

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-生物科

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：—昆蟲馬拉松昆蟲步行模式建立之研究—

關 鍵 詞：昆蟲、步行模式

編 號：030319

學校名稱：

屏東縣立明正國民中學

作者姓名：

臧 傑、李昕龍、林上軒、吳曜宗

指導老師：

陳盈吉、莊媛媛



目 錄

摘要-----	02
壹、研究動機-----	03
貳、研究目的-----	03
參、實驗材料-----	04
肆、實驗方法	
一、普通步行-----	05
二、食物引誘-----	05
三、驚嚇-----	06
四、攻擊-----	06
五、紀錄方法-----	07
伍、研究結果	
一、有規律的步行模式－普通步行-----	08
二、有規律的步行模式－食物引誘-----	12
三、有規律的步行模式－驚嚇-----	12
四、有規律的步行模式－攻擊-----	14
五、昆蟲轉彎時的步行模式-----	14
六、有規律的步行模式－斷了一隻腳的昆蟲步足模式-----	18
七、昆蟲的步足分析-----	19
陸、討論-----	22
柒、結論-----	25
捌、參考資料-----	26
玖、附錄-----	27

摘 要

我們想要了解昆蟲在一般情形、食物引誘、驚嚇及遭遇其他昆蟲時的足步運動。經過實際觀察螻蛄、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。我們發現昆蟲在步行時，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。在實驗中我們也發現斷腳昆蟲也有其特定的步行模式。

壹、研究動機

記得有一次，我在客廳吃水果時，水果掉到了桌子底下，正當我彎下了腰，要將水果撿起來時，突然看見一隻小蟲子，在水果的附近爬行。我嚇了一跳，便拿起了腳上的拖鞋來打這一隻蟲，正要打下去時，發現他的腳步突然變快，足步的運動也不太相同。我們人類平常用兩隻腳交替作有規則的運動，我想昆蟲的行動是不是也有規律？牠們在不同情形下運動方式是否不同？剛好生物實驗課做了後像的實驗，用一張兩面有圖案的卡片上下打洞，用橡皮筋綁起來轉 10 圈以上，放開後我們就看到好像大象踩在球上一樣。我想到昆蟲的步行好像可以用相反的方式，把連續的動作分解成圖片，紀錄它們的步行情形。爲了深入了解，便和同學一起來研究昆蟲的足步運動。

貳、研究目的

- 一、了解昆蟲在普通的情況下所使用的足步運動
- 二、了解昆蟲在有食物引誘的情況下所使用的足步運動
- 三、了解昆蟲在驚嚇的情況下所使用的足步運動
 - (一)以輕拍的方式刺激昆蟲
 - (二)以吹氣的方式刺激昆蟲
 - (三)以觸摸的方式刺激昆蟲
- 四、了解昆蟲在攻擊的情況下所使用的足步運動
 - (一)遭遇同種類的昆蟲
 - (二)遭遇不同種類的昆蟲
- 五、昆蟲運動轉彎時的步足模式

參、實驗材料

一、昆蟲

(一) 螻蛄(*Gryllotalpa fossor*)

螻蛄其前足特化成耙型適合土中開路。平時則穴居於地底隧道中。屬於雜食性昆蟲。體長 30~35mm。為不完全變態的昆蟲。

(二) 美洲蟑螂(*Periplaneta americana*)

頭至翅端長 37-45mm。胸部前半部褐色，後半部橙黃色;翅膀全面紅褐色。本種是居家室內最常見的世界共通種蟑螂，腳細長，適合疾走。

(三) 黃斑黑蟋蟀(*Gryllus bimaculatus*)

雄成蟲體長 21~27 毫米，雌成蟲 20~26 毫米。身體黑色，翅棕色至黑色，翅基部具黃斑。臺灣南部的族群數量比北部多，一年發生四代，黃斑黑蟋蟀為不完全變態的昆蟲。

(四) 獨角仙(*Allomyrina dichotomus*)

體長雄約 4.0~5.5 公分，雌約 3.5~4.5；體色褐~黑褐色；雄蟲頭部有一雙叉鹿角突起，前胸背中央亦有一長角突起，尖端分叉。雌蟲無角類似大型金龜子。幼蟲生活在腐植土及朽木中；成蟲則吸食樹汁為生。為完全變態的昆蟲。

二、飼養箱數個

三、腐質土少許

四、食餌：玉米、小草、巧克力、餅乾、蜜糖（黑糖、水、酒、醋）

五、長方體壓克力隧道(100 cm×5 cm×5 cm)一個

六、Hi-8 攝影機一台

七、TOSHIBA 電視一台

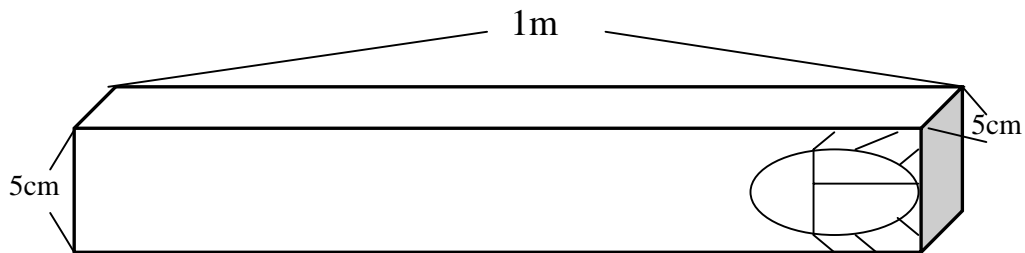
八、PANASONIC 錄放影機一台（具有飛梭功能）

九、相機一台

肆、實驗方法

一、普通步行

(一)將昆蟲放入隧道中。(如圖一)



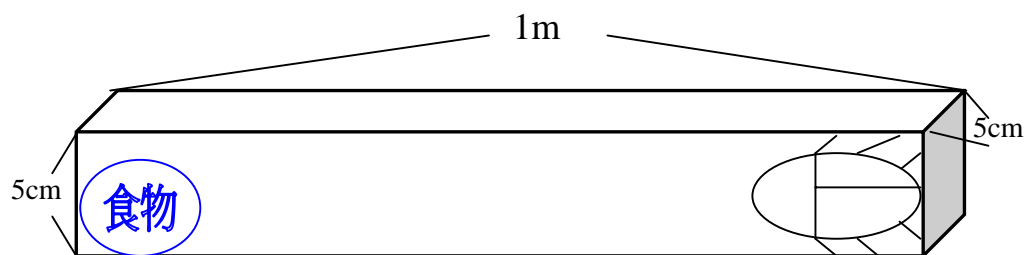
圖一：普通步行裝置圖

(二)等昆蟲開始運動，此時用攝影機拍攝牠的腳。

(三)觀察錄影帶中昆蟲的足步運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

二、食物引誘

(一)放入昆蟲，並將食物（表一）放在隧道另一端如圖。(如圖二)



圖二：食物引誘裝置圖

表一：昆蟲種類及引誘食物對照表

昆蟲種類	螻蛄	蟑螂	蟋蟀	獨角仙
食物	無	蜜糖	玉米	蜜糖

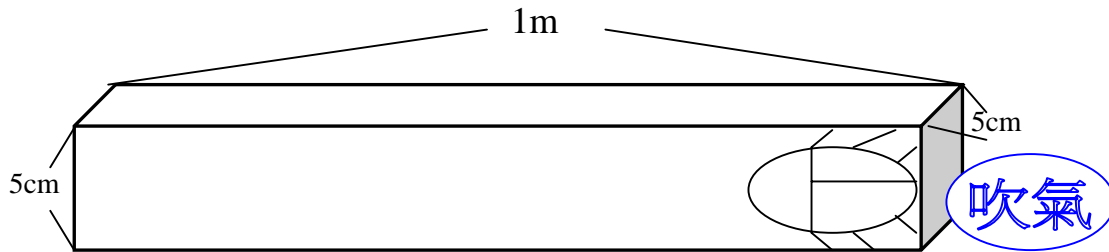
(二)等昆蟲開始行走，此時用攝影機拍攝牠的腳。

(三)觀察錄影帶中昆蟲的足步運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

三、驚嚇

(一)輕吹

1. 放入昆蟲，在昆蟲的背後吹氣。(如圖三)

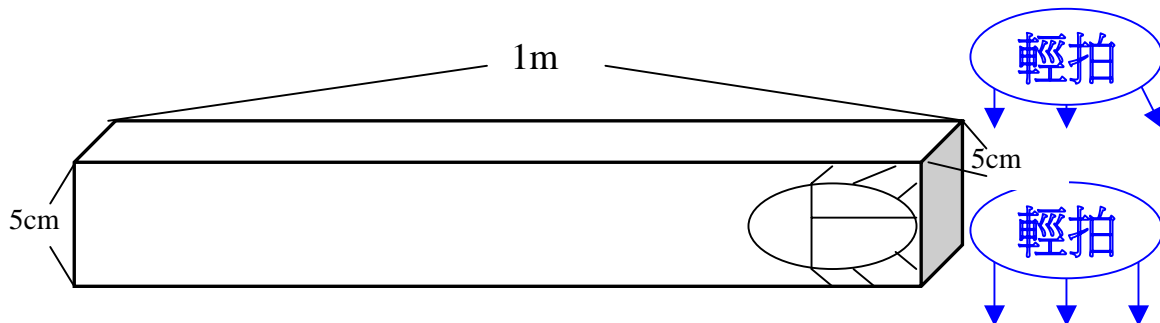


圖三：吹氣驚嚇裝置圖

2. 等昆蟲開始行走，此時用攝影機拍攝牠的腳。
3. 觀察錄影帶中昆蟲的足步運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

(二)輕拍

1. 放入昆蟲，輕輕拍打桌面。(如圖四)



圖四：輕拍驚嚇裝置圖

2. 等昆蟲開始行走，此時用攝影機拍攝牠的腳。
3. 觀察錄影帶中昆蟲的足步運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

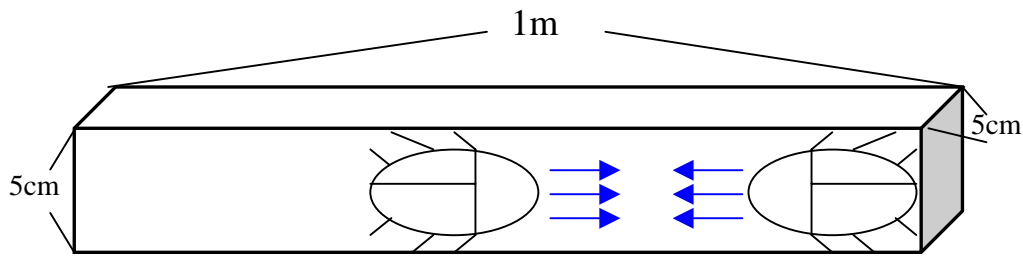
(三)觸摸

1. 放入昆蟲，輕觸昆蟲身體。
2. 等昆蟲開始行走，此時用攝影機拍攝牠的腳。
3. 觀察錄影帶中昆蟲的足步運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

四、攻擊

(一)同種昆蟲

1. 放入昆蟲，並多加一隻同種昆蟲觀察其足步運動。(如圖五)

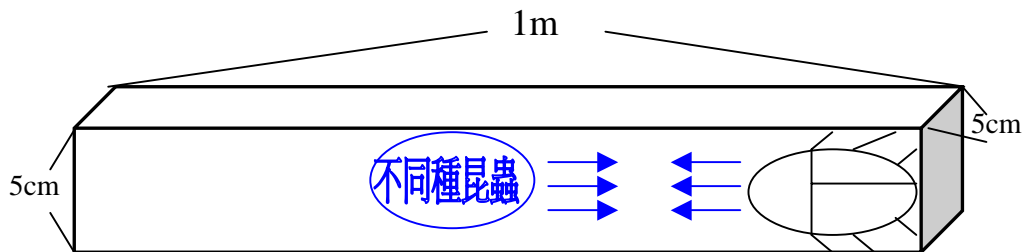


圖五：遭遇同種生物的反應裝置圖

2. 等昆蟲開始運動，此時用攝影機拍攝牠的腳。
3. 觀察錄影帶中昆蟲的足步運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

(二) 不同種昆蟲

1. 放入昆蟲，並多加一隻不同種昆蟲觀察其足步運動。(如圖六)

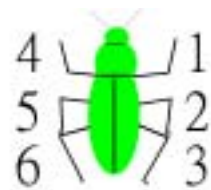


圖六：遭遇不同種類的反應裝置圖

2. 等昆蟲開始運動，此時用攝影機拍攝牠的腳。
3. 觀察錄影帶中昆蟲的足部運動，並將牠腳的使用順序記錄在記錄表上。

六、紀錄方法

- (一) 將昆蟲的六隻腳分別編號。(如圖七)
- (二) 使用 PANASONIC 錄放影機的飛梭功能，使我們用正常速度拍攝的錄影帶可以像底片一樣，每一個畫面每一個畫面撥放，撥放的速度由我們來控制。
- (三) 紀錄錄影帶撥放時，昆蟲使用腳的順序，並且觀察有沒有規律。
- (四) 將結果紀錄在紀錄表上。



圖七：昆蟲腳的編號

伍、研究結果

在我們將所記錄的結果進行分析的時後，所採取的方式是將結果中【有規律】的部分挑選出來進行分析及整理。

一、有規律的步行模式－【普通步行】

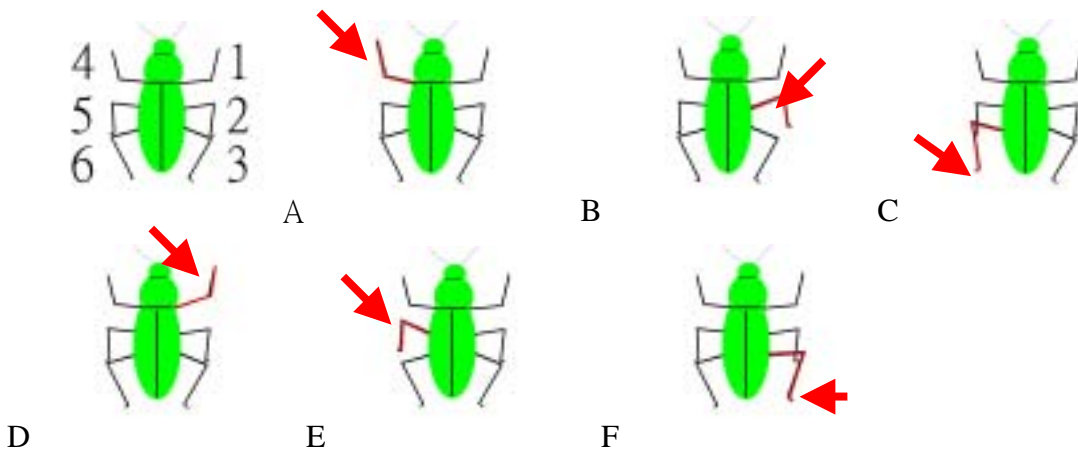
(一) 螻蛄

(1) 4→2→6→1→5→3→反覆進行(圖八)

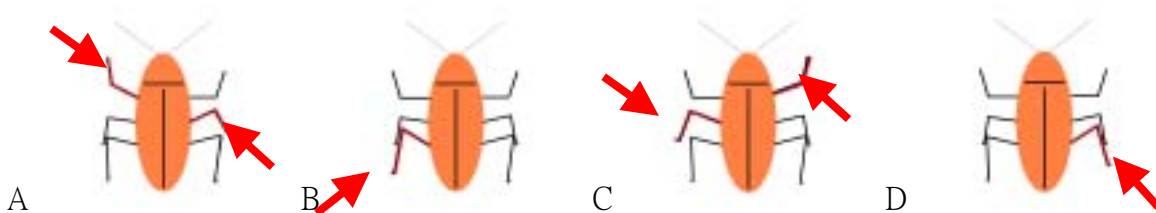
(2) 42→6→15→3→反覆進行(圖九)

(3) 153→426→反覆進行(圖十)

賓士步行法(圖十一)：因昆蟲之步行形狀(135→426)類似賓士汽車的標誌，所以稱「賓士步行法」。



圖八：4→2→6→1→5→3 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



圖九：42→6→15→3 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



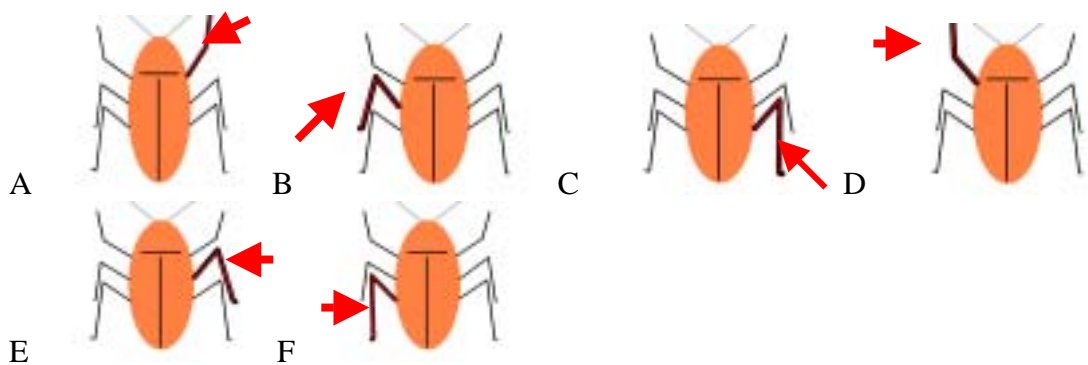
圖十：153→426 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



圖十一：賓士步行法

(二) 蟑螂

- (1) 15→3→42→6→反覆進行(圖九)
- (2) 153→426→反覆進行(圖十)
- (3) 1→5→3→4→2→6→反覆進行(圖十二)

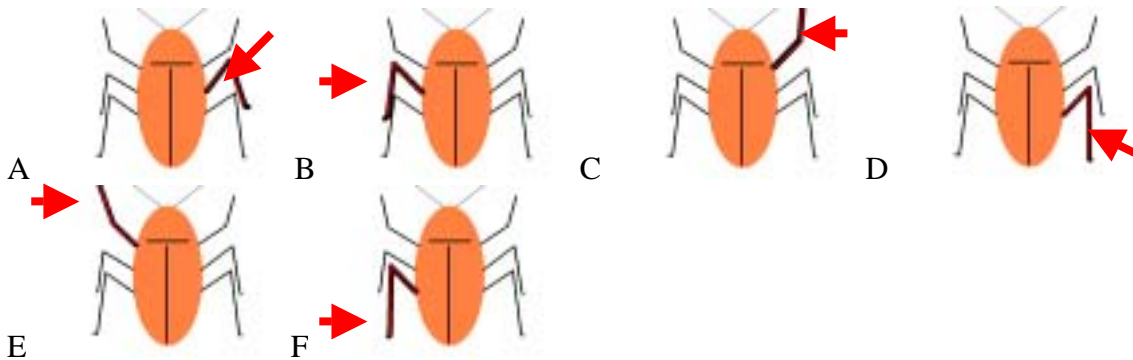


圖十二：1→5→3→4→2→6 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

(三) 蟋蟀

(1) 15→3→42→6→反覆進行(圖九)

(2) 2→5→1→3→4→6→反覆進行(圖十三)



圖十三：2→5→1→3→4→6 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

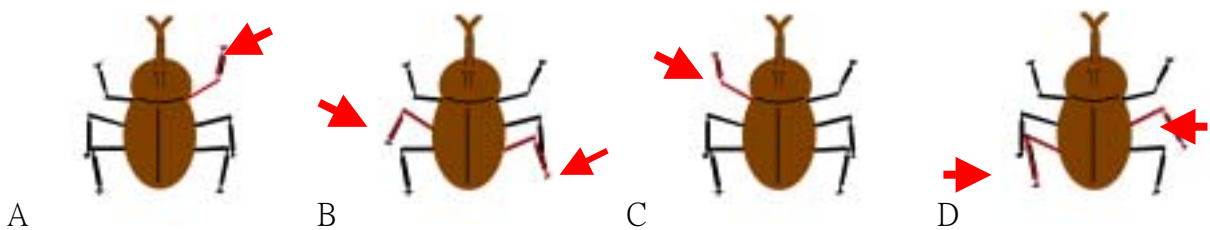
(四) 獨角仙

(1) 1→53→4→26→反覆進行(圖十四)

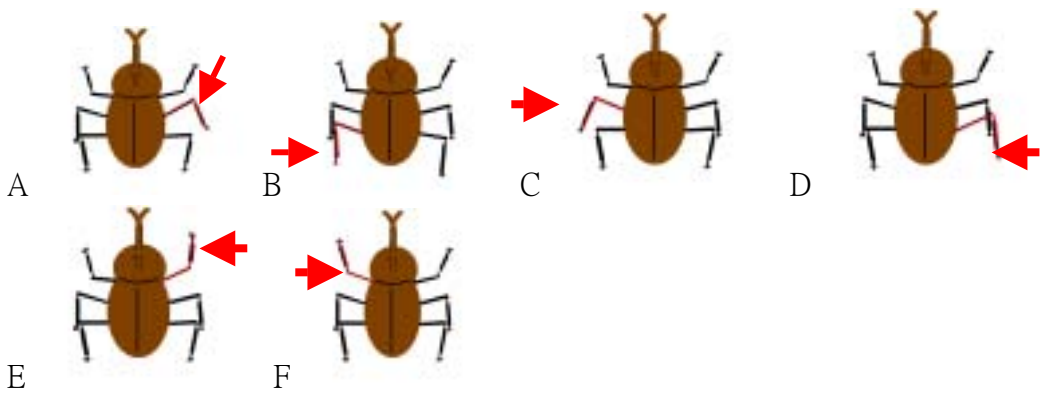
(2) 2→6→5→3→1→4→反覆進行(圖十五)

(3) 15→3→4→26→反覆進行(圖十六)

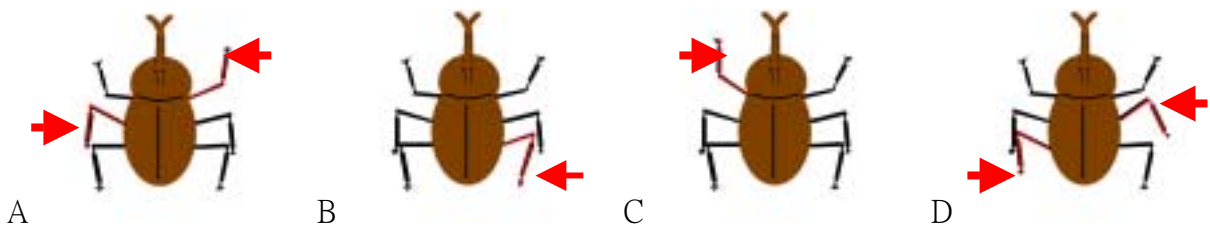
(4) 3→2→16→5→43→2→畫底線處反覆進行(圖十七)



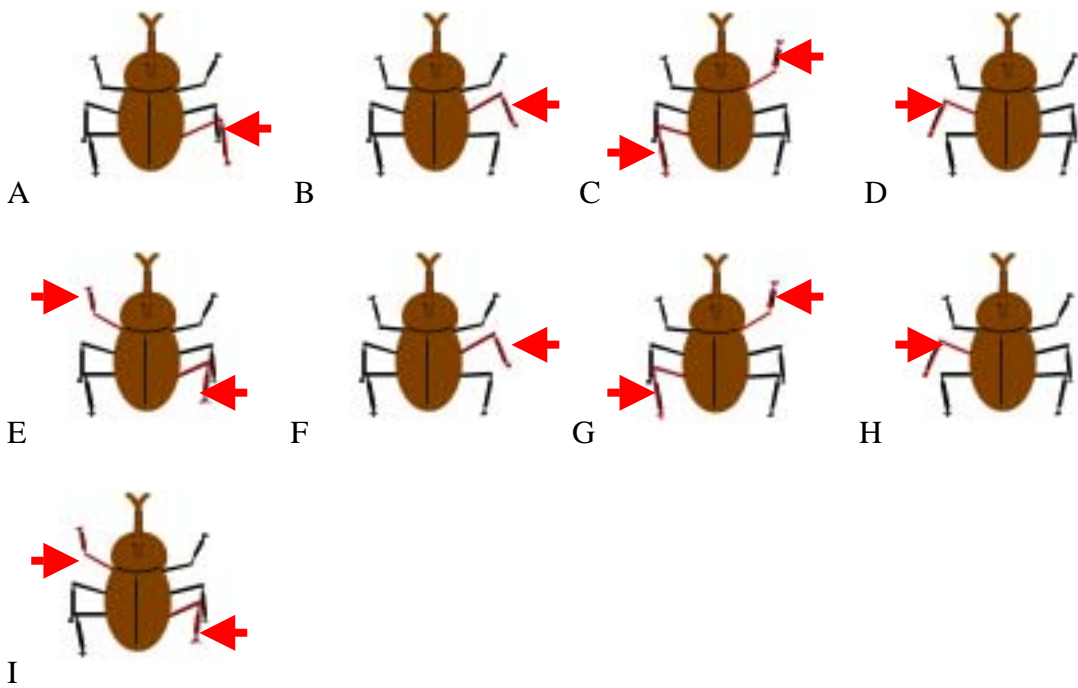
圖十四：1→53→4→26 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



圖十五：2→6→5→3→1→4 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



圖十六：15→3→4→26 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



圖十七：3→2→16→5→43→2→16→5→43 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

二、有規律的步行模式－食物引誘

(一) 蟑螂

(1) 1→5→3→4→2→6→反覆進行(圖十三)

(二) 蟋蟀

(1) 1→5→3→4→2→6→反覆進行(圖十三)

(三) 獨角仙

(1) 135→426→反覆進行(圖十)

三、有規律的步行模式－【驚嚇】

(一) 吹氣

(1) 蟑螂

42→6→15→3→反覆進行(圖九)

(2) 蟋蟀

42→6→15→3→反覆進行(圖九)

135→426→反覆進行(圖十)

(二) 輕拍

(1) 蟑螂

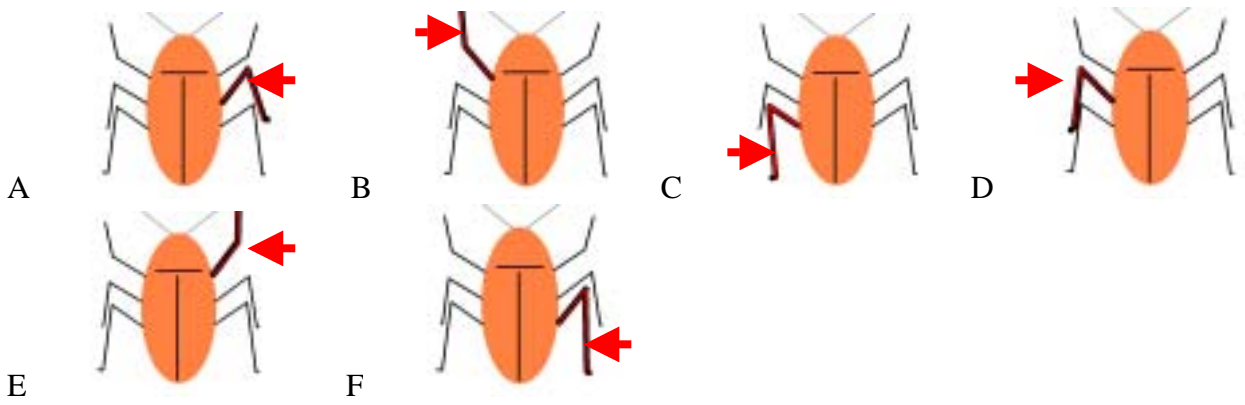
42→6→15→3→反覆進行(圖九)

1→53→4→26→反覆進行(圖十四)

(2) 蟋蟀

1→53→4→26→反覆進行(圖十四)

2→4→6→5→1→3→反覆進行(圖十八)



圖十八：2→4→6→5→1→3 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

(三)觸摸

(1) 蟑螂

15→3→4→26→反覆進行(圖十六)

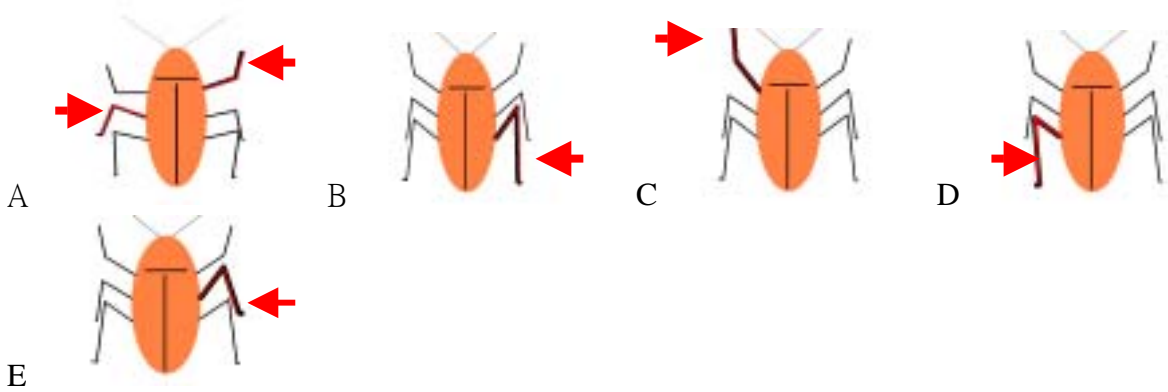
(2) 蟋蟀

1. 42→6→15→3→反覆進行(圖九)

2. 153→426→反覆進行(圖十)

3. 15→3→46→2→反覆進行(十四)

4. 15→3→4→6→2→反覆進行(圖十九)



圖十九：15→3→4→6→2 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

(3) 獨角仙

153→426→反覆進行(圖十)

四、有規律的步行模式－攻擊

(一) 遭遇同種昆蟲

1. 螻蛄和螻蛄

4→2→6→1→5→3(圖八)

2. 蟋蟀和蟋蟀

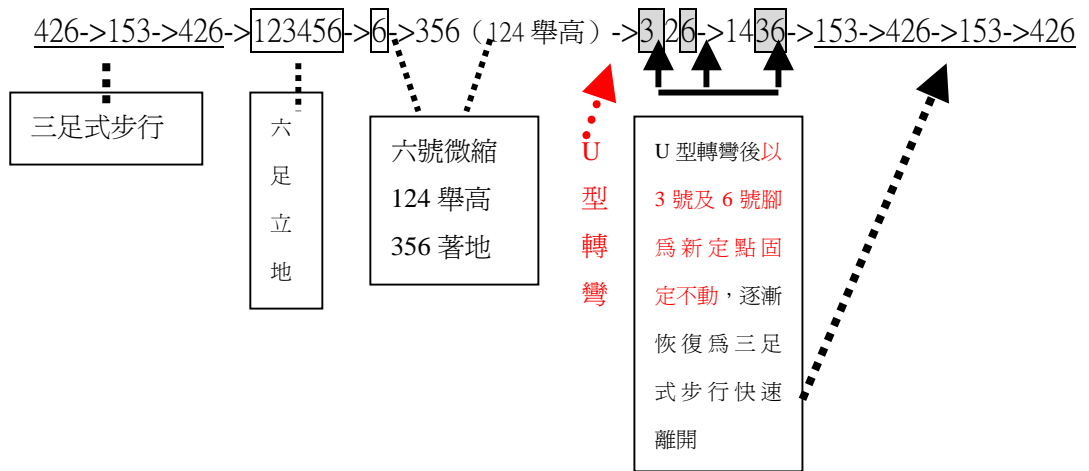
無規律

五、昆蟲轉彎時的步足模式

在我們觀察的過程中，意外的發現有些昆蟲在轉彎的時後會有固定的步足模式出現，我們將這些結果分析如下：

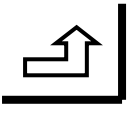
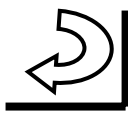

(一) U字型轉彎：

主要在美洲蟑螂吹氣的實驗中發現，我們觀察到蟑螂快速在跑時，突然對其吹氣，牠會立即地往吹氣的反方向U型轉彎而逃走，在U型轉彎的時後，蟑螂的動作是非常迅速的。出現的步足模式為：



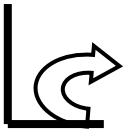
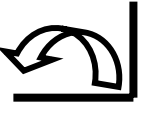
(二) 直角型轉彎：

直角型轉彎我們主要在於美洲蟑螂、螻蛄、蟋蟀的步行模式中，在進行此模式時其運動速度是快的，我們總共觀察到三個方向的直角轉彎，試著以下表來進行表示：

直角方向	昆蟲種類	直角型轉彎步足模式（有重覆規律）	規律情形
	蟑螂	123456->5->46->2->4->13->5->42->6->153->426 123456->15->5->356->2356->235->153->426	1.六隻腳先著地 2.以靠近轉彎側的中間腳先移動
	蟋蟀	3->26->1->4->5->426->1->5（靜止） 25->6->1->4->26->1->3>2->5->1->46->26->1->4	較無規律。
	蟋蟀	15->2->43->16->5->4->2->16->2->5->15->46->2->5	較無規律。
	螻蛄	2->5->3->6->2->5->3->6->25->3->6->2->53->426->153->426	重複 2->5->3->6
	蟑螂	123456->2->126（3 微動）->4	1.六隻腳先著地 2.以靠近轉彎側的中間腳先移動

(三) 探索型轉彎

在這個模式中，我們主要是由蟑螂與獨角仙所觀察到，牠們進行此步行模式時的速度都較慢，像是在探索前方的道路，所以我們把它取名為探索型轉彎。其模式如下

直角方向	昆蟲種類	探索型轉彎步足模式 (有重覆規律)	規律情形
	蟑螂	1->3->123456->1->1->4->4->1->4->26	123456->1->1->4->4->1->4- 以上這個模式好像是在調整前進的方向
	獨角仙	1->4->2->5->1->4->1->4->2->5->2->5	1.先撥動 1 號及 4 號腳 2.再撥動 2 號及 5 號腳

表二：昆蟲規律步行和實驗操作對照表

昆蟲種類		螻蛄	蟑螂	蟋蟀	獨角仙
影響條件					
普通步行		(1)4→2→6→1→5→3(圖八) (2) 42→6→15→3→(圖九) (3) 135→426(圖十)	(1) 42→6→15→3(圖九) (2)135→426(圖十) (3)1→5→3→4→2→6	(1) 42→6→15→3(圖九) (2) 2→5→1→3→4→6(圖十三)	(1) 1→53→4→26(圖十四) (2) 2→6→5→3→1→4(圖十五) (3) 15→3→4→26(圖十六) (4) 2→16→5→43(圖十七)
食物引誘		無實驗	1→5→3→4→2→6(圖十二)	4→2→6→1→5→3(圖十五)	15 3 →426(圖十)
驚嚇	吹氣	錄影失敗	15→3→42→6(圖九)	(1)15→3→42→6(圖九) (2)135→426(圖十)	無反應
	輕拍	錄影失敗	(1) 42→6→15→3(圖九) (2)1→53→4→26(圖十四)	(1) 1→53→4→26(圖十四) (2) 2→4→6→5→1→3(圖十八)	無反應
	觸摸	錄影失敗	15→3→4→26(圖十六)	(1)42→6→15→3(圖九) (2)153→426(圖十) (3)15→3→46→2(圖十四) (4)15→3→4→6→2(圖十九)	153→426(圖十)
攻擊	同種蟲	(1)4→2→6→1→5→3(圖八)	無反應	無規律	無實驗
	異種蟲	無實驗	無反應	無反應	無實驗

五、有規律的步行模式－【斷了一隻腳的昆蟲步足模式】

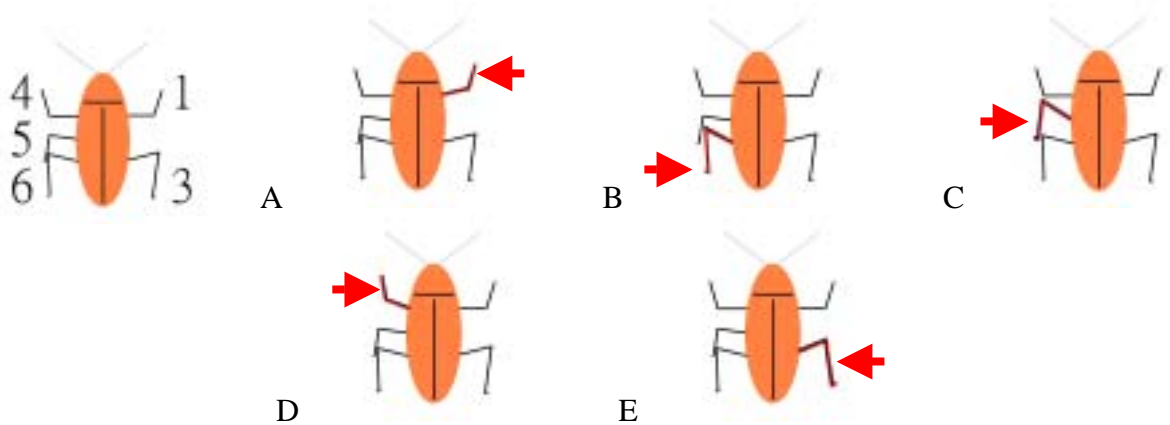
在尋找昆蟲材料的時候，抓到一隻5腳蟋蟀和一隻5腳蟑螂，所以順便觀察了五隻腳的昆蟲牠們的步足模式。

(一) 蟑螂(圖十九，少2號腳)

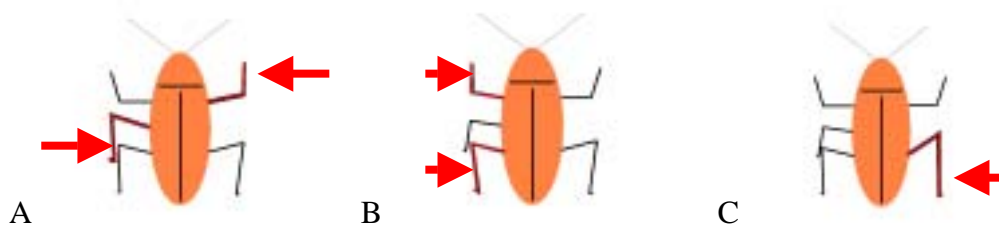
(1) 1→6→5→4→3→反覆進行(圖二十)

(2) 15→46→3→反覆進行(圖二十一，附錄圖一)

3號腳離地時間最少，無法快速前進



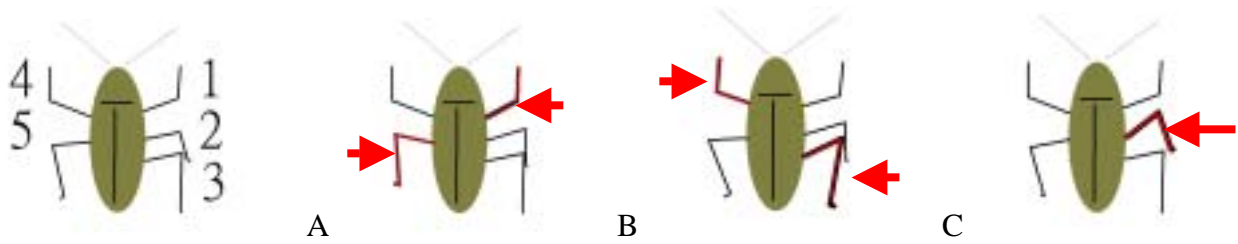
圖二十：1→6→5→4→3 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳



圖二十一：15→46→3 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

(二) 蟋蟀(圖二十二，少 6 號腳)

15→34→2→反覆進行(圖二十一)



圖二十二：15→34→2 之步行示意圖，紅線箭頭表示移動的腳

六、昆蟲的步足分析

(一)前腳：第 1 和 4 號腳

中間的腳：第 2 和 5 號腳

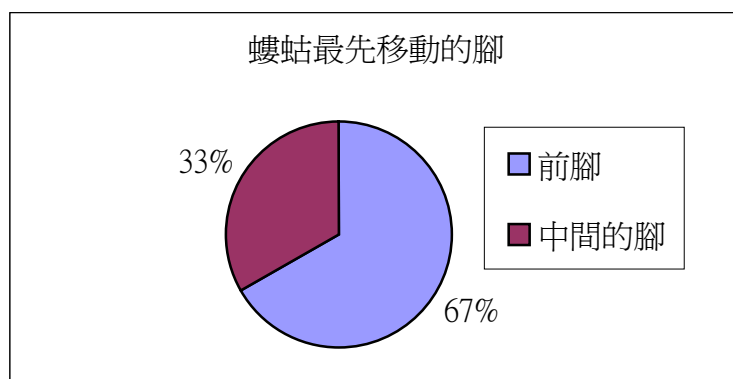
後腳：第 3 和六號腳

(二)計算的時候以果有兩三隻腳同時移動，就算在最前面移動的那隻腳，只紀錄一次。

(三)計算數據包含步行無規律的結果。

(四) 螻蛄在紀錄中有三次結果，有二次是前腳先動(2 次由 4 號腳先動一步行、打鬥)，一次是由 5 號腳先動(步行)。(圖二十三)

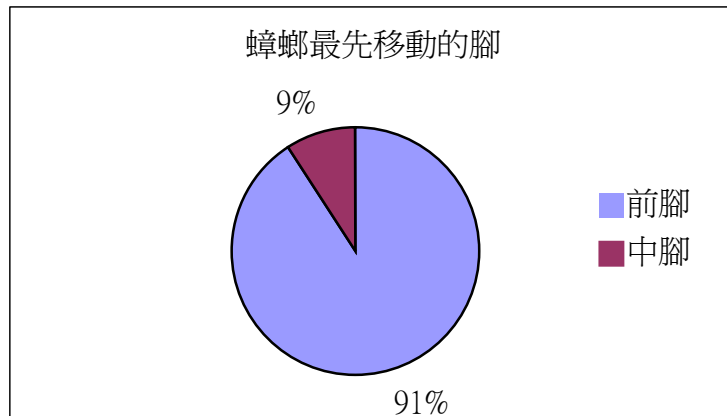
結果記錄次數	1	2	3
步行先出腳順序	4	5	4
步行分析	前腳	中腳	前腳



圖二十三：螻蛄第一步移動的腳以前腳為主

(五) 蟑螂在紀錄中有十一次結果，有十次是前腳先動(8次由1號腳、2次由4號腳先動)，一次是由5號腳先動(爬牆—無規律)。(圖二十四)

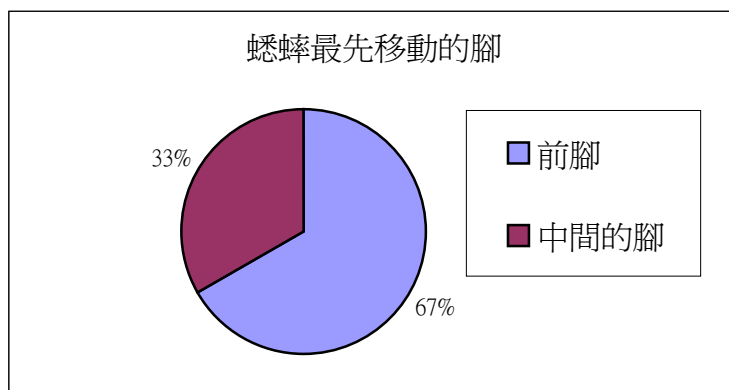
結果記錄次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
步行先出腳順序	1	1	1	4	1	5	1	1	4	1	1
步行分析	前腳	前腳	前腳	前腳	前腳	中腳	前腳	前腳	前腳	前腳	前腳



圖二十四：蟑螂第一步移動的腳以前腳為主

(六) 蟋蟀在紀錄中有十五次結果，有十次是前腳先動(5次由1號腳、5次由4號腳先動)，5次是由2號腳先動(三次普通步行—兩次反覆進行，一次無規律，一次吹氣—無規則，一次輕拍—反覆進行)。(圖二十五)

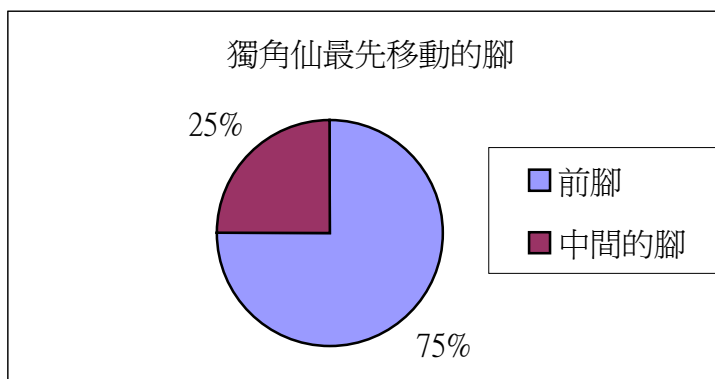
結果記錄次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
步行先出腳順序	1	1	2	2	1	1	4	4	4	4
步行分析	前腳	前腳	中腳	中腳	前腳	前腳	前腳	前腳	前腳	前腳
結果記錄次數	11	12	13	14	15					
步行先出腳順序	2	4	2	2	1					
步行分析	中腳	前腳	中腳	中腳	前腳					



20
圖二十五：蟋蟀第一步移動的腳以前腳為主

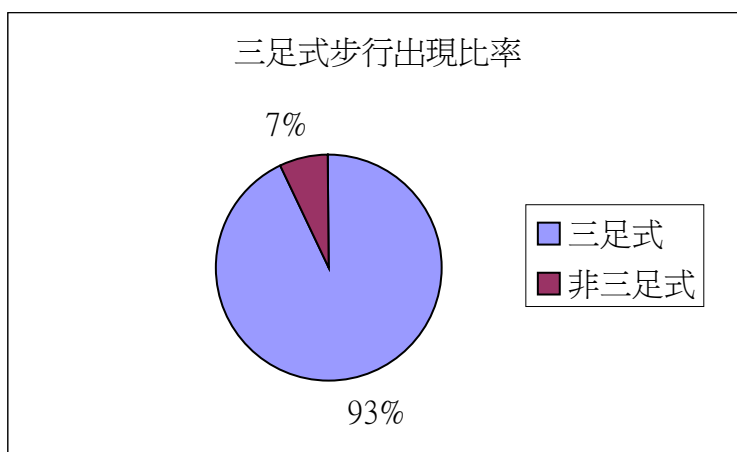
(六) 獨角仙紀錄中有四項結果，有三次由 1 號腳、一次以 2 號腳先動（獨角仙步行一反覆進行一桌面上）。(圖二十六)

結果記錄次數	1	2	3	4
步行先出腳順序	1	1	1	2
步行分析	前腳	前腳	前腳	中腳



圖二十六：獨角仙第一步移動的腳以前腳為主

(八)在實驗中昆蟲以 1、5、3 號腳為一組，4、2、6 號腳為另一組輪流進行的步行模式我們稱為三足式步行。在有規律的步行模式裡三足式步行有 27 次，非三足式步行有 2 次。(圖二十七)



圖二十七：在規律的步行中三足式步行出現比率很高

陸、討論

一、昆蟲步行：

(一) 螻蛄：

(1)大部份以三足式步行。因為初次拍攝，所以技術不好，放影起來不清楚，所以不清楚速度，許多實驗的結果也沒辦法呈現。

(2)螻蛄的前腳和頭連在一起，所以出左腳頭向右彎，出右腳頭向左彎，走路時頭就會晃來晃去，有出現蛇行的現象，常常走偏，所以在馬路上行駛，蛇行會使車身偏斜，造成意外。

(二) 蟑螂：

(1)步行模式以三足式步行為主。步行速度的快慢大致是：驚嚇 > 步行 > 食物引誘，驚嚇中又以：吹氣 = 觸摸 > 輕拍。

(2)在觀察蟑螂步行的實驗中，我們發現蟑螂是唯一可以爬到壓克力隧道上的昆蟲，在爬上爬下的過程中，牠的後腳都是用來支撐身體。

(三) 蟋蟀：

(1)大部分以三足式步行來行動，但有一種步行模式(2→5→1→3→4→6)在其他昆蟲實驗沒有觀察到。

(2)步行速度的快慢大致是：驚嚇 > 步行 = 食物引誘

(3)驚嚇中又以：吹氣 > 觸摸 > 輕拍。

(四) 獨角仙：

(1)在步行中也有出現三足式步行。因為實驗環境何其生活環境不符合，無法明顯的看出步行速度的快慢。

(2) 在行走時曾經出現以 1、2、3 號腳為一組 4、5、6 號腳為另一組，交替輪流進行(圖十七，附錄圖二)，這樣的步行沒有在觀察其他昆蟲時發現。

(3)獨角仙都以前腳為主要的第一步，可能由於生活在樹上，必須爬樹的關係。因為我們在飼養的過程中，發現獨角仙都以前肢的爪抓住樹枝後，用類似吊單槓的方式爬到樹枝上。

二、 實驗操作

(一)普通步行：

- (1)昆蟲步行速度的快慢大致是，螻蛄>蟑螂>蟋蟀>獨角仙。
- (2)螻蛄被放在隧道裡就開始來回的爬行。所以我們觀察的昆蟲中除了螻蛄以外，其他昆蟲在隧道內步行的速度很慢，常常都只有動一隻腳，觸角不斷的擺動，而且經常用口器清理觸角，好像在熟悉環境。
- (3)獨角仙有每隻腳先端都有三隻尖銳的勾子(附錄圖三)，所以在平滑的實驗桌上不容易順利前進，所以我們還觀察獨角仙在土壤和地板上的普通步行，作為參考。

(二)食物引誘：

- (1) 昆蟲步行速度的快慢大致是，蟑螂>獨角仙>蟋蟀。
- (2) 食物引誘對蟋蟀的效果不明顯，對蟑螂和獨角仙效果很好。

(三)驚嚇：

- (1)步行速度的快慢大致是，蟑螂>蟋蟀>螻蛄>獨角仙。蟑螂是所有驚嚇昆蟲的實驗中，最敏感的昆蟲。
- (2)在驚嚇昆蟲的實驗中，以觸摸昆蟲效果最好，再來是吹氣，最後是拍。但是獨角仙在觸摸後不是前進，而是六隻腳同時伸張，根據我們飼養的經驗，這是獨角仙生氣時的反應。

(四)攻擊：我們原本認為昆蟲相遇會引發攻擊反應，結果牠們只是碰碰觸角就分開了。不管是體型大小、或昆蟲種類改變都沒有引起明顯的反應，可能是在隧道內牠們根本不需要彼此競爭。

(五)實驗操作對昆蟲步足模式的影響不大，食物引誘和驚嚇等方式只會讓昆蟲的步行速度加快，主要還是使用三足式步行法。

三、 昆蟲轉彎的步行模式

(一) 我們依據所觀察到的昆蟲轉彎步行，我們分為 1.U 型轉彎、2.直角型轉彎、3.探索型轉彎。

(二) 由蟑螂的 U 型轉彎模式中看來，蟑螂似乎會使用兩隻後腳(3+6)加上一邊中間的腳(2 或 5)構成一組彈跳腿，其功用為快速往反方向轉彎彈跳。在往反方向彈跳完畢後會以兩隻後腳當做是新定點固定不動，挪動 1、2、4、5 這四隻腳，逐漸恢復為三足式步行，快速逃離。在我們所觀察到的情形中蟑螂是往右後方進行 U 轉彎，所以

其彈跳腿為【3+6+5】，我們推測若是蟑螂往左後方進行 U 轉彎，其彈跳腿為【3+6+2】，可惜我們並無拍攝到蟑螂的此種情形。

- (三) 蟑螂在進行各種轉彎的時後其六隻腳通通都會先著地，我們推測蟑螂的腳可能比較長，需要六隻腳都著地才能夠保持平衡。
- (四) 所觀察到的四種昆蟲，其轉彎模式除了蟋蟀以外，其身體的搖擺情形大都是要保持身體的平衡，大致上都有自己的模式，但是並沒有共通的模式。

四、斷腳昆蟲的步行模式

- (一) 步行速度變慢，行走不順利。不過還是可以發現步行有規律，而且兩隻昆蟲的規律不同，可能是跟斷掉哪一隻腳有關。
- (二) 蟑螂 3 號腳會替代失去的 2 號腳支撐身體的功能，蟋蟀則是 5 號腳有替代失去的 6 號腳支撐身體的功能。

五、昆蟲步行分析

- (一) 在觀察的過程中也發現昆蟲在實驗中前腳都會先移動，可能是因為要輔助觸角探路而移動。
- (二) 把三足式步行法算在前腳先移動的部分，可能會讓前腳先動的比率增加。
- (三) 本實驗的觀察的四種昆蟲都會使用三足式步行法。這和大自然的數學遊戲中提到的昆蟲步行規則相符，但是三足式步行法中還有微小差異，如：1→53→4→26 和 15→3→42→6 和 1→5→3→4→2→6 及 153→426。

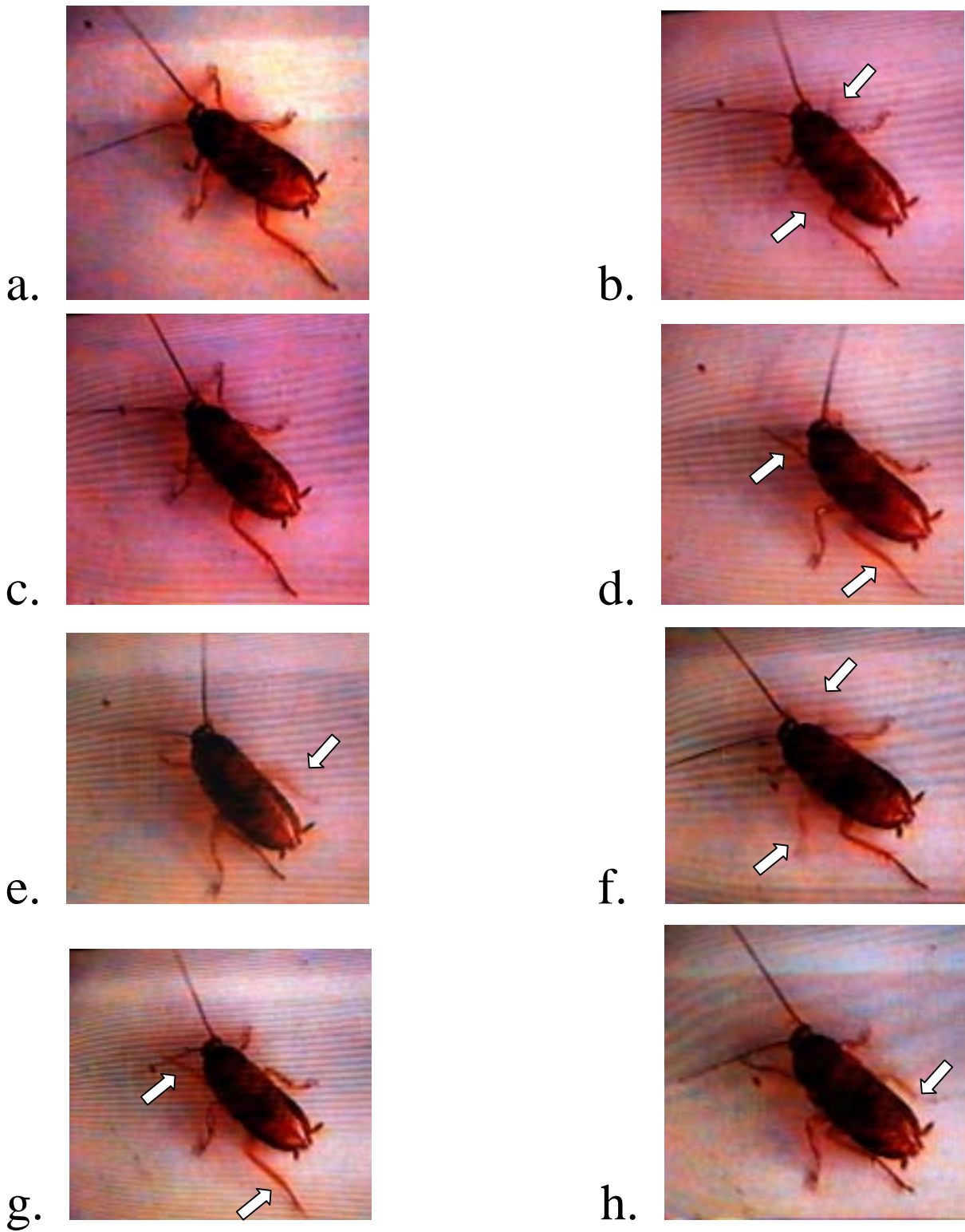
柒、結論

- 一、昆蟲最主要的步行方式是【**三足式步行**】，所謂三足式步行係指以（1、5、3 號腳）和（4、2、6 號腳）各為一組並分組交替進行，參考附錄圖四、五、六。
- 二、三足式步行法中還可以分出 4 種亞型：
 - (一) 1→53→4→26
 - (二) 15→3→42→6
 - (三) 1→5→3→4→2→6
 - (四) 153→426
- 三、在昆蟲進行三足式步行時大都以前腳先移動，我們的結果和生物世界的數學遊戲這本書中提到昆蟲步行是由後腳開始的不相同。希望以後可以再進一步觀察更多種類的昆蟲，了解昆蟲到底最先移動前腳還是後腳。
- 四、昆蟲在進行轉彎時，會有三種轉彎模式，分別為
 - (一) U 型轉彎模式：遇到前方有狀況時，迅速向後逃走的運動模式。
 - (二) 直角轉彎模式：昆蟲在轉彎時會各有其特殊步行來維持身體的平衡。
 - (三) 探索轉彎模式：昆蟲在在覓食時大都使用此模式，大量使用 1 號及 4 號腳來調整前進方向及進行探索。
- 五、斷掉一隻腳的昆蟲也會有它自己的步行規律，會使用最近的一隻腳取代斷掉的腳來進行運動，但運動速度並不像正常昆蟲快。

捌、參考資料

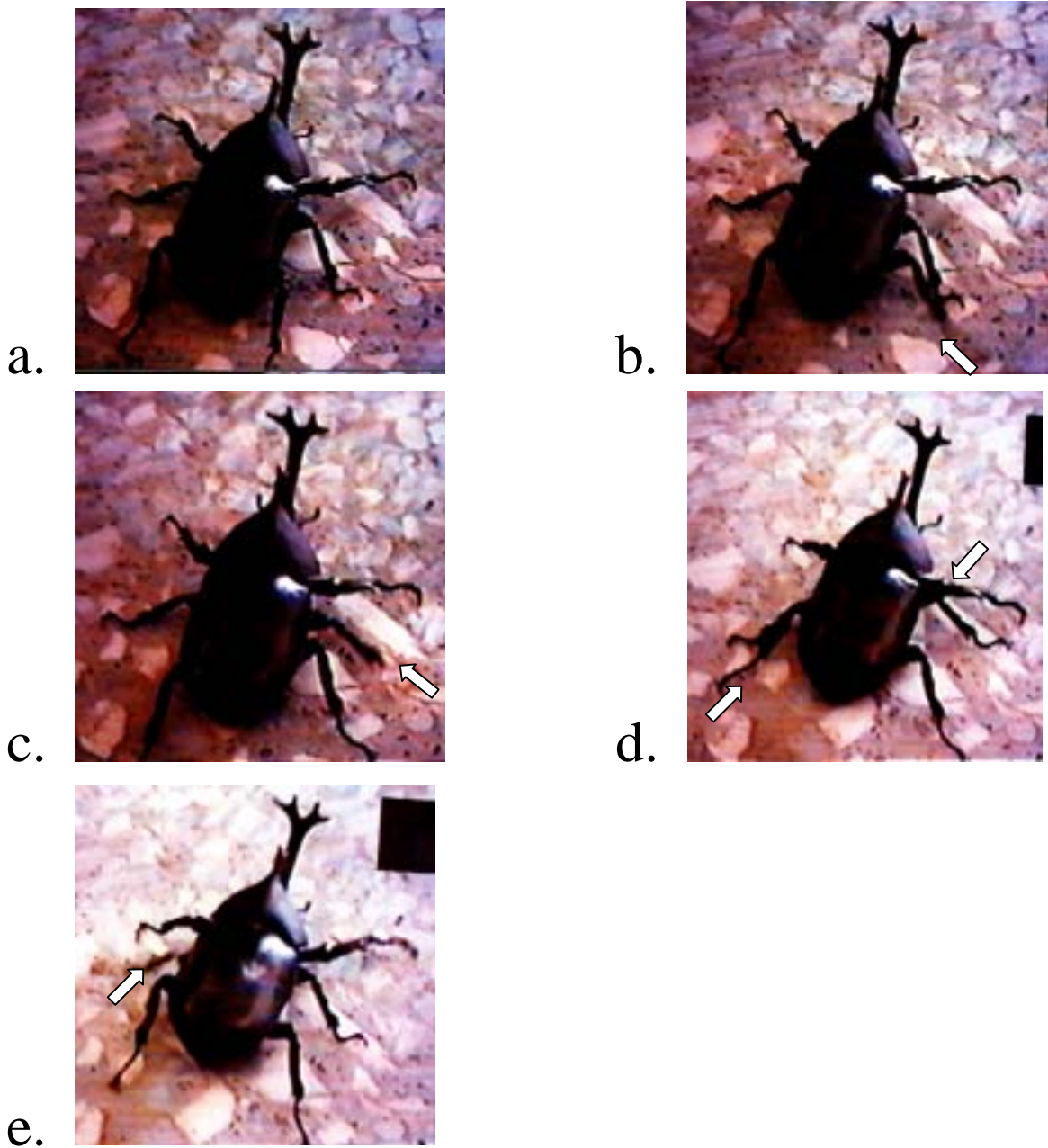
- 一、公共電視台-下課花路米 <http://www.pts.org.tw/~web02/followme/p4-1.htm>
- 二、史都華著，葉李華譯(1996)。大自然的數學遊戲。天下文化，台北市。
- 三、史都華著，蔡信行譯(2000)。生物世界的數學遊戲。天下文化，台北市。
- 四、行政院國家科學發展委員會 昆蟲數位博物館 蟲蟲總動員
<http://140.112.185.3/insect/cls/cls-02/cls-02-03.htm#>
- 五、昆蟲篇 <http://hk.geocities.com/waterworldcc/Insects/insects2index.htm>
- 六、特有生物研究保育中心 <http://nature.tesri.gov.tw/tesriusr/htm>
- 七、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)。
- 九、張永仁創意設計(民 83)。昆蟲的活動方式。護幼社，台北市。
- 十、誠信除蟲網 <http://www.tacocity.com.tw/C7944151/f01.htm>
- 十一、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。
- 十二、蜚鎌目 <http://home.kimo.com.tw/harrort/blattoidea.htm>

玖、附錄



圖一：斷腳蟑螂的步行模式(15→46→3)

箭頭處表示正在移動的腳



圖二：獨角仙的步行模式

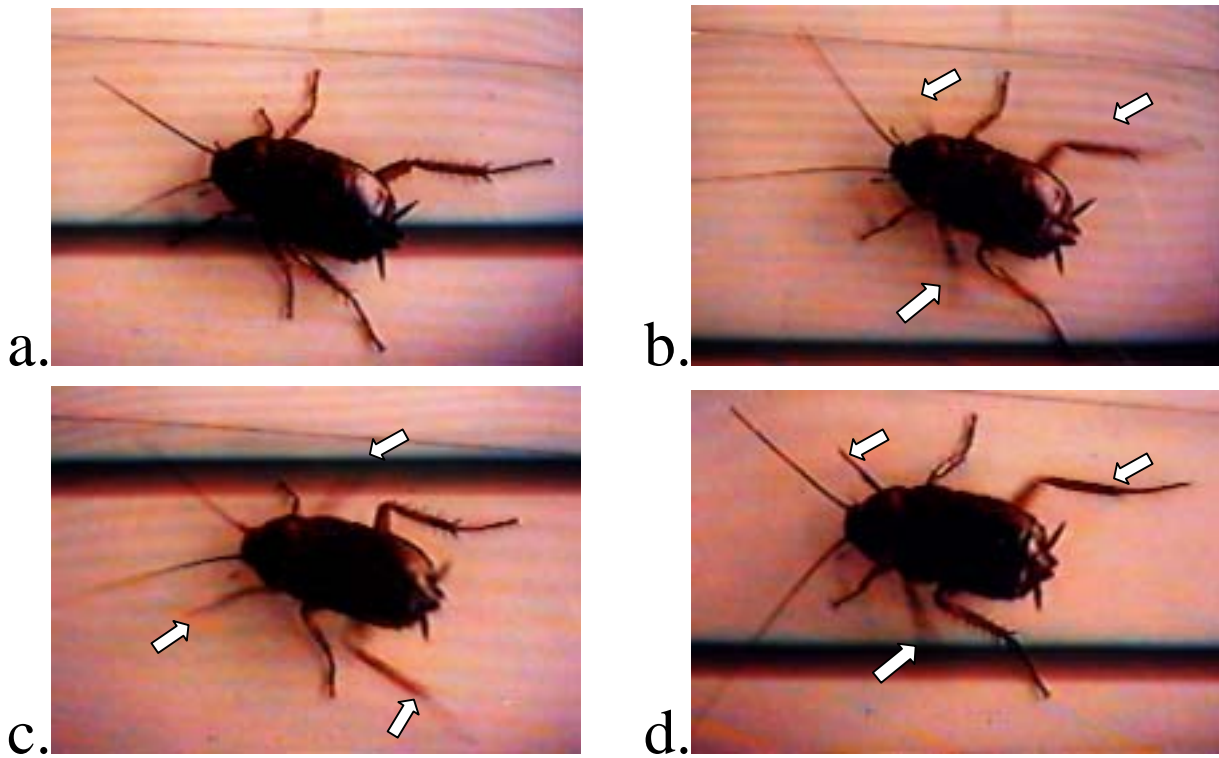
(3→2→16→5→43→畫底線處反覆進行)

箭頭處表示正在移動的腳

這種模式沒有在其他昆蟲實驗觀察到

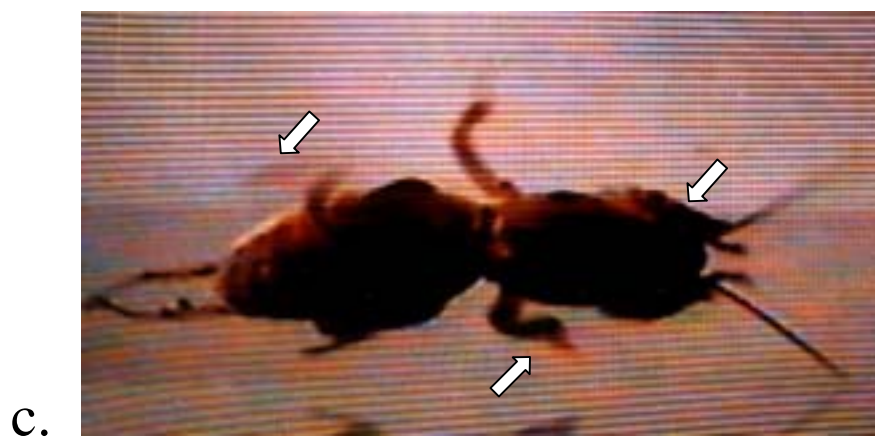


圖三：獨角仙的腳先端有三隻尖銳的勾子，在實驗桌上爬行不順利



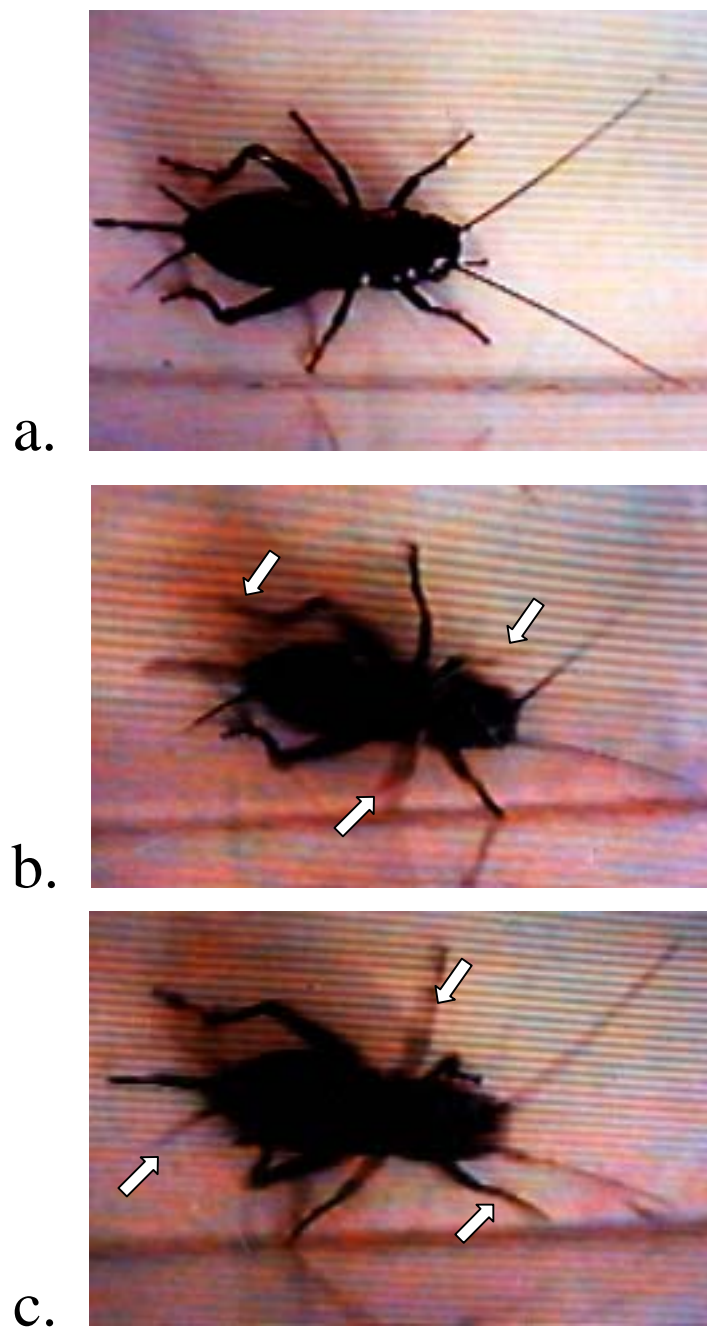
圖四：蟑螂的賓士步行法(135→426)

箭頭處表示正在移動的腳



圖五：蠼螋的賓士步行法(135→426)

箭頭處表示正在移動的腳



圖六：蟋蟀的賓士步行法(135→426)

箭頭處表示正在移動的腳

昆蟲馬拉松

指導老師：陳盈吉老師、莊媛媛老師

姓名	班級
林上軒	1-1
李昕龍	1-22
臧傑皓	1-1
吳曜宗	1-11

(第三名)

1. 主題富創意，惜昆蟲只 4 種可增選。
2. 實驗日誌完整，可嘉。

觀察步足之移動不易，難能可貴。