

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：不是魔法！幽靈竹節蟲在模仿誰呢？

一、摘要

本研究探討幽靈竹節蟲 (*Extatosoma tiaratum*) 之動態擬態的目的、對象、以及行為分類。我們錄製其與新鮮芒果葉、乾枯芒果葉、芒果枝的受風情形，以軟體 tracker 數據化上述四者之晃動幅度並進行 T 檢定交叉比對，發現幽靈竹節蟲在晃動幅度上與新鮮芒果葉無顯著差異，而與乾枯芒果葉有顯著差異、與芒果枝在 X 軸上有顯著差異。此結果無法顯示其所模仿的對象為乾枯食草，又因其體色明顯與新鮮食草之鮮綠不同，我們可推知此種動態擬態實屬為避免在天敵偵測其存在後將其歸類為獵物的動態擬態。

二、探究題目與動機

在小學自然課時，許多同學皆有飼養竹節蟲的經驗，你是否有發現牠們會因為外部刺激而有左右晃動、酷似人類「伏地挺身」的動作？此行為模式的出現對他們有什麼助益？這些行為又具有什麼樣子的規律？針對上述問題，閱讀相關文獻後了解到此行為稱為動態擬態 (motion camouflage)，是個體模擬環境的變動以避免被掠食者捕食之行為。動態擬態的研究雖多，但關於其之下的更深入分類—動態隱身 (motion crypsis) 與 動態偽裝 (motion masquerade)—的研究卻甚少。我們挑選了幽靈竹節蟲並參考國外文獻進行延伸實驗，請教原作者後，我們決定比較牠們與其周遭環境要素 (如食草、棲息之樹枝等) 受刺激 (風、光、水等) 後的反應程度。多次實驗後，其中風最好控制且實驗對象反應幅度較大，故選擇其進行後續實驗，探討竹節蟲的擬態目的、對象、以及行為分類。

三、探究目的與假設

目的：比較幽靈竹節蟲與其周遭環境：新鮮食草 (芒果葉)、枯葉、棲息之樹枝在受到同樣風速刺激下的晃動幅度。

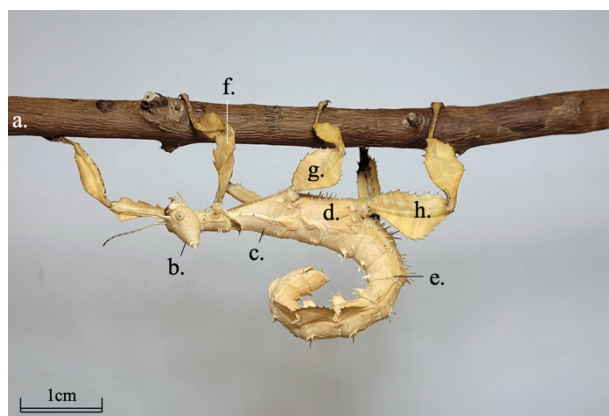
假設一、幽靈竹節蟲的晃動幅度與新鮮食草相似，與枯葉、樹枝不相似；

假設二、幽靈竹節蟲的模仿對象為新鮮食草，行為模式屬於動態偽裝。

四、探究方法與驗證步驟

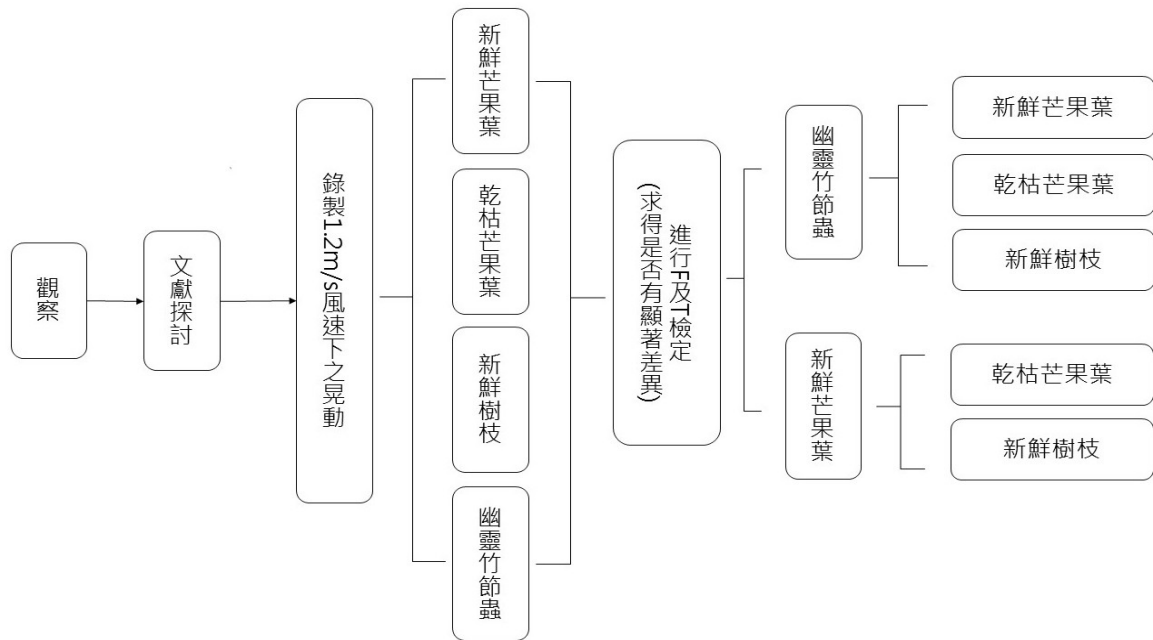
一、研究設備與器材

幽靈竹節蟲、電風扇、風速計、紙箱、手機、手機架、鎢絲燈。



圖一、幽靈竹節蟲 a.棲息之樹枝 (芒果樹) b.頭部 c.胸部 d.腹部 e.尾部 f.前足 g.腹足 h.後足

二、研究架構



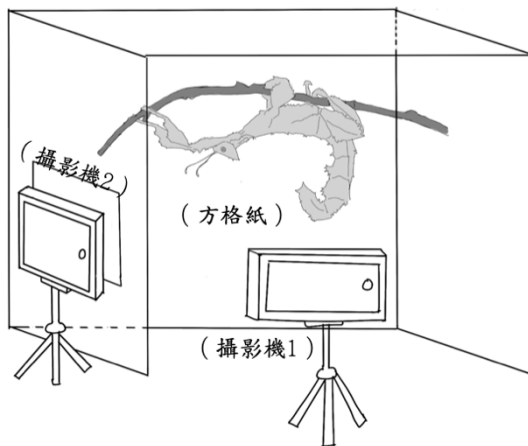
圖二、實驗架構圖

三、研究方法

(一) 概述

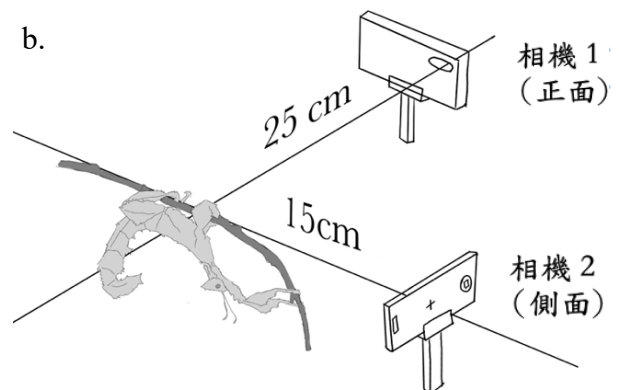
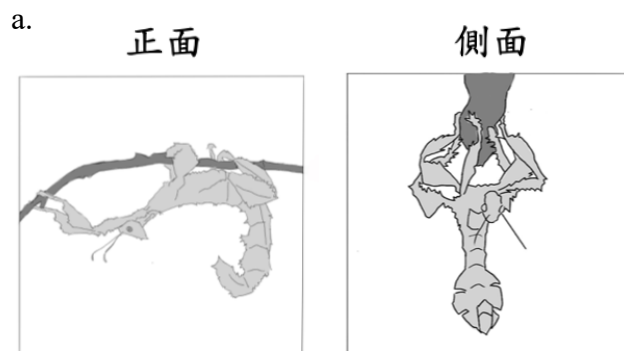
分別錄製幽靈竹節蟲、新鮮芒果葉、乾枯芒果葉、芒果枝在 1.2m/s 風速下的晃動情形。

(二) 實驗步驟



圖三、實驗裝置圖

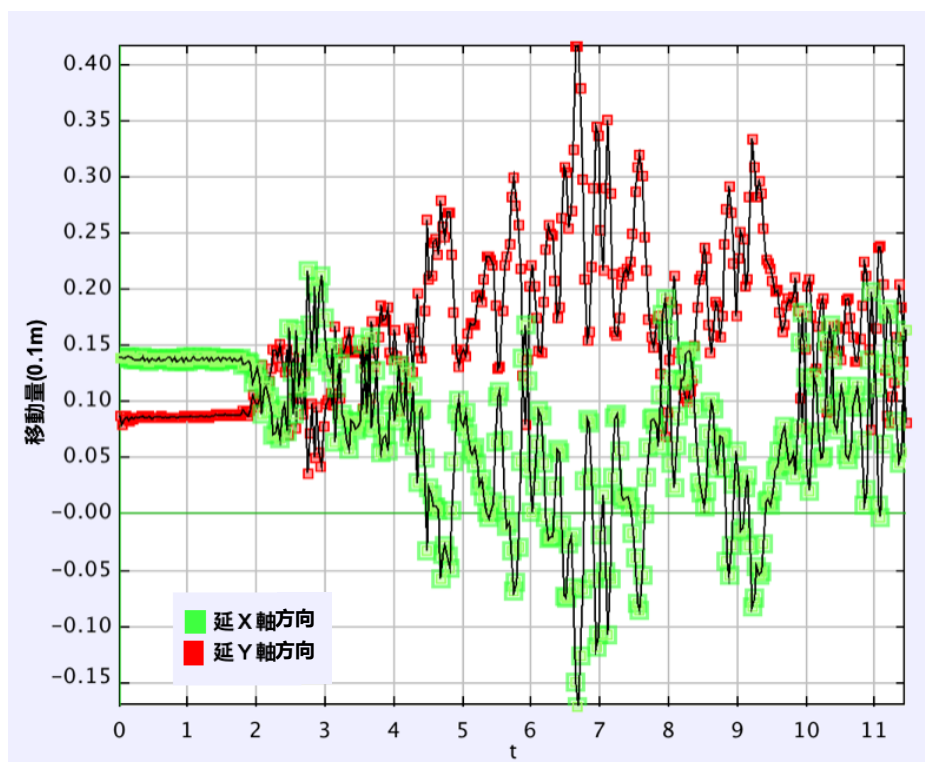
1. 將實驗裝置安裝好，並置電風扇於裝置前。
2. 開啟電風扇的弱風，稍微調整距離直到風速計顯示 1.2m/s。
3. 關掉電風扇，將實驗對象放置於樹枝上。
4. 兩隻手機等高垂直開始錄影，開啟弱風錄製其行為，若有強烈晃動則儘速關閉電風扇觀察其行為，若無反應則待 30 秒後結束錄製。



圖四、實驗示意圖 a.兩攝影機所拍攝之畫面 b.攝影機與研究個體方位圖

(三) 數據分析

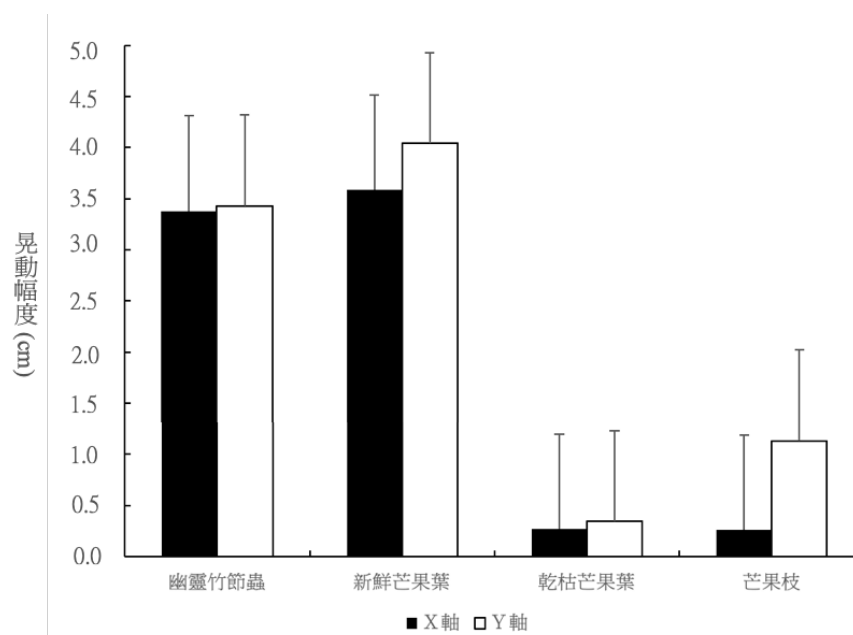
- (1) 使用 tracker 分析軟體開啟影片，設置座標軸、校正桿。
- (2) 新增一個軌跡 track，選擇「質點」，將質點設置在實驗個體的尾部尾端，使用自動追蹤功能，系統即可自動偵測隨著時間推移尾部的移動，產生 x-t 圖與 y-t 圖，如圖（五）。
- (3) 匯出資料檔後即可取得所設定質點之各時間點座標。
- (4) 將座標匯入 excel 分析，得出兩軸晃動幅度（最大值-最小值）即為所求。



圖五、尾部質點移動延XY軸移動量與時間之共同關係圖

四、實驗結果

(一) 相機 1



圖六、各研究對象在1.2m/s風速、相機1中X（前後）Y（上下）軸晃動幅度平均值長條圖

(1) 幽靈竹節蟲與新鮮芒果葉之晃動幅度比較

從表 (一) 的 p-value 大於 0.05，可得出幽靈竹節蟲與新鮮芒果葉在相同風速下的晃動幅度在 X Y 軸上皆沒有顯著差異。

表一、幽靈竹節蟲與新鮮芒果葉 X Y 軸晃動幅度之平均數差檢定

變數	方位	樣本數 (n)	平均數 (M)	自由度 (df)	t值 (t)	p值 (p)
① 幽靈竹節蟲	X軸	20	0.3383	28	-0.1170	0.9077
② 新鮮芒果葉		10	0.3590			
① 幽靈竹節蟲	Y軸	20	0.3435	28	-0.2812	0.7806
② 新鮮芒果葉		10	0.4042			

(2) 幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉之晃動幅度比較

從表 (二) 的 p-value 小於 0.05，可得出幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉在相同風速下的晃動幅度在 X Y 軸上皆有顯著差異。

表二、幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉 X Y 軸晃動幅度之平均數差檢定

變數	方位	樣本數 (n)	平均數 (M)	自由度 (df)	t值 (t)	p值 (p)
① 幽靈竹節蟲	X軸	20	0.3383	19	3.4975	0.0024 **
② 乾枯芒果葉		7	0.0267			
① 幽靈竹節蟲	Y軸	20	0.3435	19	2.5706	0.0187 *
② 乾枯芒果葉		7	0.0346			

(* 為 p-value 小於 0.05，達顯著差異； ** 為 p-value 小於 0.01，達顯著差異)

(3) 新鮮芒果葉與乾枯芒果葉之晃動幅度比較

從表 (三) 的 p-value 小於 0.05，可得出新鮮芒果葉與乾枯芒果葉在相同風速下的晃動幅度在 X Y 軸上皆有顯著差異。

表三、新鮮芒果葉與乾枯芒果葉 X Y 軸晃動幅度之平均數差檢定

變數	方位	樣本數 (n)	平均數 (M)	自由度 (df)	t值 (t)	p值 (p)
① 新鮮芒果葉	X軸	9	0.1833	8	5.3244	0.0007 **
② 乾枯芒果葉		7	0.0267			
① 新鮮芒果葉	Y軸	9	0.2160	9	6.3884	0.0001 **
② 乾枯芒果葉		7	0.0346			

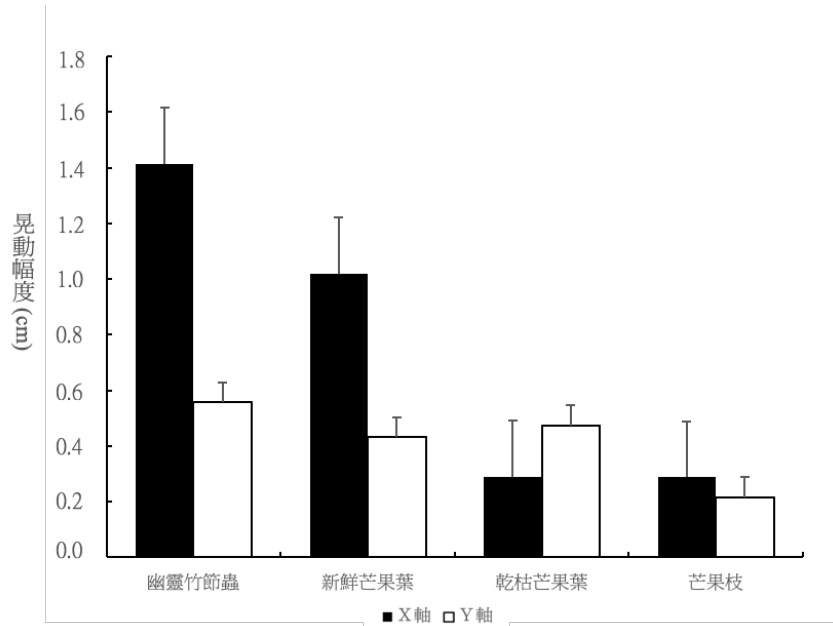
(4) 幽靈竹節蟲與芒果枝之晃動幅度比較

從表 (四) 的 p-value 小於 0.05，可得出幽靈竹節蟲與芒果枝在相同風速下的晃動幅度在 X Y 軸皆有顯著差異。

表四、幽靈竹節蟲與芒果枝 X Y 軸晃動幅度之平均數差檢定

變數	方位	樣本數 (n)	平均數 (M)	自由度 (df)	t值 (t)	p值 (p)
① 幽靈竹節蟲	X軸	20	0.3383	19	3.6206	0.0018 **
② 芒果枝		9	0.0161			
① 幽靈竹節蟲	Y軸	20	0.3435	20	2.4083	0.0258 *
② 芒果枝		9	0.0520			

(二) 相機 2



圖七、各研究對象在1.2m/s風速、相機2中 X (前後) Y (上下) 軸晃動幅度平均值長條圖

(1) 幽靈竹節蟲與新鮮芒果葉之晃動幅度比較

從表 (五) 的 p-value 大於 0.05，可得出幽靈竹節蟲與新鮮芒果葉在相同風速下的晃動幅度在 X Y 軸上皆沒有顯著差異。

表五、幽靈竹節蟲與新鮮芒果葉 X Y 軸晃動幅度之平均數差檢定

變數	方位	樣本數 (n)	平均數 (M)	自由度 (df)	t值 (t)	p值 (p)
① 幽靈竹節蟲	X軸	18	0.1414	41	1.2433	0.2208
② 新鮮芒果葉		25	0.1020			
① 幽靈竹節蟲	Y軸	13	0.0557	16	0.8205	0.4240
② 新鮮芒果葉		25	0.0431			

(2) 幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉之晃動幅度比較

從表 (六) 的 X 軸 p-value 小於 0.05，Y 軸 p-value 大於 0.05，可得出幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉在相同風速下的晃動幅度僅在 X 軸上有顯著差異。

表六、幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉 X Y 軸晃動幅度之平均數差檢

變數	方位	樣本數 (n)	平均數 (M)	自由度 (df)	t值 (t)	p值 (p)
① 幽靈竹節蟲	X軸	18	0.1414	24	2.4908	0.0200 *
② 乾枯芒果葉		8	0.0575			
① 幽靈竹節蟲	Y軸	13	0.0557	19	-0.8662	0.3972
② 乾枯芒果葉		8	0.0743			

五、實驗結果

在相機 1 中，幽靈竹節蟲晃動模式和新鮮芒果葉高度相似、幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉之晃動幅度有顯著差異、新鮮芒果葉與乾枯芒果葉之晃動幅度有顯著差異、幽靈竹節蟲與芒果枝之晃動幅度有顯著差異；在相機 2 中，幽靈竹節蟲晃動模式和新鮮芒果葉高度相似，幽靈竹節蟲與乾枯芒果葉之晃動幅度部分具有顯著差異。

此結果無法顯示其模仿的對象為乾枯食草或芒果枝，可推測其可能模仿對象為新鮮食草（芒果葉）；又因其體色明顯與新鮮食草之鮮綠不同，我們可推知此種動態擬態實屬為避免在天敵偵測其存在後將其歸類為獵物的動態偽裝。

五、結論與生活應用

一、結論

1. 幽靈竹節蟲的晃動幅度與新鮮食草相似，與枯葉、芒果枝不相似；
2. 幽靈竹節蟲的模仿對象為新鮮食草，行為模式屬於動態偽裝。
3. 未來希望延續此研究，進一步探討此晃動模式的規律及更深入之細節。

二、生活應用

1. 將動態擬態行為模式化後，用來追蹤辨識幽靈竹節蟲，或應用於 AI 的影像分析功能中，例如可以開發更準確的物體追蹤、動態分析等功能。
2. 將幽靈竹節蟲的晃動模式運用於仿生科技中，例如將竹節蟲晃動的機制應用在建築物的抗震裝置上，提升建築物的抗震能力；或幫助開發更自然、智能的機器人控制算法，從而提升機器人的運動能力。

參考資料

【英文部分】

1. Bian, X., Elgar, M. A., & Peters, R. A. (2016). The swaying behavior of *Extatosoma tiaratum*: motion camouflage in a stick insect?. *Behavioral Ecology*, 27(1), 83-92.
2. Hall, J. R., Cuthill, I. C., Baddeley, R., Shohet, A. J., & Scott-Samuel, N. E. (2013). Camouflage, detection and identification of moving targets. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1758), 20130064.
3. Korboot, K. (1961). *Observations on the Life Histories of the Stick Insects Acrophylla tessellata Gray and Extatosoma tiaratum Macleay*. The University of Queensland Press.
4. Wadsworth, T., Carriman, A., Gutierrez, A. A., Moffatt, C., & Fuse, M. (2014). Ecdysis behaviors and circadian rhythm of ecdysis in the stick insect, *Carausius morosus*. *Journal of insect physiology*, 71, 68-77.

【中文部分】

1. 黃世富 (2002)。台灣的竹節蟲。大樹文化