

2022年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】
高中(職)組 成果報告表單

題目名稱：凡走過必「瘤顎」痕跡——羅傑瘤顎蟻的足跡及行走行為研究

一、摘要

研究羅傑瘤顎蟻於不同材質上行走足跡並交叉分析其足跡與行走行為。實驗使用煙燻玻璃法觀察足跡，用錄影的方式記錄其行走行為，結果發現螞蟻的行走行為會影響足跡的花樣及分布位置。足跡花樣主要分為三種：兩個大點後接兩排小點；單獨兩個大點；小點組成的細線。而足跡分布位置為：前足的足跡靠近內側，花樣為點狀；中足的足跡由外側勾向內側，花樣為點或線狀；後足拖在地上，足跡由外側後方向內側前方勾起，花樣為長線狀。另外，在不同材質上行走亦會影響螞蟻的足跡長度，實驗結果的足跡長度比較為：鋁箔光滑面大於鋁箔粗糙面大於玻璃，推測和材質的摩擦係數有關。

二、探究題目與動機

我們在日常生活中時常見到螞蟻，牠們經常走在各式各樣的材質上，是否牠們都在各種材質上行走自如？還有牠們的腳印形狀是只有六個圓點，還是有其他花樣？針對上述問題，我們使用羅傑瘤顎蟻進行實驗，以「煙燻玻璃」設置實驗並驗證假說。然而在實際操作後並沒有得到理想的實驗結果，羅傑瘤顎蟻行走時出現類似滑倒的現象，故我們使用其他不同的材質進行實驗，尋找最適合留下羅傑瘤顎蟻足跡的材質。

三、探究目的與假設

目的：研究羅傑瘤顎蟻於不同材質上行走足跡並分析其足跡與行走行為的關係。

假設一、羅傑瘤顎蟻行走足跡呈現兩種以上的花樣。

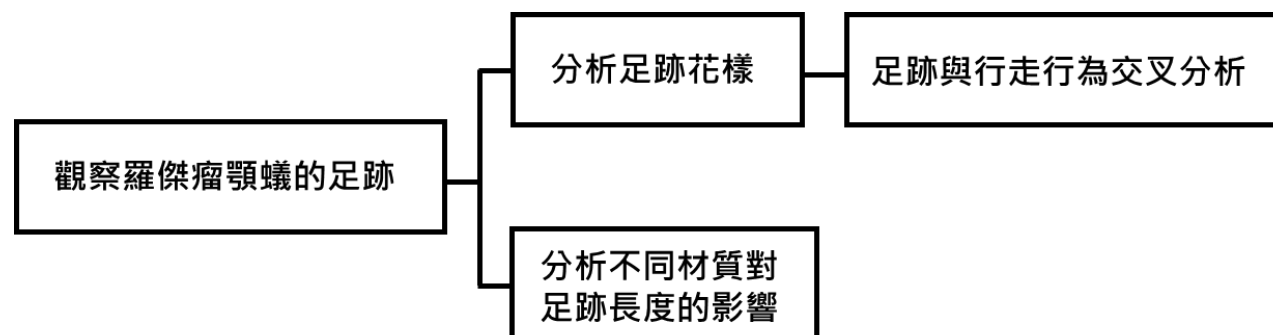
假設二、羅傑瘤顎蟻行走於不同種材質所呈現出的足跡花樣會有所差別。

四、探究方法與驗證步驟

一、研究設備與器材

蠟燭、一般玻璃、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、鋁箔、打火機、羅傑瘤顎蟻工蟻、手機。

二、研究架構



圖一 研究架構圖

三、研究方法：使用煙燻玻璃法觀察螞蟻足跡

(一) 概述：

以煙燻玻璃法使玻璃覆蓋碳層，觀察螞蟻的行走行為及其留下的足跡花樣。

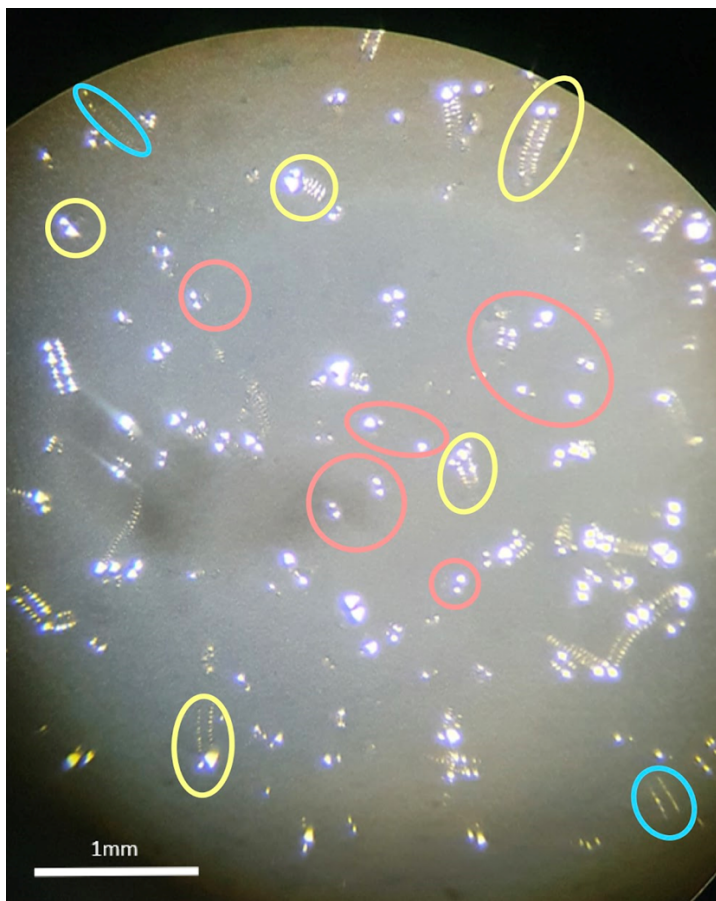
(二) 實驗步驟：

1. 將玻璃放在蠟燭上間歇燃燒數十秒鐘，使玻璃表面產生黑色的薄炭層。
2. 夾出一隻螞蟻放在已覆蓋薄炭層的玻璃上行走，使其留下行走足跡。
3. 將玻璃上的足跡花樣放於複式顯微鏡和解剖顯微鏡底下分析。
4. 用手機錄影和拍攝螞蟻行走過程，並分析其行走行為。

(三) 足跡花樣分析

經觀察，大致上將螞蟥足跡分為三種類別：

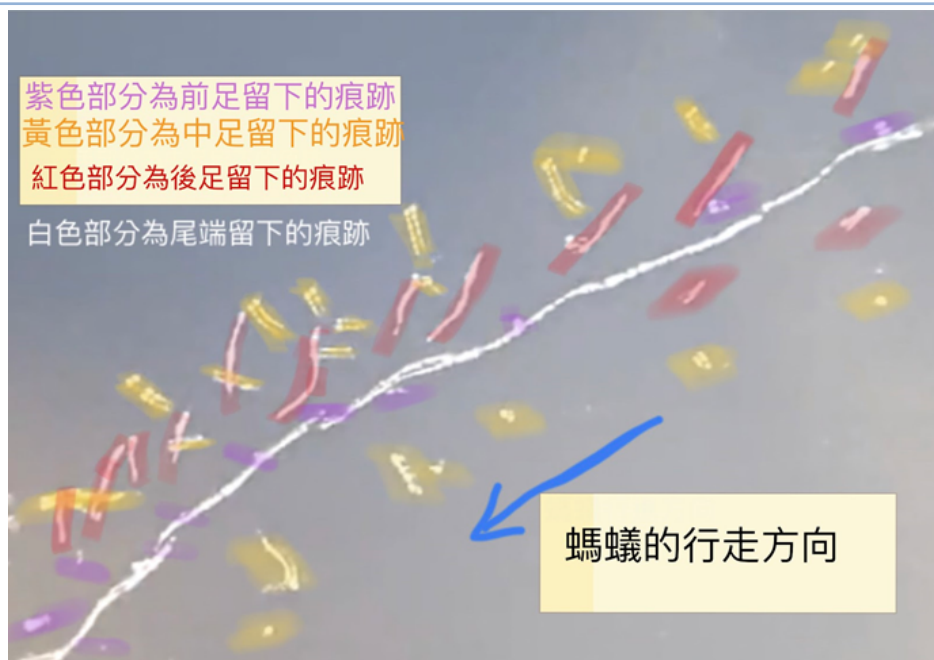
1. 兩個大點(類似三角形狀)後接兩排小點(如圖二中黃色圓圈標示處)，推測大點為腳掌離地時施力所致。
2. 僅單獨兩個大點(如圖二中紅色圓圈標示處)。
3. 僅小點組成的細線(如圖二中藍色圓圈標示處)。



圖二 玻璃足跡花樣圖

(四) 足跡與行走行為的交叉分析

將螞蟥行走的六隻步足分為前、中、後三對進行行走行為分析。發現螞蟥行走時偶爾會出現尾巴著地的情形，形成圖三中的白色線條，故以其作為左右足跡的分水嶺進行觀察。從圖三標示紫色的部分可觀察到，前足的活動範圍靠近內側，足跡離螞蟥本體最近，花樣為點狀居多(如圖四)。從圖三標示黃色的部分可觀察到，中足的足跡由外側勾向內側，足跡離螞蟥本體較遠，花樣可能為點狀或線狀(如圖五)。而從圖三標示紅色的部分可觀察到行走時後足會拖地，由外側後方向內側前方勾起，足跡位置介於前足和中足足跡中間，有時會和中足足跡交叉，花樣為較長線狀(如圖六)。另外，根據影片和照片得知較大的點是腳施力較大的地方。



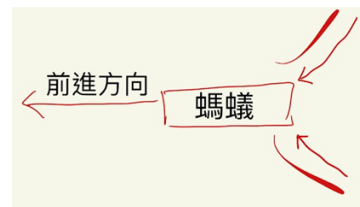
圖三 螞蟻行走行為圖



圖四 前足的足跡示意圖



圖五 中足的足跡示意圖



圖六 後足的足跡示意圖

四、使用煙燻玻璃法觀察並比較螞蟻行走於不同材質的足跡

(一) 概述：

因發現羅傑瘤顎蟻行走時偶爾會留下過長足跡，出現類似滑倒的現象，推測可能造成原因為腳底摩擦力過小，故分析螞蟻行走於不同材質上的足跡差別。

(二) 實驗過程

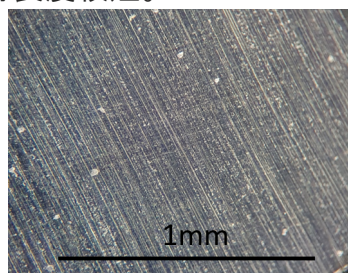
1. 對照組：螞蟻行走於玻璃上的足跡。

實驗組一：螞蟻行走於鋁箔光滑面上的足跡。

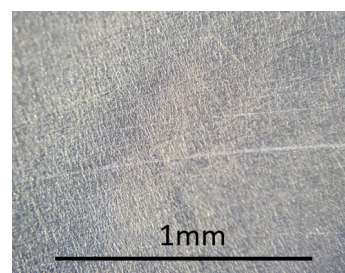
實驗組二：螞蟻行走於鋁箔粗糙面上的足跡。

2. 選擇行走材質考慮因素：

推測螞蟻行走的足跡過長可能的原因為玻璃摩擦係數關係，故而嘗試可以高溫加熱、摩擦係數不同的材質，即鋁箔的光滑面及粗糙面。下方圖七、圖八分別為鋁箔的光滑面及粗糙面置於複試顯微鏡下觀察其介質表面粗糙程度的圖片。由圖中可發現鋁箔光滑面只有單向條紋痕跡，鋁箔粗糙面則是多方向條紋痕跡，推測粗糙鋁箔摩擦係數較大，螞蟻足跡長度較短。



圖七 鋁箔光滑面



圖八 鋁箔粗糙面

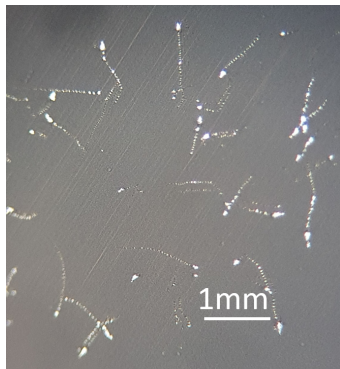
3. 實驗步驟：

- (1) 將不同材質放在蠟燭上間歇燃燒數十秒鐘，使玻璃表面產生黑色的薄炭層。
- (2) 夾出一隻螞蟻放在選擇的材質表面上行走，使其留下行走足跡。
- (3) 將不同材質上的足跡花樣放於複式顯微鏡和解剖顯微鏡底下分析並記錄。
- (4) 用手機錄影和拍攝螞蟻行走過程，並分析其行走狀況。
- (5) 拍攝許多張照片，計算所有照片內的所有足跡長度，扣除極值後算出平均值，把所有數據繪製成散布圖。

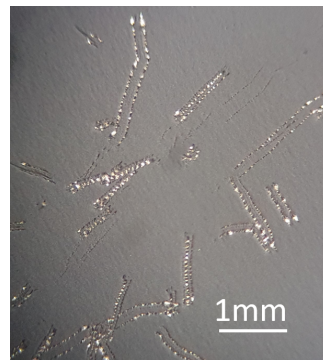
(三)實驗結果

1. 足跡花樣

觀察圖片，發現螞蟻行走於鋁箔光滑面及粗糙面上的足跡形式沒有顯著差別，但是足跡的長度不同。



圖九 鋁箔光滑面的實驗結果



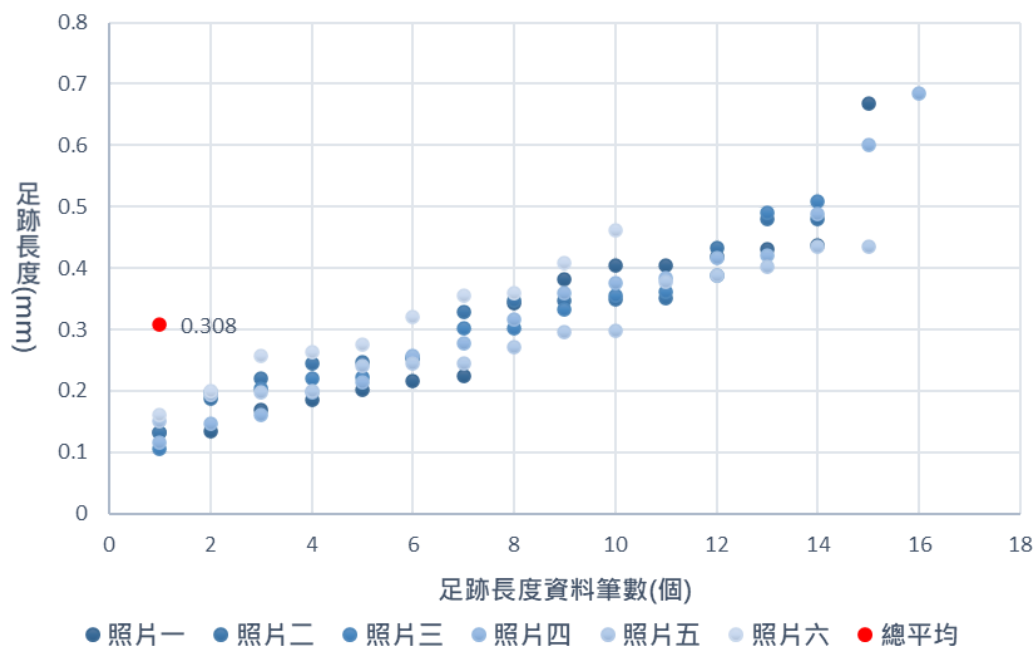
圖十 鋁箔粗糙面的實驗結果

2. 足跡長度差異

(1) 螞蟻行走於玻璃的足跡

從多張照片中計算螞蟻行走於玻璃上留下的足跡長度，並以長度由小到大排列，其散布圖如圖十一所示，足跡的平均長度為 0.308 mm。呈上述分析的行走行為，足跡同時有點狀和線狀，故同一種材質仍有不同長短足跡。

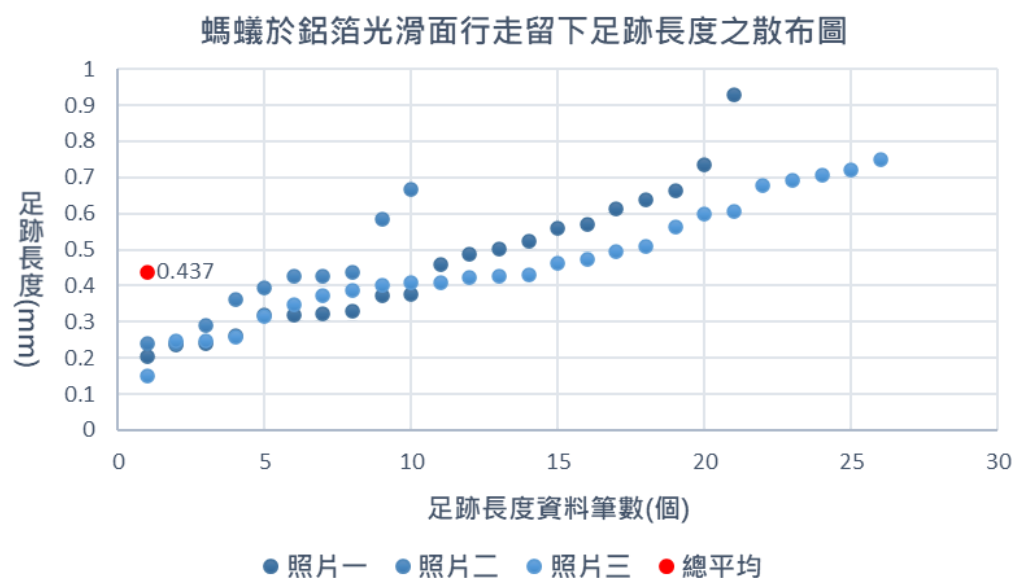
螞蟻於玻璃行走留下足跡長度之散布圖



圖十一

(2) 螞蟻行走於鋁箔光滑面的足跡

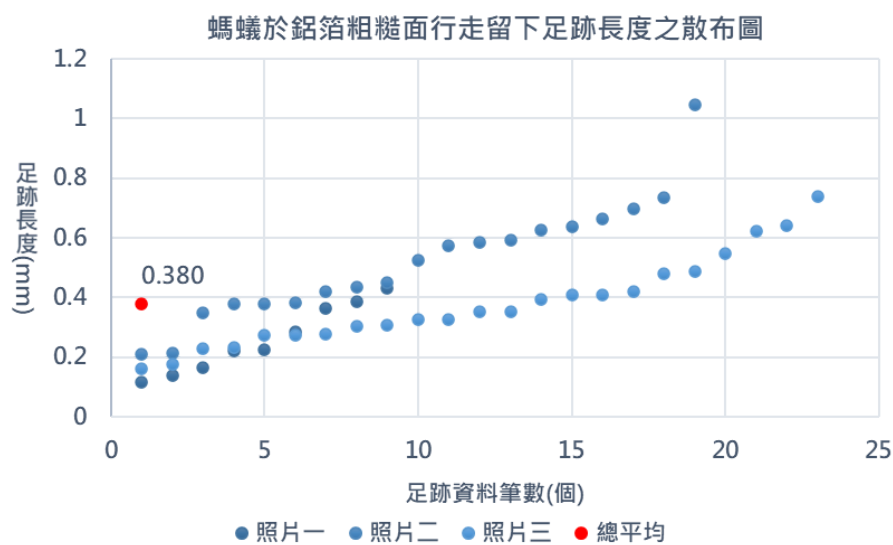
從多張照片中計算螞蟻行走於鋁箔光滑面上留下的足跡長度，並以長度由小到大排列，其散布圖如圖十二所示，足跡的平均長度為 0.437 mm。



圖十二

(3) 螞蟻行走於鋁箔粗糙面的足跡

從多張照片中計算螞蟻行走於鋁箔粗糙面上留下的足跡長度，並以長度由小到大排列，其散布圖如圖十三所示，足跡的平均長度為 0.380 mm。

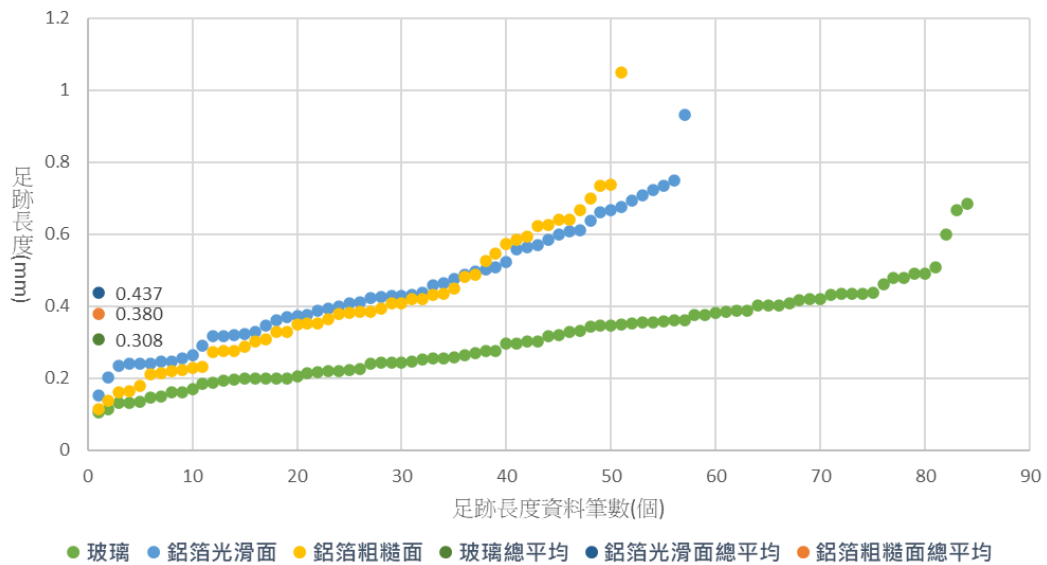


圖十三

(4) 螞蟻行走於三種不同材質：玻璃、鋁箔光滑面、鋁箔粗糙面的足跡比較

將三種不同材質的足跡長度進行彙整，並以長度由小到大排列，繪製散布圖如圖十四所示。由圖中可發現三種材質的足跡長度平均值為：鋁箔光滑面大於鋁箔粗糙面大於玻璃。玻璃呈現足跡的效果比鋁箔光滑面和鋁箔粗糙面都還要好。

螞蟻於不同材質行走足跡長度之散布圖



圖十四

五、結論與生活應用

一、結論

1. 不論螞蟻行走的材質為何，其足跡花樣大致分為三種：兩個大點後接兩排小點；僅單獨兩個大點；僅小點組成的細線。其中大點足跡推測為腳掌離地時施力所致。
2. 螞蟻的行走行為會影響足跡的花樣及分布位置。前足的足跡靠近內側，花樣為點狀；中足的足跡由外側勾向內側，花樣可能為點或線狀；後足會拖地，足跡由外側後方向內側前方勾起，有時會和中足的足跡交叉，花樣為長線狀。
3. 不同材質亦會影響螞蟻的足跡長度，推測和材質的摩擦係數有所關係。實驗結果的足跡長度比較：鋁箔光滑面>鋁箔粗糙面>玻璃。即玻璃呈現足跡的效果比鋁箔光滑面和鋁箔粗糙面還好。

二、生活應用

1. 可以利用腳印追蹤羅傑瘤顎蟻，來達到其他目的。例如在野外發現足跡，可以讓科學家得知螞蟻的品種，並進行觀察研究。或是在觀察到螞蟻的足跡後，選擇保護這個物種。而如果這種螞蟻為有害品種，更可以沿著足跡找到牠的家巢穴，徹底消滅。
2. 可以作為未來仿生機器人行走行為的參考對象，學習羅傑瘤顎蟻的行走方式。還可以透過腳印大小、數量、形狀進行物體表面摩擦係數的大小比較。

參考資料

1. 許峰銓與陳澤君 (2009)。Lose Trail Pheromone ? Application of adult transport to optimal feeding strategy of the Asian needle ant, *Pachycondyla chinensis*. 2009 年臺灣國際科學展覽會
2. Billen, J., Thijs, B., Ito, F., & Gobin, B. (2005). The pretarsal footprint gland of the ant *Amblyopone reclinata* (Hymenoptera, Formicidae) and its role in nestmate recruitment. *Arthropod structure & development*, 34(2), 111-116.
3. Kim, D. Y., Billen, J., Doggett, S. L., & Lee, C. Y. (2017). Differences in climbing ability of *Cimex lectularius* and *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of economic entomology*, 110(3), 1179-1186.