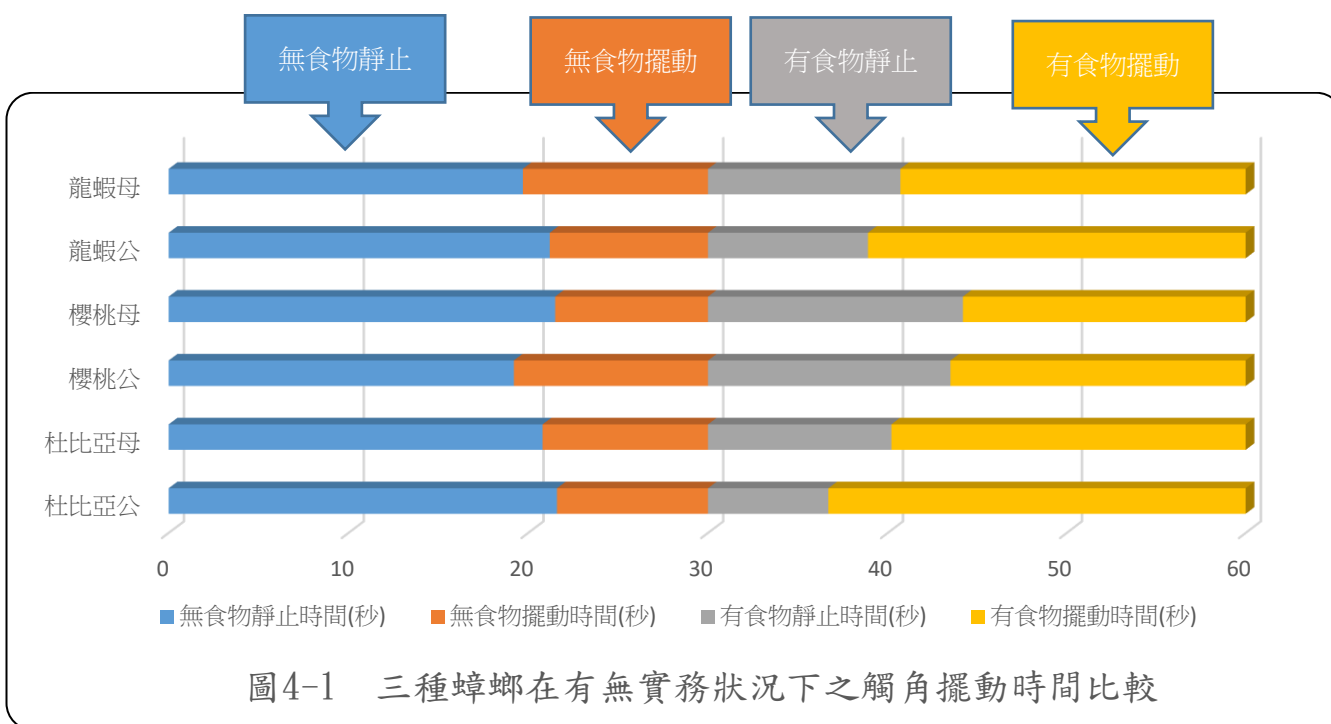


#### 四、 螳螂在有無食物的狀況下，觸角擺動時間之比較

此段的分析在於我們拍攝30秒內的三種螳螂的雌雄個體擺動總時間合進行比較，其結果如下所示：

表4-1 三種螳螂在有無實務狀況下，觸角擺動時間之比較

	無食物靜止時間(秒)	無食物擺動時間(秒)	有食物靜止時間(秒)	有食物擺動時間(秒)
杜比亞公	21.6	8.4	6.7	23.3
杜比亞母	20.8	9.2	10.2	19.8
櫻桃公	19.2	10.8	13.5	16.5
櫻桃母	21.5	8.5	14.2	15.8
龍蝦公	21.2	8.8	8.9	21.1
龍蝦母	19.7	10.3	10.7	19.3



由以上分析可發現，三種螳螂在無食物的狀況下，觸角擺動的秒數若以拍攝時間30秒而言，約佔8.4秒~10.8秒，約28%~34%的時間都屬於觸角明顯擺動的狀況；但是在有食物的狀況下，三種螳螂的觸角擺動時間約為15.8秒~23.3秒，約53%~77%的時間都屬於觸角明顯擺動狀況。

## 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？

在無食物的狀況下，我們發現三長蟑螂的觸角幾乎都是微小擺動不易觀察，可是當有食物的狀況下，其擺動狀況較為明顯，且呈現左上左方，右上右方的方式擺動，擺動頻率增加，且幅度變大，尤其是遇到它們喜歡的食物時候，該左上左方，右上右方的方式擺動模式更為明顯。我們查閱資料得知蟑螂的觸角可能具有味覺、嗅覺、聽覺等功能，所以在尋找食物的時候觸角的擺動明顯，可能發揮了味覺和嗅覺的功能。

## 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，無食物引誘的狀況下，三種蟑螂出現觸角明顯擺動的時間百分比例約 28%~34%；在有食物的狀況下，三種蟑螂出現觸角明顯擺動的時間百分比例約 53%~77%。

## 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](https://en.wikipedia.org/wiki/Blattella_dubia)
3. 櫻桃紅蟑螂-維基百科 [https://en.wikipedia.org/wiki/Turkestan\\_cockroach](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](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>

## 【評語】 030308

這本研究探討三種蟑螂的步行模式及觸角擺動模式，結果發現蟑螂主要採用賓士步行法，而觸角的擺動則會受食物的影響。本研究的結果應有助於對蟑螂行為的認識。

問題與建議：

1. 本研究的對象為杜比亞、櫻桃、龍蝦三種蟑螂，公、母各 5 隻，共計 30 隻蟑螂。就昆蟲行為學而言，研究對象的數目(1 種類 5 隻)不很足夠，再者數據多無統計分析，是以研究結果的代表性需再加強。
2. 本研究對蟑螂步行模式探討的內容與前人作品(臧傑、李昕龍、林上軒、吳曜宗；42 屆全國科展，國中生物)多有雷同之處，且結論相似，因此新穎性較低。
3. 三種蟑螂在無食物狀態的觸角擺動實驗中，可看出在有食物的刺激下，蟑螂觸角擺動時間會增長。但作者並未提供實驗次數資料，以確證觀察結果的代表性；再者，作者也應歸納及討論擺動的模式及其意涵。總體而言，此部分實驗僅屬先期探討，實際學術意

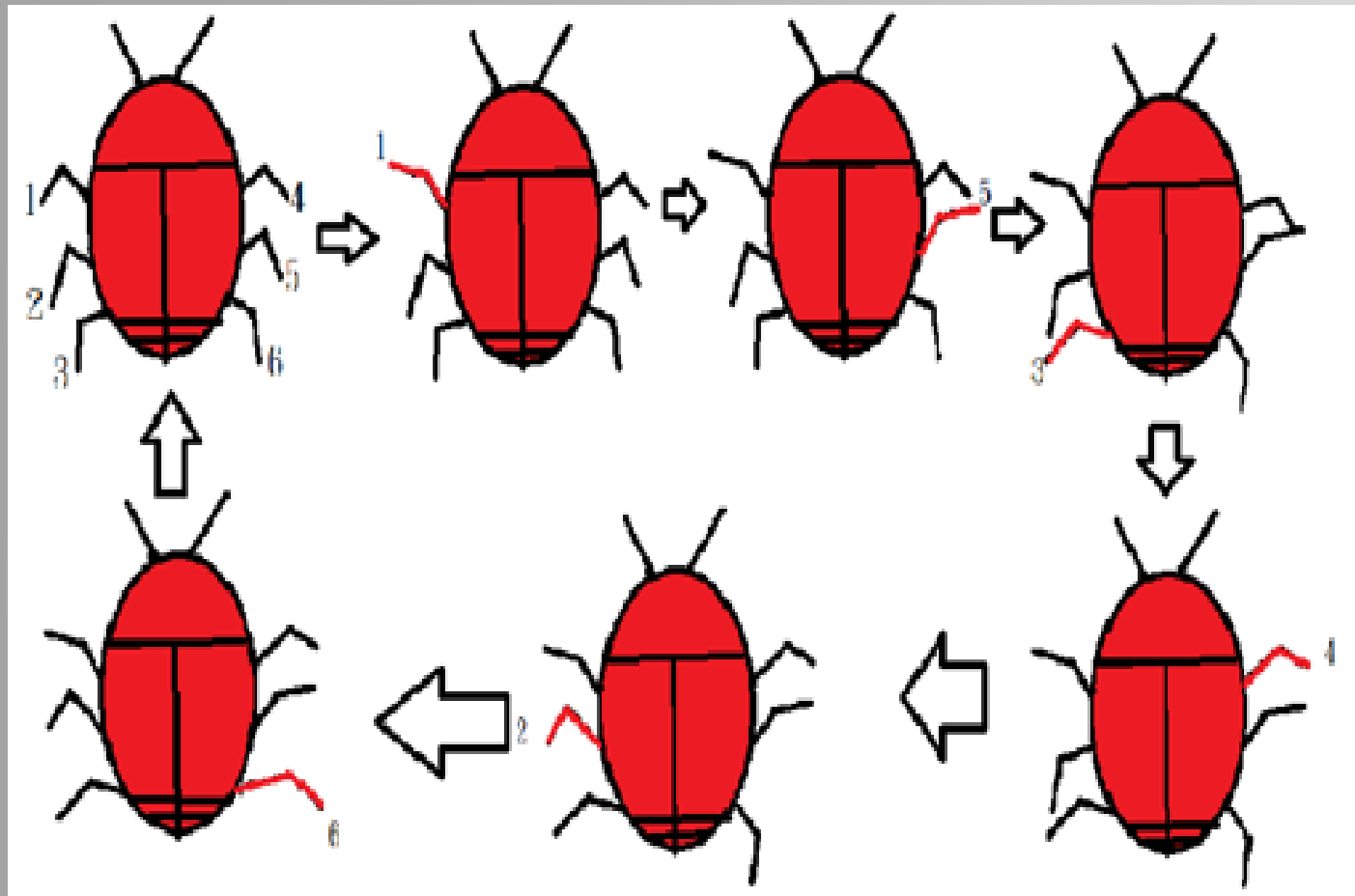


義，尚待更多的分析。另外，建議作者亦可增加擺動模式與移動速率的關聯性分析，看在有食物吸引的情況下其步行模式是否與增加移動速率有關。

## 作品簡報

# 蟑螂跑跑跑

- 蟑螂步行模式探討與觸角擺動模式初探



# 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比例達到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比例越高,且體長與賓士步行法百分比比例呈現線性相關,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且靜止時間長。後來觀察有食物的狀況下,三種蟑螂觸角擺動時間高達70%以上。

## 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

### • 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。

此為參考文獻編碼,與本研究不同。

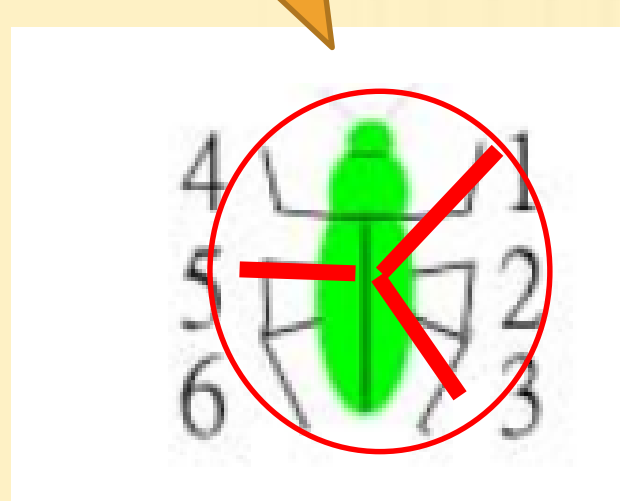


圖2-1 昆蟲賓士步行法

### • 文獻探討對於本研究之啟示

- 一、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。
- 二、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。
- 三、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**。
- 四、**之前的研究都無探討蟑螂觸角擺動狀態,也成為本研究有興趣探討之題目。**

## 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
3. 三種蟑螂在喜歡的食物和不喜歡的食物下之觸角擺動模式

### 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?
7. 三種蟑螂在喜歡的食物和不喜歡的食物下之觸角擺動模式是否有所差異?

## 肆、實驗材料

### • 杜比亞蟑螂(*Blattica 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、阿根廷。

### • 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。

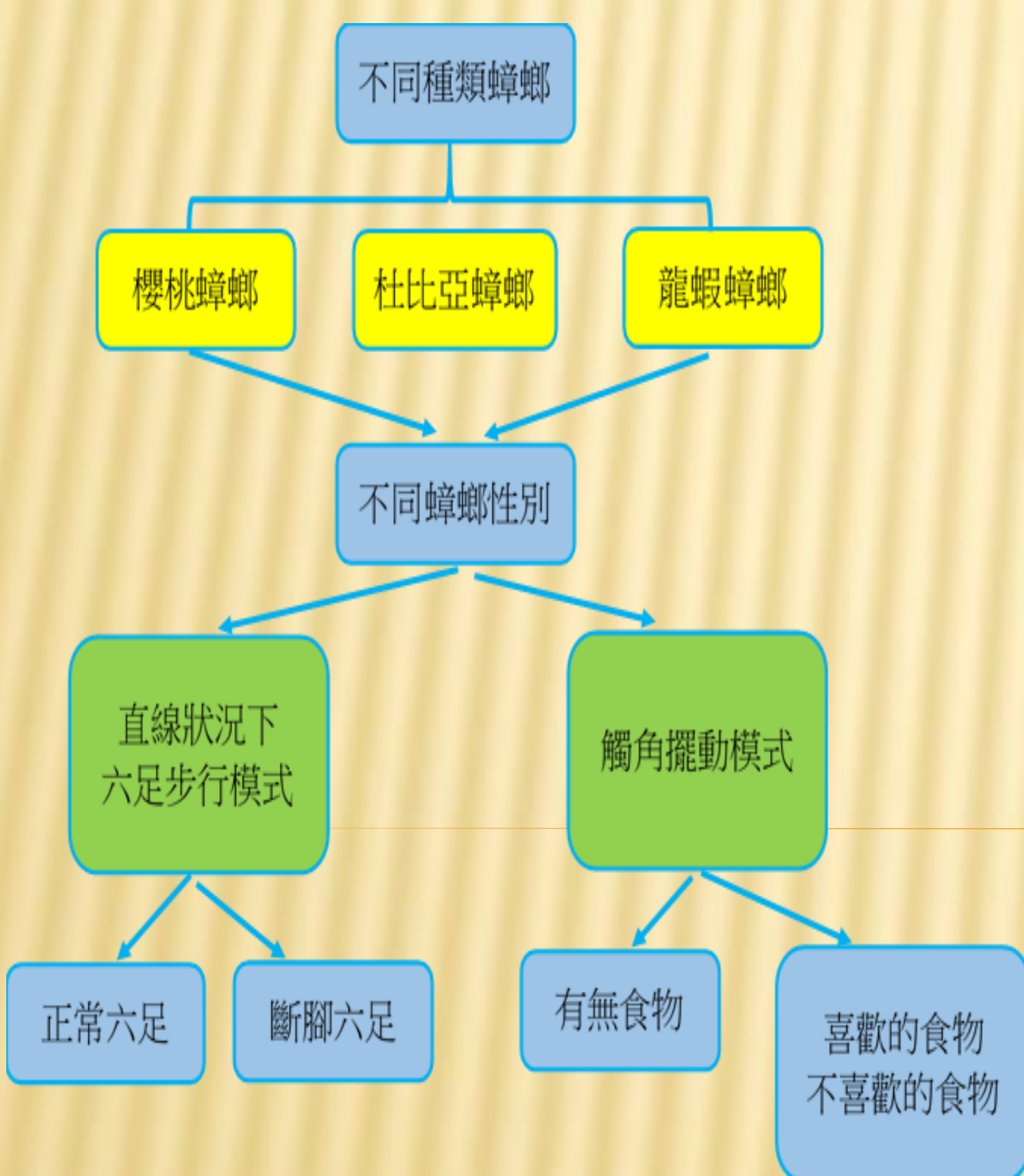
### • 龍蝦蟑螂(*Nauphoeta cinerea*)

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。



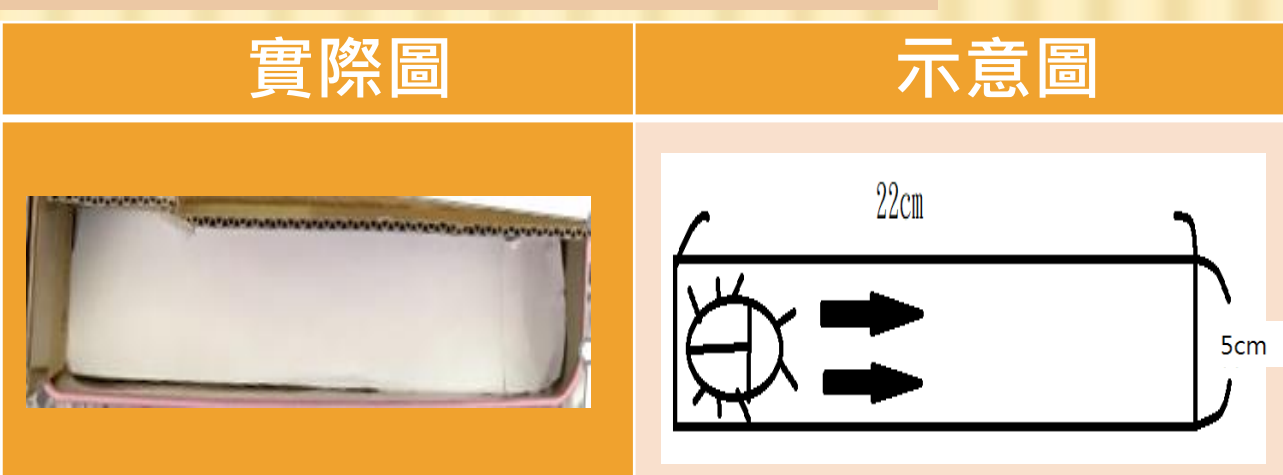
## 伍、實驗方法

### 一、研究架構圖

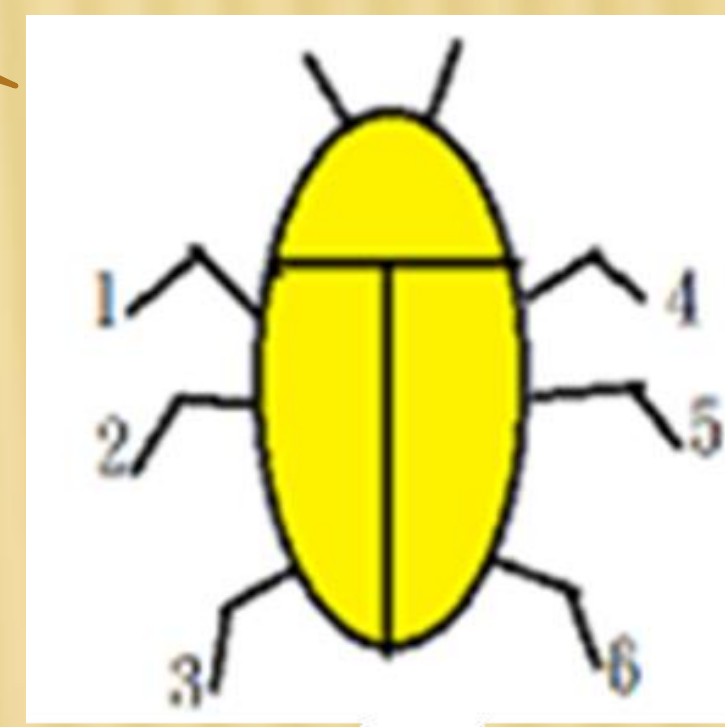


### 二、蟑螂步足研究步驟

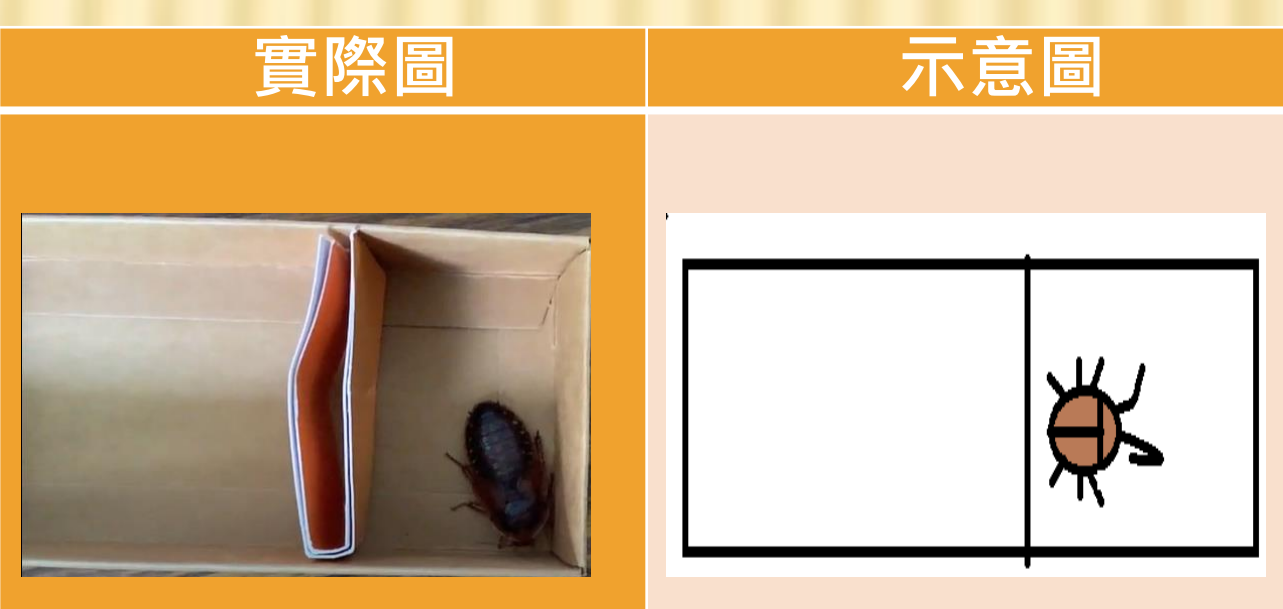
#### (一) 正常健康的蟑螂步足研究



- (1)將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)分析健康蟑螂六足步行順序並記錄。步足編碼如右圖。

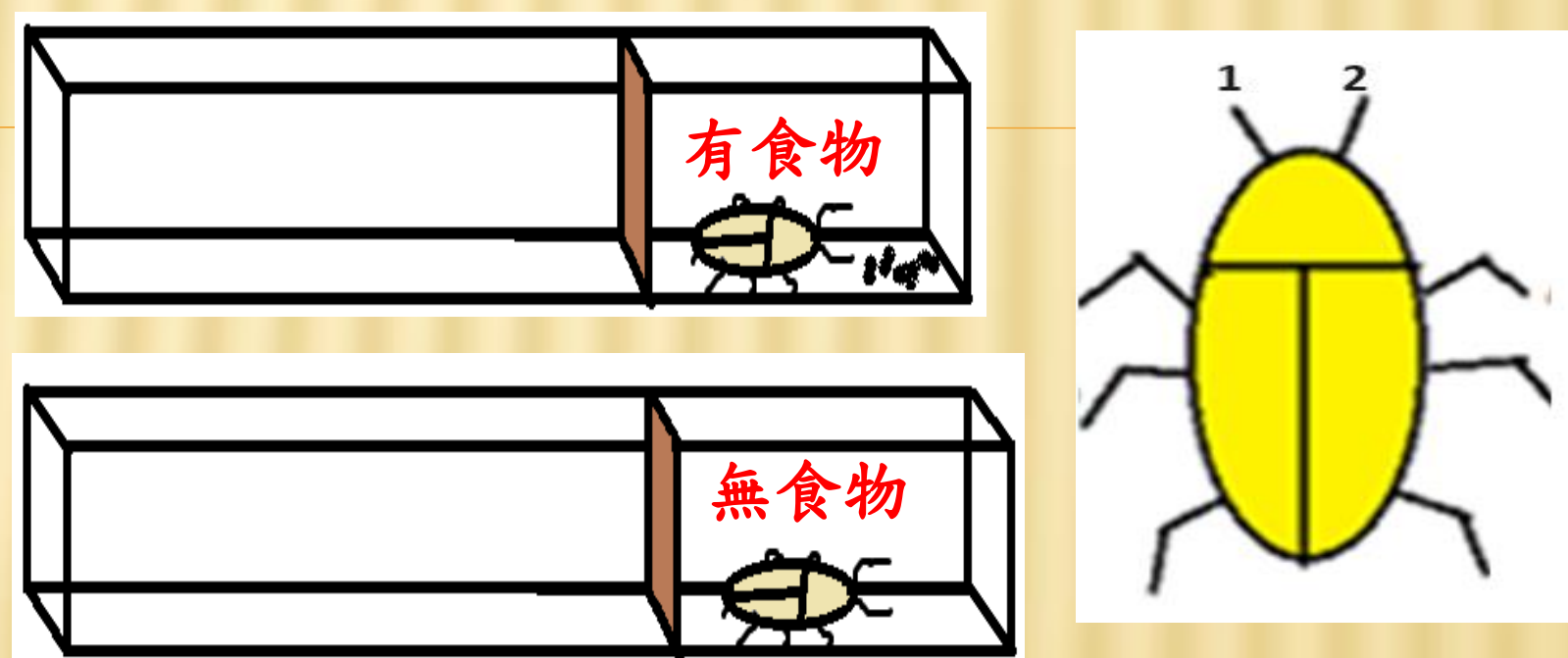


#### (二) 斷腳的蟑螂步足研究



- (1)將斷腿的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)分析斷腳蟑螂六足步行順序並記錄

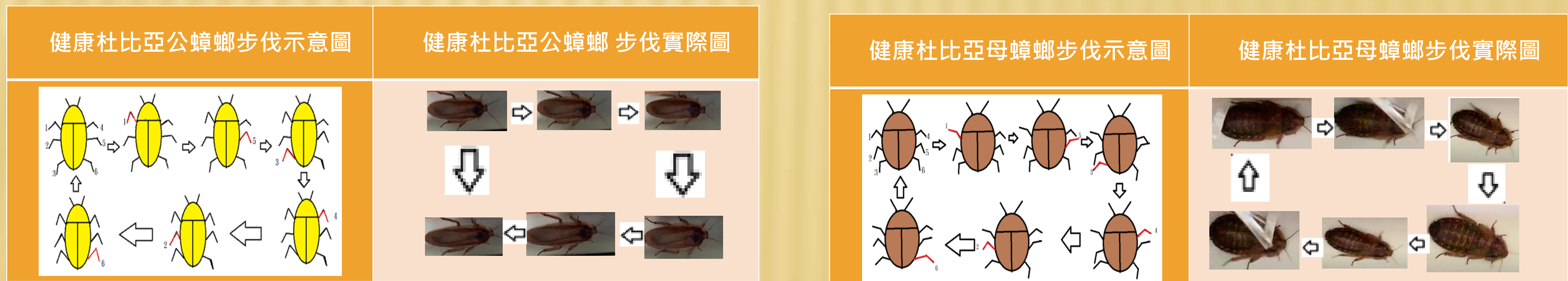
### 三、觸角擺動分析



- (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60秒。
- (4)播放擺動樣態,進行分析。

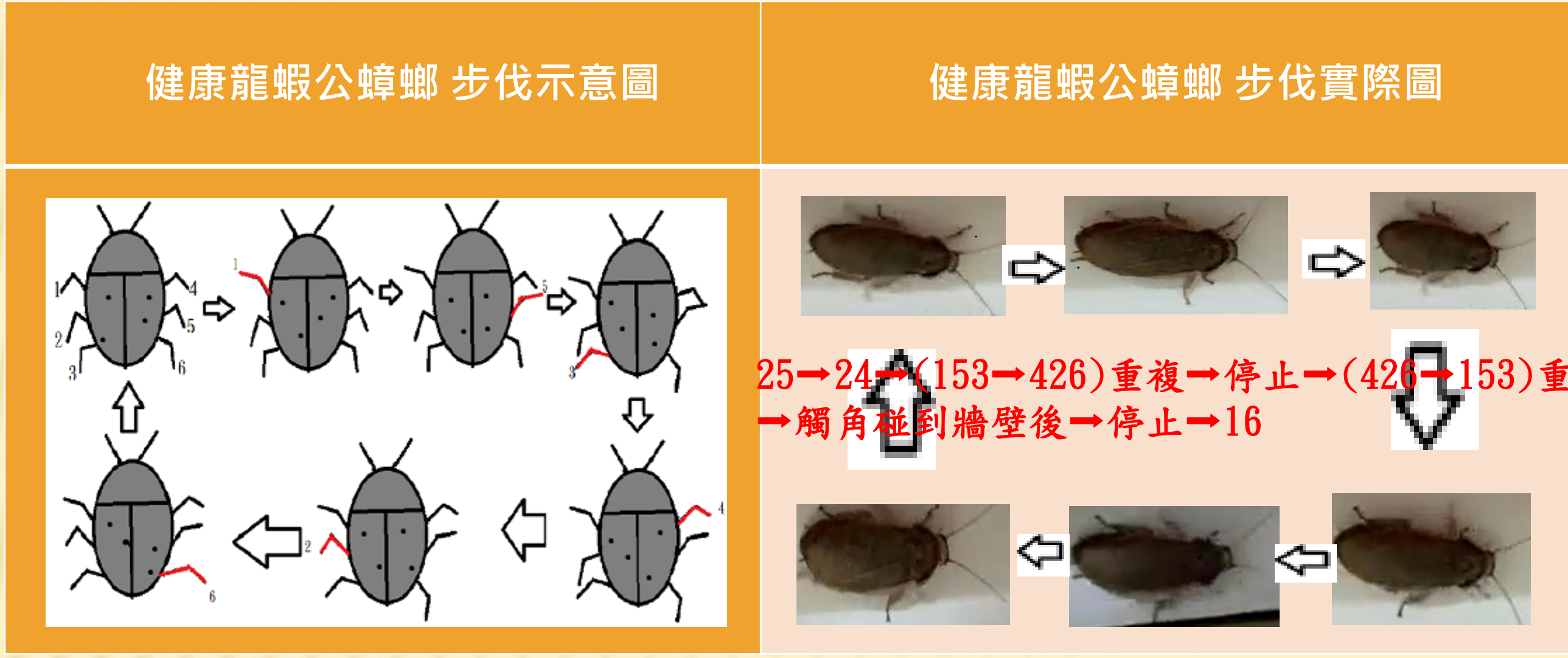
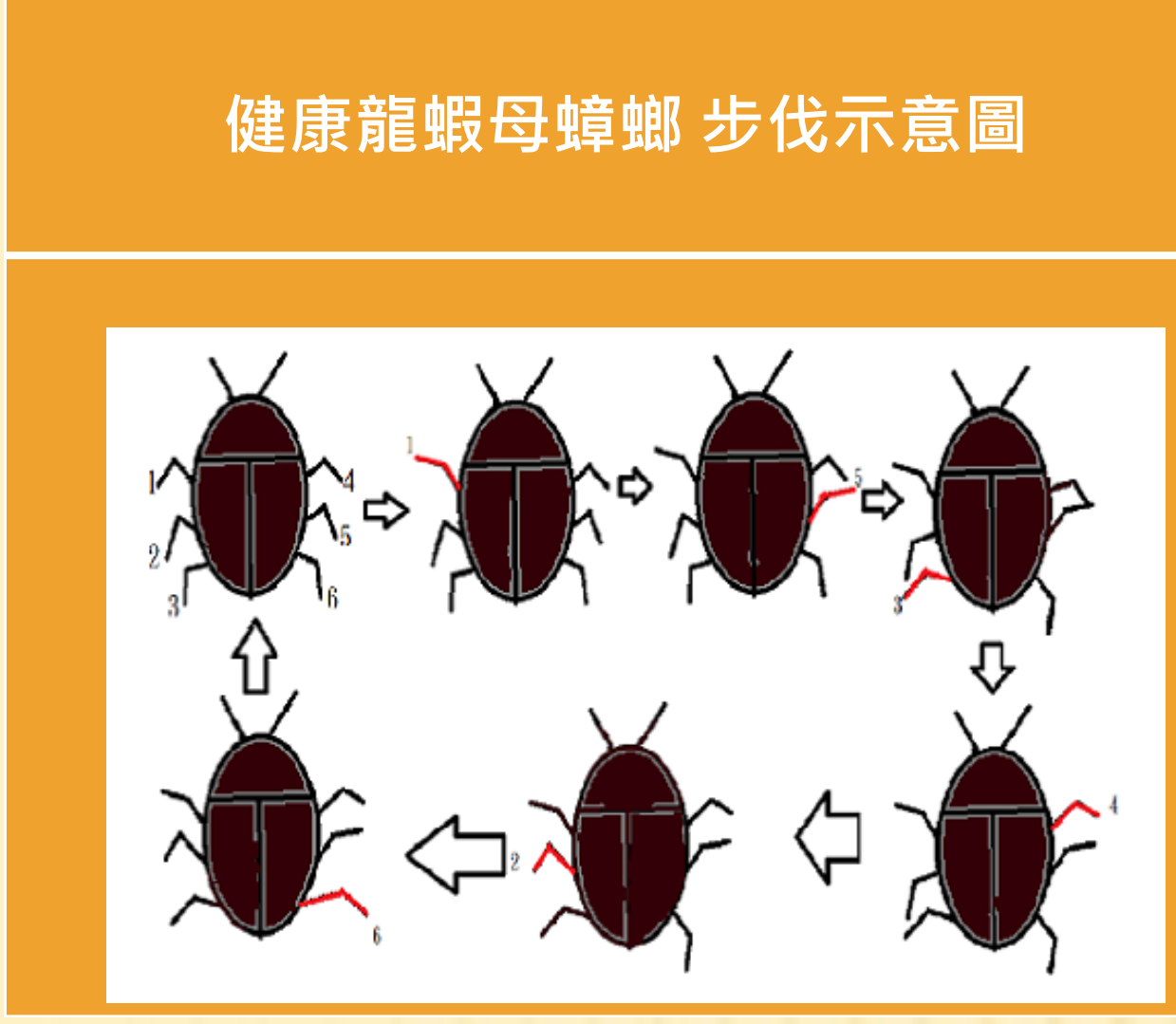
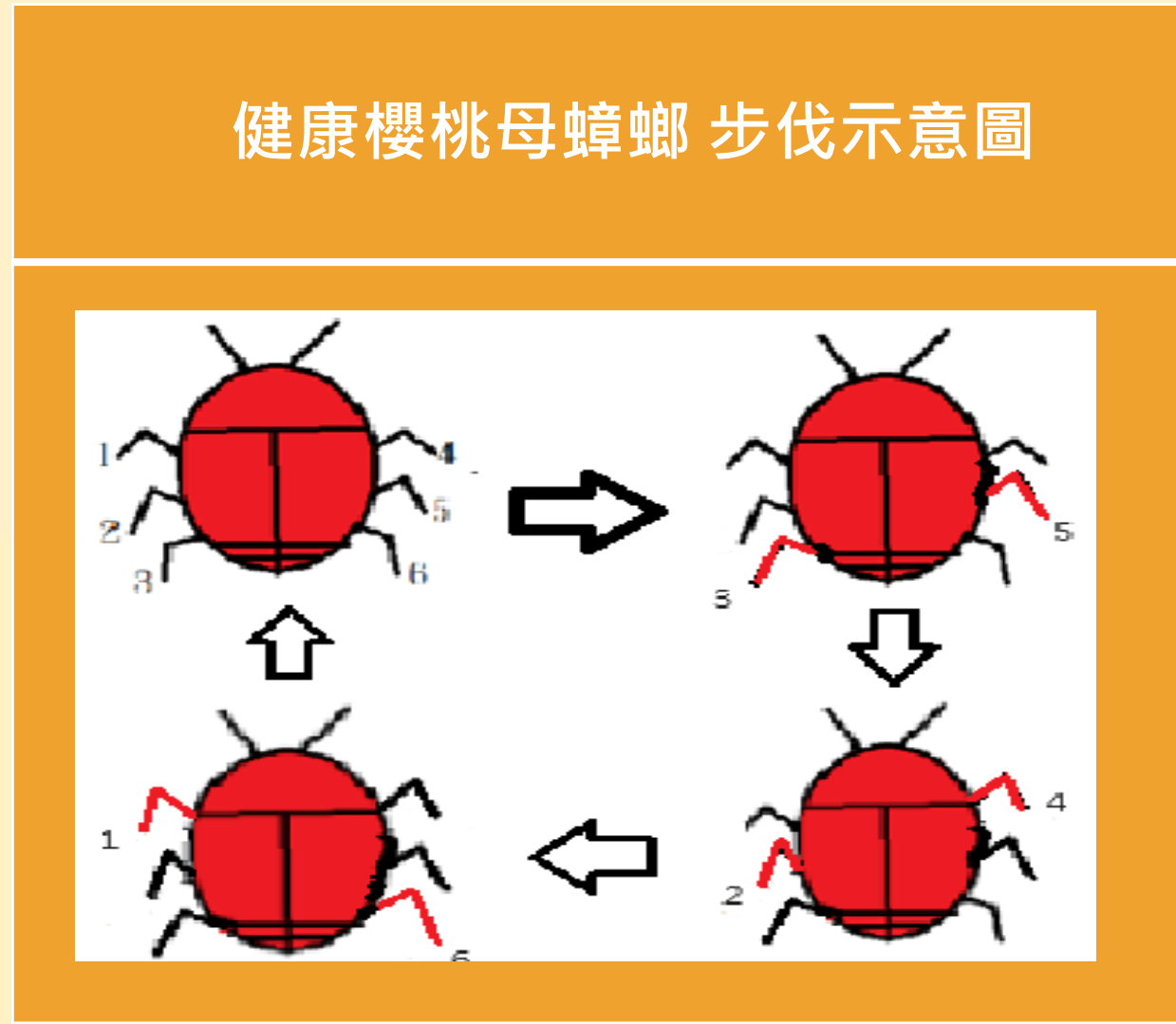
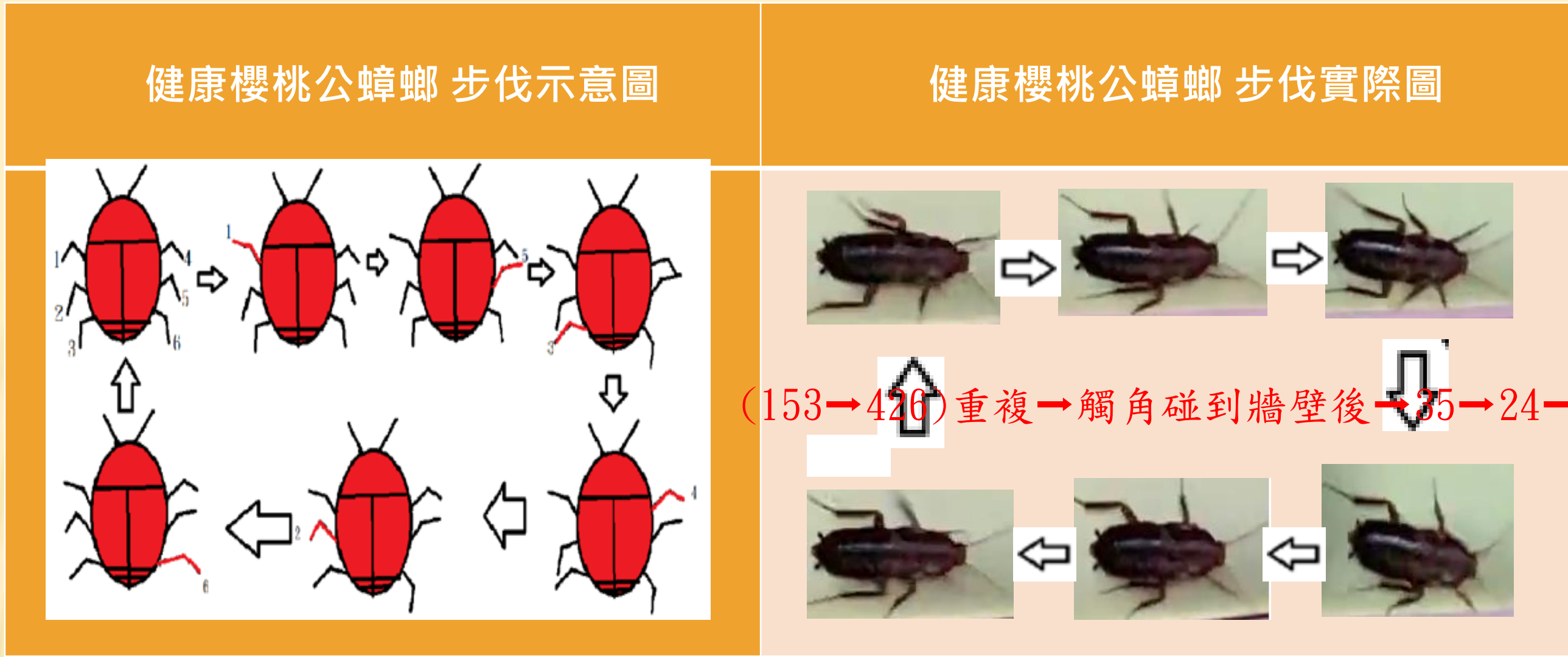
## 陸、研究結果與討論

### 一、不同蟑螂在正常狀況下的步伐擺動

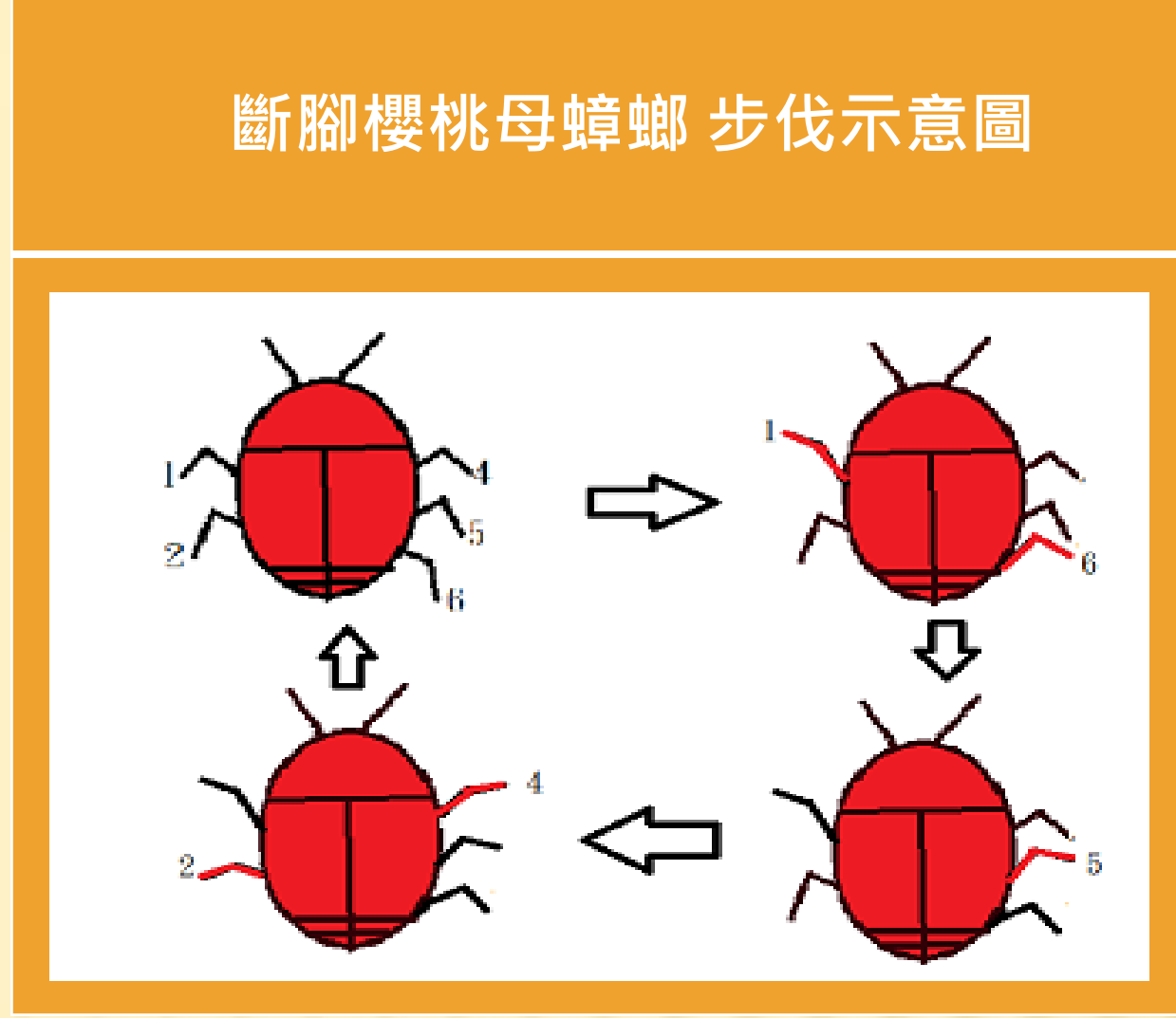
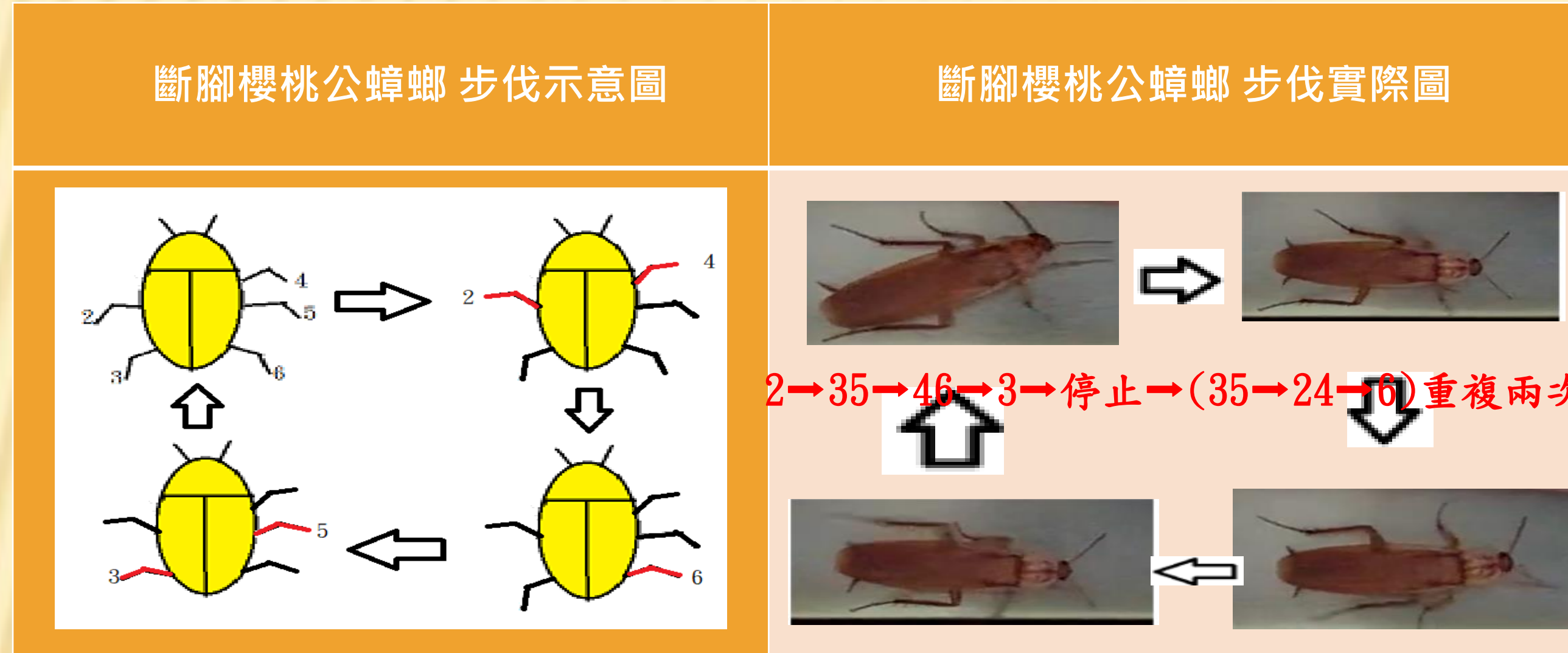


5 → 261 → (153 → 426)重複

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



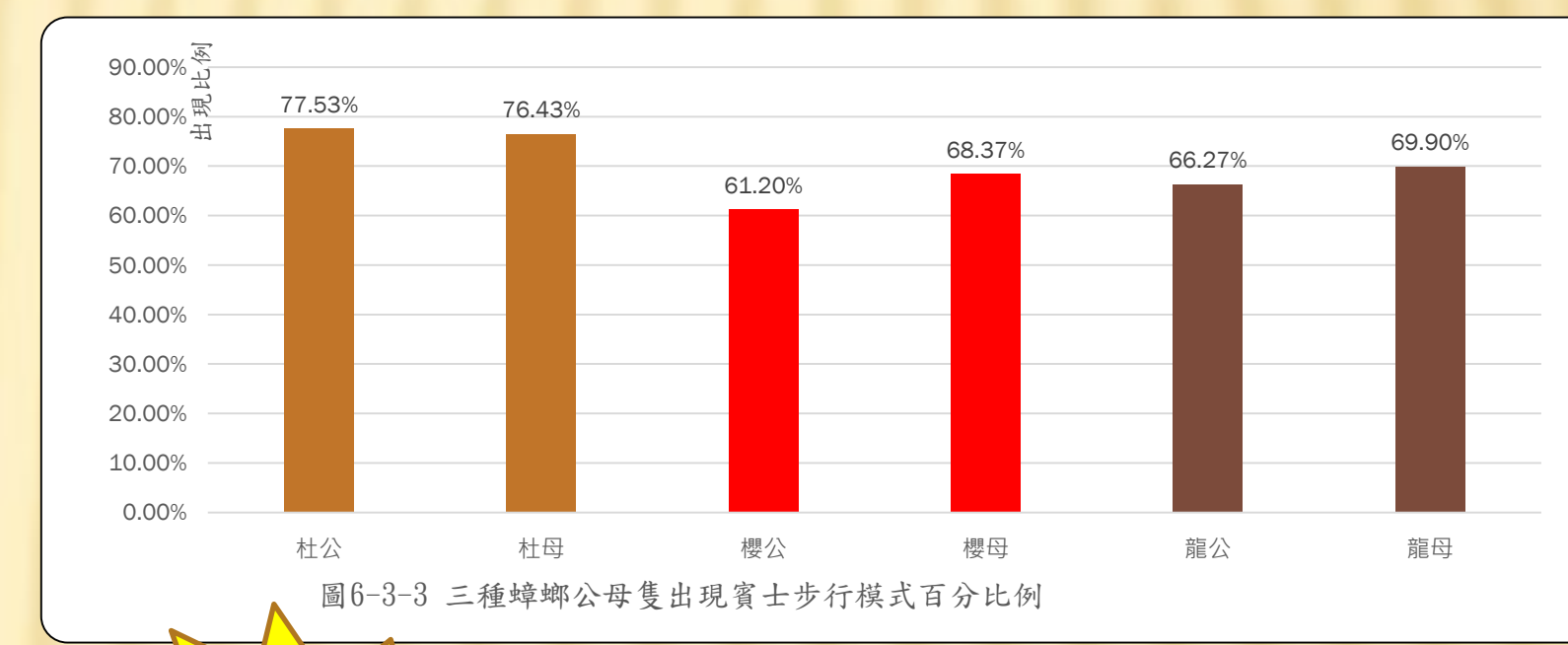
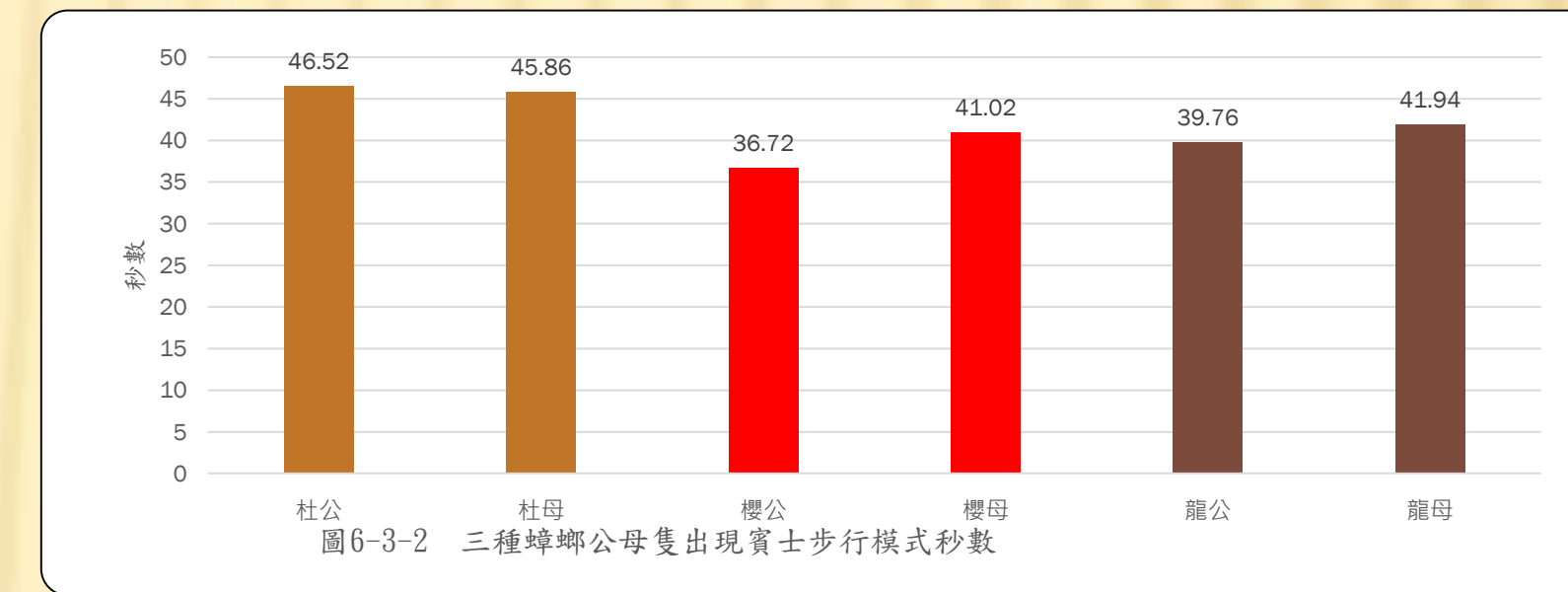
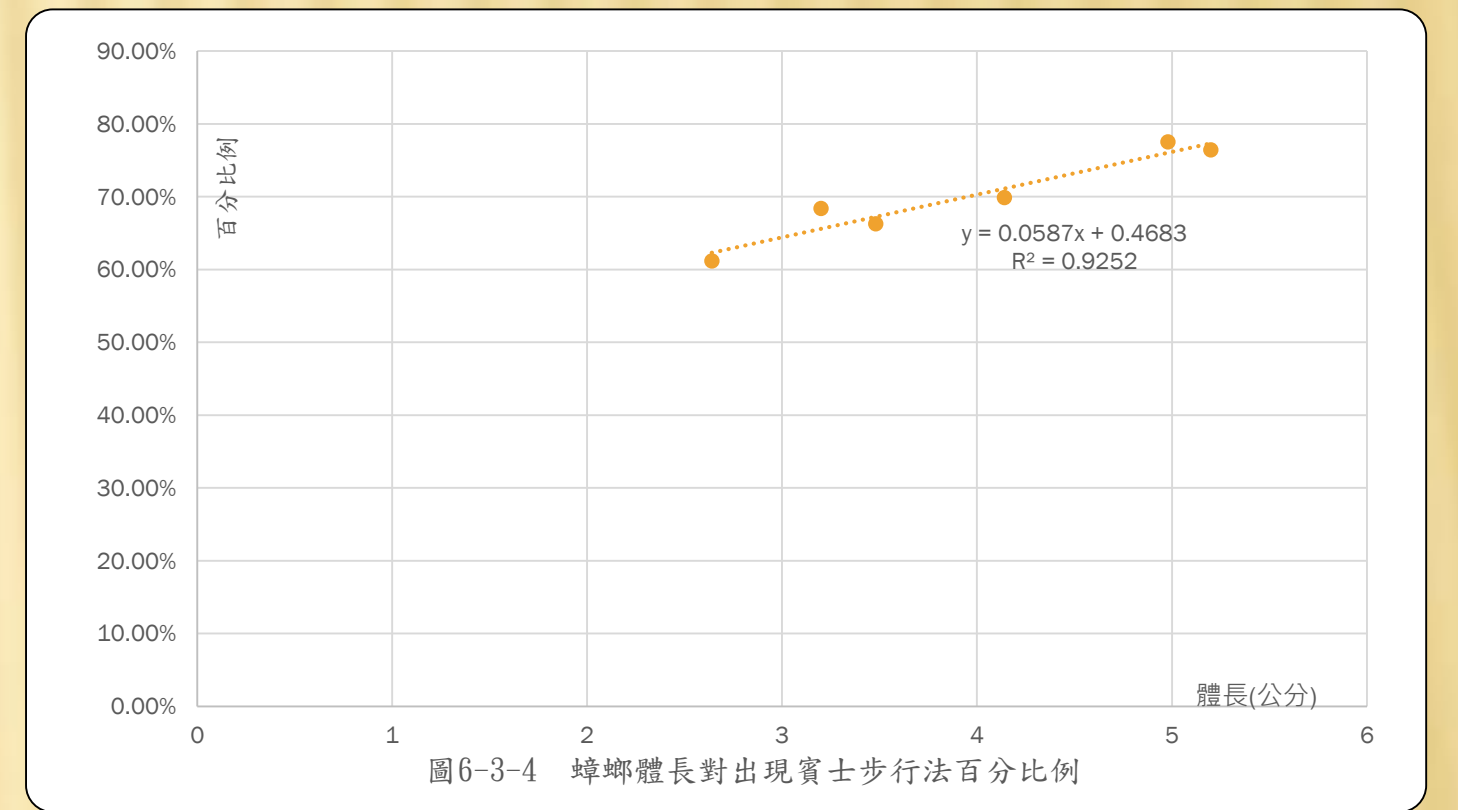
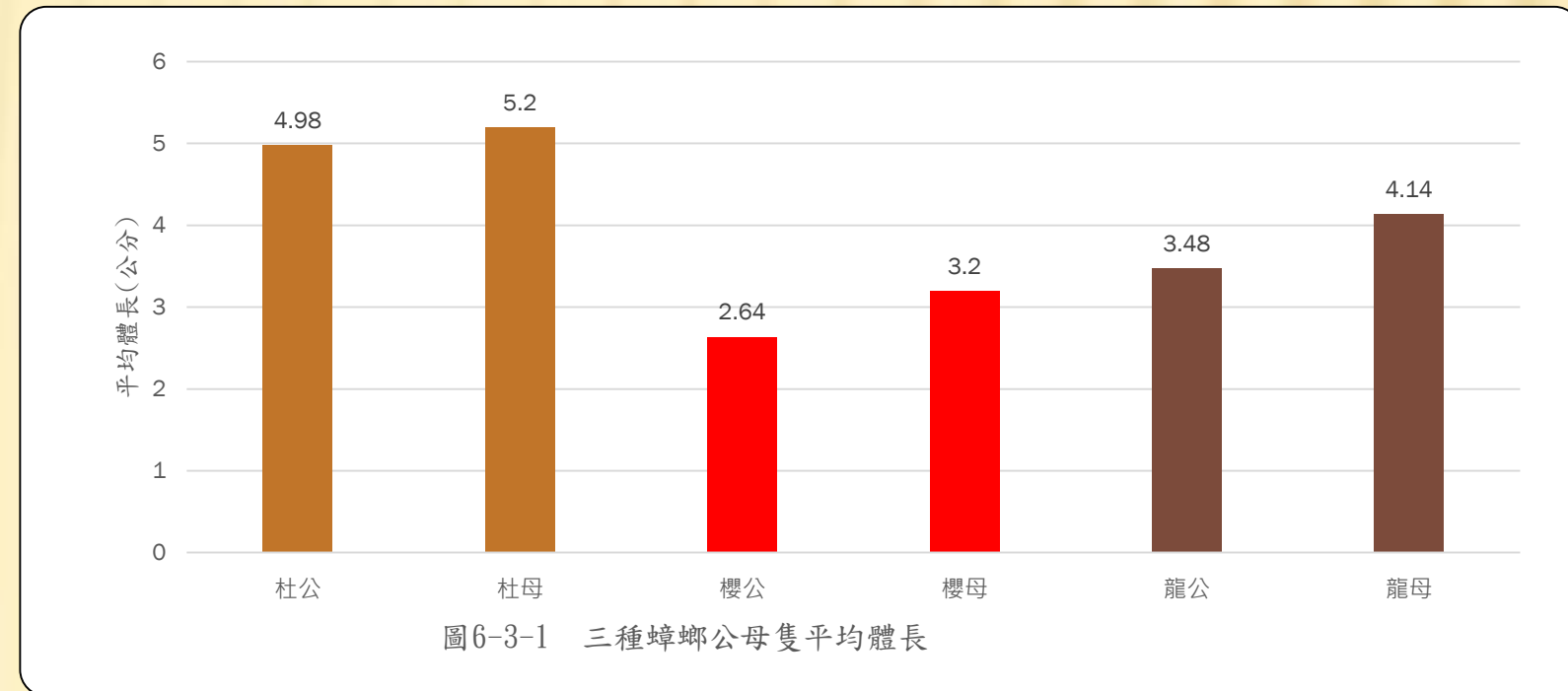
**二、不同蟑螂在斷腳的狀況下的步伐擺動**



**三、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%	

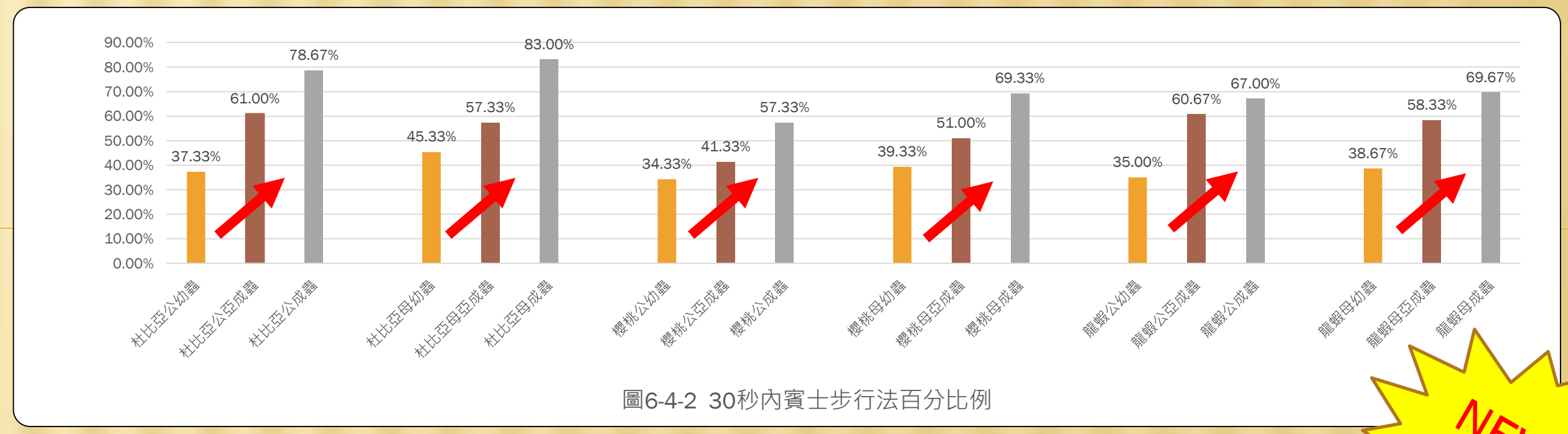
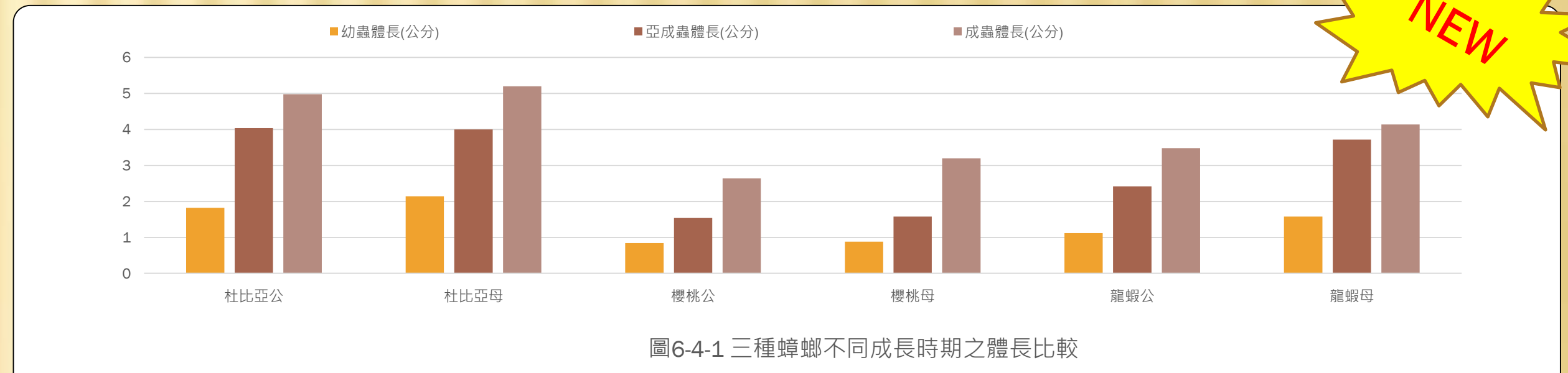


由此段分析，我們發現：  
 一、由圖6-3-1，發現實驗中所使用的三種蟑螂其雌蟲個體體長都大於同種類的雄蟲個體；若不分性別來分析，則體型大小則為杜比亞蟑螂>龍蝦蟑螂>櫻桃蟑螂。  
 二、由圖6-3-2、6-3-3，發現在30段一分鐘的影片中，不同種類與不同性別出現賓士步行法的秒數皆超過60%以上，顯示賓士步行法為主要的步行模式。  
 三、由圖6-3-4，我們若以所有參與拍攝的30隻蟑螂中，以體長當X軸資料，出現賓士步行法的百分比做為Y軸資料進行相關分析，得到當蟑螂的體長越長，其出現賓士步行法的百分比越高，兩者呈現線性相關，相關係數達到.92以上，屬於高度正相關。

**四、賓士步行法出現百分比與三種蟑螂於幼蟲、亞成蟲、成蟲的關係**

蟑螂種類	隻數	體長(公分)			平均體長	幼蟲平均體長	亞成蟲平均體長	成蟲平均體長
		幼蟲	亞成蟲	成蟲				
杜比亞公	5	1.8	3.8	5.2	4.98	1.82公分	4.04公分	4.98公分
		1.9	4.2	4.8				
		1.6	4.1	4.5				
		1.9	3.9	5.3				
		1.9	4.2	5.1				
杜比亞母	5	1.9	3.3	5.4	5.2	2.14公分	4.00公分	5.2公分
		2.1	3.6	5.5				
		2.2	4.5	5.7				
		2.2	4.4	4.6				
		2.3	4.2	4.8				
櫻桃公	5	0.7	1.2	2.5	2.64	0.84公分	1.54公分	2.64公分
		0.8	1.8	2.3				
		1.0	1.6	2.7				
		0.9	1.5	2.9				
		0.8	1.6	2.8				
櫻桃母	5	0.9	1.4	3.2	3.2	0.88公分	1.58公分	3.20公分
		0.8	1.5	3.3				
		0.7	1.8	3.5				
		0.7	1.6	3.1				
		0.6	1.6	2.9				
龍蝦公	5	1.1	2.3	3.2	3.48	1.12公分	2.42公分	3.48公分
		1.2	2.5	3.3				
		1.1	2.4	3.8				
		1.0	2.3	3.9				
		1.5	3.6	3.8				
龍蝦母	5	1.7	3.7	4.2	4.14	1.58公分	3.72公分	4.14公分
		1.6	3.7	4.1				
		1.5	3.8	4.3				
		1.6	3.8	4.3				

蟑螂種類	時期	30秒內出現賓士步行法秒數	30秒內賓士步行法百分比
杜比亞公	幼蟲	11.2	37.33%
	亞成蟲	18.3	61.00%
	成蟲	23.6	78.67%
杜比亞母	幼蟲	13.6	45.33%
	亞成蟲	17.2	57.33%
	成蟲	24.9	83.00%
櫻桃公	幼蟲	10.3	34.33%
	亞成蟲	12.4	41.33%
	成蟲	17.2	57.33%
櫻桃母	幼蟲	11.8	39.33%
	亞成蟲	15.3	51.00%
	成蟲	20.8	69.33%
龍蝦公	幼蟲	10.5	35.00%
	亞成蟲	18.2	60.67%
	成蟲	20.1	67.00%
龍蝦母	幼蟲	11.6	38.67%
	亞成蟲	17.5	58.33%
	成蟲	20.9	69.67%



**五、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
- 杜比亞母蟑螂  
2右→2左1上→2上→1左→stop→1上→2右→1左→2上→2右→結尾(大都靜止或是微小擺動)
  - 杜比亞公蟑螂  
1上2右→2左→1右→2右1上→1左→2上→1上2右→結尾(大都靜止或是微小擺動)
  - 櫻桃母蟑螂  
1右→2左→1上→2右→1左→2上→2右→1上→1右→2上→結尾(大都靜止或是微小擺動)
  - 櫻桃公蟑螂  
stop→1左→2右→1左2上→1上→2右→1右→2左→1上→2右→結尾(大都靜止或是微小擺動)
  - 龍蝦母蟑螂  
stop→1左2右→stop→1右→1上→2上→1左→2右1上→2上1左→結尾(大都靜止或是微小擺動)
  - 龍蝦公蟑螂  
stop→1右2上→1上→2上→1左→2右1上→stop→結尾(大都靜止或是微小擺動)

2. 三種蟑螂在有食物狀態的觸角擺動模式

