

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030305

螞步停蹄 蟻兵止步

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

<p>作者：</p> <p>國一 沈威宏</p> <p>國一 王昱揚</p> <p>國一 張鈺紳</p>	<p>指導老師：</p> <p>黃伶莉</p>
--	-------------------------

關鍵詞：螞蟻、步行限制、防治

## 摘要

對於喜歡亂竄亂爬的螞蟻步行有興趣，實驗觀察螞蟻步行並將其應用在可能的防治上，實驗分為①螞蟻對抗地心引力爬行的限制材質②利用最佳材質去做防治的應用③觀察螞蟻足部構造以了解爬行限制原理④觀察其步行模式。螞蟻在保鮮膜下步行較易掉落，顯微鏡下發現螞蟻的足部末端有**鉤狀物**以及分佈**細毛**的構造，推測這些構造是為了可增加摩擦力並能有利勾抓粗糙物體表面。結合了防止螞蟻侵入的最佳材質——**保鮮膜** (為一家中方便取得、容易塑形的材質)，實驗出若能**緊繃且平整**包覆於器皿便可防止螞蟻侵入，輕鬆應用於生活中又不殺害牠，這種防治方法我們稱其為「**螞蟻步行限制物理防治法**」。螞蟻步行使用的為「**三角平衡步行法**」保持其身體步行平衡。

## 壹、研究動機


在自然課本內容中有提及動物的行為，其中提到螞蟻會使用觸角傳遞訊息，使用費洛蒙溝通，但對其他行為並未多加描述，而螞蟻是少數昆蟲中無法飛行的動物，所以我們猜想勢必**步足**對其生活更是重要，經常看到螞蟻到處亂竄亂爬，在地板、或在牆壁上，但卻對於牠是否能如壁虎在天花板上行動自如的這件事充滿好奇。所以我們開始對螞蟻**步行**之行為觀察感到十分興趣，展開一連串實驗並期待發現螞蟻的步足爬行之特性。網路上已有許多氣味忌避驅蟻的方式，可是把食物放在常溫下容易腐敗、傳統的裝水防蟻則易打翻或蒸發掉，所以我們想要從步行限制發現中找到一種更不同、更實用，不會傷害螞蟻，而且便宜也可DIY的防治方式。

## 貳、研究目的

- 一、 實驗螞蟻是否有對抗地心引力爬行之限制材質。
- 二、 觀察螞蟻步足之特性及結合爬行之限制，找到可應用到日常生活中以達防止螞蟻侵入食物之防治方式。
- 三、 觀察螞蟻的步行模式及身體保持平衡之方式。

## 參、研究設備器材

- |                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| 一、 熱帶大頭家蟻 <i>Pheidole megacephala</i> | 十、 壓克力盒     |
| 、校園中數種螞蟻                              | 十一、 紙片      |
| 二、 飼養箱（別墅型蟻巢）                         | 十二、 光碟片     |
| 三、 螞蟻誘引物（中華豆花、布丁、冰淇淋）                 | 十三、 保鮮膜（南亞） |
| 十四、 碼錶                                |             |
| 四、 自製觀察盒                              | 十五、 塑膠板     |
| 五、 自製防寒燈泡                             | 十六、 熱融膠     |
| 六、 量角器                                | 十七、 衛生紙盒    |
| 七、 回收塑膠碗                              | 十八、 雙面膠     |
| 八、 顯微鏡                                |             |
| 九、 攝影機                                |             |

			
<p>自製各種角度梯板</p>	<p>蟻巢</p>	<p>飼料+餵食器</p>	<p>各式材質板</p>
			
<p>自製 Z 板</p>	<p>碼表</p>	<p>自製角度量板</p>	<p>複式顯微鏡</p>
			
<p>自製 I 板</p>	<p>未包保鮮膜之布丁誘引處理</p>	<p>包保鮮膜之布丁誘引處理</p>	<p>布丁糖水誘引物</p>

◎附圖、螞蟻種類（螞蟻種類多，有些仍未鑑定。本實驗重點在觀察普遍行為，不針對單一特定種螞蟻）

	
熱帶大頭家蟻 <i>Pheidole megacephala</i>	校園中的螞蟻
	
校園中的螞蟻	校園中的螞蟻

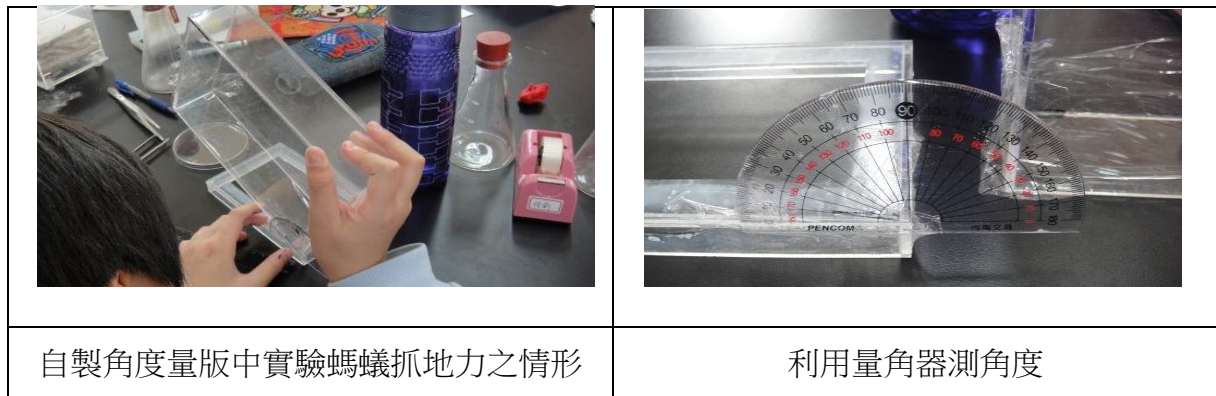
## 肆、研究過程及方法

### 一、實驗螞蟻對抗地心引力的抓地力強度試驗

- (一)、在自製角度量板上分別貼上不同材質之步行測試板：1.壓克力、2.紙、3.光碟、4.保鮮膜。(隨手取得之一些素材)
- (二)、將飼養巢中之螞蟻取出至各式材質的角度量板上，將角度量板倒過來平放並記錄螞蟻掉下之秒數，重複數次並計算其平均秒數，找出最容易使螞蟻掉落的材質以做為下一個試驗應用之材質。

### 二、實驗螞蟻對抗角度的抓地力強度

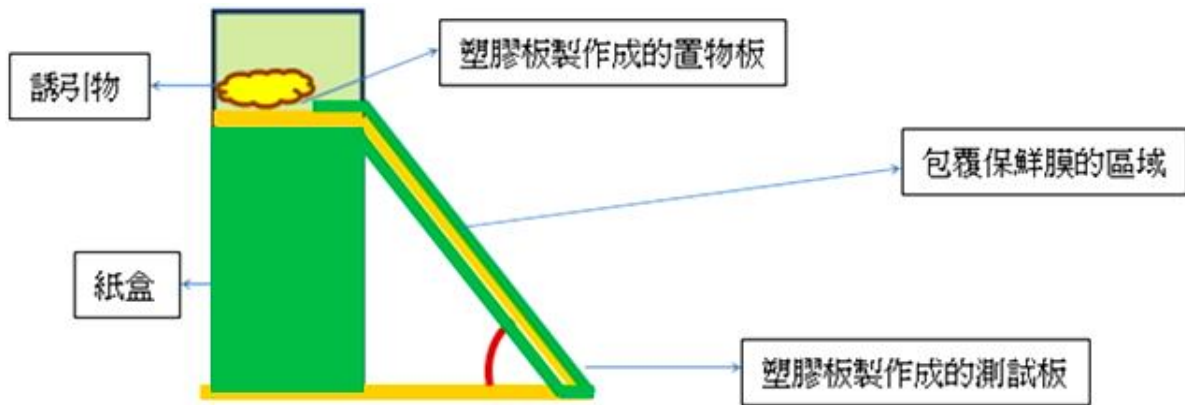
- (一)、選取上述實驗中螞蟻最快掉落的材質（保鮮膜及光碟片）。
- (二)、把保鮮膜緊繃的拉製成測試板。
- (三)、使用自製角度量板將保鮮膜測試版和光碟片以可活動方式黏貼。
- (四)、將螞蟻放置其上，並以每十度為單位，測量各種角度的螞蟻掉落時間。



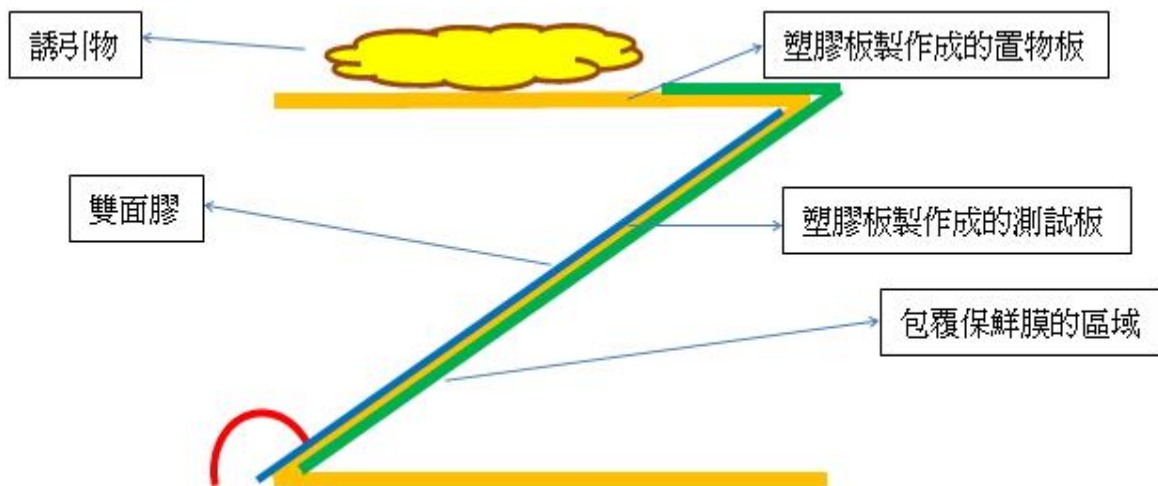
### 三、螞蟻步行限制物理防治法之實地操作

- (一)、選用保鮮膜：原因為保鮮膜為家庭廚房易取得之生活用品且較光碟片更塑形，因此決定用保鮮膜作為物理防治法的媒介。
- (二)、製作各種角度的測量架（梯板、Z板、I板）：
  - 1.梯板（角度 30、45、60、75、90）之製作：利用紙盒作為架構，將保鮮膜緊繃的包覆於等長之塑膠板正面，依內角 30、45、60、75、90 五種角度，用熱融

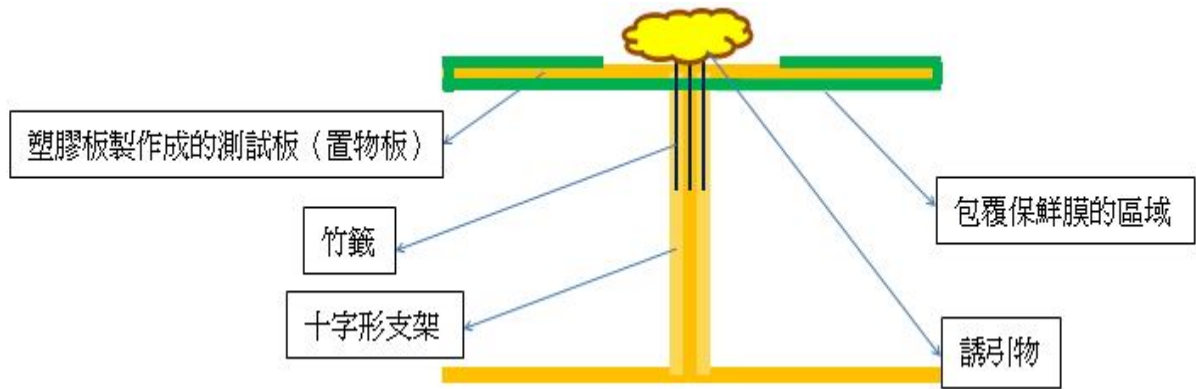
膠分別固定在紙盒，將誘引物（布丁）放置在置物板上。



2.Z 板（角度 120、135、150）之製作：利用塑膠板製作成 Z 字形，將測試版（15 cm）的部分緊繃的包覆保鮮膜，依底下的外角 120、135、150 三種角度用熱融膠固定，將誘引物（布丁）放置在置物板上。



3.I 板（角度 180）之製作：利用塑膠板製成兩個 15 cm x15 cm的正方形，在上板底部插入十字形支架用竹籤固定，下板則用熱融膠固定，呈現 I 字形，將上面的方型板底部緊繃的包覆保鮮膜，將誘引物（布丁）放置在置物板上。



(三)、將各種角度測量架放於校園草坪的蟻巢附近，置隔夜並觀察置物板上螞蟻數。

#### 四、 螞蟻步行限制物理防治法之應用操作：

將螞蟻爬行限制材質及對抗角度抓地力中的結果應用在生活實驗中，模擬生活場景，實驗保鮮膜可用性。

(一)、準備二個回收塑膠碗已利架高實驗之器皿（培養皿）。

(二)、取兩個培養皿，一個由底部及側邊平整緊繃的包覆一層保鮮膜，另一個培養皿則完全不做任何處理以作為對照用。

(三)、將誘引物（等量冰淇淋）分別置入兩個培養皿中間（如附圖）。

(四)、將各處理放在家中的同一處地方靜置，使誘引物的味道四散以誘引家中螞蟻前來光顧。





五、 **觀察螞蟻步足的構造**：利用顯微鏡，觀察螞蟻每隻步足的構造，並拍攝照片。

六、 **觀察螞蟻步行的步驟順序**

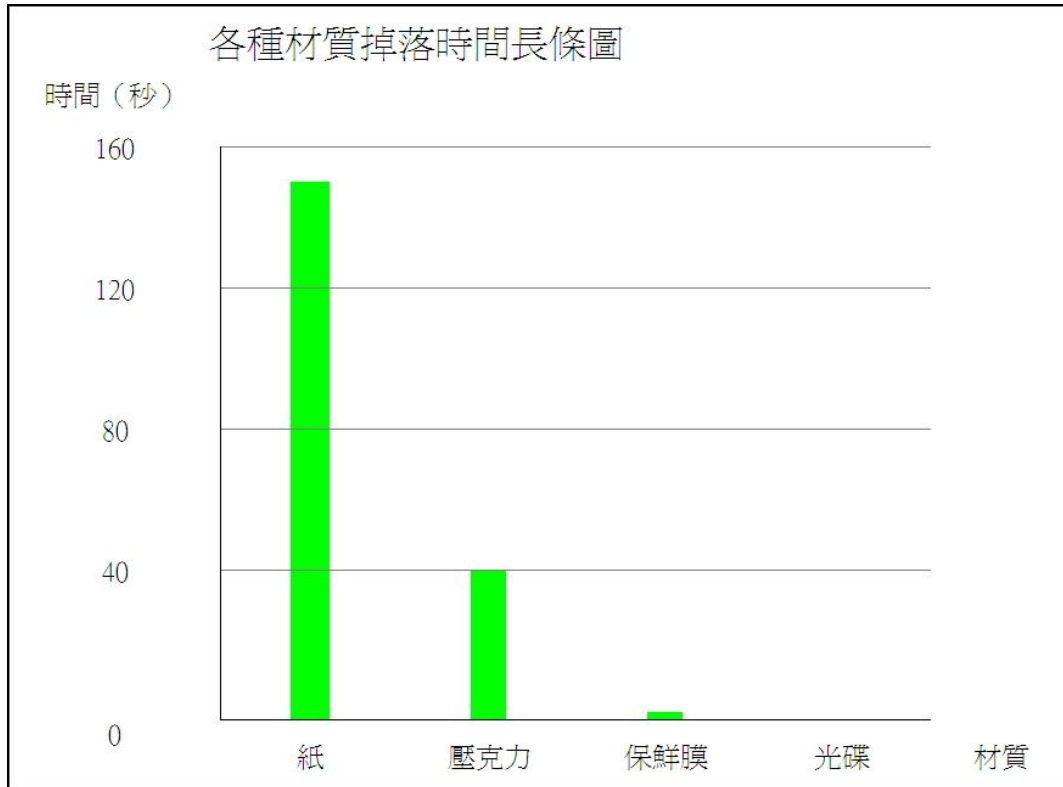
(一)、觀察螞蟻於平面上的步行方式，並用攝影機錄下。

(二)、使用威力導演和萬用播放等軟體以慢速或播放畫格方式慢播觀察螞蟻步行。

(三)、將步行結果製成螞蟻步行動畫並分析其行走平衡模式。

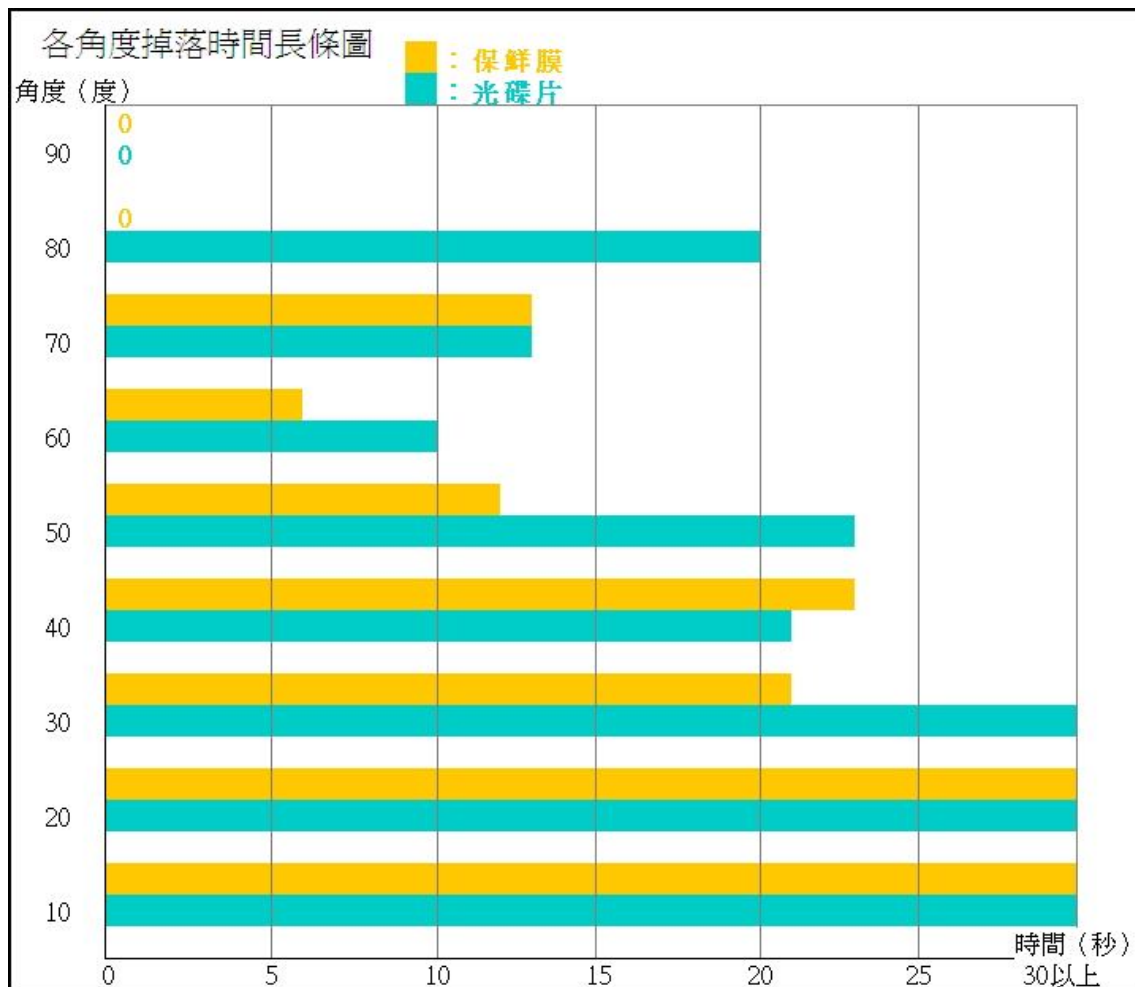
## 伍、研究結果

### 一、 螞蟻對抗地心引力的抓地力強度實驗



各種材質依掉落時間由**快到慢**順序為：光碟→保鮮膜→壓克力板→紙。紙位居最後，推測因為細縫大，結構顆粒也較大；而保鮮膜及光碟則掉落時間幾乎趨近於零。

## 二、 實驗螞蟻對抗角度的抓地力強度結果



測試的材質皆是平倒放實驗，從中發現：前一試驗中最容易使螞蟻掉落的材質（保鲜膜及光碟片），在 20 度的傾斜角度對螞蟻並不會構成威脅，一直到 30 度即有「滑動」的情形，會漸漸在板子上滑移，但還不至於整個掉落板子。不過猜想一般碗盤及桌角角度通常不小於 90 度，所以我們認為爬行限制物理防治是非常有可能性的。

## 三、 螞蟻步行限制物理防治法之實地操作實驗結果

處理別	梯板 1(30°)	梯板 2(45°)	梯板 3(60°)	梯板 4(75°)	梯板 5(90°)	Z 板 1(120°)	Z 板 2(135°)	Z 板 3(150°)	I 板 (180°)
3 小時後	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 天後	3	0	0	0	0	0	0	0	0

因為保鲜膜比光碟片還要便宜和容易塑形，因此我們選用保鲜膜作為物理防治法的實驗材料。觀察 3 個小時後，我們觀察記錄到 0 隻螞蟻可以爬上包緊保鲜膜的實驗平面

，除 30 度的梯板塑膠板面有 3 隻螞蟻登上置物板，其餘皆未有螞蟻入侵。不過我們觀察到，由於紙盒的材質和架構很難緊繃的包覆保鮮膜，所以我們發現螞蟻會沿著不平整的紙盒保鮮膜邊緣爬上來（此現象之結果不列入計算），而 Z 板因雙面膠會黏住測試路徑外的螞蟻，而 I 板則因為無與其他非測試路徑的物體接觸，所以 Z、I 板皆不會受到非測試路徑螞蟻的影響。而在放置隔夜以後，除了紙盒類因非測試路徑螞蟻的侵入，其餘皆無螞蟻，所以結果是螞蟻無法入侵緊繃包覆保鮮膜的區域。



第一天、各式實驗器材一起放置，盯著看並記錄螞蟻活動之情形。



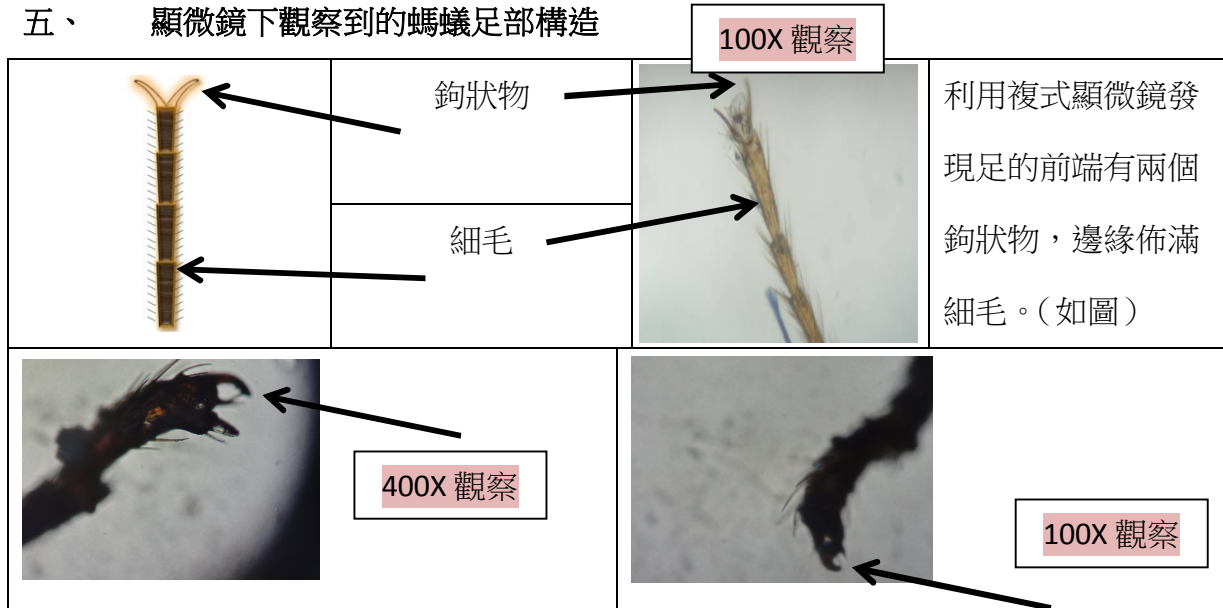
第二天、保鮮膜平整包覆之處理皆無螞蟻爬上。

#### 四、 螞蟻步行限制物理防治法之應用操作

我們推測螞蟻若無法對抗保鮮膜的魔力，那牠們勢必無法爬上培養皿吃東西，我們看到神奇的結果。有包保鮮膜的那組培養皿，螞蟻每回試圖要爬上去吃食物時，總會在與地面平行面時掉落，無法順利爬到培養皿內吃東西，但另一個培養皿則在觀察四小時候爬滿整個容器中（如相片所示並錄影過程）。所以我們認為保鮮膜既便宜又方便取得，而且容易 DIY，是一個非常實用，能兼顧環境生態多樣化，亦能保護我們食物的最佳利器。



五、顯微鏡下觀察到的螞蟻足部構造






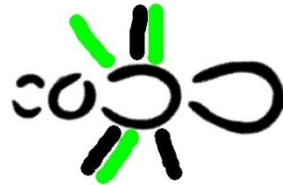





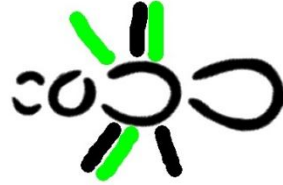

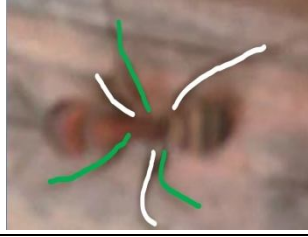



由於發現保鮮膜能使螞蟻無法輕易爬行，所以我們便開始研究：到底保鮮膜和螞蟻的步足有何關聯呢？不斷在顯微鏡下觀察後才發現，原來螞蟻的腳上有鉤狀物還有細毛的構造，如圖示。(因經費拮据，無法使用電子顯微鏡放大觀察，若允許，推測能有更驚奇之結果)。觀察到這些構造後推測是可以讓螞蟻附著於物體之主要原因。**保鮮膜**卻是我們此次發現它在**緊繃**包覆的狀態下，螞蟻的鉤狀物似乎無法勾住、細毛功效也可能大打折扣的主要物質。

六、觀察螞蟻步行時的步足步驟順序


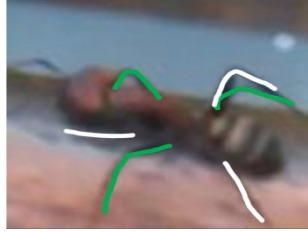
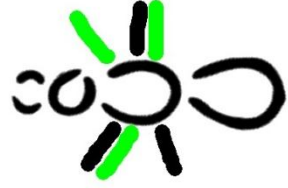


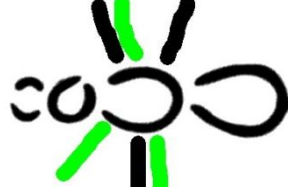


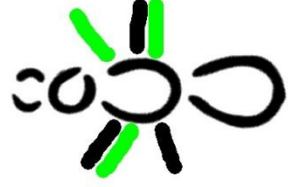


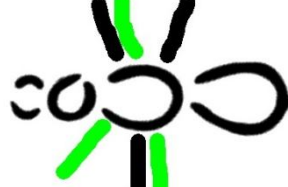


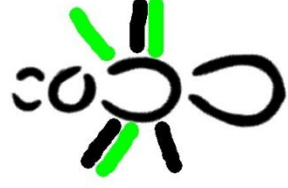


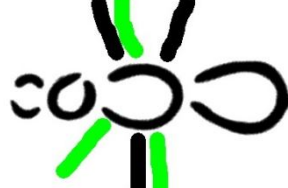
螞蟻六足簡圖			我們利用影片畫格製成圖片，發現螞蟻的步行方式為(1)(4)(5)右三角→(2)(3)(6)左三角，這種方式呈現三角型的移動，能夠保持平衡，而每個步驟都是在兩種方向的三角形間不斷替換，所以我們稱之為「三角平衡步行法」。
左前腳(1)		右前腳(2)	
左中腳(3)		右中腳(4)	
左後腳(5)		右後腳(6)	


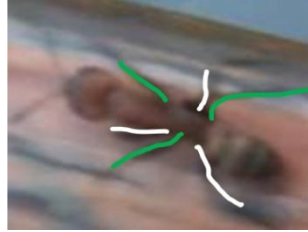
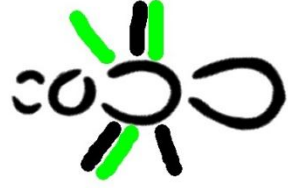

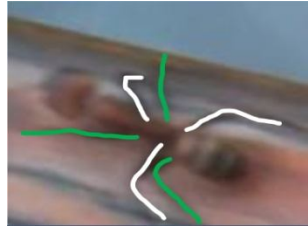
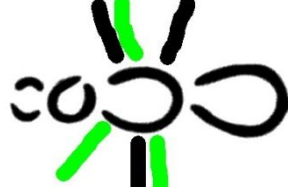


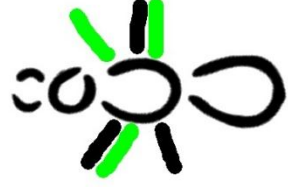


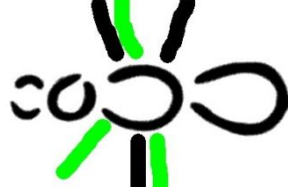
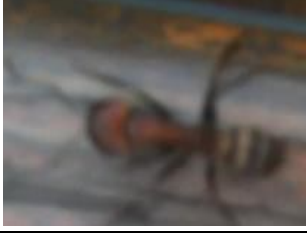
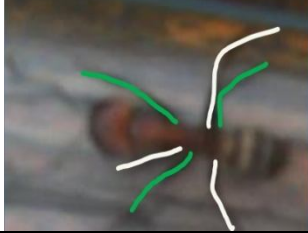
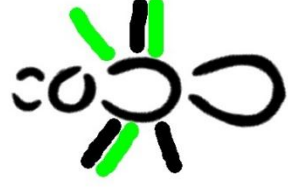

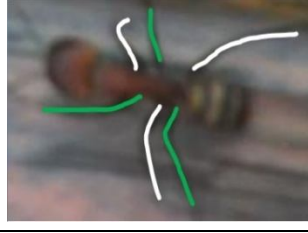
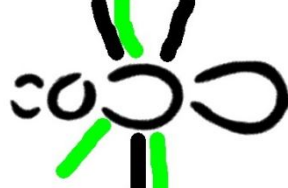
詳細解析圖如下（在野外拍攝到較大型之螞蟻，較易觀察）：



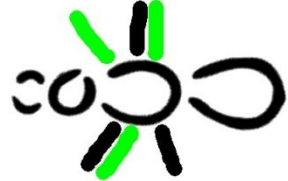





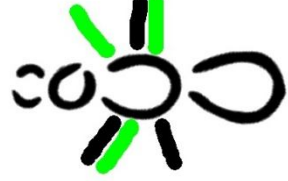
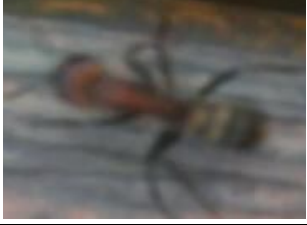


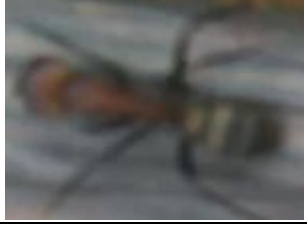
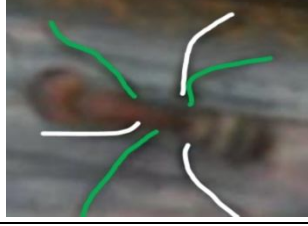
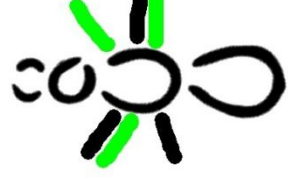
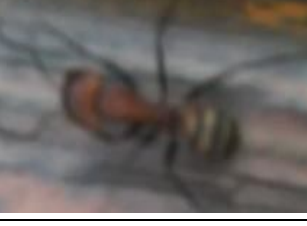


螞蟻「三角平衡步行法」說明（綠色表移動步足，白色表無動步足）			
	原影像	指示圖	說明圖
1.			
第1張、無移動			
2.			
第2張、移動(2)(3)(6)左三角			
3.			
第3張、移動(1)(4)(5)右三角			
4.			
第4張、移動(2)(3)(6)左三角			
5.			
第5張、移動(1)(4)(5)右三角			

6.			
第6張、移動(2)(3)(6)左三角			
7.			
第7張圖移動(1)(4)(5)右三角			
8.			
第8張圖移動(2)(3)(6)左三角			
9.			
第9張圖移動(1)(4)(5)右三角			
10.			
第10張圖移動(2)(3)(6)左三角			
11.			
第11張圖移動(1)(4)(5)右三角			

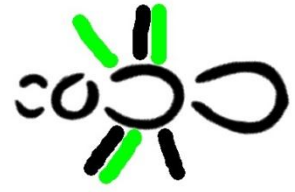


12.			
第 12 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
13.			
第 13 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			
14.			
第 14 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
15.			
第 15 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			
16.			
第 16 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
17.			
第 17 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			

18.			
第 18 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
19.			
第 19 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			
20.			
第 20 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
21.			
第 21 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			
22.			
第 22 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
23.			
第 23 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			

24.			
第 24 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
25.			
第 25 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			
26.			
第 26 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
27.			
第 27 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			
28.			
第 28 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角			
29.			
第 29 張圖移動 (1) (4) (5) 右三角			

30.



第 30 張圖移動 (2) (3) (6) 左三角

## 陸、討論

### 一、 實驗螞蟻對抗地心引力的抓地力強度

由圖表可以發現：材質的組成細緻或光滑度會影響螞蟻爬行掉落時間。由此推測保鮮膜和光碟是較為平滑的材質，螞蟻在上面爬行則以最短時間掉落，雖網路查詢到保鮮膜為聚乙烯、聚氯乙烯……等材質，但基於研究設備限制，對於其真正的表面顆粒組成粒子即無做進一步之分析，各廠牌間之保鮮膜黏著程度之不同是否會造成結果差異也是可以再進一步研究。而紙的表面比起其他材質粗糙且組成顆粒應較粗，孔隙也較大，因此螞蟻可以輕易附著，而不容易掉落紙張平面。

### 二、 實驗螞蟻對抗角度的抓地力強度

螞蟻體重很輕，重力對他造成的負荷很小，所以可以在牆壁上爬。而看似平滑的牆壁，其實表面是粗糙不平（但懷疑奈米磁磚也許無法爬上），只是太細微，利用肉眼看不清楚，這種不平滑的表面讓螞蟻可以利用腳上的細毛增加**摩擦力及抓力**，因此可提供步足抓取及支撐之處。而整個長條圖的時間趨勢是**先減後增**，最後再歸為零，是因為在角度的變換下，細毛的摩擦力也隨之變動，螞蟻足上的**小彎鉤**也受到影響：當角度十分傾斜時，所有的重力會呈現幾乎垂直往下，而可以把所有重力支撐在彎鉤上，但是角度低於約莫 60 度的地方時，部份向下的重力則無法負擔，只能抵銷掉傾斜的重力而滑落，我們認為會造成此現象的原因有可能會與螞蟻鉤狀物的**彎曲角度**或**是否可伸縮**…等物理現象有關。

### 三、 螞蟻步行限制物理防治法之實地操作實驗

我們發現除 30 度外各種包覆保鮮膜的角度都使螞蟻無法攀附，所以保鮮膜的效果是十分顯著。而對於螞蟻從紙盒邊緣保鮮膜包覆**不平整**的部分攀爬上來之情形，我們推測可能是紙張的構造無法令保鮮膜完全緊密平整貼合，造成角落的保鮮膜不緊繃，造成螞蟻有機可乘(皺褶應可造成螞蟻鉤狀物能有地方可施力攀爬)。所以我們若在包覆保鮮

膜時，能盡量將其**緊繃平整包好**，將空氣完全趕出，如此便能完全發揮先前發現保鮮膜的可防螞蟻攀爬的最大功效。

#### 四、 螞蟻步行限制物理防治法之應用操作

這個實驗結果跟我們推論的的不謀而合，判斷保鮮膜材料的質地細密柔軟、材質的組成顆粒也較為小，將使得螞蟻身上的鉤狀物及細毛無法充分發揮作用，造成其爬行的限制因子，發現螞蟻有不容易爬行其上且容易有掉落的情形。觀察時，我們看到未加保鮮膜的培養皿中的誘引物布丁，1小時內就被螞蟻群攻佔，螞蟻可以十分輕易的就爬上塑膠碗和培養皿；另一組平整包覆保鮮膜於培養皿的的處理，發現螞蟻只要一爬經培養皿包著保鮮膜的垂直面時，馬上就會掉落，因此這組的培養皿內完全沒有螞蟻可以順利爬上去。

利用這個想法，我們希望可以用於居家防蟻的措施，可以將保鮮膜包覆於桌子的四腳或將裝食物器皿在保鮮膜包覆時注意包裹的方式，由下往上**緊繃**的包覆，如此一來可以用家居廚房中已隨時備有的保鮮膜又不用殺生的方式達到防止螞蟻入侵，不需要擔心食物會被螞蟻接觸，可以得到防蟻效果。

#### 五、 顯微鏡下觀察到的螞蟻足部構造

在顯微鏡下放大到 400 倍觀察，發現螞蟻六隻步足的前端皆有**鉤狀物**，各分節的足部附肢邊緣都有分佈**細毛**。所以推論他們的爬行無法像壁虎一樣具有奈米級的構造是藉著凡得瓦力如吸盤式的貼住牆壁對抗地心引力爬行，所以原理不同。判斷此鉤狀物構造原理可能是先勾住物體表面再用細毛推動身體，所以若物體組成顆粒太小，就會使得螞蟻沒有施力點可抓住物體而成為爬行的限制因子，那爬行時就會容易滑落，利用此發現之特性便可以應用在防止螞蟻攀爬，將來可能也可應用在防蟻材質的研發。

步足前端鉤狀物和細毛構造是我們這次發現中最覺得奧妙不已的，例如不同種類或不同工作職掌螞蟻的鉤狀物數目、鉤狀物彎曲程度和角度、鉤狀物是否可以伸縮或活動、細毛分布是否有規律及細毛的數目與其和鉤狀物之關係是否也會造成螞蟻在步行上的

影響，這些都是我們認為可再作研究觀察的部分。

## 六、 觀察螞蟻各種情形時步行的步驟順序

螞蟻的步行方式 (1) (4) (5) 右三角→ (2) (3) (6) 左三角，是非常典型保持平衡的方法，我們的每張畫格裡，其基本動作幾乎一模一樣，就是在左三角及右三角中不斷變換，使得螞蟻在快速行走時有較高效率、在搬運食物時也可以安全保持平衡不必擔心無法支撐。就目前而言，我們發現的螞蟻步行模式幾乎不變，工蟻、兵蟻、雄蟻、蟻后的步行模式皆為如此。

螞蟻大多為不具有翅膀，僅利用步足行動之昆蟲，所以其步足勢必扮演非常重要之角色。因其移動速度非常快速，所以在拍攝過程中也歷經千辛萬苦才能捕捉到較清楚之鏡頭。在重複多次的觀察步足結構及步行模式中更體會到螞蟻小小身軀卻能在如此廣大環境中生存並成為最大之族群，其中之精神實在值得人類學習。

螞蟻人工飼養及控制觀察不易，因其為一種高度社會化的動物。從觀察螞蟻爬行時的好奇到實驗牠們步行時的特性，都讓我們更讚嘆這種昆蟲之奧妙，讓我們不再害怕和討厭螞蟻進而更應選擇與牠們和平共存，維持生態多樣性。

## 柒、結論

- 一、 測試螞蟻在各種不同物質表面爬行後，發現螞蟻在光碟及保鮮膜上較不能攀爬而易掉落，由此推測螞蟻的爬行會因材質面不同而有限制。
- 二、 因保鮮膜質地柔軟易塑型且為家居生活可輕易取材，選用它作為我們進一步實驗之主角。
- 三、 因爬行會受到爬行面材質之影響，推測會與期步足夠造有關。觀察螞蟻足部構造後，我們發現其足部有驚人之鉤狀物以及細毛構造，因此我們推斷螞蟻的行走是以抓地的方式進行。此步行原理應為螞蟻與地面介質顆粒之摩擦力甚或與其鉤狀物的彎曲度、數量組成及細毛分佈的構造有關。(螞蟻爬行抓力原理和壁虎吸力原理不同)
- 四、 運用且結合這些特性的發現，利用組成表面光滑且顆粒較小的保鮮膜來作為不殺生的物理防治方法，螞蟻之足步鉤狀物可能因無法有效發揮抓地功效，因而難以在其上攀爬(找到爬行限制)。若能將其運用於生活上，保鮮膜包覆於器皿底部或桌子四腳，以期達到防止螞蟻侵入之目標。
- 五、 螞蟻的步行模式為三角點平衡步行模式以保持在快速爬行時的平衡。

## 捌、參考資料及其他

- 一、網路資源：螞蟻的家 <http://www.ant-home.idv.tw/>。
- 二、國民中學自然與生活科技 一上 5-4 動物的行為 翰林出版事業股份有限公司。
- 三、周勝輝 昆蟲兵團 泛亞國際文化科技股份有限公司。
- 四、Susanna,Ko 法布爾昆蟲記 囂張的勇士 三采文化出版事業有限公司。



## 【評語】 030305

1. 探討步足在步行時抓地接觸面的光滑度，建議增加步足構造與接觸面的超微結構。
2. 建議說明保鮮膜讓螞蟻止步的可能原因，以嗅覺、視覺等變因，並設法排除其影響。
3. 觀察螞蟻移動的過程仔細，但這與防治似乎無直接關係。