

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

佳作

030309

百「稈」交「姬」-簷下姬鬼蛛群體結網空間分布及卵囊中稈蠅蛹之研究

學校名稱：基隆市立武崙國民中學

作者：  國二 潘冠儒  國二 許尚軒  國二 楊乃諺	指導老師：  葉玉君  簡忻怡
---	-----------------------------

關鍵詞：簷下姬鬼蛛、稈蠅蛹、卵囊

# 摘要

本研究的主角為簷下姬鬼蛛 (*Neoscona nautica*) 及稈蠅 (*Chloropidae*)。只要環境擁有長時間照明，蛛網整天都會在。冬天姬鬼蛛體型大於春夏體型，數量也少於春夏的姬鬼蛛。體型小的姬鬼蛛離地面和變電箱較近，而體型大的蜘蛛離地面和變電箱較遠。單獨結網蛛網較大，群體結網的姬鬼蛛網面較小。姬鬼蛛分布的碎形維度  $D$  接近 1，為不均勻的分布。牠們有三種避敵的行為模式：直接避敵模式、折返避敵模式以及同側移動避敵模式。本研究中有 48 個卵囊的分布都以變電箱為中心，顯示變電箱周圍為牠們繁殖區域。單體生活的姬鬼蛛會在屋簷下產卵囊。54 個卵囊中有蟲蛹的比例佔 57.4%，沒有蟲蛹的比例為 42.6%。稈蠅蟲蛹在卵囊中幾乎為中心對稱分布。

## 壹、研究動機

常在放學回家經過隧道變電箱時，發現許多蜘蛛在那附近結網，時值七年級下學期，我們對生物課本中介紹動物的單元感到很有興趣，其中最喜歡的即為蜘蛛。經查詢資料後發現，這種蜘蛛名為「簷下姬鬼蛛」，而蜘蛛的長相雖然恐怖，但有很多種類其實是益蟲，更令人喜愛，所以決定展開研究。在眾多文獻報告中，研究的蜘蛛多屬單體，因此我們想探討群體與單體之間的差異。實驗的過程當中，發現姬鬼蛛的卵囊裡常有某種昆蟲的蛹，經查詢與鑑定後發現此昆蟲為稈蠅。稈蠅的研究在台灣並不多，我們希望能夠更深入地了解，並找出稈蠅與姬鬼蛛卵囊之間的關係。

## 貳、研究目的

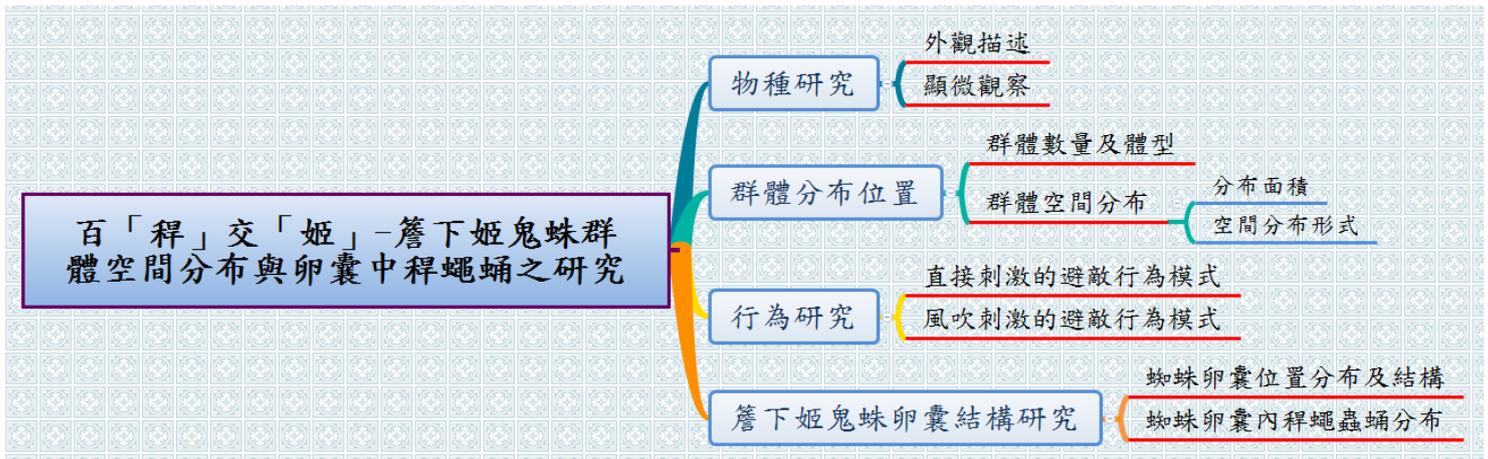
- 一、探討簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境
- 二、研究簷下姬鬼蛛群體和單獨結網的位置及結網的大小
- 三、探討簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布
- 四、研究簷下姬鬼蛛群體避敵行為模式
- 五、探討簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布
- 六、研究簷下姬鬼蛛卵囊與稈蠅之間的關係

## 參、研究設備及器材

編號	物品	目的
1	筆	記錄與實驗操作
2	紙	記錄
3	手機	記錄與拍照
4	電腦	辨識蜘蛛與稈蠅種類、查詢資料
5	鑷子	方便實驗操作
6	塑膠罐	裝蜘蛛
7	複式顯微鏡	觀察卵囊中的物體
8	解剖顯微鏡	觀察蜘蛛和卵囊構造
9	小畫家	剪掉與加入物件
10	電磁波測試器	測量電磁波

11	Inkscape	繪製蜘蛛網
12	Tracker	分析蜘蛛避敵行為
13	ImageJ	重疊部分面積計算
14	Excel	記錄與繪製圖表
15	Photoshop	進行去背
16	App-Lux Meter	測量環境照度

## 肆、研究過程及方法



### 一、蜘蛛的採樣及飼養

在實驗中經由實際觀察及蜘蛛圖鑑確定欲研究之蜘蛛為簷下姬鬼蛛，剛開始發現時，我們先在實驗地用肉眼觀察簷下姬鬼蛛。

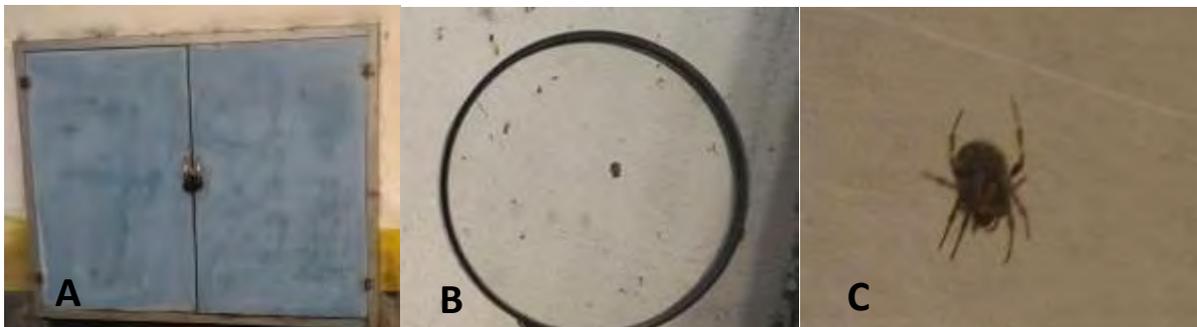


圖 1、觀察姬鬼蛛之方法。A 發現群聚姬鬼蛛地點；B 使用放大鏡觀察；C 使用手機拍姬鬼蛛

捕捉簷下姬鬼蛛：因為對於姬鬼蛛群聚的現象感興趣，所以便想要捕捉回教室飼養，由於我們觀察到的姬鬼蛛皆在變電箱旁的蜘蛛網上，因此我們使用筆輕輕的直接干擾姬鬼蛛，並且將塑膠罐放在蜘蛛旁邊，誘導蜘蛛進入罐子中，然後蓋上蓋子。

(一) 若在蜘蛛網上，以塑膠罐直接蓋上，在蓋上蓋子即可。

(二) 若在地上，以塑膠罐蓋上，旁邊拿蓋子預備，把塑膠罐翻過來，與蓋子一起關上蜘蛛。

### 二、簷下姬鬼蛛基本形質的測量及顯微攝影



圖 2、簷下姬鬼蛛之基本測量。A 使用游標尺測量體長；B 使用解剖顯微鏡攝影

### 三、 簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境調查方式

為了瞭解群體及單獨生活的姬鬼蛛生活環境及地點的差異，我們調查簷下姬鬼蛛群體及單獨所在環境類型、位置與型態，記錄蛛網上方是否有遮蔽物，遮蔽物開口的方向，測量蜘蛛網離地的高度，周圍環境的照度、周圍電磁波強度。其中環境中照度的測量我們下載手機 App - Lux Meter，以測量環境中的照度。電磁波則使用高斯計作測量（單位  $\mu\text{T}$ ）。

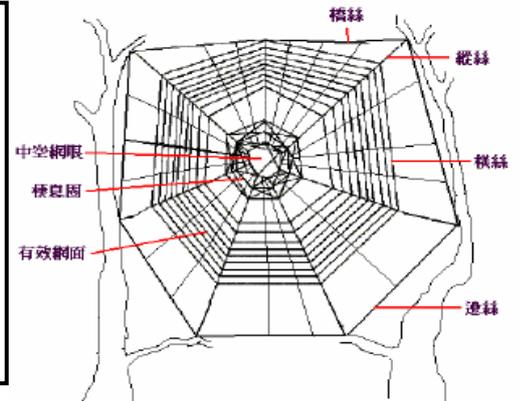


圖 3、照度及電波測量之方法。A 使用 Lux Meter 測量環境照度；B 測量蜘蛛網離地高度；C 高斯計測試完後再記錄。

### 四、 簷下姬鬼蛛結網面積的測量方式

在未進行結網大小的測量之前，我們參考了許多之前在科展比賽中關於簷下姬鬼蛛的研究，其中有一篇為臺灣 2003 年國際科學展覽會動物學科第一名的半屏山下簷下姬鬼蛛的研究，內容對於姬鬼蛛的網的結構描述詳盡，其中網的基本結構如下圖，說明如下：

- (一) 縱絲：為網的主要架構，無黏性，是結橫絲前必結的絲，能支持網的大部分重量，亦能維持網的穩定性。
- (二) 橫絲：為黏性絲，可將獵物黏住。
- (三) 邊絲：是蜘蛛結網前與支撐物相連的所形成的邊框。
- (四) 橋絲：收網後所留下一條絲，為下次結網的開始處。
- (五) 網眼：為網的最中心，其內中空。
- (六) 棲息圈：為網眼外圍的環狀絲，不具黏性，也是蜘蛛主要休息的地方。
- (七) 有效網面：由橫絲所組成，是主要捕食獵物的地方。



我們使用尺測量蜘蛛網本身有效網面的長、寬，作比較分析，由於參考文獻中的姬鬼蛛為單網，我們在研究區域發現群聚的狀況，測量後將以群聚網的分布及大小繪製呈現。



圖 4、變電箱周圍。A 為實驗中簷下姬鬼蛛聚集的變電箱；B 側拍變電箱在隧道中位置。

## 五、簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布研究方式

在實驗的隧道中每日記錄姬鬼蛛的位置，記錄的方式以平面座標為主，設定變電箱其中心座標為(0,0)，並以比例尺 1:20，縮小 20 倍，同時記錄蜘蛛的數目及當時的氣溫，紀錄的座標圖如下圖，每一個紀錄的黑點皆為蜘蛛位置，其中 A、B、C 為姬鬼蛛編號，藍色的六邊型為群體外圍形狀。

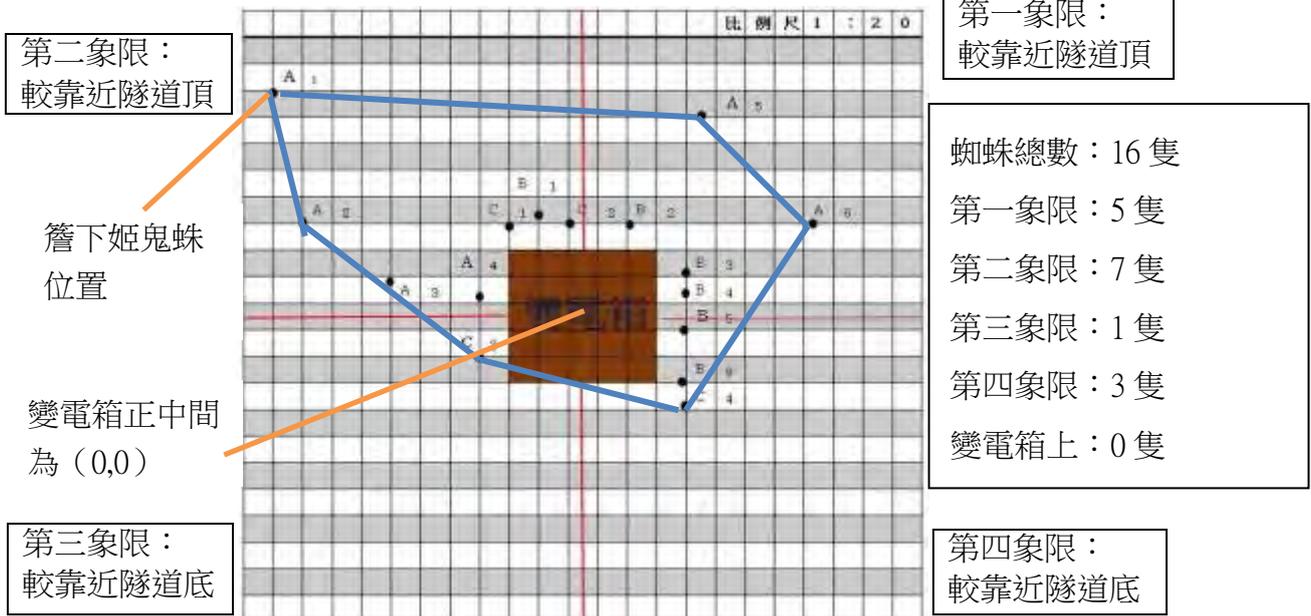


圖 5、簷下姬鬼蛛空間分布登記方式

## 六、研究簷下姬鬼蛛群體避敵行為模式

我們觀察蜘蛛的行為模式是使用筆（直接接觸的變因）及電風扇（風的變因）分別震動蛛網有效面的上下左右各一次，並使用手機錄影，最後使用電腦軟體-Tracker 分析並歸納蜘蛛的逃亡軌跡。如下圖所示：



圖 6、測量行為模式。1.用筆震動蛛網的上下左右；2.使用手機錄影；3.使用 Tracker 分析。

## 七、探討簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布

在實驗的隧道中布滿簷下姬鬼蛛的卵囊，我們在隧道中每 4 公尺為一個單位，隧道兩邊共 53 的單位，記錄卵囊在隧道中的水平位置以及垂直高度。

## 八、研究簷下姬鬼蛛卵囊與稈蠅之間的關係

我們將在隧道中取下的卵囊放在密封袋中，並且放在密封袋保存。之後拍下解剖顯微鏡下卵囊的照片，並記錄稈蠅蛹的數量及平均長度、大小、卵囊被腐生的比例、卵囊中小蜘蛛的數目、卵囊中稈蠅蛹的數量、卵囊中稈蠅蛹的排列，並分析變電箱距離、隧道口距離的相關性。

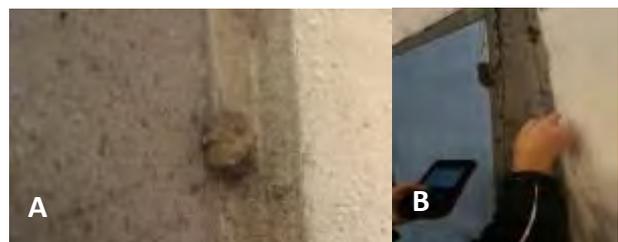


圖 7、記錄卵囊之方法。A 卵囊在隧道中的分布；B 記錄卵囊的位置過程。



圖 8、取下卵囊的方法。A 在隧道中找到卵囊；B 用筆將卵囊取下；C 將卵囊放入密封袋編號。

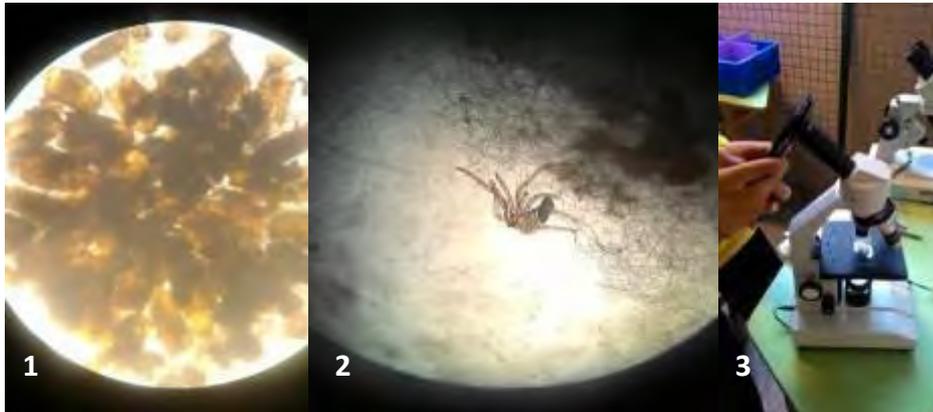


圖 9、測量卵囊的相關形質。1.將卵囊放在解剖顯微鏡下，觀察卵囊中稈蠅蛹的分布及數量和大小；2.再將卵囊放在複式顯微鏡下，仔細觀察卵囊中是否有小蜘蛛；3.使用手機將顯微鏡下的影像拍攝。

## 伍、研究結果

### 一、研究物種—簷下姬鬼蛛及稈蠅

#### (一) 簷下姬鬼蛛，科名：*Araneidae*，學名：簷下姬鬼蛛 *Neoscona nautica*

雌蛛體長約 8–12 mm，雄蛛約 6–7 mm。每隻個體的體色深淺不一，步足為淺褐色，每一節都具有黑褐色的橫帶。主要活躍於晚間，白天則大多躲於網絲旁上，並在樹枝間結網捕食，腹面絲疣前方有一對黃色圓斑，可用來吸引夜間出沒的蛾類。偶爾也會在住家周圍發現牠們的蹤影，其結網的形式為圓網。雌蛛會將卵囊產於活動範圍附近的堅硬物質上，例如牆面上或屋簷下。



圖 10、簷下姬鬼蛛 *Neoscona nautica* 成蛛、卵囊外觀形態照片。A 成蛛；B 卵囊。

#### (一) 稈蠅，目名：雙翅目 *Diptera*，科名：稈蠅科 *Chloropidae*

在世界各地分布超過 160 屬，為體長很小（1.0–4.0mm）的蒼蠅，體色為黃色或黑色。大多數幼蟲是植食性的，可能是穀物的主要害蟲。然而也有些種類為寄生和捕食物種是已知的。幼蟲主要的食物為禾本科植物，它們在營養或生殖部分內發育，有時直接在花序或種子中發育。有些幼蟲以生物腐爛或垂死的木材為食。然而在少數物種中，幼蟲是捕食者，生活在蜘蛛卵囊，螳螂或蝗蟲卵繭中。

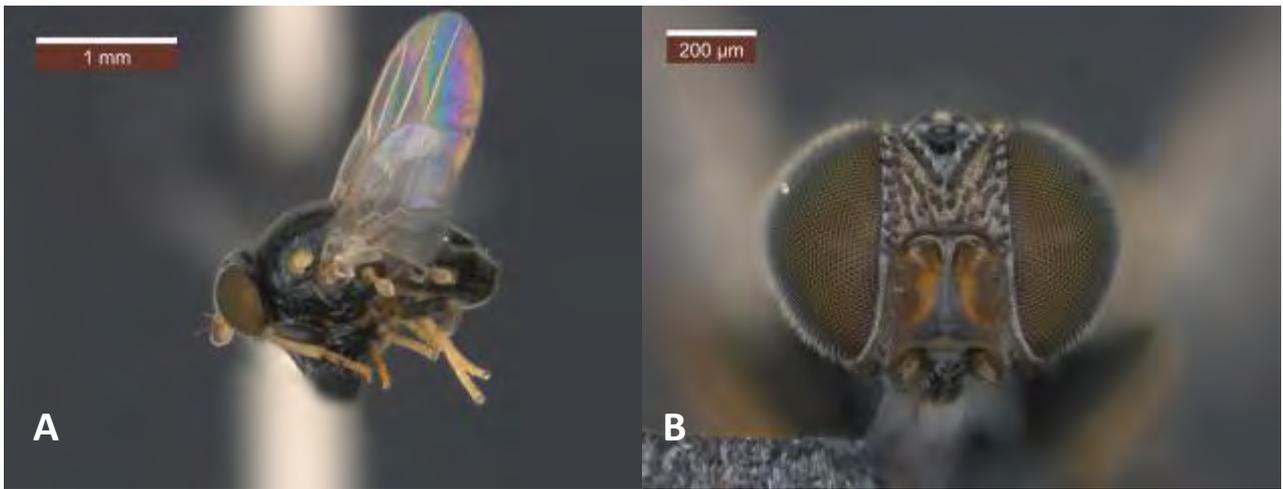


圖 11、稈蠅 *Chloropidae*。A 稈蠅；B 稈蠅複眼。

## 二、研究簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境

我們觀察野外蜘蛛的結網環境，不論是單獨或群體生活的簷下姬鬼蛛多半在人工環境下結網。單獨生活的簷下姬鬼蛛在屋簷或樓梯間等有遮蔽物的地方結網，除此之外路燈的下方也是牠們喜歡結網的地點，通常傍晚可以看到牠們已經完成結網，而在白天則沒有看到牠們的蹤跡。單獨結網的簷下姬鬼蛛結網地點及狀況如下圖所示：



圖 12、單獨結網的簷下姬鬼蛛結網環境。A 在樓梯間結網；B 在屋簷下結網。

我們在隧道中的變電箱旁觀察到群體生活的簷下姬鬼蛛，由於是汽車通行的隧道，所以一整天都開著隧道燈，變電箱周圍布滿了簷下姬鬼蛛的蜘蛛網，大大小小的蜘蛛都生活在變電箱附近，更特別的是不論白天還是晚上都沒有觀察到簷下姬鬼蛛收網的動作，此外也不論白天或夜晚姬鬼蛛都出現在網上的棲息圈處，沒有離開蜘蛛網。群體生活的簷下姬鬼蛛如下圖所示。

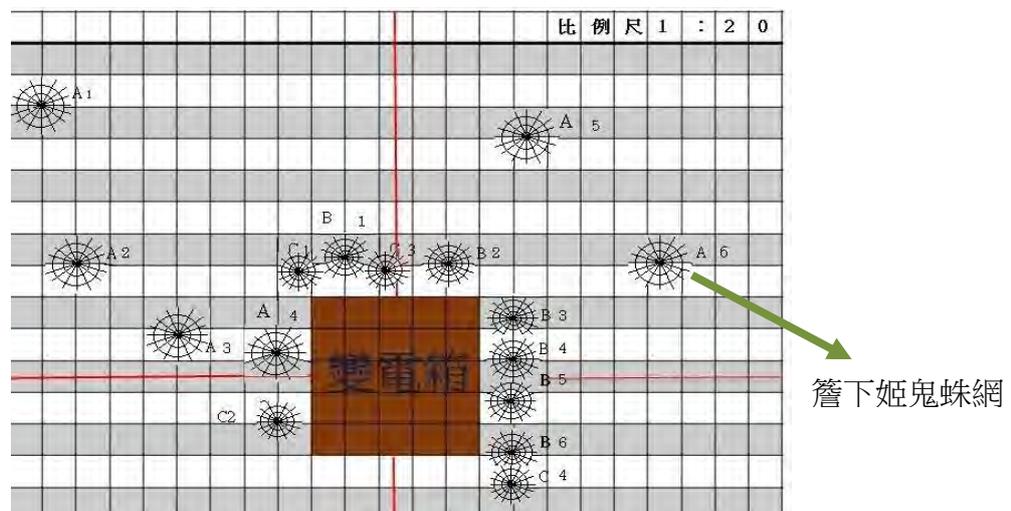


圖 13、群體生活簷下姬鬼蛛網的分布圖（姬鬼蛛體型越大，蛛網越大）

由於群體生活的姬鬼蛛生活在變電箱附近，因此我們測量了研究區域以變電箱為中心的電磁波強度，實驗結果顯示只有變電箱中央電磁波很高，其他都接近  $0.09\mu\text{t}$ 。

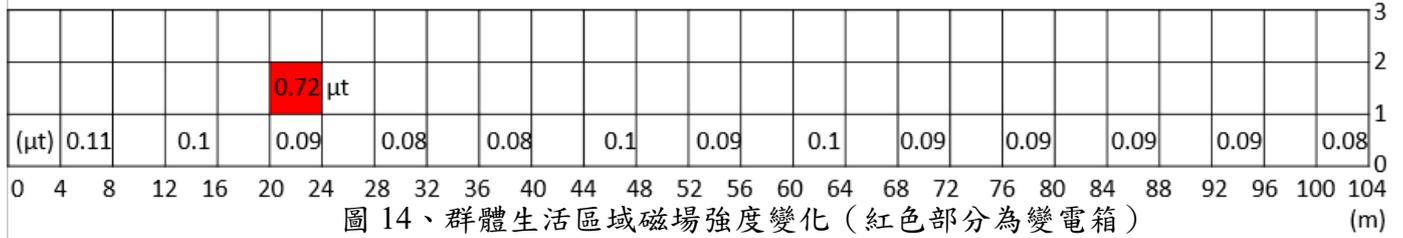


圖 14、群體生活區域磁場強度變化（紅色部分為變電箱）

此外，我們發現單獨與群體生活的姬鬼蛛，環境的差異性很大，如下表：

表一、單獨與群體生活簷下姬鬼蛛生活環境的差異性

生活方式	地點	出現時間	電磁波強度	環境照度	是否收網	網上獵物	周圍植被	環境概況
群體生活	隧道變電箱周圍	整天	$0.72\mu\text{t}$	上：77 lux 左：85 lux 右：74 lux	否	蚊子、果蠅 蛾、白蟻等	無	環境以變電箱為中心，周圍結網
單獨生活	家中樓梯間	整天	$0.04\mu\text{t}$	111 lux	否	蚊子居多	無	每天在樓梯間結網
	地下室	整天 整天	$0.37\mu\text{t}$ $0.05\mu\text{t}$	47 lux 181 lux	否	蚊子居多 蚊子居多	無 無	每天在地下室結網

從以上統整的結果可以發現，若以環境照度來看，單獨生活的姬鬼蛛環境照度比較大，群體生活的照度較低；以電磁波強度來看，群體生活的姬鬼蛛電磁波強度較大，單獨生活的姬鬼蛛電磁波強度較小。而兩種不同生活方式的姬鬼蛛，生活地點及環境差異性大，相同之處在於獵物的種類以及周圍環境植被以及在人工環境生活。

### 三、研究簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的位置與結網的大小

#### (一) 簷下姬鬼蛛群體數量與體型

我們從 2016 年 11 月開始研究簷下姬鬼蛛一直到 2017 年 5 月結束，期間記錄群體生活的簷下姬鬼蛛在變電箱周圍的分布數量及分布情形。

1. 簷下姬鬼蛛群體數量：我們將研究期間每天的的姬鬼蛛數量加以統計，統計後顯示簷下姬鬼蛛群體數量  $2017.4 (N=8) > 2016.11 (N=7) > 2017.3 (N=2) > 2016.12 (N=9) > 2017.5 (N=12)$ 。此外在實驗中我們也記錄了白天和晚上的群體數量，實驗結果顯示晚上  $>$  白天 ( $N=10$ )。

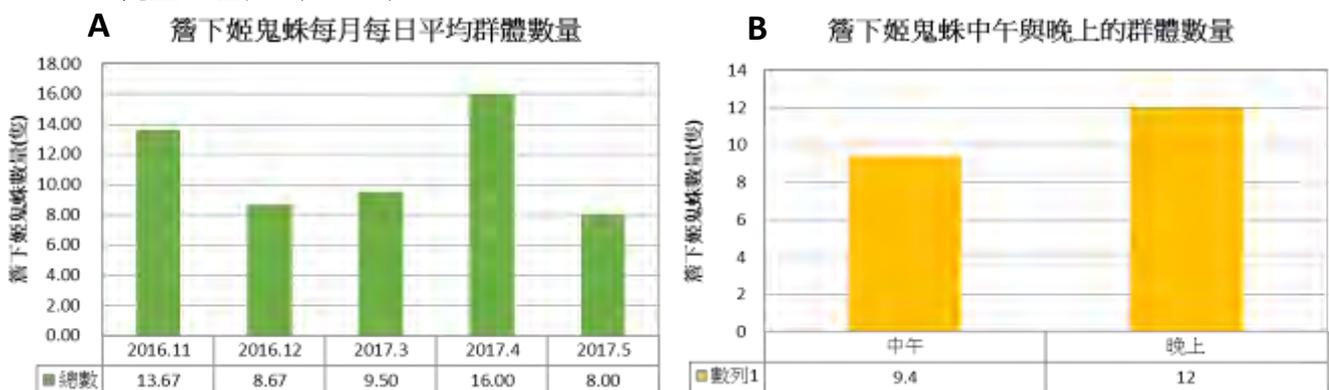


圖 15、簷下姬鬼蛛群體數量。A 每月每日平均數量；B 中午和晚上。

實驗期間經歷了初冬到初夏環境溫度的轉變很大，以線性迴歸分析群體數量與環境溫度關係，結果顯示兩者的相關性不大，顯示變電箱周圍姬鬼蛛的數量並沒有因為溫度的關係而有所變化。

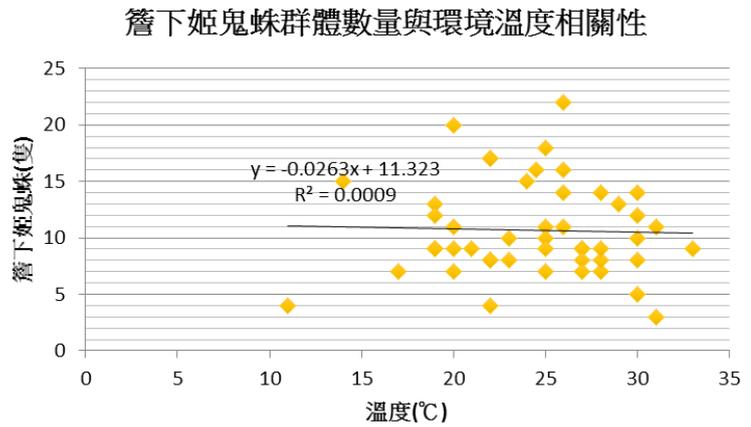


圖 16、簷下姬鬼蛛群體數量與環境溫度的相關性 (N=38)

2. 簷下姬鬼蛛群體體長：在每天的實驗中我們將每月的姬鬼蛛體長平均，以了解每一月份姬鬼蛛的體型差異，結果發現 2016.12 (N=9) > 2016.11 (N=7) > 2017.3 (N=2) > 2017.5 (N=12) > 2017.4 (N=8)。此外在實驗中我們也記錄了白天和晚上的群體平均體長，實驗結果顯示白天 > 晚上 (N=10)。

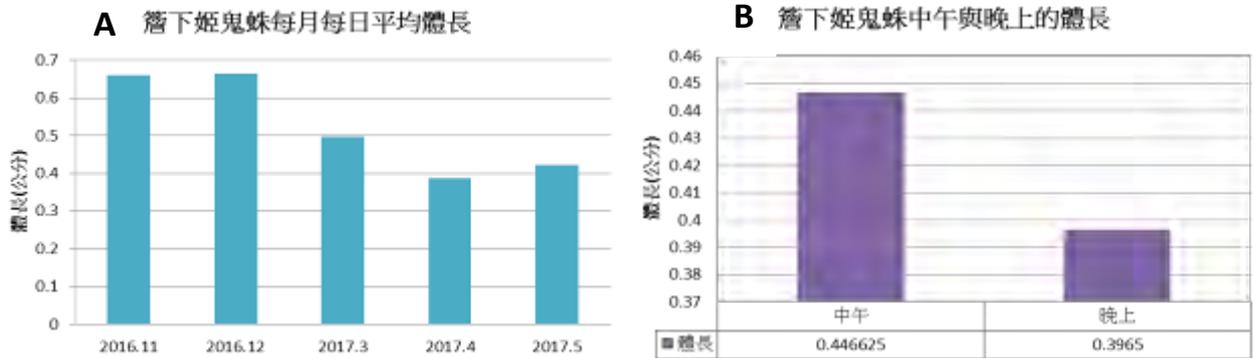


圖 17、簷下姬鬼蛛群體體長。A 每月每日平均體長；B 中午和晚上。

進一步以線性迴歸分析群體長與環境溫度關係，結果顯示兩者的相關性呈負相關，顯示變電箱周圍姬鬼蛛的體長與溫度變化相反。

3. 綜合以上兩項實驗發現 2017 年 4 月的姬鬼蛛數量最多，但體長的平均最小；而晚上的姬鬼蛛數量較多且體長較小；溫度與姬鬼蛛體長也呈負相關。

### 簷下姬鬼蛛體長與環境溫度相關性

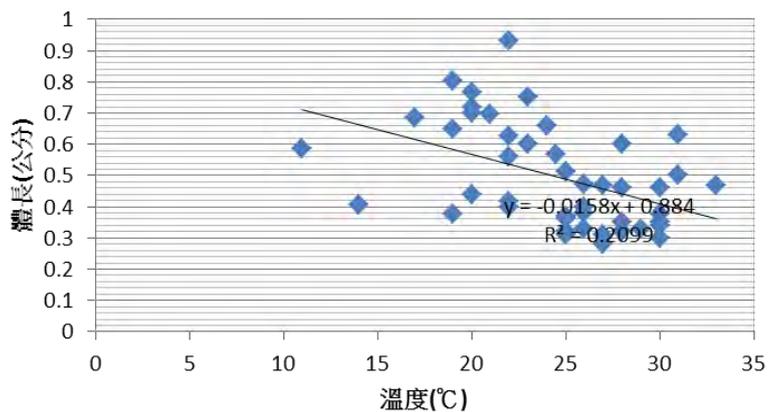


圖 18、簷下姬鬼蛛群體體長與環境溫度的相關性 (N=38)

## (二) 簷下姬鬼蛛體長與結網高度的相關性

1. 姬鬼蛛與變電箱的距離：我們記錄每一隻蜘蛛的座標位置，座標圖上一格為 20 公分，以此可以得知與變電箱之間的距離，以及離地面的距離。

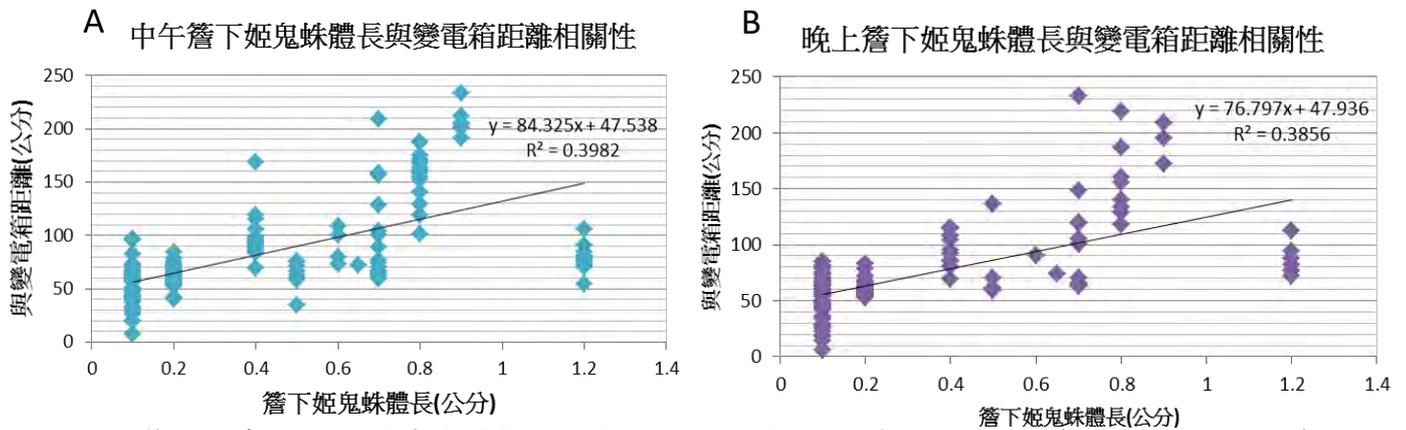


圖 19、簷下姬鬼蛛在不同時間體長與變電箱距離相關性。A 中午；B 晚上（蜘蛛數量 N=199）。

從圖中顯示不論是中午或晚上，簷下姬鬼蛛體長與變電箱距離呈正相關，體型越大的姬鬼蛛離變電箱越遠，體型小的姬鬼蛛離變電箱較近。

2. 姬鬼蛛離地高度：不同體型姬鬼蛛離地的高度不一樣，不論是中午或晚上，簷下姬鬼蛛體長都與離地高度呈正相關，且體型越大的姬鬼蛛結網地點離地面較高，體型小的姬鬼蛛離地面較近。

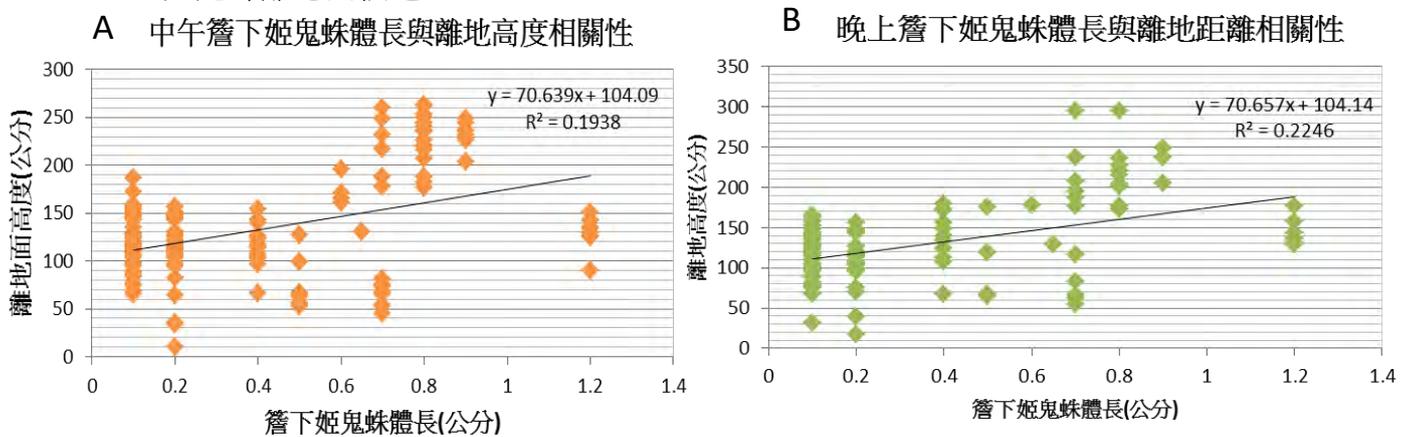


圖 20、簷下姬鬼蛛體長與離地高度相關性。A 中午；B 晚上（蜘蛛數量 N=199）。

3. 姬鬼蛛中午到晚上位移：在實驗過程中我們記錄了 8 天中午及傍晚，群體生活的簷下姬鬼蛛位置分布，利用平面座標的記錄方法，觀察他們位置移動的情形。

表二、簷下姬鬼蛛每日中午到晚上的移動距離（體長單位：公分；移動距離：公分）

日期	每日編號	體長	移動距離	日期	編號	體長	移動距離	日期	編號	體長	移動距離
4月17日	1	0.6	83.70736	4月20日	1	0.6	37.67138	5月3日	4	1.2	16.40111
	3	0.5	135.5943		4	1.2	30.8444		8	0.2	3.678002
4月18日	1	0.6	11.64302		8	0.2	20.59219		9	0.2	33.69988
	4	1.2	21.85813		9	0.2	3.528527		12	0.1	21.35804
	8	0.2	115.2984		12	0.1	7.592582		20	0.1	28.88081
	9	0.2	20.86593		14	0.1	7.694056		26	0.1	8.218059
	12	0.1	2.153346		18	0.1	7.483235		27	0.5	12.37076
	14	0.1	21.48903		21	0.2	3.898987	5月4日	4	1.2	2.545683
	15	0.1	3.810472		26	0.1	9.477157		8	0.2	3.270978
	18	0.1	3.709461		27	0.5	12.67283		9	0.2	2.584279
	19	0.1	8.853079	4月24日	4	1.2	1.474924		17	0.7	10.05411
	20	0.1	21.45472		8	0.2	1.654841		21	0.2	4.767096
	21	0.2	10.22825		17	0.7	17.75903		25	0.4	19.16024
	22	0.1	119.1511		25	0.4	2.013256	5月9日	1	0.7	81.95265
4月19日	1	0.7	65.4811		27	0.5	1.653421		2	0.8	48.3209
	4	1.2	8.125971						9	0.2	0.975141
	8	0.2	7.216793						24	0.8	85.98805
	9	0.2	2.82703								
	12	0.1	4.722986								
	14	0.1	12.96306								
	17	0.7	51.26201								
	18	0.1	21.71566								
	20	0.1	39.45348								
	26	0.1	33.29722								

除了 4 月 17 日的編號 3 號、4 月 18 日的編號 8 和 22 號、以及 5 月 9 日的編號 1 號，其他姬鬼蛛中午與晚上的位置都在同一象限，而且移動的距離大多小於 20 公分。以線性分析姬鬼蛛體長與移動距離相關性，體長和移動距離相關性低。

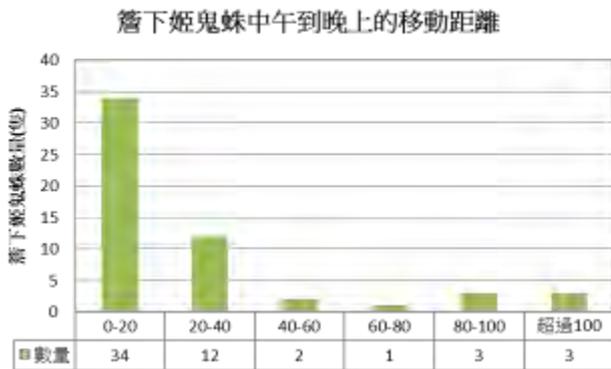


圖 21、簷下姬鬼蛛中午到晚上移動距離 (分成六組位移 0-20 公分、20-40 公分、40-60 公分、60-80 公分、80-100 公分以及 100 公分以上)

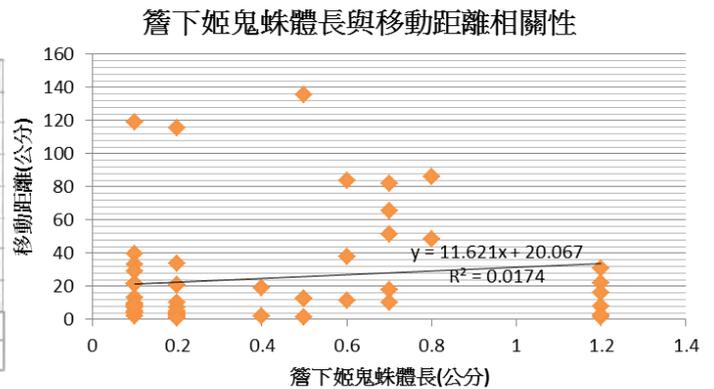


圖 22、簷下姬鬼蛛體長與移動距離相關性

### (三) 簷下姬鬼蛛體型大小與網大小的相關性

簷下姬鬼蛛的網雖然屬於圓網，但是比較接近橢圓形，網的外型如下圖所示：



圖 23、簷下姬鬼蛛的網。左圖為實際網面，右圖為手繪網面。

經過實際測量發現，簷下姬鬼蛛體型大的蜘蛛網 > 體型小的簷下姬鬼蛛，我們測量後結果如下表，簷下姬鬼蛛的網雖然屬於圓網，但是比較接近橢圓形，因此我們使用橢圓形面積計算，面積公式： $S = \pi ab$ 。

表三、單獨與群體簷下姬鬼蛛網的大小 (公分)

生活方式	體型(公分)	長軸(公分)	短軸(公分)	蜘蛛網面積(平方公分)
群體	0.15	6.05	6.8	129.1796
	0.5	8.15	7.6	194.4916
	0.8	9.7	6.9	210.1602
單獨	0.9	13.6	11.9	508.1776
	0.8	10.7	10.4	349.5964
	0.7	11.1	10.3	359.1783

比較群體結網的簷下姬鬼蛛體型及蜘蛛網面積相關性，發現體型與蜘蛛網面積呈正相關，且相關性高；而群體及單獨生活的相同體型蜘蛛，單獨生活的簷下姬鬼蛛蜘蛛網面積比群體生活的蜘蛛網面積來的大。

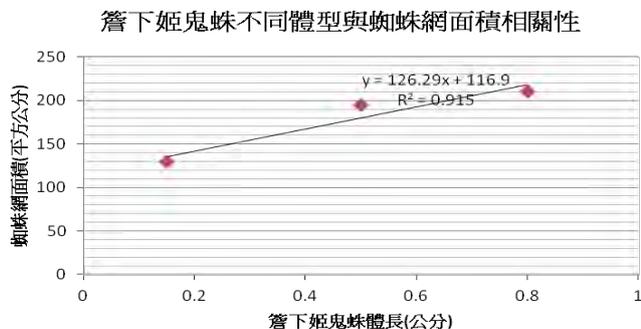


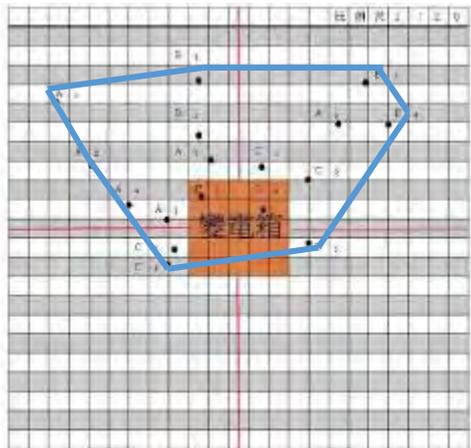
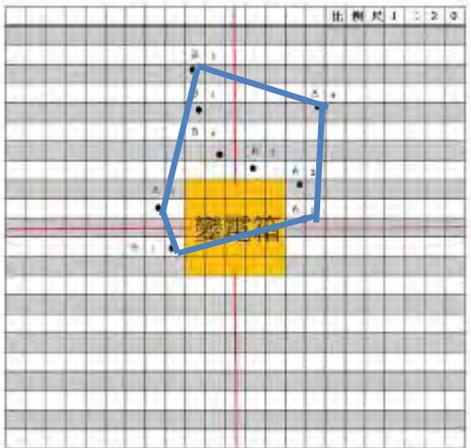
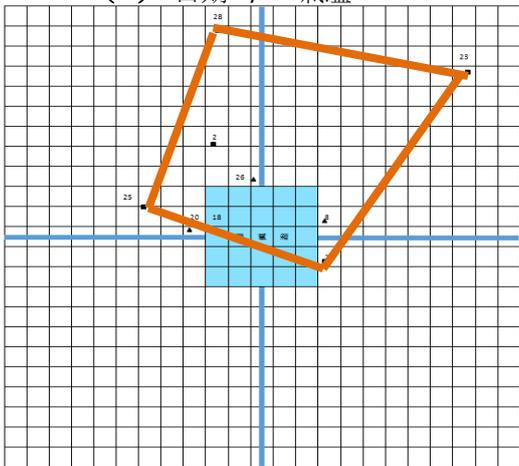
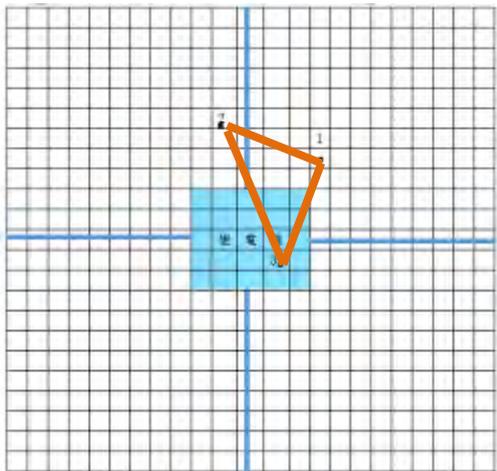
圖 24、群體生活簷下姬鬼蛛不同體長與結網面積相關性

#### 四、探討簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布

我們記錄簷下姬鬼蛛不同體型大小的位置，統計姬鬼蛛分布的區塊數量，此外連接群體中最外圈個體，觀察群體的聚集外型，並將群體外型連接計算內部面積為群體面積。

(一) 簷下姬鬼蛛的群體外型型態：我們想了解在族群生活區塊的最外圈是何種體型的蜘蛛，以及最外圈的形狀，我們將研究期間每一天最外圍的蜘蛛連線，觀察族群外圍所呈現的外型。呈現的外型分別為三角形、四邊形、五邊形及六邊形。

表四、不同簷下姬鬼蛛群體外型紀錄的天數（藍色為群體的外型）

簷下姬鬼蛛群體生活分析	(A) 日期: 11/15 氣溫: 22°C	(B) 日期: 12/7 氣溫: 21°C
		
群體外型	六邊形	五邊形
研究天數	8 天	23 天
簷下姬鬼蛛群體生活分析	(C) 日期: 4/27 氣溫: 19	(D) 日期: 4/17 氣溫: 31°C
		
群體外型	四邊形	三角形
研究天數	3 天	13 天

實驗期間群體的外型以五邊形的天數最多，顯示群體外圍通常有五隻姬鬼蛛。

我們分析簷下姬鬼蛛每天群體的數量與群體外型相關性，並分析姬鬼蛛群體分布面積與群體外型相關性，分析後發現兩者皆呈現高度的正相關，群體的數量越多以及群體所包含的面積越大，其群體的外型呈現多邊形，然而在研究中即使群體的總數再多，群體的外型最多為六邊形。

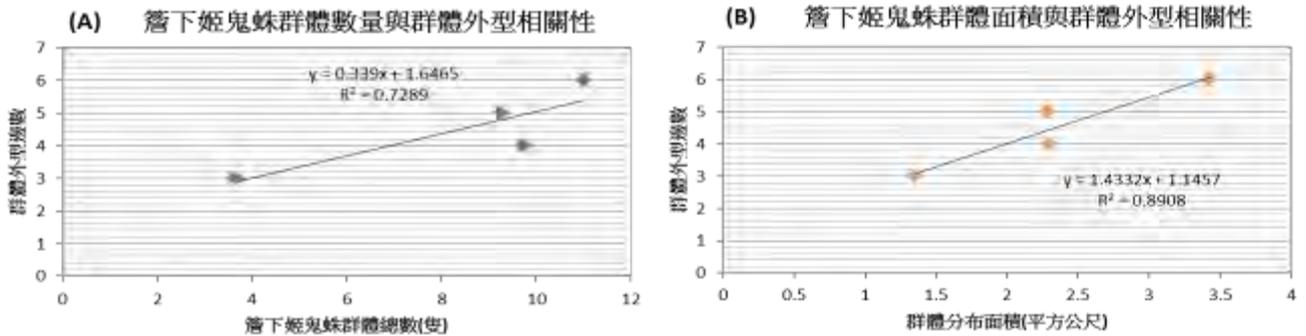


圖 25、簷下姬鬼蛛群體外型相關性。A 群體數量；B 群體面積（群體登記天數 N=46）。

我們也分析了姬鬼蛛外圍體型與內部體型的差異，結果如下圖所示，不論中午或晚上，在群體外圍的姬鬼蛛體長較內部的體長大，顯示體型大的姬鬼蛛在外圍，體型小的在內部。

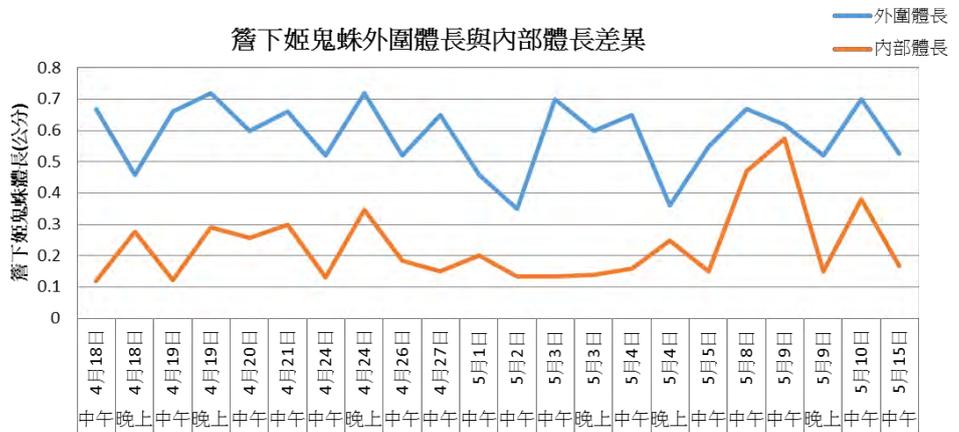


圖 26、簷下姬鬼蛛群體外圍與內部體型的比較

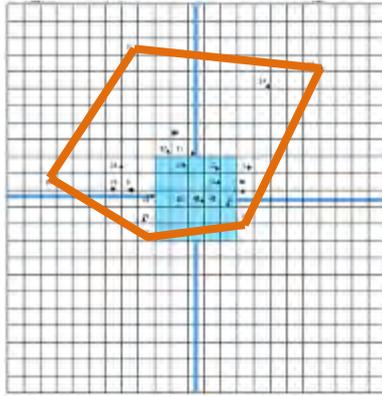
(二) 簷下姬鬼蛛群體分布面積：我們共記錄了五個月份的群體分布。每個月的群體分布面積都不相同。

表五、不同月份簷下姬鬼蛛群體分布（選取當月群體最大的例子；面積單位：平方公尺；數量單位：隻）

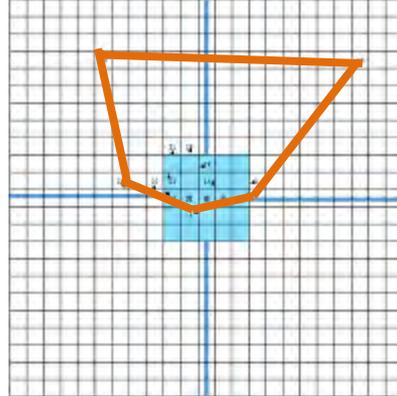
	(A) 日期:11/14 氣溫:24°C	(B) 日期:12/26 氣溫:23°C	(C) 日期:3/13 氣溫:14°C
簷下姬鬼蛛群體分布面積			
群體面積	6.12	3.76	4.36
蜘蛛數量	16	10	15

簷下姬鬼蛛  
群體生活  
分析

(D) 日期: 4/21 氣溫: 26°C



(E) 日期: 5/1 氣溫: 30°C



群體面積	5.48	4.12
蜘蛛數量	22	12

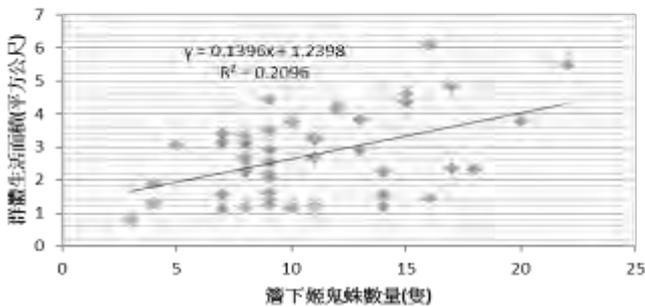
將實驗中不同月份的环境溫度、蜘蛛數量及群體分布面積平均，數據如右表，群體分布面積：2016.11 > 2017.4 > 2017.3 > 2016.12 > 2017.5。

我們也想知道分布面積與群體數量和環境溫度是否有關係，線性回歸分析後，群體數量與分布面積呈正相關，顯示數量越多群體分布面積越大，而環境溫度與分布面積相關性不大。

表六、簷下姬鬼蛛在不同月份平均環境溫度(°C)、蜘蛛數量以及群體面積(平方公尺)

月份	溫度	總數	面積
2016.11	21.42	13.67	4.28
2016.12	21.33	8.67	2.59
2017.3	12.50	9.50	2.84
2017.4	22.40	16.00	2.87
2017.5	25.20	8.00	1.65

(A) 簷下姬鬼蛛群體分布面積與數量相關性



(B) 簷下姬鬼蛛群體分布面積與溫度相關性

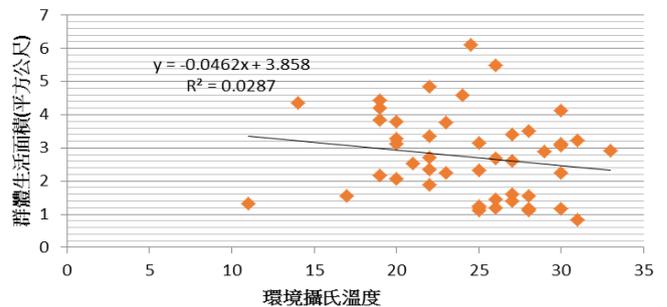
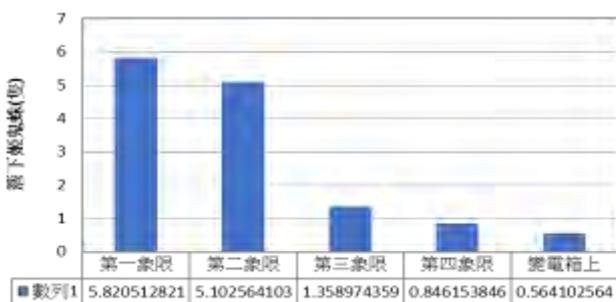


圖 27、簷下姬鬼蛛群體分布面積相關性。A 群體數量；B 環境溫度(群體登記天數 N=46)。

(三) 簷下姬鬼蛛在變電箱周圍的分布：由於研究的姬鬼蛛都分布在變電箱周圍，想了解大多數的姬鬼蛛都分布在變電箱的哪一個位置，因此我們以變電箱中心當作原點，並將周圍區分成四個象限，以了解姬鬼蛛的分布。

(A) 簷下姬鬼蛛不同位置的數量



(B) 簷下姬鬼蛛不同位置的體長

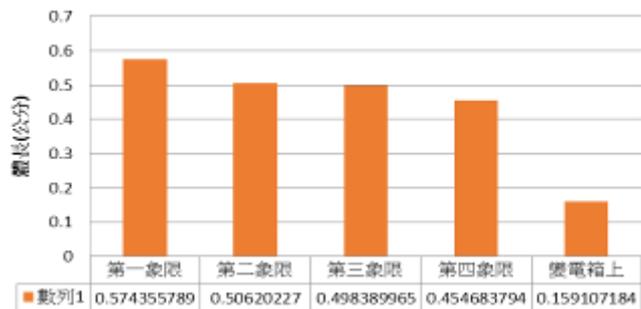


圖 28、簷下姬鬼蛛在不同位置的狀況。A 數量；平均體長(群體登記天數 N=38)。

結果發現，簷下姬鬼蛛在第一象限數量最多，變電箱上數量最少；姬鬼蛛體長以第一象限最大，變電箱上最小。

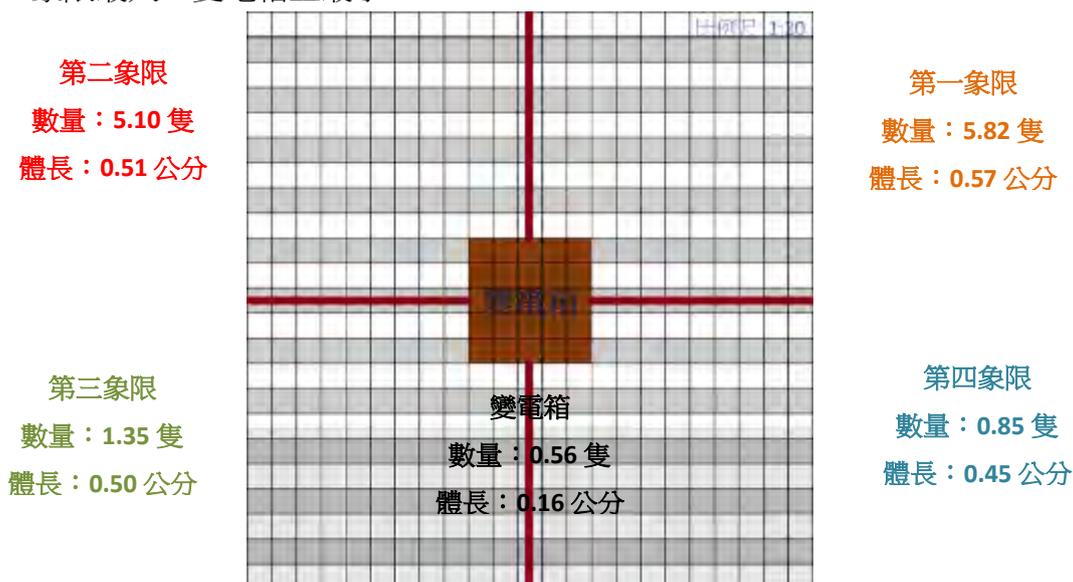


圖 29、簷下姬鬼蛛在變電箱周圍分布狀況 (N=38)

#### (四) 簷下姬鬼蛛空間分布形式 (碎形維度)

由於在我們觀察及記錄的過程中發現，姬鬼蛛大多數都分布在變電箱周圍，類似蜘蛛以變電箱為核心，輻射散出到區塊。從外觀觀察下發現，蜘蛛的分布呈現不規則的狀況，也呈現碎形的狀況。碎形理論認為傳統歐氏幾何並不適合於描述複雜的大自然，因為使用歐氏幾何的測量方法度量海岸線、雲朵、閃電...的周長時，無法得到一個準確的長度數值，碎形理論認為無法正確度量的關鍵在於維度，為突破歐氏幾何的限制，故提出在單純的一維、二維、三維之間，還有分數的維度地帶，而非只有整數的維度。碎形維度 (Fractal dimension) 是碎形理論用以表達空間分數維度的指標，故碎形維度又稱為分維；碎形維度值的觀念來自於傳統的歐幾里得，其中零維是點、一維是線、二維是面、三維是立體空間，概念圖如上圖：而我們使用碎形理論中的盒計數法 (Box Counting Method, BCM)，分析簷下姬鬼蛛的族群空間分布。盒計法是將空間分割成邊長為  $r$  之大小相同的小方格，然後計算覆蓋在某一形狀所需小方格數量。旨在研究物體及其空間分布在不同大小邊長的方格切割下，所產生的對應關係。由於「面積 = 格子數 × 格子大小」，故可用格子數與格子邊長的變化來檢測出碎形維度，而導出下列關係式：

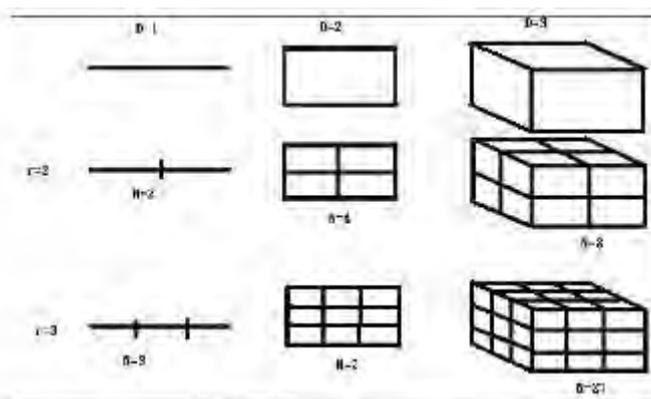


圖 30、歐幾里得維度

與老師討論後，參考碎形維度相關資料再把公式變換成簷下姬鬼蛛族群分布適合的計算公式，公式如下：

$$D = \frac{\log N}{\log(\frac{1}{\sqrt{n}})}$$

D：碎形維度  
 N：簷下姬鬼蛛所佔的方格數量  
 n：簷下姬鬼蛛族群生活面積方格數

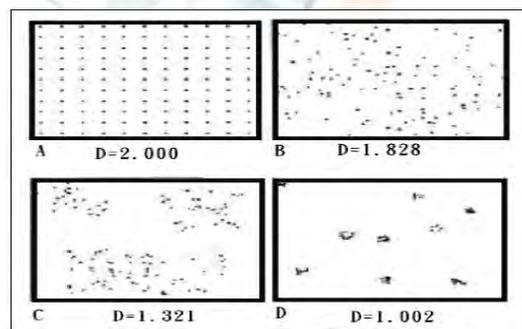


圖 31、利用 BCM 方法計算出不同空間型態的碎形維度值：接近 2 則表示在空間中群體分布為均勻分布，趨近 1 在空間中為不均勻

以此方式計算再取絕對值，計算出姬鬼蛛的碎形維度，而維度的判定如 31 圖。

從右圖可以發現維度接近 2 時，族群分布均勻；維度接近 1 時，分布不均勻。計算後我們發現，所有日期的簷下姬鬼蛛維度都接近 1，顯示簷下姬鬼蛛在環境生活區域分布屬於不均勻分布，與現實觀察的狀況相同。



圖 32、簷下姬鬼蛛每日碎形維度(N=27)

進一步使用線性迴歸分析姬鬼蛛碎形維度與其他因素的相關性，結果發現每日的中午和晚上碎形維度相關性小，而環境溫度與碎形維度的相關性也不大。

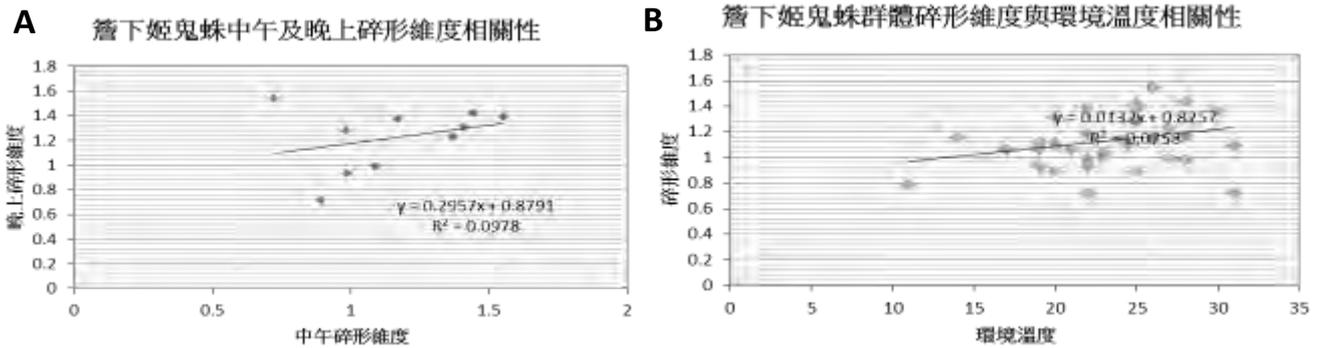


圖 33、簷下姬鬼蛛每日碎形維度相關性。A 不同時間；B 環境溫度。

利用 BCM 方法計算出不同空間型態的碎形維度值，並進行碎形維度的分類，結果發現研究區域的群體分類最接近 C 和 D。

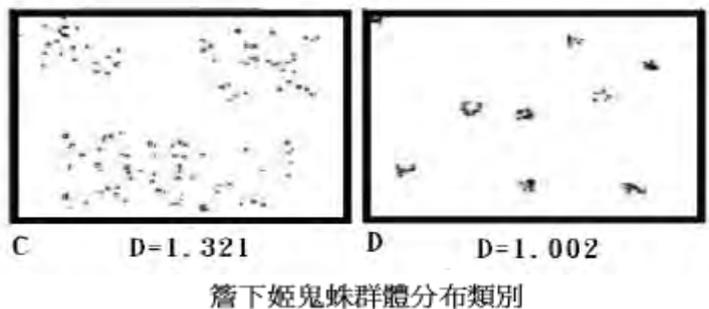


圖 34、簷下姬鬼蛛群體分布類別 (X 作標第一排數字為 D 碎形維度計算的數值；第二排為天數)



## 五、研究簷下姬鬼蛛避敵的行為模式

我們刺激姬鬼蛛後，使用攝影機拍攝姬鬼蛛的逃離行為，並且使用 Tracker 軟體分析姬鬼蛛逃離軌跡。

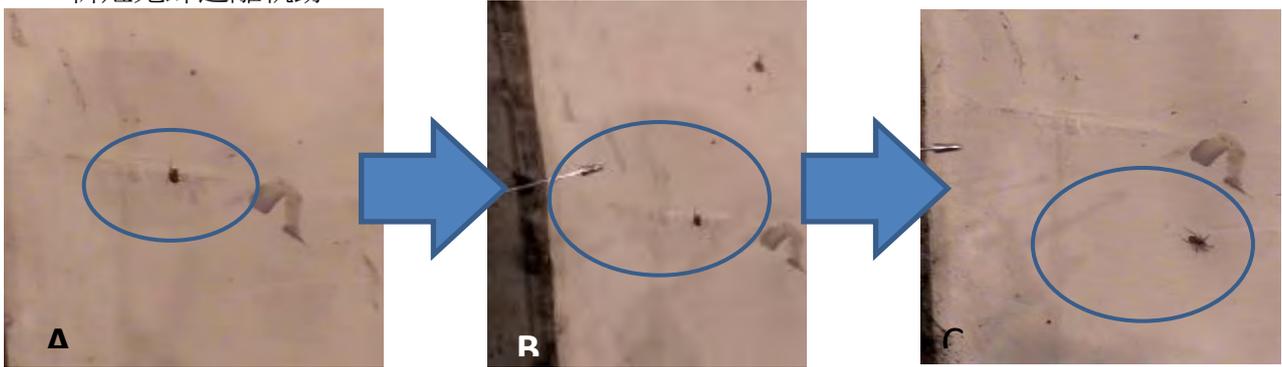


圖 35、簷下姬鬼蛛逃離情形。A 在網上靜止的簷下姬鬼蛛；B 刺激姬鬼蛛；C 姬鬼蛛逃跑。

(一)直接刺激簷下姬鬼蛛：我們觀察了 10 隻，分別由四個方向刺激，觀察逃亡的路徑，分析速度及移動方向還有 X-Y 移動軌跡圖。

1. 避敵行為模式：姬鬼蛛原本的位置皆在它們的棲息圈，當姬鬼蛛受到刺激後牠們就會迅速的逃離原本棲息圈的位置，經由 X-Y 移動軌跡圖的觀察，我們連接姬鬼蛛原本在棲息圈的位置及受刺激後最後的停留位置，發現姬鬼蛛的避敵行為模式有三種：

表七、簷下姬鬼蛛避敵行為模式

姬鬼蛛避敵行為模式	行為模式特徵 (橘色為姬鬼蛛軌跡)	模擬姬鬼蛛實際在網面移動路徑 (紅色為姬鬼蛛移動軌跡，起始點為網眼中心)
(1)直線避敵路徑：逃亡路徑在起始點和最後停留位置連線的上下兩側移動，姬鬼蛛無折返或折返不顯著，例如 A1 受到上方刺激的避敵軌跡。		
(2)折返避敵路徑：逃亡路徑在起始點和最後停留位置連線的兩側，姬鬼蛛呈現折返極不規則路徑，例如 A1 受到右方刺激的避敵軌跡。		
(3)同側避敵路徑：逃亡路徑在起始點和最後停留位置連線的兩側，姬鬼蛛在連線同一側移動，無折返或酌反不顯著，例如 A2 受到左方刺激的避敵軌跡。		

依照我們歸類的三種行為模式，我們將 10 隻姬鬼蛛的行為加以分類，結果發現面臨不同方向的刺激，姬鬼蛛大多以第一種直線避敵行為，遠離危險。而其次為同側避敵路徑，有折返現象的折返避敵路徑最少。

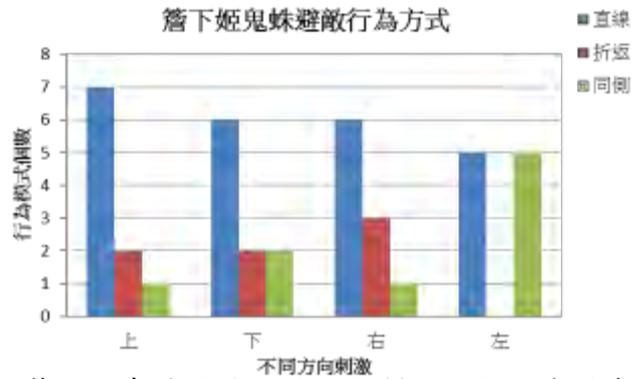


圖 36、簷下姬鬼蛛面臨不同方向刺激避敵行為模式

2. 簷下姬鬼蛛的逃離速度：我們將實驗中的 10 隻姬鬼蛛行為的數值登記如下表：

表八、簷下姬鬼蛛避敵行為反應數值及模式（體長單位：公分、夾角單位：度、速率單位：公分/秒）

		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
	體長	0.8	0.9	0.7	0.9	0.5	0.4	0.6	0.3	0.2	0.2
每秒逃離速率	上	2.29	2.5	4.7	2.59	5.31	5.6	2.84	7.03	2.11	3.13
	下	3.48	2.42	4.37	4.07	5.16	2.45	3.9	3.94	2.13	5.29
	右	1.86	2.83	4.78	1.77	6.1	8.11	8.71	2.13	1.96	1.36
	左	1.45	6.86	2.65	3.25	9.76	3.35	9.56	3.43	4.21	4.1
每秒垂直逃離速率	上	4.29	4.5	6.63	3.46	9.07	6.29	5.95	3.05	4.43	3.18
	下	4.92	3.45	5.38	2.5	5.63	6.59	8.38	3.37	2.58	6.66
	右	3.99	5.97	4.87	3.33	7.05	10.75	9.55	2.96	3.88	2.12
	左	3.12	9.49	4.81	5.12	13.59	5.06	7.36	3.77	5.44	6.31
每秒水平逃離速率	上	4.91	5.6	10.86	2.32	7.03	5.18	5.36	6.31	4.22	6.39
	下	8.61	3.3	6.37	3.07	6.51	4.32	7.96	4.53	3.71	6.35
	右	5.15	5.24	5.95	3.91	7.94	11.54	10.04	6.16	4.96	4.63
	左	2.91	15.89	5.77	3.81	8.41	9.54	13.86	4.21	10	10.46
逃離方向	上	左上	右下	右下	右上	左下	左上	右下	右下	左下	左上
	下	左上	左上	右上	左下	左下	左上	左上	左上	左下	左上
	右	左下	右下	左上	左下	左下	左下	左下	左下	左下	左上
	左	左上	左下	左上	左上	右上	左下	左上	左下	右上	左上
逃離模式	上	直線	直線	折返	直線	直線	折返	同側	直線	直線	直線
	下	直線	直線	同側	不規則	直線	直線	直線	直線	折返	同側
	右	折返	折返	直線	同側	直線	直線	直線	直線	折返	直線
	左	直線	同側	直線	同側	同側	直線	直線	同側	直線	同側
逃離方向與刺激方向夾角	上	60	110	115	68	60	57	70	110	120	63
	下	78	110	123	90	63	73	41	113	31	84
	右	147	65	28	159	150	106	149	162	140	174
	左	38	18	30	27	33	26	27	10	163	26

我們使用線性分析體長與逃亡速率相關性，結果發現體長與逃離速度相關性不大。除了直線運動速率的分析外，我們也計算了在移動過程中水平的移動速率及垂直移動速率，其中垂直移動速率大於水平移動速率，顯示姬鬼蛛在移動過程中以上下移動較遠的方式來躲避敵害。

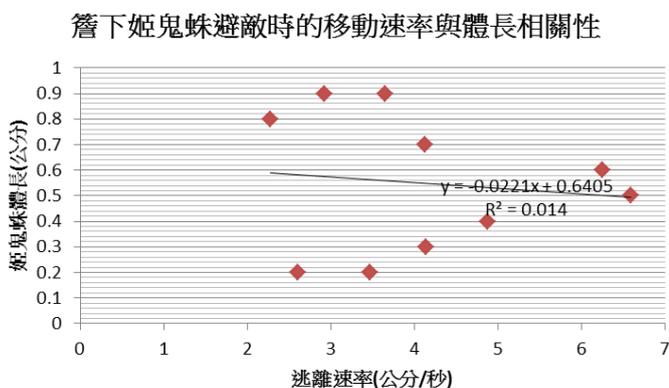


圖 37、簷下姬鬼蛛避敵時的移動速率與體長相關性

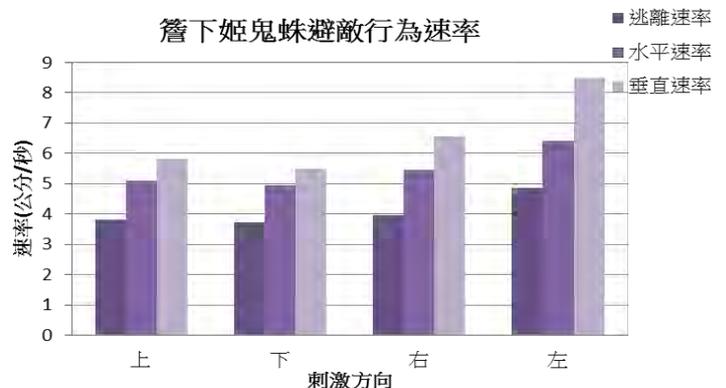


圖 38、簷下姬鬼蛛避敵時的移動速率

3. 簷下姬鬼蛛逃離的方向：我們測量起始點及終點所連接的直線與刺激方向的夾角，結果顯示姬鬼蛛逃離角度為：刺激方向右>上>下>左，顯示實驗中的 10 隻姬鬼蛛對於右邊的刺激逃離角度最大，左邊的角度最小。

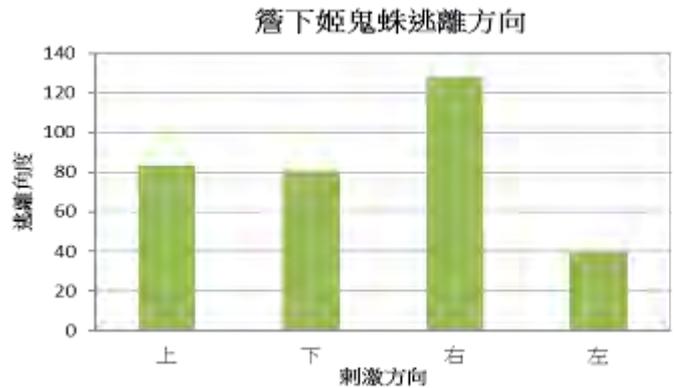
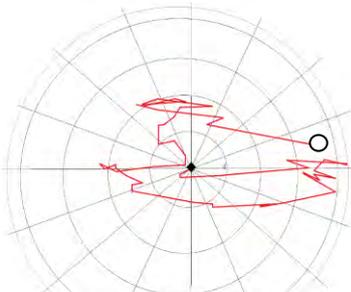
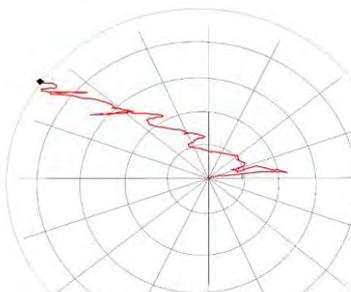


圖 39、簷下姬鬼蛛避敵時的移動方向

(二) 簷下姬鬼蛛對於風的反應：實驗中我們使用電風扇進行風影響姬鬼蛛，但姬鬼蛛對於風的反應不顯著，實驗中的 10 隻姬鬼蛛只有 2 隻反應。

表九、簷下姬鬼蛛對於風有反應的個體行為軌跡

編號	3 號	8 號
逃離速率	7.61cm/s	5.38 cm/s
逃離軌跡		
避敵模式	折返模式	直線模式
避敵方向	右上	左上

### 六、研究簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布

由於群體生活的姬鬼蛛生活在變電箱，隧道周圍有許多的卵囊，因此我們將隧道所有的長度區分成 26 個區段，我們共記錄 70 個簷下姬鬼蛛卵囊大小以及分布的高度，從中我們發現簷下姬鬼蛛卵囊在隧道中的分布狀況，如下圖所示，結果發現卵囊集中在隧道中 05-06 的位置間，而其他位置卵囊的數量就少很多，而 05-06 的位置就是變電箱所在之處，也就是大部分簷下姬鬼蛛聚集的位置。而卵囊的高度我們記錄下後，將高度區分成 50 公分一個區段，結果如下圖，卵囊的數目的比較為 150-200 公分 > 200-250 公分 > 100-150 公分 > 50-100 公分 > 250-300 公分。

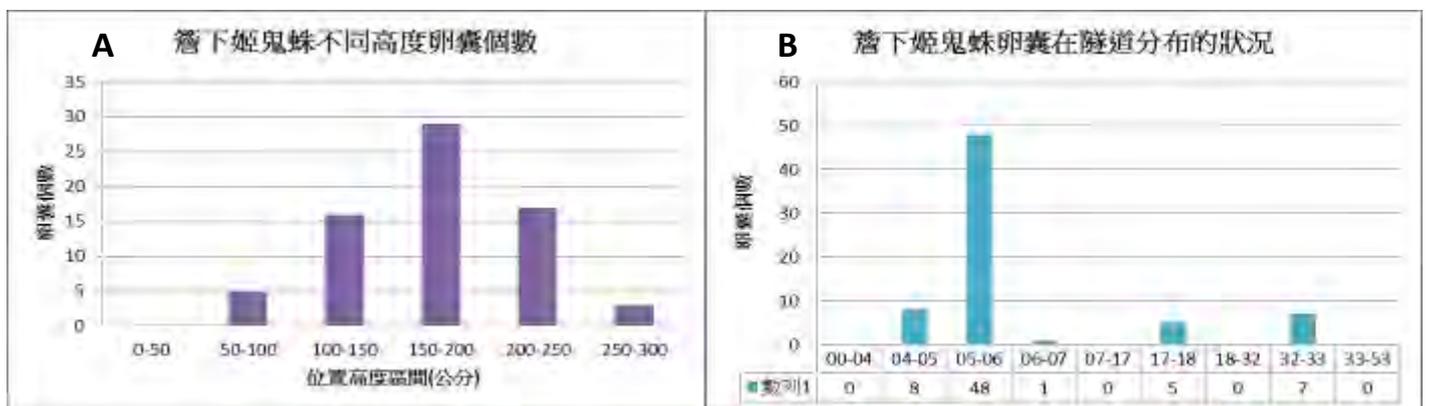


圖 40、簷下姬鬼蛛卵囊分布狀況。A 不同高度卵囊個數；B 卵囊在隧道分布。

我們取下卵囊的大小以直徑 1.1-1.3 公分為最多，超過 1.3 公分的卵囊數量少。以線性迴歸分析而卵囊大小與高度的相關性低。

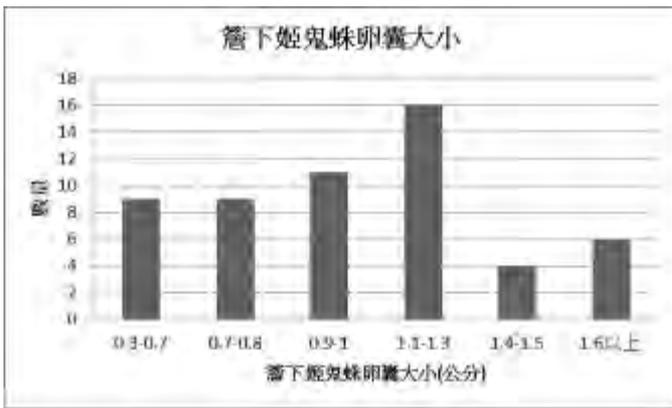


圖 41、簷下姬鬼蛛卵囊大小

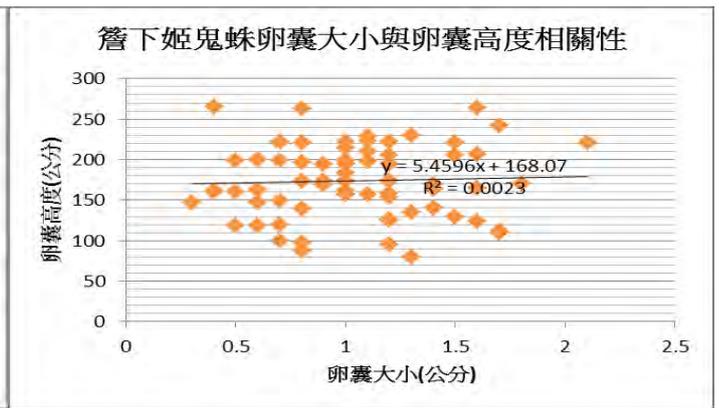


圖 42、簷下姬鬼蛛卵囊大小與高度相關性

為了更了解姬鬼蛛在卵囊在隧道中的分布，我們將卵囊位置繪製成圖，如下圖。從圖中更可以發現，姬鬼蛛卵囊皆分布在變電箱附近。

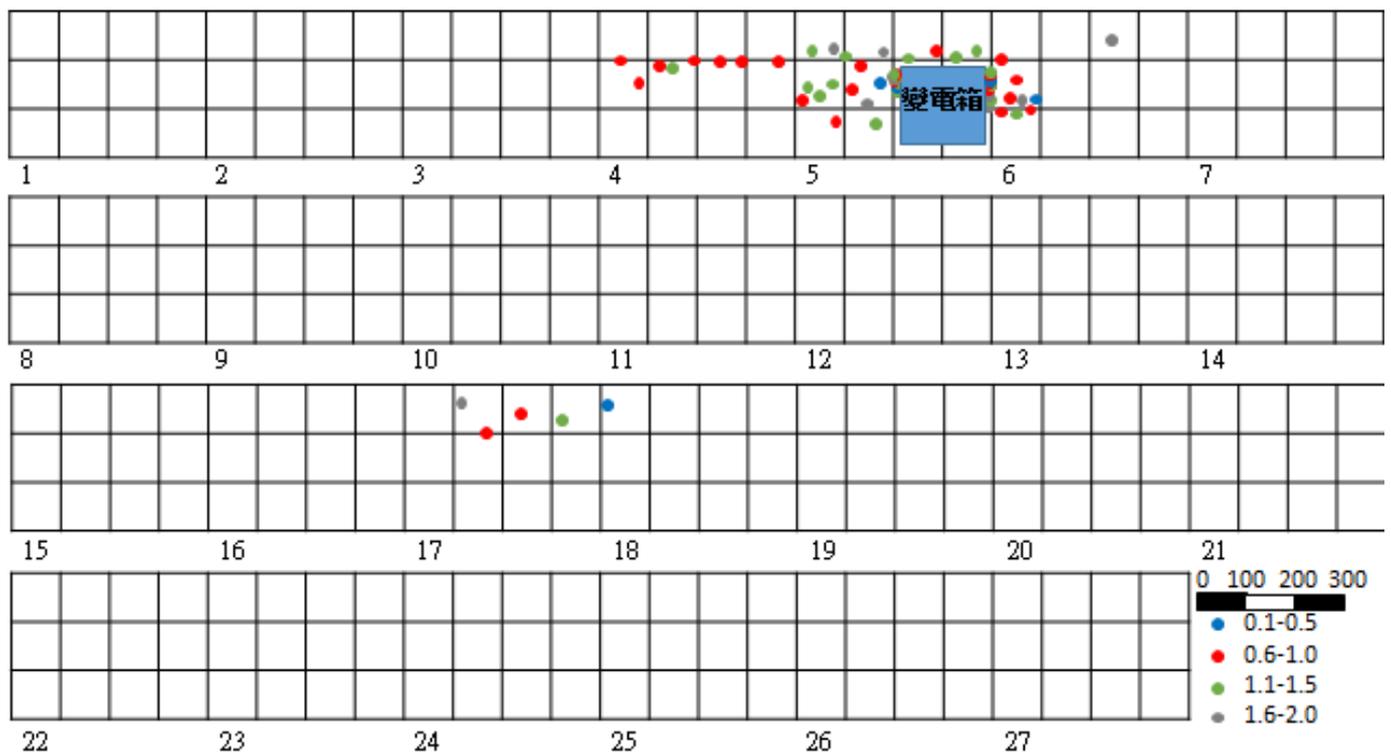


圖 43、簷下姬鬼蛛卵囊在實驗地的示意圖（依顏色區分卵囊的大小，藍色：0.1-0.5 公分；紅色：0.6-1.0 公分；綠色：1.1-1.5 公分；灰色：1.6-2.0 公分）

在學校校園中我們也在屋簷下發現卵囊的分布，真的符合簷下姬鬼蛛的名稱全部都在屋簷下產下卵囊，卵囊的分布如下圖：

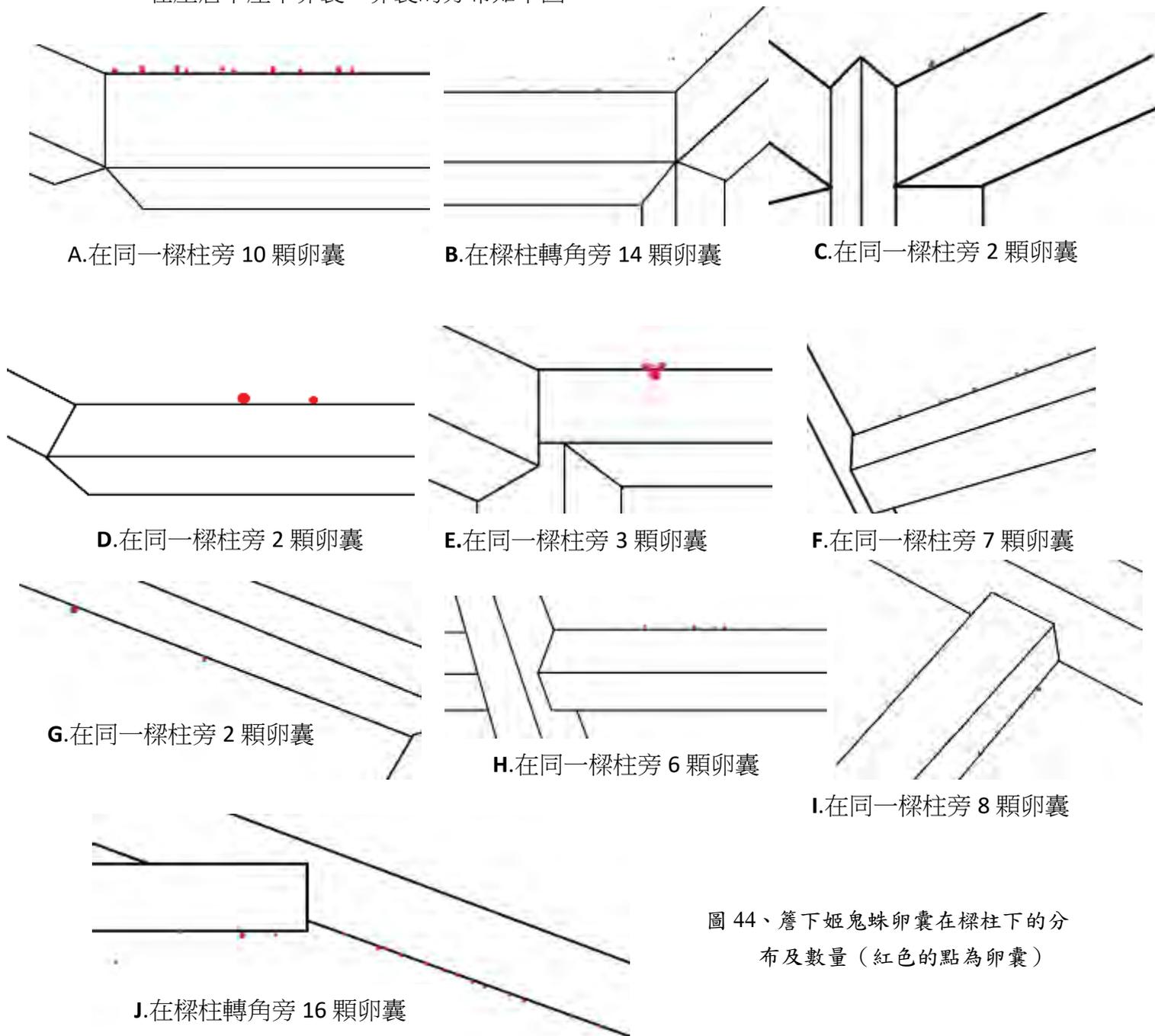
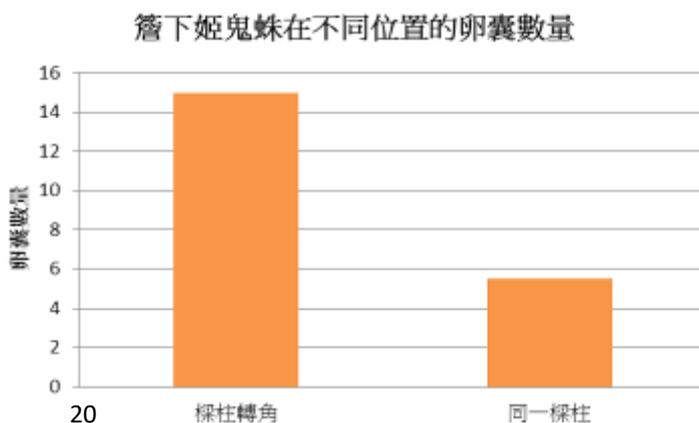


圖 44、簷下姬鬼蛛卵囊在樑柱下的分布及數量（紅色的點為卵囊）

調查中我們觀察到樑柱轉角與同一樑柱上都有卵囊，而樑柱轉角的卵囊數量大於同一樑柱的數量。

圖 45、簷下姬鬼蛛卵囊在樑柱轉角與同一樑柱的數量



## 七、研究簷下姬鬼蛛卵囊與稈蠅蟲蛹相關性

(一)我們在實驗地取回簷下姬鬼蛛的卵囊進行顯微觀察，卵囊中有很多幼蛛以及幼蛛蛻去的白色外殼，而幼蛛與成蛛外部體型相似，體色為淡咖啡色。

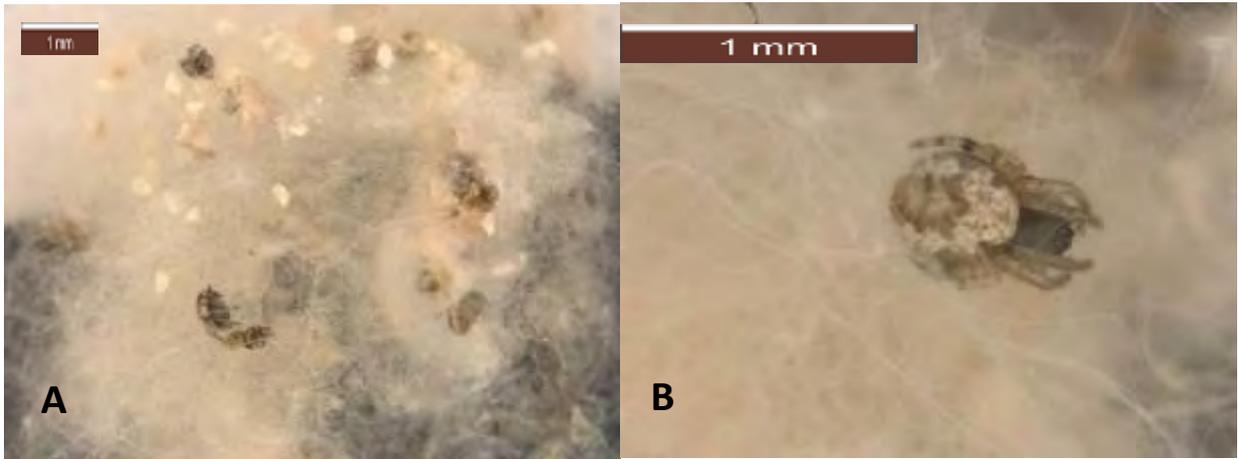


圖 46、簷下姬鬼蛛 *Neoscona nautica* 卵囊中幼蛛分布及幼蛛之外觀形態照片。A 卵囊中幼蛛分布；B 幼蛛。

此外我們發現裡面不只有簷下姬鬼蛛的幼蛛，還有類似蠅類的蛹，對於國中生的我們而言要鑑定種類相當困難，因此我們將樣本包含蟲蛹及孵化的蠅類送到北部大學昆蟲系教授鑑定，鑑定的結果確認卵囊中的蟲蛹為雙翅目稈蠅科 *Chloropidae*。



圖 47、稈蠅 *Chloropidae* 在簷下姬鬼蛛卵囊中的蛹。A 簷下姬鬼蛛卵囊中稈蠅蛹的分布；B 稈蠅的蛹。

我們繪製了卵囊中稈蠅蟲蛹的分布情形，如下圖所示：

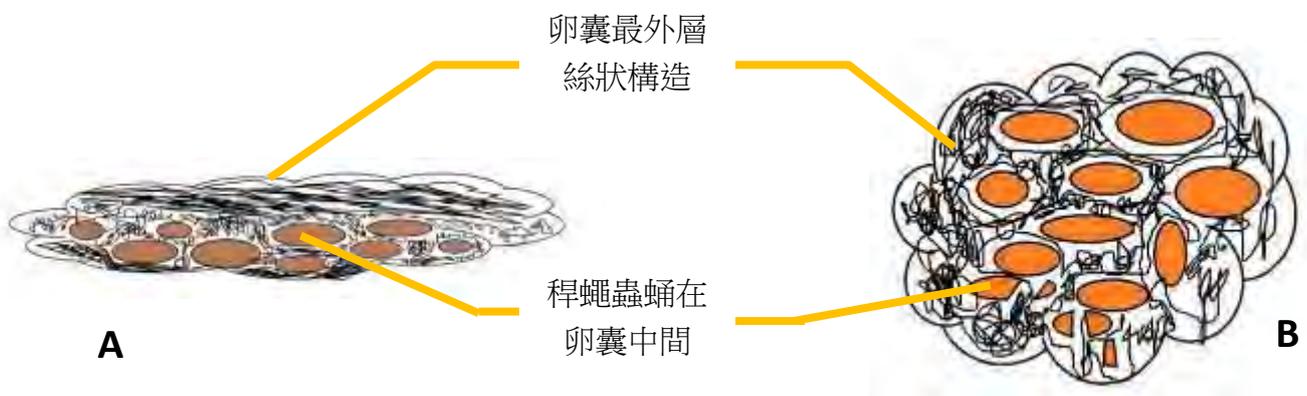


圖 48、稈蠅 *Chloropidae* 在簷下姬鬼蛛卵囊中的分布。A 卵囊縱面；B 卵囊橫切面。

(二)我們調查了取回的 54 個卵囊內有否稈蠅蟲蛹的比例，有蟲蛹的比例佔 57.4%，沒有蟲蛹的比例為 42.6%。顯示簷下姬鬼蛛的卵囊受到稈蠅侵襲的比例很高。我們將卵囊放在複式顯微鏡下，觀察稈蠅蟲蛹在卵囊中的排列狀況、數量、長度以及是否有小蜘蛛的屍體。

實驗的卵囊中發現稈蠅蟲蛹的數量最多為 54 個，最少為 5 個。數目大小不一，平均數為 25 個。

簷下姬鬼蛛卵囊中有無蟲蛹的比例

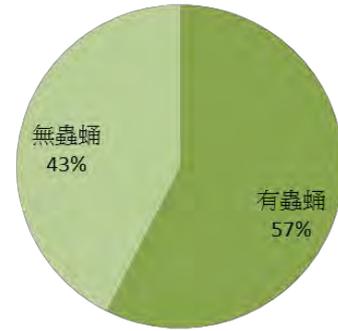


圖 49、簷下姬鬼蛛卵囊中有無蟲蛹比例



圖 50、簷下姬鬼蛛卵囊中稈蠅蟲蛹數量(X 座標第一行數字為卵囊編號)

我們也想要了解卵囊中稈蠅蟲蛹的數量與蛹的長度相關性，以線性迴歸分析兩者之間的相關性，結果顯示蟲蛹的數量與長度無顯著相關。

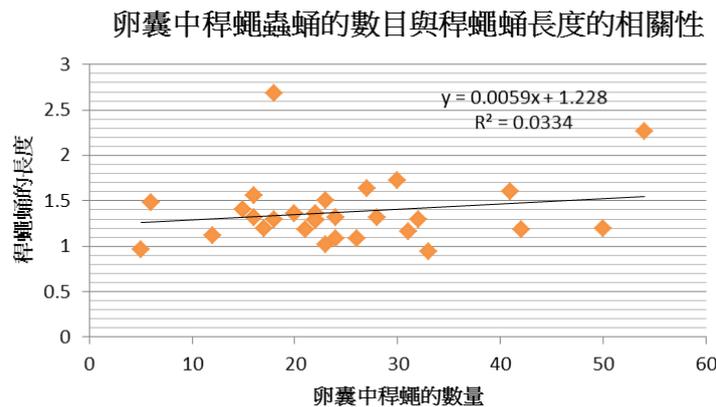


圖 51、稈蠅蟲蛹數目與蛹長度相關性

(三)我們也想要了解蛹在卵囊中的排列狀況，想要研究稈蠅蟲蛹排列是否為中心對稱。所謂中心對稱圖形就是把一個圖形繞某一個點旋轉 180°，如果旋轉後的圖形能與原來的圖形重合，那麼這個圖形稱為中心對稱圖形。為了瞭解稈蠅蟲蛹的排列是否為中心對稱，我們使用 imageJ 進行圖形分析，分析方法如下：

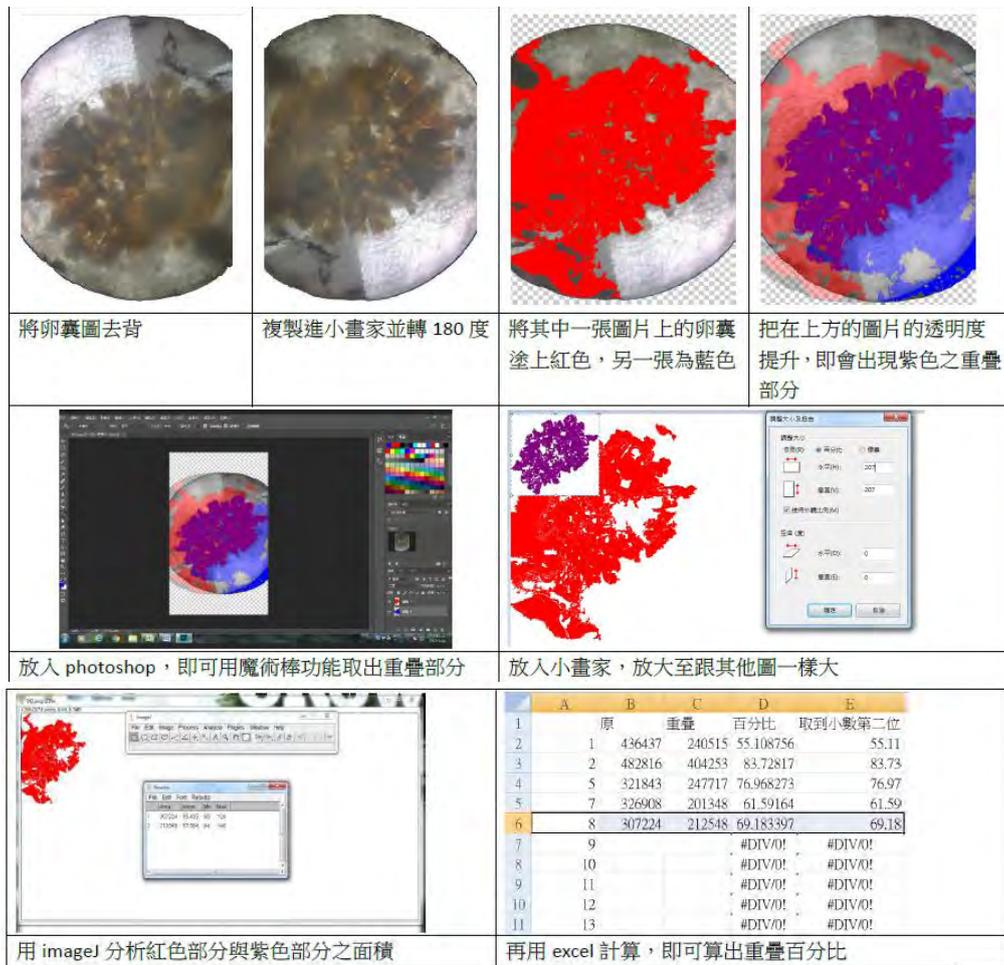


圖 52、稗蠅蟲蛹中心對稱分析過程

卵囊中稗蠅蟲蛹的中心對稱分析

經過分析後發現，重疊百分比都高於 55%，而計算所有的重疊百分比為 72.21%，進一步我們使用線性迴歸分析稗蠅蟲蛹數量與重疊百分比相關性，結果顯示稗蠅蟲蛹數量與重疊百分比為正相關，顯示蟲蛹的數量越多，卵囊中稗蠅蟲蛹的排列更接近中心對稱。

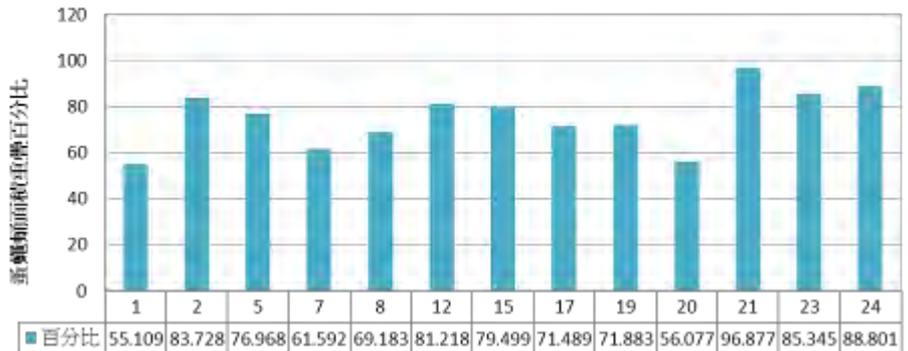


圖 53、稗蠅蟲蛹在卵囊的排列狀況

重疊百分比與蛹的數量之關係圖

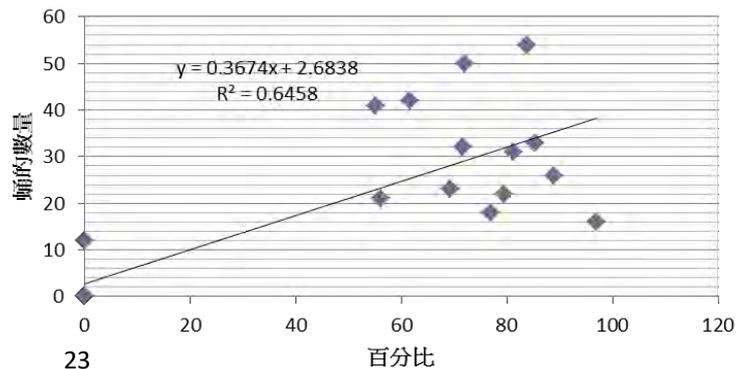


圖 54、稗蠅蟲蛹經分析後重疊百分比與蟲蛹數量的相關性

## 陸、討論

### 一、文獻探討及研究動物的探討

蜘蛛一生從卵開始，交尾後的雌蛛於 1-2 個星期後產卵，許多雌蛛會先以絲線製造「卵囊」包覆卵，以保護後代。卵：雌蛛產卵後，會製造卵囊將卵包覆其中，在卵囊保護下，蛛卵可以順利孵化。幼蛛：從卵孵化後幼蛛會暫時留在卵囊中，靠體內殘留卵黃供給養分直到蛻皮 1-2 次後才會破卵囊而出。若蛛：從卵囊出來後的小蜘蛛稱為若蛛，若蛛要經歷數次蛻皮才會成為成蛛。成蛛：若蛛經過數次蛻皮後成為亞成蛛，亞成蛛蛻皮後即為成蛛，雄蛛具有成熟精巢及發育完整的觸肢器；雌蛛具有成熟卵巢及發育完整的外雌器。而我們研究的過程中每一個階段的蜘蛛，皆有觀察到，若蛛或亞成蛛的體色較淺，而成蛛的體色較深。

而稈蠅為完全變態的生物，其生活史包含卵→幼蟲→蛹→成蟲，其幼蟲就是我們認知的蛆。而研究中這些蛆就是生活在卵囊中，讓人十分好奇。

表十一、研究動物的生活史比較

研究動物	生活史
稈蠅	卵→幼蟲→蛹→成蟲
簷下姬鬼蛛	卵→幼蛛→若蛛→成蛛

### 二、探討簷下姬鬼蛛體型、位置與時間和環境相關

研究期間我們從 2016 年 11 月開始實驗到 2017 年 5 月之間，經歷了冬天到夏天，群體生活的簷下姬鬼蛛在冬天出現的簷下姬鬼蛛體型都比較大，而春天的體型都比較小，顯示季節的轉換下，春天新生的姬鬼蛛較多。到了 2017 年 5 月，時節進入夏季，小的姬鬼蛛逐漸長大體型變大。而分析中有一項結果顯示溫度和體型呈負相關，推測就是春天天氣溫暖後大量的若蛛出現的因素。此外，中午出現的姬鬼蛛體型較大，傍晚出現的姬鬼蛛體型較小，顯示小型姬鬼蛛還是以本能生活，維持晝伏夜出的習性。

除此之外，我們觀察到的簷下姬鬼蛛，不論群體或是單獨結網，都在人工環境下結網，除此之外生活環境整天都有光源，也因此不論白天或晚上都沒有收網，跟之前野外所做的研究有很大的差別，我們推測在整天有光源存在的環境，可能能夠捕食到較多的昆蟲，也因此人工環境結網。除此之外群體結網的地方為隧道的變電箱旁，除了整天有光源之外，變電箱提供了庇護的場所，體型小的新生蜘蛛如果遇到緊急危險，就可以立即躲入變電箱中躲避敵害，在實驗中我們也發現體型大的蜘蛛遇到危險也會跑到變電箱內，推測這也是群體生活的優勢。

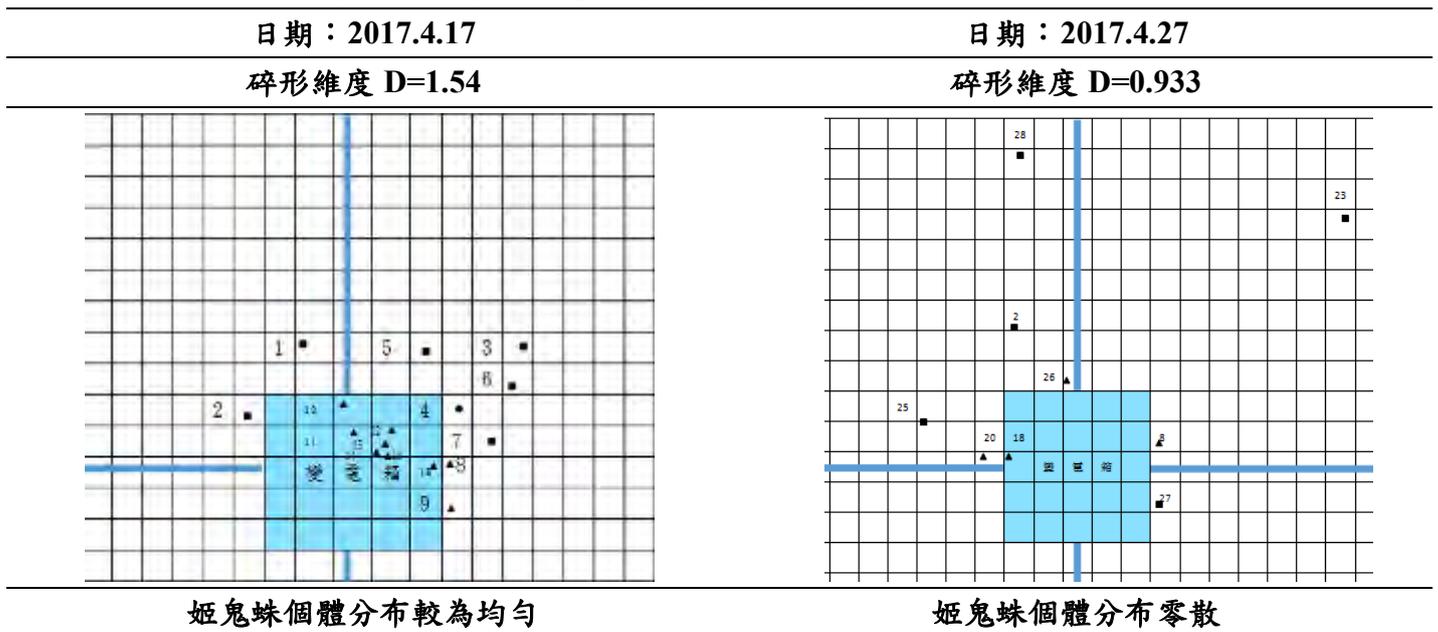
在群體生活的簷下姬鬼蛛以變電箱周圍為生存空間，我們觀察到離變電箱較遠的大多數為體型大的蜘蛛，其次為體型中蜘蛛，最近的為體型小蜘蛛。推測由於變電箱為庇護所，因此體型小的蜘蛛結網離變電箱較近可以快速地躲進變電箱中以躲避敵害，而體型大的蜘蛛則結網位置較遠。除此之外結網的高度也以體型大的蜘蛛結網高度較高，也離變電箱較遠。而簷下姬鬼蛛結網的大小也與姬鬼蛛體型呈正相關，小型的姬鬼蛛能織出的網面較小，而體型大的姬鬼蛛能力較強，結的蛛網也較大。

變電箱正中間的磁場強度較其他區域強，然而單獨生活的姬鬼蛛大多也都在有電燈的地方生活，經過測量差異不大。推測大多數的昆蟲皆有趨光性，而在電燈旁生活可以增加昆蟲到蜘蛛網的機會，即使電磁波較強，但若不影響生命，依舊會選擇食物較多的區域結網。

### 三、探討簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布

我們記錄了簷下姬鬼蛛的空間分布，結果顯示大多生活在變電箱周圍，此外連接族群的外圍後發現呈現相當多樣的形狀，然而最外圈大多以體型大的姬鬼蛛為主。碎形維度可用於討論聚落的空間分布，在不同的時間和空間條件下，聚落和聚落之間的差異及聚落在發展過程中的變化意義。並可以從中了解到外型和空間分布型態。與我們在實驗的所觀察到的姬鬼蛛分布相似，因此我們以變電箱中心當作原點，並將周圍空間繪製成網格，並記錄姬鬼蛛的位置，進行維度的分析。使用盒計法探討姬鬼蛛分布的碎形維度發現，碎形維度  $D$  接近 1，顯示屬於不均勻的分布，與實際所觀察到的姬鬼蛛分布狀況相近。姬鬼蛛雖然各自有自己的蛛網，但並非屬於均勻劃分每隻姬鬼蛛的空間，因為體型不同，蛛網大小也有所差異， $D$  最大的為  $4/17$ ， $D=1.54$ ； $D$  最小為  $4/27$ ， $D=0.933$ 。

表十二、簷下姬鬼蛛碎形維度最大與最小的空間分布狀況



從結果也顯示姬鬼蛛的分布並非均勻，即使不均勻分布，但以變電箱為中心，體型大的姬鬼蛛在外圈，體型小的靠近變電箱。

### 四、研究簷下姬鬼蛛群體生活的的逃亡行為模式

在自然界中生物的天敵有很多，蜘蛛的天敵也不在少數，包含捕食者比如鳥類、蜥蜴等，除此之外環境中也有很多危機，包含天氣變化或其他的動物經過，不經意的破壞網面。實驗中的姬鬼蛛雖然為群體生活，然而每一隻姬鬼蛛都有自己的網，有點像我們所居住的公寓，雖然群體生活但卻有各自的家。所以每一隻姬鬼蛛還是可以視為單體行動，並沒有群體捕食的情形。因此我們進行行為實驗時也只有單隻產生反應，其他姬鬼蛛雖在附近，但沒有受到干擾。

在直接接觸姬鬼蛛以及外加式的風力干擾，實驗中直接接觸的反應是直接的，而實驗中我們的風力沒有對姬鬼蛛造成顯著的影響，我們推測，在實驗地原本就有風存在，在實驗過程中我們觀察到姬鬼蛛與蛛網隨著網一同被風吹拂，而蛛網並沒有被吹破，因此姬鬼蛛並沒有移動。反觀直接接觸姬鬼蛛可能會直接造成身體的危害，因此反應激烈，每一隻姬鬼蛛都馬上逃離現場。然而不論逃到多遠姬鬼蛛最後都會回到自己的網面上。

我們根據 40 個姬鬼蛛的影片分析，發現了三個避敵的行為模式：直接避敵模式、折返避敵模式以及同側移動避敵模式。不論哪一種模式，我們歸納出了下列避敵行為模式：

表十三、簷下姬鬼蛛避敵行為分析

行為	行為特徵	示意圖（以 A1 受下方刺激為例）
1.受到刺激的驚嚇行為	剛受到刺激因此四處亂走，移動路徑較混亂	
2.開始逃亡行為	找到方向後會沿著直線方向往前移動	
3.到網的邊緣	逃離到網的邊緣，如果超過會再折返回到網邊	

## 五、探討簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布

群體生活的簷下姬鬼蛛，卵囊的分布皆以變電箱為中心，顯示變電箱周圍為牠們繁殖區域，卵囊數目高達 48 個。姬鬼蛛的卵囊會黏附在牆面上，我們在取下它的時候花費很大的力氣，顯示在製作卵囊的過程中，蛛絲的粘性很高。觀察中也發現母蜘蛛會有保護卵囊的行為，遇到外界干擾時會馬上移動到卵囊處保護卵囊。而卵囊的大小則以 1.1-1.3 公分最多，高度分布為 150-200 公分最多，剛好在變電箱左右的位置。而在學校發現的姬鬼蛛卵囊則附在很高的屋簷樑柱上，因為過高使得我們沒有辦法順利取下，但相形之下也顯得相當的安全，這也是姬鬼蛛保護自己小孩的方式。

## 六、研究簷下姬鬼蛛卵囊與稈蠅蟲蛹的關係

自然中蜘蛛的天敵除了捕食者之外，掠食或捕食或擬寄生蜘蛛卵囊的動物也很多，其中雙翅目中最常見的稈蠅科也是其中一種，而我們所觀察到的是稈蠅科。在實驗過程中我們沒有親眼看到稈蠅直接產卵在卵囊中，只有從卵囊內發現許多的蛹，而這些蛹周圍的花紋為環形的。剛開始發現時大家都覺得十分的驚訝，第一次看到原來捕捉昆蟲為食的蜘蛛也會受到昆蟲的反撲。雖然覺得很驚奇，然而種類的鑑定確是很困擾我們的事，因此寫信與大學的教授聯繫，得以鑑定種類，實在非常感動及感謝。

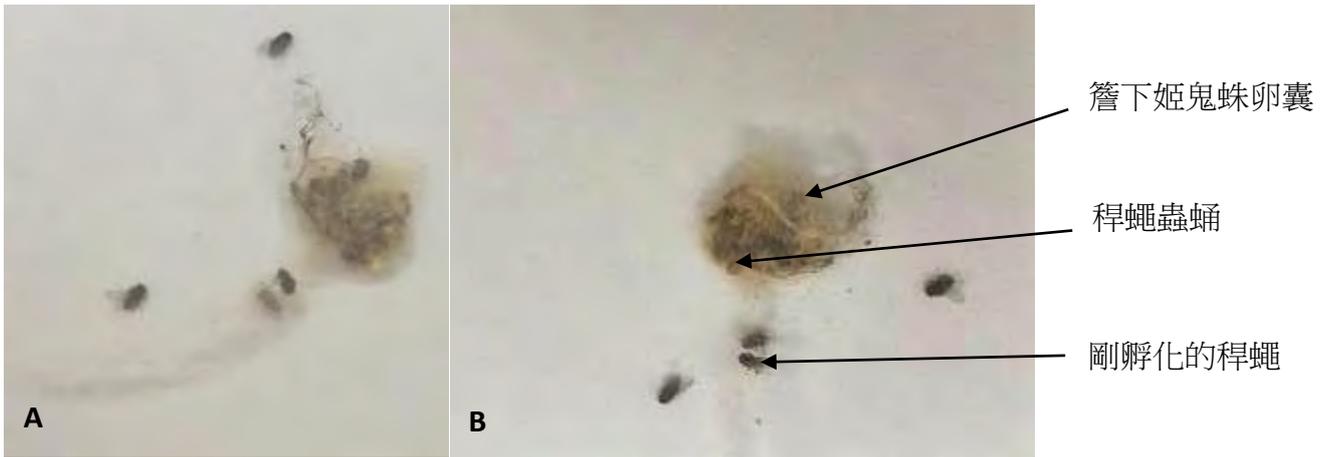


圖 55、稈蠅從蜘蛛卵囊的蛹中孵化。A 孵出稈蠅；B 孵出 4 隻稈蠅。

雙翅目的鑑定中以翅脈當作鑑定種類的重要依據，我們的研究兩種生物的關係是很初步的研究，稈蠅將卵產在姬鬼蛛的卵囊中，並讓幼蟲在卵囊發育，除了卵囊為天然的庇護所之外，卵囊中的幼蛛或卵就是它們賴以維生的食物，在研究中每一個卵囊中稈蠅的蛹數目多寡不一，然而在稈蠅成長的過程後期必須結蛹，也因此我們才想到這些稈蠅幼蟲在結蛹的空間分布是否有些規則可循，結果發現呈現中心對稱。



圖 56、簷下姬鬼蛛與稈蠅之間的關係

我們覺得兩種動物的生態關係非常有趣，姬鬼蛛在生態系中扮演的角色為次級消費者，且為肉食性消費者；而稈蠅有可能在蛛網上被捕捉成為姬鬼蛛的食物。然而在我們的實驗中卻觀察到稈蠅以姬鬼蛛的卵囊當作營養成分，以此讓卵發育成幼蟲再發育成蛹轉變為成蟲。我們推測形式可能有兩種，第一種是直接捕食幼蛛或卵，也就是稈蠅幼蟲孵化後直接取食幼蛛當食物，第二種為擬寄生，稈蠅直接產卵在幼蛛上，從幼蛛的身體中發育。然而目前我們的研究結果無法判斷何者為正確地相互作用。從研究中我們也得知兩種動物在互為捕食者及被捕食者，顛覆了一般我們對於蜘蛛和昆蟲之間的交互關係，也顯示自然界的生物關係複雜性。

## 七、未來展望

- (一) 大多時間我們所觀察到的簷下姬鬼蛛都是屬於單獨結網的類型，而這一次觀察到環境中有群體一同生活的現象覺得相當有意思，也相信群體生活的姬鬼蛛不是只有這一群，未來如果觀察到更多不同環境群體生活的類型，相信一定能夠更清楚了解簷下姬鬼蛛的生態。
- (二) 簷下姬鬼蛛的行為十分有趣，實驗中我們研究了避敵行為，其他的行為還包含：捕食行為、交配行為、織網及收網行為、產卵囊行為等等，這些有意思的行為也值得再深入研究。
- (三) 簷下姬鬼蛛的卵囊結構以及不同時期卵囊的狀況，也是我們很想知道的，而卵囊內部當卵孵化後，幼蛛在內部生活的時間也是我們感興趣的。此外卵囊的絲與一般蛛網絲的差異性也是未來可以繼續研究的部分。

(四)在野外會攻擊蜘蛛卵囊雙翅目的生物有稈蠅科 (*Chloropidae*)、果蠅科 (*Drosophilidae*)、水蠅科 (*Ephydriidae*)、稈蠅科 (*Phoridae*) 以及麻蠅科 (*Sarcophagidae*)，然而目前很多的生活史及掠食或寄生的方式及過程都不是很明確，尤其是在卵囊中簷下姬鬼蛛的幼蛛或卵與稈蠅的卵和幼蟲之間的相互作用，更是未來可以研究的方向，其間的作用機制也令人感到好奇。

## 柒、結論

- 一、**簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境**：研究環境附近擁有長時間照明儀器，蛛網就不會收回，網上的獵物由蚊子居多。有燈源的地方電磁波強度都較沒有光源強。
- 二、**簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的位置及結網的大小**
  - (一)簷下姬鬼蛛數量與體型：冬天姬鬼蛛體型大於春夏體型；而中午的體型大於晚上的體型，研究期間冬天數量較少，春夏若蛛數量多。
  - (二)簷下姬鬼蛛離地高度與變電箱距離：體型小的姬鬼蛛離地面和變電箱較近，體型大蜘蛛離地面和變電箱較遠。
  - (三)簷下姬鬼蛛結網大小：單獨結網蛛網較大，群體結網的姬鬼蛛網面較小。
- 三、**簷下姬鬼蛛群體生活空間分布**：群體外部的體長大於內部的體長，群體數量越多分布的面積越大，使用盒計法探討姬鬼蛛分布的碎形維度發現，碎形維度  $D$  接近 1，顯示屬於不均勻的分布，與實際所觀察到的姬鬼蛛分布狀況相近。姬鬼蛛雖然各自有自己的蛛網，但並非屬於均勻劃分每隻姬鬼蛛的空間，因為體型不同，蛛網大小也有所差異， $D$  最大的為  $4/17$ ， $D=1.54$ ； $D$  最小為  $4/27$ ， $D=0.933$ 。
- 四、**簷下姬鬼蛛的避敵行為**：三個避敵的行為模式：直接避敵模式、折返避敵模式以及同側移動避敵模式，不論哪一種型式最後都回到蛛網邊緣。
- 五、**簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布**：群體生活的簷下姬鬼蛛，卵囊的分布皆以變電箱為中心，顯示變電箱周圍為牠們繁殖區域，卵囊數目有 48 個；單體生活的姬鬼蛛會在屋簷下產卵囊。
- 六、**簷下姬鬼蛛卵囊與稈蠅蟲蛹的關係**：54 個卵囊內有稈蠅蟲蛹或沒有稈蠅蟲蛹的比例，有蟲蛹：無蟲蛹=31：23，有蟲蛹的比例佔 57.4%，沒有蟲蛹的比例為 42.6%。實驗的卵囊中發現稈蠅蟲蛹的數量最多為 54 個，最少為 5 個。而稈蠅蟲蛹在卵囊中的分布狀況中心對稱。

## 捌、參考資料及其他

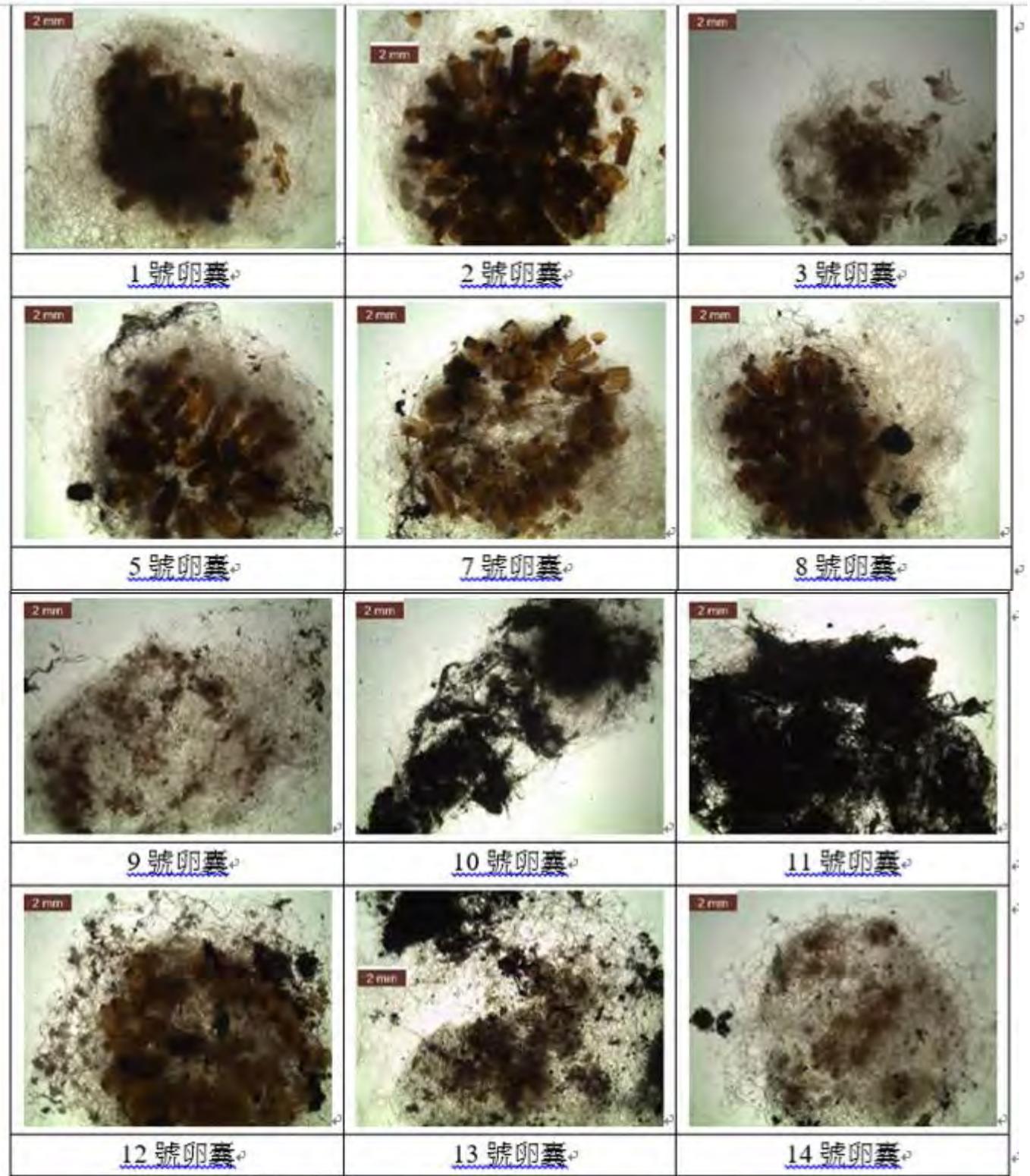
- 一、陳世煌 (2001)，臺灣常見蜘蛛圖鑑，行政院農業委員會。
- 二、朱耀沂 (2007)，蜘蛛博物學，天下文化。
- 三、陳乙仁、蔡佩娟 (2003)。半屏山之簷下姬鬼蛛的研究。臺灣國際科展 2003 年作品。
- 四、陳詠傑、曾小龍、張浩翰、邱健豪 (2005)。法網“灰灰”疏而不漏-空氣污染對簷下姬鬼蛛的結網影響。中華民國第 45 屆中小學科學展覽會。
- 五、李昂勳、李奕萱、劉珈琳 (2016)，捕「蜂」捉「癭」~探討一種未知寄生蜂的生態及對椗果壯鋏普癭蚋寄生模式。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。
- 六、彭慧文、曾昀婷、劉力文 (2016)，渦·光·食·色！群下的秘密—探討渦蟲個體與群

體的游泳行為。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。

七、 Jéssica P. Gillung and Christopher J. Borkent. 2017. Death comes on two wings : A review of dipteran natural enemies of arachnids. Journal of Arachnology 45 : 1-19.

## 玖、附錄

附錄一：簷下姬鬼蛛卵囊中稈蠅蟲蛹的分布



 2 mm	 2 mm	 2 mm
<u>15 號卵囊</u>	<u>16 號卵囊</u>	<u>17 號卵囊</u>
 2 mm	 2 mm	 2 mm
<u>18 號卵囊</u>	<u>19 號卵囊</u>	<u>20 號卵囊</u>
 2 mm	 2 mm	 2 mm
<u>21 號卵囊</u>	<u>22 號卵囊</u>	<u>23 號卵囊</u>
 2 mm	 2 mm	 2 mm
<u>24 號卵囊</u>	<u>25 號卵囊</u>	<u>26 號卵囊</u>
 2 mm	 2 mm	 2 mm
<u>27 號卵囊</u>	<u>28 號卵囊</u>	<u>29 號卵囊</u>

## 【評語】 030309

1. 此研究針對簷下姬鬼蛛的生存習性及稈蠅之寄生行為進行探討，研究發現，簷下姬鬼蛛的結網行為與分布與體型有關，出沒時間及數量也有描述，研究發現簷下姬鬼蛛的卵囊會受到稈蠅的寄生，而成蠅有可能成為簷下姬鬼蛛的食物，與課程教材具相關性。
2. 小區域範圍內對簷下姬鬼蛛進行生態習性及行為的探討。該標的物種的生長特徵及習性已見諸文獻（如陳世煌，2001：臺灣常見蜘蛛圖鑑；李文貴和傅燕玲，2002。蜘蛛。自然觀察圖鑑）。而在人工條件下進行的結網探討結果，與在自然情況下的結果不一致（白天收不收網），需小心注意。
3. 所採用的研究方法大致合理，也觀察得很詳細，較可惜的是未善用統計方法分析數據，以了解所觀察的現象是否具顯著差異或僅是隨機發生。取樣的實驗設計也不是很清楚，例如觀察了幾個變電箱的結果？變電箱附近或較遠距離牆面的溫度差異？至於電磁波是否會影響姬鬼蛛的群聚現象，依目前的實驗設計及結果評估，尚無法獲得確切結論。

4. 後續在比較卵囊的絲與一般蛛網絲的差異性；以及卵囊中簷下姬鬼蛛的幼蛛或卵與稈蠅的卵和幼蟲之間的相互關係，是很有趣的發現，是未來值得持續研究努力的方向。
5. 同學報告態度積極誠懇，可以感受到對研究的熟悉，答題細心，樂意分享研究成果。

作品海報

# 摘要

研究的主角為簷下姬鬼蛛(*Neoscona nautica*)及稗蠅(*Chloropidae*)。只要環境擁有長時間照明儀器，蛛網整天都會在。冬天姬鬼蛛體型大於春夏體型；數量也少於春夏的姬鬼蛛。體型小的姬鬼蛛離地面和變電箱較近，而體型大的蜘蛛離地面和變電箱較遠。單獨結網蜘蛛網較大，群體結網的姬鬼蛛網面較小。姬鬼蛛分布的碎形維度D接近1，為不均勻的分布。牠們有3種避敵的行為模式：直接避敵模式、折返避敵模式以及同側移動避敵模式。有48個卵囊的分布都以變電箱為中心，顯示變電箱周圍為牠們繁殖區域。單體生活的姬鬼蛛會在屋簷下產卵囊。54個卵囊中有蟲蛹的比例佔57.4%，沒有蟲蛹的比例為42.6%。稗蠅蟲蛹在卵囊中大多為中心對稱分布。

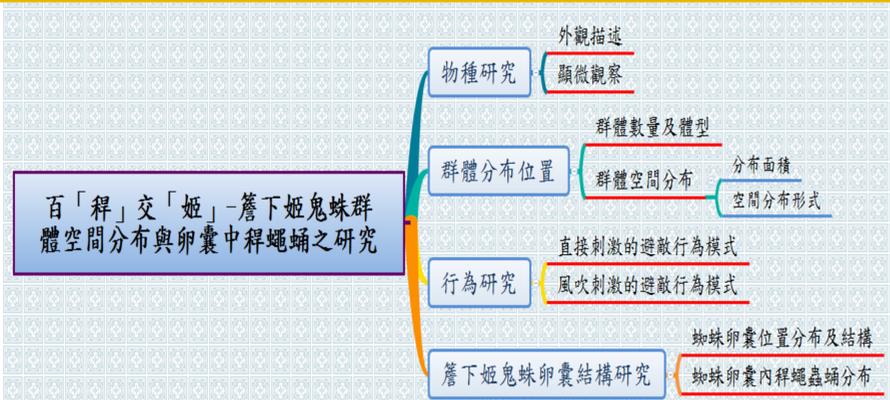
## 壹、研究動機

每次走回家，經過隧道變電箱時，總會發現許多蜘蛛在附近結網，上網一查才知道牠們名為「簷下姬鬼蛛」，剛好在七下時，我們也對書中介紹動物的單元非常有興趣，其中我們最喜歡的動物為蜘蛛，查詢資料後發現，牠們的長相雖然恐怖，但有很多其實是益蟲，更令我們喜愛牠們，所以我們決定對牠們展開研究。在眾多文獻報告中，研究的蜘蛛多屬單體，因此我們想探討群體與單體之間的差異，在實驗的過程當中，發現姬鬼蛛的卵囊裡有某種昆蟲的蛹，經查詢與鑑定後發現此昆蟲為稗蠅。稗蠅的研究在台灣並不多，我們希望能夠深入了解牠們，並找出稗蠅與姬鬼蛛的卵囊之間的關係。

## 貳、研究器材及設備

編號	物品	目的
1	筆	紀錄與實驗操作
2	紙	紀錄
3	手機	紀錄與拍照
4	電腦	辨識蜘蛛與稗蠅種類、查詢資料
5	鑷子	方便實驗操作
6	塑膠罐	裝蜘蛛
7	複式顯微鏡	觀察卵囊中的物體
8	解剖顯微鏡	觀察蜘蛛和卵囊構造
9	小畫家	裁剪與加入物件
10	電磁波測試器	測量電磁波
11	Inkscape	繪製蜘蛛網
12	Tracker	分析蜘蛛避敵行為
13	ImageJ	卵囊之重疊部分面積計算
14	Excel	紀錄與繪製圖表
15	Photoshop	進行去背
16	App-Lux Meter	測量環境照度

## 參、研究目的



## 肆、研究過程與方法

### 一、蜘蛛的採樣及飼養

在實驗中經由實際觀察及蜘蛛圖鑑確定欲研究之蜘蛛為簷下姬鬼蛛，開始發現時，我們先在實驗地用肉眼觀察簷下姬鬼蛛。

(一)捕捉簷下姬鬼蛛：因為對於姬鬼蛛群聚的現象感興趣，所以便想要捕捉回教室飼養，由於我們觀察到的姬鬼蛛皆在變電箱旁的蜘蛛網上，因此我們使用筆輕輕的直接干擾姬鬼蛛，並且將塑膠罐放在蜘蛛旁邊，誘導蜘蛛進入罐子中，並且蓋上蓋子。

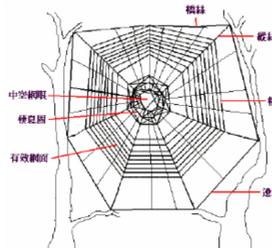
### 二、簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境調查方式

我們調查簷下姬鬼蛛群體及單獨所在環境類型、位置與型態、記錄蛛網上方是否有遮蔽物、遮蔽物開口的方向、測量蜘蛛網離地的高度、周圍環境的照度、周圍電磁波度數。其中環境中照度的測量我們下載手機App - Lux Meter，以測量環境中的照度。

### 三、簷下姬鬼蛛結網面積的測量方式

在未進行結網大小的測量之前，我們參考了許多之前在科展比賽中關於簷下姬鬼蛛的研究，其中有一篇為臺灣2003年國際科學展覽會動物學科第一名的半屏山下簷下姬鬼蛛的研究，內容對於姬鬼蛛的網的結構描述詳盡，其中網的基本結構如下：

- 縱絲：為網的主要架構，無黏性，是結橫絲前必結的絲，能支持網的大部分重量，亦能維持網的穩定性。
- 橫絲：為黏性絲，可將獵物黏住。
- 邊絲：是蜘蛛結網前與支撐物相連的所形成的邊框。
- 橫絲：收網後所留下一條絲，為下次結網的開始處。
- 網眼：為網的最中心，其內中空。
- 棲息圈：為網眼外圍的環狀絲，不具黏性，也是蜘蛛主要休息的地方。
- 有效網面：由橫絲所組成，是主要捕食獵物的地方。



我們使用尺測量蜘蛛網本身有效網面的長、寬，作比較分析，由於參考文獻中的姬鬼蛛為單網，我們在研究區域發現群聚的狀況，測量後將以群聚網的分布及大小繪製呈現。

### 四、簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布研究方式

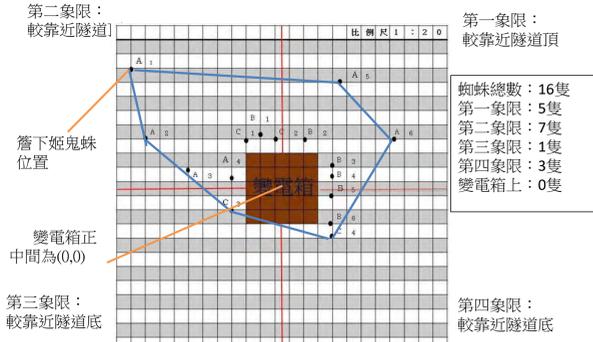


圖1、簷下姬鬼蛛空間分布登記方式

### 五、研究簷下姬鬼蛛群體避敵行為模式

我們觀察蜘蛛的行為模式是使用筆(直接接觸的變因)及電風扇(風的變因)分別震動蛛網有效面的上下左右各一次，並使用手機錄影，最後使用電腦軟體-Tracker分析並歸納蜘蛛的逃亡軌跡。

### 六、探討簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布

在實驗的隧道中佈滿簷下姬鬼蛛的卵囊，我們在隧道中每4公尺為一個單位，隧道兩邊共53個單位，紀錄卵囊在隧道中的水平位置以及垂直高度。



圖2、記錄卵囊之方法。  
A. 卵囊在隧道中的分布；  
B. 紀錄卵囊的位置過程。

### 七、研究簷下姬鬼蛛卵囊與稗蠅之間的關係

我們將在隧道中取下的卵囊放在密封袋中，並且放在密封袋保存。拍下解剖顯微鏡下卵囊的照片，並紀錄稗蠅蛹的數量及平均長度、大小、卵囊被腐生的比例、卵囊中小蜘蛛的數目、卵囊中稗蠅蛹的數量、卵囊中稗蠅蛹的排列，並分析變電箱距離、隧道口距離的相關性。



圖3、取下卵囊的方法。  
1. 在隧道中找到卵囊，  
2. 用筆將卵囊取下，  
3. 將卵囊放入密封袋編號



圖4、測量卵囊的相關形質。1.將卵囊放在解剖顯微鏡下，觀察卵囊中稗蠅蛹的分布及數量和大小，2.再將卵囊放在複式顯微鏡下，仔細觀察卵囊中是否有小蜘蛛，3.使用手機將顯微鏡下的影像拍攝。

## 伍、研究結果

### 一、研究物種-簷下姬鬼蛛及稗蠅

(一)簷下姬鬼蛛：雌蛛體長約8~12 mm，雄蛛6~7 mm。每隻個體的體色深淺不一，步足為淺褐色，每一節都具有黑褐色的橫帶。主要活躍於晚間，白天則大多躲於網絲旁上，並在樹枝間結網捕食，其結網的形式為圓網。雌蛛會將卵囊產於活動範圍附近的堅硬物質上，例如牆面上或屋簷下。

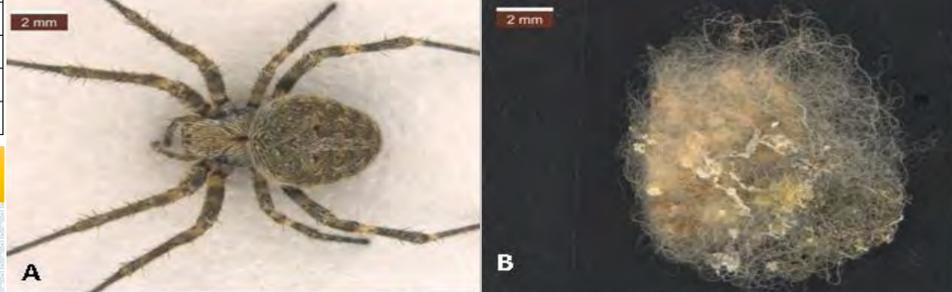


圖5、簷下姬鬼蛛(*Neoscona nautica*)成蛛、卵囊外觀形態照片。A. 成蛛，B. 卵囊。

(二)稗蠅：在世界各地分佈超過160屬，為體長(1.0-4.0mm)很小的蒼蠅，體色為黃色或黑色。大多數幼蟲是植食性的，可能是穀物的主要害蟲。也有些種類為寄生和捕食物種是已知的。幼蟲主要的食物為禾本科植物，它們在營養或生殖部分內發育有時直接在花序或種子中發育。有些幼蟲以生物腐爛或垂死的木材為食。在少數物種中，幼蟲是捕食者，生活在蜘蛛卵囊，螻蛄或蝗蟲卵繭中。



圖6、稗蠅 *Chloropidae*。  
A. 稗蠅，  
B. 稗蠅複眼。

### 二、研究簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境

我們觀察蜘蛛的結網環境，不論是單獨或群體生活的簷下姬鬼蛛多半在人工環境下結網。單獨生活的簷下姬鬼蛛在屋簷或樓梯間等有遮蔽物的地方結網，除此之外路燈的下方也是牠們喜歡結網的地點，通常傍晚可以看到他們已經完成結網，而在白天則沒有看到牠們的蹤跡。我們在隧道中的變電箱旁觀察到群體生活的簷下姬鬼蛛，一整天都開著隧道燈，變電箱周圍布滿了簷下姬鬼蛛的蜘蛛網，大大小小的蜘蛛都生活在變電箱附近，更特別的是不論白天還是晚上都沒有觀察到簷下姬鬼蛛收網的動作，群體生活的簷下姬鬼蛛如下圖所示：

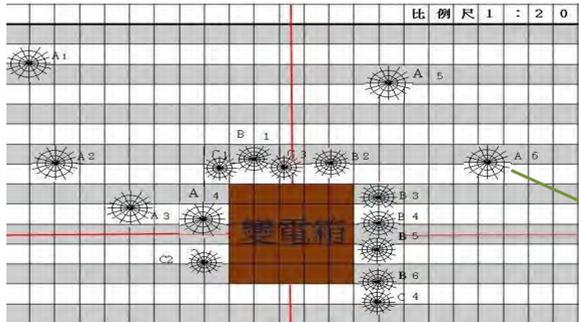


圖7、群體生活簷下姬鬼蛛網的分布圖(姬鬼蛛體型越大，蛛網越大)

由於群體生活的姬鬼蛛生活在變電箱附近，因此我們測量了研究區域以變電箱為中心的電磁波強度，實驗結果顯示只有變電箱中央電磁波很高，其他都接近0.09  $\mu\text{T}$

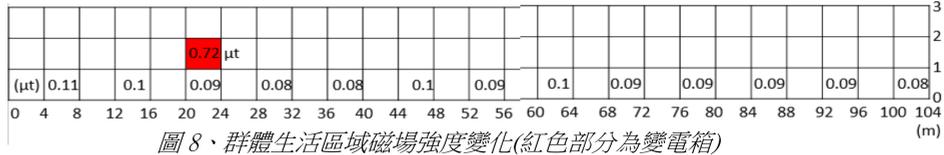


圖8、群體生活區域磁場強度變化(紅色部分為變電箱)

此外，我們發現單獨與群體生活的姬鬼蛛，環境的差異性很大，如下表：

表一、單獨與群體生活簷下姬鬼蛛生活環境的差異性

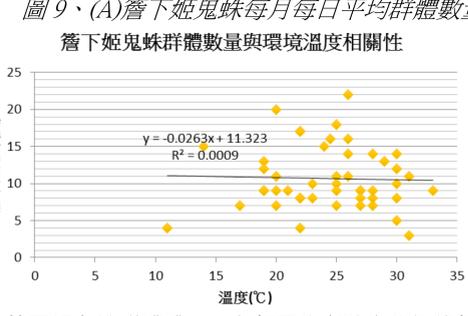
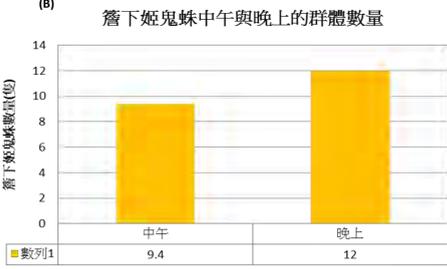
生活方式	地點	出現時間	電磁波強度	環境照度	是否收網	網上獵物	周圍植被	環境概況
群體生活	隧道變電箱周圍	整天	0.72 $\mu\text{T}$	上：77 lux 左：85 lux 右：74 lux	否	蚊子、果蠅、白蟻、蛾等	無	環境以變電箱為中心，周圍結網
單獨生活	家中樓梯間	整天	0.04 $\mu\text{T}$	111 lux	否	蚊子居多	無	每天在樓梯間結網
	地下室	整天	0.37 $\mu\text{T}$ 0.05 $\mu\text{T}$	47 lux 181 lux	否	蚊子居多 蚊子居多	無 無	每天地下室天花板結網

從以上統整的結果可以發現，若以環境照度來看，單獨生活的姬鬼蛛環境照度比較高，群體生活的照度較低；以電磁波強度來看，群體生活的姬鬼蛛電磁波強度較大，單體生活的姬鬼蛛電磁波強度較小。而兩種不同生活方式的姬鬼蛛，生活地點及環境差異性大，相同之處在於獵物的種類、周圍環境植被以及在人工環境生活。

### 三、研究簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的位置及結網的大小

#### (一)簷下姬鬼蛛群體數量與體型

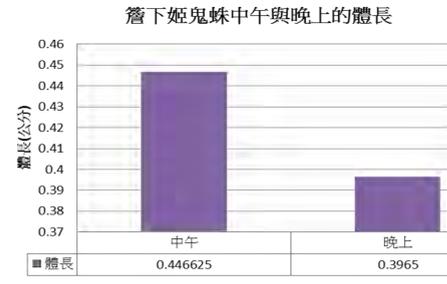
1. 簷下姬鬼蛛群體數量：我們將研究期間每天的的姬鬼蛛數量加以統計，統計後顯示簷下姬鬼蛛群體數量2017.4(N=8) > 2016.11(N=7) > 2017.3(N=2) > 2016.12(N=9) > 2017.5(N=12)。此外在實驗中我們也紀錄了白天和晚上的群體數量，實驗結果顯示晚上 > 白天(N=10)。



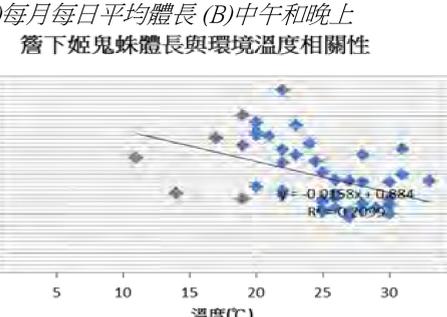
實驗期間經歷了初冬到初夏，環境溫度轉變很大，以線性迴歸分析群體數量與環境溫度關係，結果顯示兩者相關性不大，代表變電箱周圍姬鬼蛛的數量並沒有因為溫度的關係而有所變化。

2. 簷下姬鬼蛛群體體長：在每天的實驗中我們將每月的姬鬼蛛體長平均，以了解每一月份姬鬼蛛的體型差異，結果發現2016.12(N=9) > 2016.11(N=7) > 2017.3(N=2) > 2017.5(N=12) > 2017.4(N=8)。此外在實驗中我們也紀錄了白天和晚上的群體平均體長，實驗結果顯示白天 > 晚上(N=10)

圖10、簷下姬鬼蛛群體數量與環境溫度的相關性(N=38)

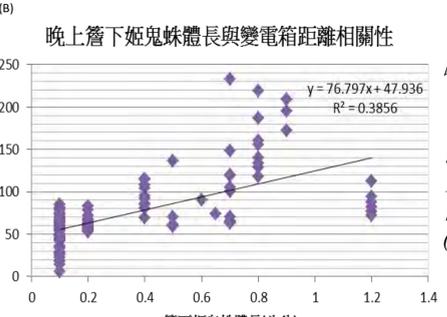
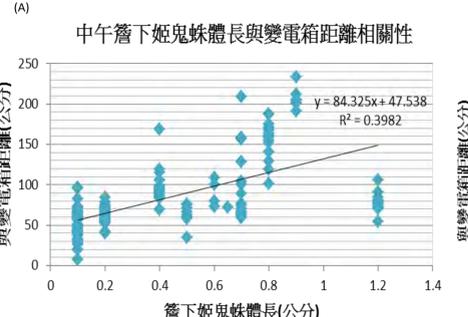


進一步我們以線性迴歸分析群體長與環境溫度關係，結果顯示兩者的相關性呈負相關，顯示變電箱周圍姬鬼蛛的體長與溫度變化相反。3. 綜合以上兩項實驗發現2017.4月的姬鬼蛛數量最多，但體長的平均最小；而晚上的姬鬼蛛數量較多且體長較小；溫度與姬鬼蛛體長也呈負相關。



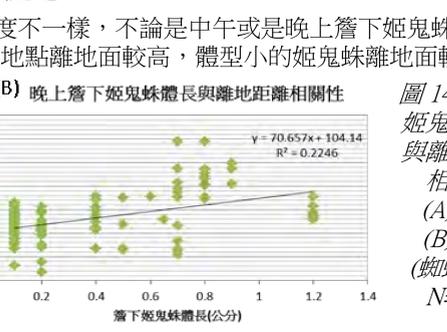
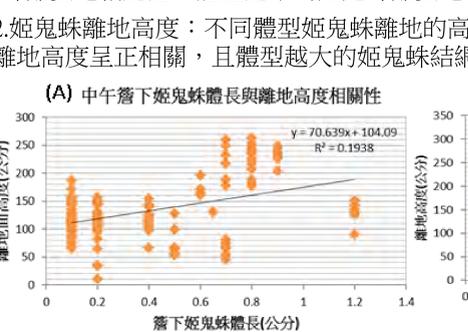
(二) 簷下姬鬼蛛體長與結網高度的相關性  
1. 姬鬼蛛與變電箱的距離：我們在紀錄平面座標時紀錄每一隻蜘蛛的座標位置，座標圖上一格為20公分，以此可以得知與變電箱之間的距離，以及離地面的距離。

圖12、簷下姬鬼蛛群體體長與環境溫度相關性(N=38)



從圖中顯示不論是中午或是晚上簷下姬鬼蛛體長與變電箱距離呈正相關，體型越大的姬鬼蛛離變電箱越遠，體型越小的姬鬼蛛離變電箱越近。

圖13、簷下姬鬼蛛在不同時間體長與變電箱距離相關性(蜘蛛數量N=199)



2. 姬鬼蛛離地高度：不同體型姬鬼蛛離地的高度不一樣，不論是中午或是晚上簷下姬鬼蛛體長都與離地高度呈正相關，且體型越大的姬鬼蛛結網地點離地面較高，體型小的姬鬼蛛離地面較近。

圖14、簷下姬鬼蛛體長與離地高度相關性 (A)中午 (B)晚上 (蜘蛛數量N=199)

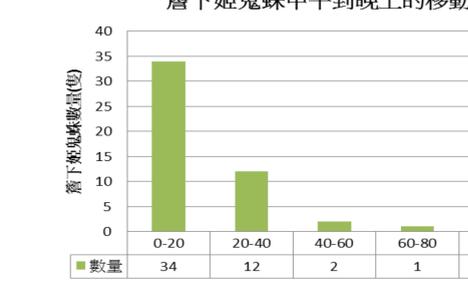
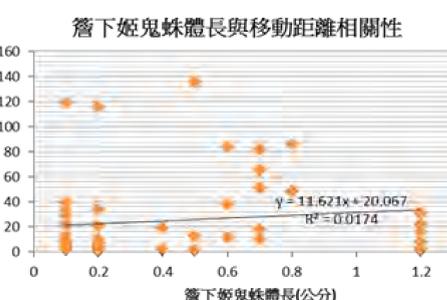


圖15、簷下姬鬼蛛中午到晚上移動距離(分成六組位移0-20公分、20-40公分、40-60公分、60-80公分、80-100公分以及100公分以上)

以線性分析姬鬼蛛體長與移動距離相關性，體長和移動距離相關性低。



(三) 簷下姬鬼蛛體型大小與網大小的相關性  
簷下姬鬼蛛的網雖然屬於圓網，但是比較接近橢圓形，網的外型如下圖所示：

圖16、簷下姬鬼蛛體長與移動距離相關性

經過實際測量發現，簷下姬鬼蛛體型大的蜘蛛網 > 體型小的簷下姬鬼蛛網，我們測量後結果如下表，簷下姬鬼蛛的網雖然屬於圓網，但是比較接近橢圓形，因此我們使用橢圓形面積計算，面積公式：S=πab。



圖17、簷下姬鬼蛛的網。左圖為實際網面，右圖為手繪網面。

表二、單獨與群體簷下姬鬼蛛網的大小(公分)

生活方式	體型(公分)	長軸(公分)	短軸(公分)	蜘蛛網面積(平方公分)
群體	0.15	6.05	6.8	129.1796
	0.5	8.15	7.6	194.4916
	0.8	9.7	6.9	210.1602
單獨	0.9	13.6	11.9	508.1776
	0.8	10.7	10.4	349.5964
	0.7	11.1	10.3	359.1783

比較群體結網的簷下姬鬼蛛體型及蜘蛛網面積相關性，發現體型與蜘蛛網面積呈正相關，且相關性高；而群體及單獨生活的相同體型蜘蛛，單獨生活的簷下姬鬼蛛蜘蛛網面比群體生活的蜘蛛網面積來的大。

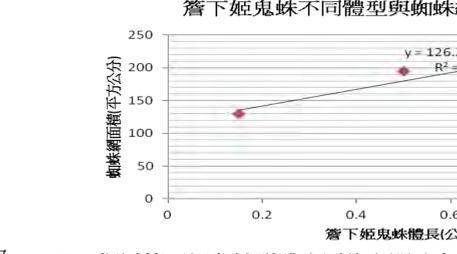


圖18、群體生活簷下姬鬼蛛不同體長與結網面積相關性

四、探討簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布  
我們紀錄簷下姬鬼蛛不同體型大小的位置，並統計姬鬼蛛分布的區塊數量，此外連接群體中最外圈的個體，並將群體的外型連接計算內部的面積為群體面積。

表三、不同簷下姬鬼蛛群體外型紀錄的天數(藍色為群體的外型)

群體外型	研究天數
六邊形	8天
五邊形	23天
四邊形	3天
三角形	13天

(一) 簷下姬鬼蛛的群體外部型態：我們想了解在族群生活區塊的最外圈是何種體型的蜘蛛，以及最外圈的形狀，我們將研究期間每一天最外圍的蜘蛛連線，觀察族群外圍所呈現的外型。呈現的外型分別為三角形、四邊形、五邊形及六邊形。

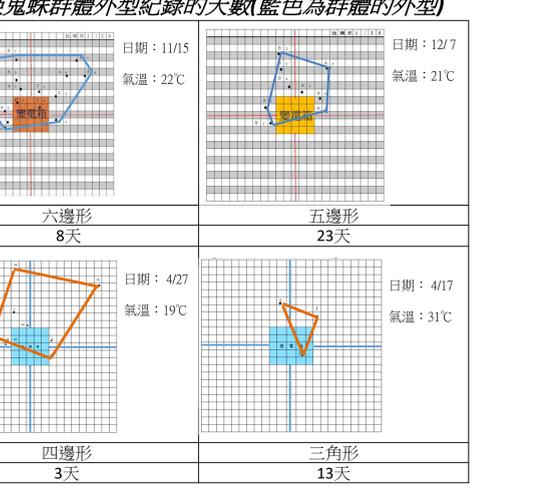


圖19、簷下姬鬼蛛群體外型相關性 (A)群體數量 (B)群體面積 (群體登記天數N=46)

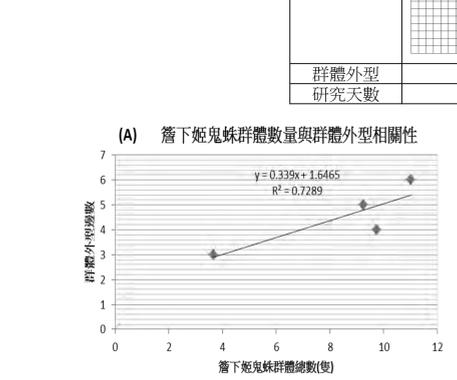
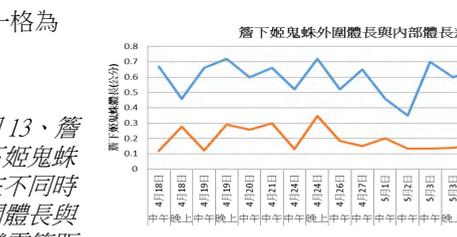


圖20、簷下姬鬼蛛群體外圍與內部體型的比較



我們也分析了姬鬼蛛外圍體型與內部體型的差異，結果如下圖所示，不論中午或晚上，在群體外圍的姬鬼蛛體長較內部的體長大，顯示體型大的姬鬼蛛在外圍，體型小的在內部。

(二) 簷下姬鬼蛛群體分布面積：我們共紀錄了五個月份的群體分布。

表四、簷下姬鬼蛛群體分布(選取當月群體最大；面積單位：平方公尺；數量單位：隻)

日期	溫度	群體面積	蜘蛛數量
11/14	24°C	6.12	16
12/26	23°C	3.76	10
3/13	14°C	4.36	-
4/21	26°C	5.48	22
5/1	30°C	4.12	12

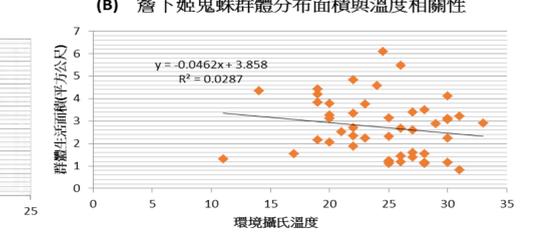
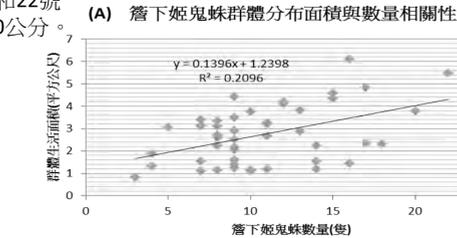
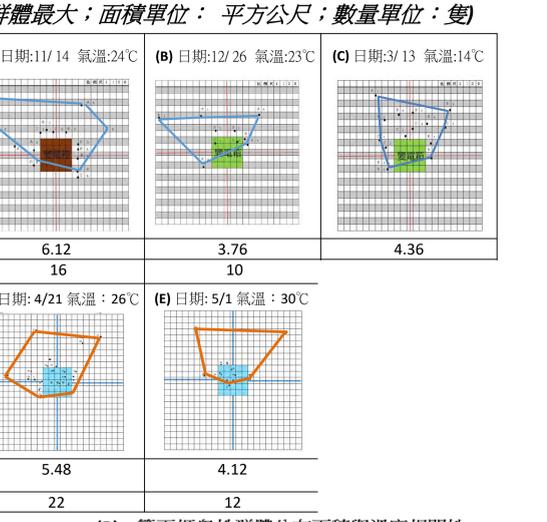
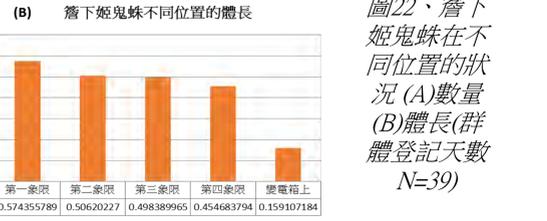
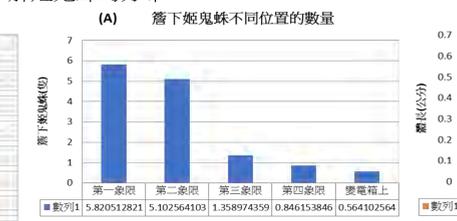


圖21、簷下姬鬼蛛群體分布面積相關性(A)群體數量(B)環境溫度(群體登記天數N=46)

(三) 簷下姬鬼蛛在變電箱周圍的分布：由於研究的姬鬼蛛都分布在變電箱周圍，想了解大多數的姬鬼蛛都分布在變電箱的哪一個位置，因此我們以變電箱中心當作原點，並將周圍區分成四個象限，以了解姬鬼蛛的分布。

圖22、簷下姬鬼蛛在不同位置的狀況 (A)數量 (B)體長(群體登記天數N=39)



結果發現，簷下姬鬼蛛在第一象限數量最多，變電箱上數量最少；姬鬼蛛體長以第一象限最大，變電箱上最小。

(四) 簷下姬鬼蛛空間分布形式(碎形維度)

從外觀觀察上發現，蜘蛛的分布呈現不規則的狀況，也呈現碎形的狀況。碎形維度 (Fractal dimension) 是碎形理論用以表達空間分數維度的指標，故碎形維度又稱為分維；碎形維度值的觀念來自於傳統的歐幾里得，其中零維是點、一維是線、二維是面、三維是立體空間，而我們使用碎形理論中的盒計數法(Box Counting Method, BCM)，分析簷下姬鬼蛛的族群空間分布。盒計法將空間分割成邊長為r之大小相同的小方格，然後計算覆蓋在某一形狀所需小方格數量。研究物體及其空間分佈在不同大小邊長的方格切割下，所產生的對應關係。由於「面積=格子數x格子大小」，故可用格子數與格子邊長的變化來檢測出碎形維度，而導出下列關係式：

$$D = \frac{\log N}{\log(\frac{1}{r})}$$

D：碎形維度  
N：簷下姬鬼蛛所佔的方格數量  
n：簷下姬鬼蛛族群生活面積方格數

以此方式計算再取絕對值，計算出姬鬼蛛的碎形維度。

維度接近2時，族群分布均勻；維度接近1時，分布不均勻。計算後我們發現，所有日期的簷下姬鬼蛛維度都接近1，顯示簷下姬鬼蛛在環境生活區域分布屬於不均勻分布，與現實觀察的狀況相同。

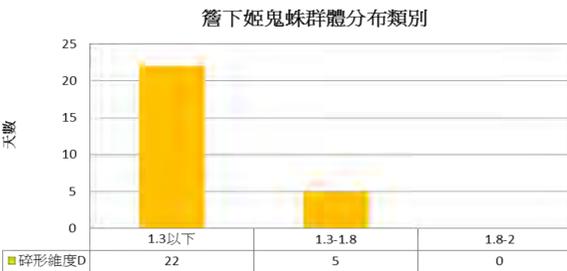


圖23、簷下姬鬼蛛每日碎形維度

使用線性迴歸分析姬鬼蛛碎形維度與其他因素的相關性，結果發現每日的中午和晚上碎形維度相關性小而環境溫度與碎形維度的相關性也不大。

利用BCM方法計算出不同空間型態的碎形維度值，並進行碎形維度的分類，結果發現研究區域的群體分類最接近不均勻分布。

圖24、簷下姬鬼蛛群體分布類別



### 五、研究簷下姬鬼蛛避敵的行為模式

我們刺激姬鬼蛛後拍攝姬鬼蛛的逃離行為，並且使用Tracker軟體分析姬鬼蛛逃離軌跡。1.避敵行為模式：姬鬼蛛原本的位置皆在它們的棲息圈，當姬鬼蛛受到刺激後他們就會迅速的逃離原本棲息圈的位置，經由X-Y移動軌跡圖的觀察，我們連接姬鬼蛛原本在棲息圈的位置及受刺激後最後的停留位置，發現姬鬼蛛的避敵行為有三種：

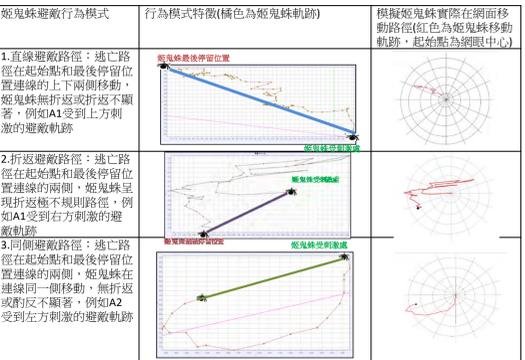


圖25、簷下姬鬼蛛避敵行為方式

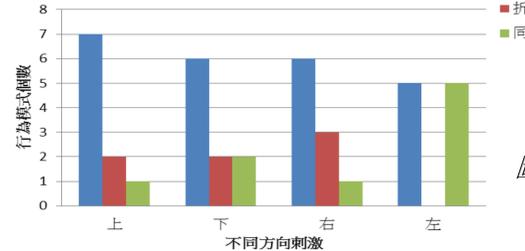


圖26、簷下姬鬼蛛避敵時的移動速率

依照我們歸類的三種行為模式，我們將10隻姬鬼蛛的行為加以分類，結果發現面臨不同方向的刺激，姬鬼蛛大多以第一種直線避敵行為，遠離危險。而其次為同側避敵路徑，有折返現象的折返避敵路徑最少。2.除了直線運動速率的分析外，我們也計算了在移動過程中水平的移動速率及垂直移動速率，其中垂直移動速率大於水平移動速率，顯示姬鬼蛛在移動過程中以以上下移動較遠的方式來躲避敵害。

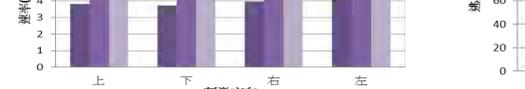


圖27、簷下姬鬼蛛避敵逃離方向

3.簷下姬鬼蛛逃離的方向：我們測量起始點及終點所連接的直線與刺激方向的夾角，結果顯示姬鬼蛛逃離角度為：刺激方向右>上>下>左，顯示實驗中的10隻姬鬼蛛對於右邊的刺激逃離角度最大，左邊的角度最小。

(二)簷下姬鬼蛛對於風的反應：實驗中我們使用電風扇進行風影響姬鬼蛛，但姬鬼蛛對於風的反應不顯著，實驗中的10隻姬鬼蛛只有2隻反應。

### 六、研究簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布

群體的姬鬼蛛生活在變電箱，隧道周圍有許多的卵囊，長度區分成26個區段，共紀錄70個簷下姬鬼蛛卵囊大小以及分布的高度，卵囊集中在隧道中05-06的位置間，而其他位置卵囊的數量就少很多，將高度區分成50公分一個區段，結果如下圖，卵囊的數目的比較為150-200公分>200-250公分>100-150公分>50-100公分>250-300公分。

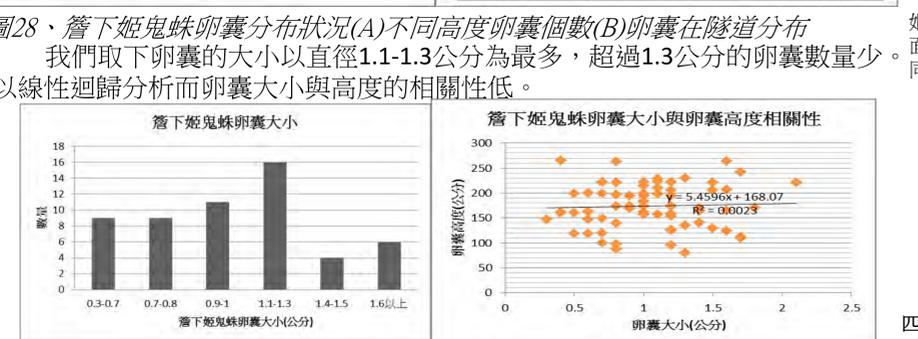


圖28、簷下姬鬼蛛卵囊分布狀況(A)不同高度卵囊個數(B)卵囊在隧道中分布

我們取下卵囊的大小以直徑1.1-1.3公分為最多，超過1.3公分的卵囊數量少。以線性迴歸分析而卵囊大小與高度的相關性低。

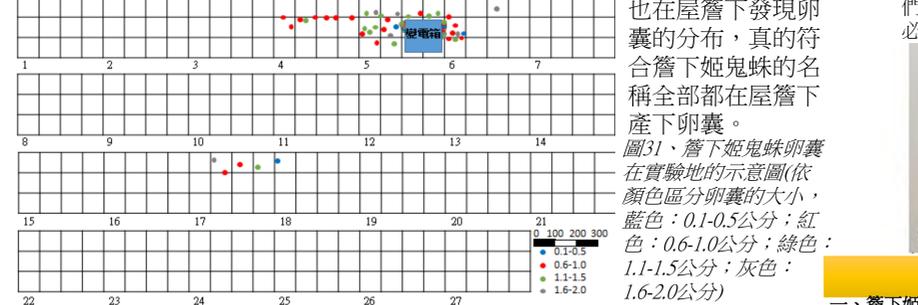


圖29、簷下姬鬼蛛卵囊大小與高度相關性

為了更了解姬鬼蛛在卵囊在隧道中的分布，我們將卵囊位置繪製成圖，如下圖。從圖中更可以發現，姬鬼蛛卵囊皆分布在變電箱附近。

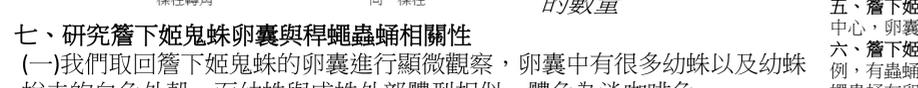


圖30、簷下姬鬼蛛在不同位置的卵囊數量

調查中我們觀察到樑柱轉角與同一樑柱上都有卵囊，而樑柱轉角的卵囊數量大於同一樑柱的數量。

圖31、簷下姬鬼蛛卵囊在樑柱轉角與同一樑柱的數量

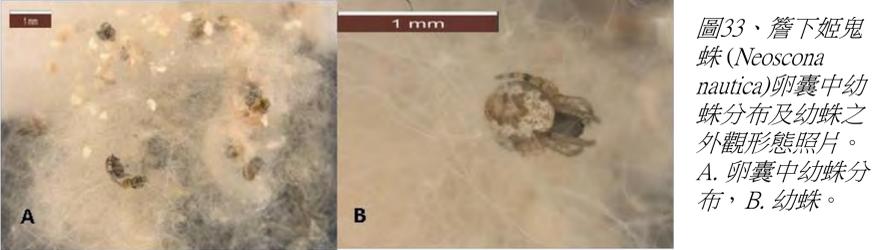


圖33、簷下姬鬼蛛卵囊中幼蛛分布及幼蛛之外觀形態照片。A. 卵囊中幼蛛分布，B. 幼蛛。

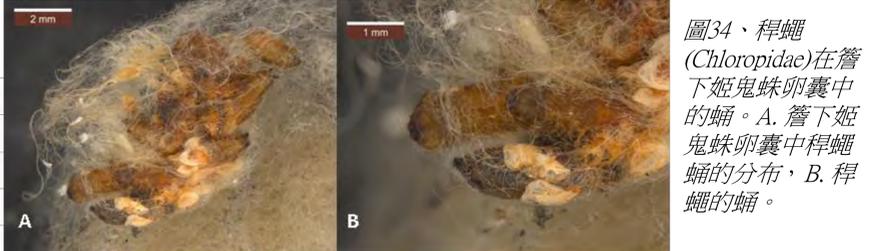


圖34、稗蠅(Chloropidae)在簷下姬鬼蛛卵囊中的分布。A. 簷下姬鬼蛛卵囊中稗蠅的分布，B. 稗蠅的蛹。

(二)我們調查了取回的54個卵囊內有有蟲蛹的比例佔57.4%，沒有蟲蛹的比例為42.6%。顯示簷下姬鬼蛛的卵囊受到稗蠅侵襲的比例很高。



圖35、簷下姬鬼蛛卵囊中稗蠅蟲蛹數量

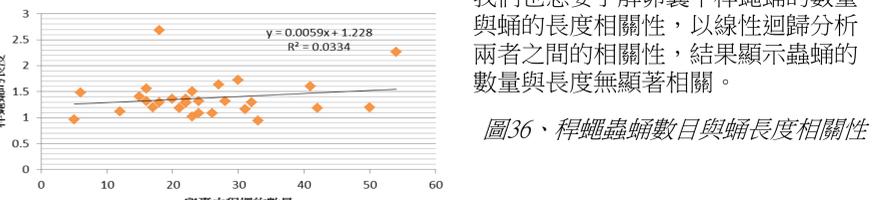


圖36、稗蠅蟲蛹數目與蛹長度相關性

(三)我們也想要了解蛹在卵囊中的排列狀況，為了瞭解稗蠅蟲蛹的排列是否為中心對稱，我們使用 imager 進行圖形分析，計算所有的重疊百分比為72.21%，線性迴歸分析稗蠅蟲蛹數量與重疊百分比相關性，顯示稗蠅蟲蛹數量與重疊百分比為正相關，顯示蟲蛹的數量越多，卵囊中稗蠅蟲蛹的排列更接近中心對稱。

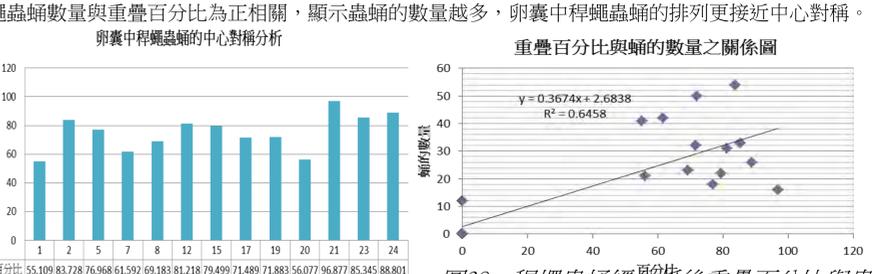


圖37、稗蠅蟲蛹在卵囊的排列狀況

圖38、稗蠅蟲蛹經分析後重疊百分比與蟲蛹數量的相關性

### 陸、討論

#### 一、探討簷下姬鬼蛛體型、位置與時間和環境相關

在研究的期間我們從2016.11開始實驗一直到2017.05之間，經歷了冬天到夏天，群體生活的簷下姬鬼蛛在冬天出現的體型都是比較大的，而春天的體型都是比較小的。我們觀察到的簷下姬鬼蛛，不論群體或是單獨結網，都在整天有光源存在的環境，推測可能能夠捕食到較小的昆蟲。在群體生活的簷下姬鬼蛛以變電箱周圍為生存空間，離變電箱較遠的大多數為體型大的蜘蛛，其次為體型中蜘蛛，最近的為體型小蜘蛛。推測由於變電箱為庇護所，因此體型小的蜘蛛結網離變電箱較近可以快速地躲進變電箱中以躲避敵害。

#### 二、探討簷下姬鬼蛛群體生活的空間分布

我們紀錄了簷下姬鬼蛛的空間分布，結果顯示大多生活在變電箱周圍，此外連接族群的外圍後發現呈現相當多樣的形狀，然而最外圍大多以體型大的姬鬼蛛為主。碎形維度可用於討論聚落的空間分布，在不同的時間和空間條件下，聚落和聚落之間的差異及聚落在發展過程中的變化意義。並可以從中了解到外型和空間分布型態。我們以變電箱中心當作原點，並將周圍空間繪製成網格，並紀錄姬鬼蛛的位置，進行維度的分析。

表五、簷下姬鬼蛛碎形維度最大與最小的空間分布狀況

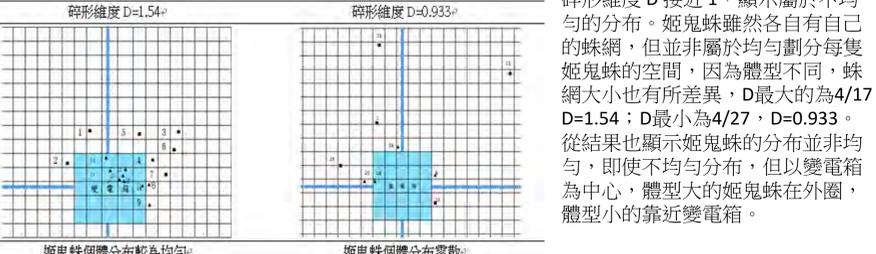


圖39、碎形維度D接近1，顯示屬於不均勻的分布。姬鬼蛛雖然各自有自己的蛛網，但並非屬於均勻劃分每隻姬鬼蛛的空間，因為體型不同，蛛網大小也有所差異，D最大的為4/17，D=1.54；D最小為4/27，D=0.933。從結果也顯示姬鬼蛛的分布並非均勻，即使不均勻分布，但以變電箱為中心，體型大的姬鬼蛛在外圍，體型小的靠近變電箱。

#### 三、研究簷下姬鬼蛛群體生活的逃亡行為模式

實驗中用筆接觸的反應是直接的，而實驗中我們的風力沒有對姬鬼蛛造成顯著的影響，直接接觸姬鬼蛛可能會直接造成姬鬼蛛身體的危害，因此反應激烈，不論逃到多遠姬鬼蛛最後都會回到自己網面上。我們根據40個姬鬼蛛影片分析，發現了三個避敵行為模式：直接避敵模式、折返避敵模式以及同側移動避敵模式。不論何種模式，我們歸納出了下列避敵行為模式：

表六、簷下姬鬼蛛避敵行為分析

行為	行為特徵	示意圖(以A1受下方刺激為例)
1.受到刺激的驚嚇行為	剛受到刺激因此四處亂走，移動路徑較混亂。	
2.開始逃亡行為	找到方向後會沿著直線方向往前移動。	
3.到網的邊緣	逃離到網的邊緣，如果超過會再折返回到網邊。	

#### 四、探討簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布

群體生活的簷下姬鬼蛛，卵囊分布以變電箱為中心，變電箱周圍為牠們繁殖區域，卵囊數目高達48個。

#### 五、研究簷下姬鬼蛛卵囊與稗蠅蟲蛹的關係

蜘蛛的天敵除了捕食者之外，掠食或捕食或擬寄生蜘蛛卵囊的動物也很多，其中雙翅目中稗蠅科也是其中一種，在實驗過程中我們沒有親眼看到稗蠅直接產卵在卵囊中，從卵囊內發現許多蛹，稗蠅將卵產在姬鬼蛛的卵囊中，並讓幼蟲在卵囊生存，除了卵囊為天然的庇護所之外，卵囊中的幼蛛或卵就是它們捕食而賴以維生的食物，在研究中每一個卵囊中稗蠅的蛹數目多寡不一，然而在稗蠅成長的過程後期必須結蛹，兩種動物的生態關係非常有趣，互為捕食者及獵物，也顯示自然界的食物鏈關係複雜性。

圖39、稗蠅從蜘蛛卵囊的蛹中孵化。A. 孵出稗蠅，B. 孵出4隻稗蠅。

### 柒、結論

- 一、簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的地點及環境：長時間照明儀器，蛛網不會收回，網上的獵物由蚊子居多。
- 二、簷下姬鬼蛛群體及單獨結網的位置及結網的大小
- (一)簷下姬鬼蛛數量與體型：冬天姬鬼蛛體型大於春夏體型；而中午的體型大於晚上的體型，研究期間冬天數量較少，春夏若蛛數量多
- (二)簷下姬鬼蛛離地高度與變電箱距離：體型小的姬鬼蛛離地面和變電箱較近，體型大蜘蛛離地面和變電箱較遠。
- (三)簷下姬鬼蛛結網大小：單獨結網網較大，群體結網的姬鬼蛛網面較小
- 三、簷下姬鬼蛛群體生活空間分布：群體外部的體長大於內部的體長，群體數量越多分布的面積越大，碎形維度D接近1，顯示屬於不均勻的分布。
- 四、簷下姬鬼蛛的避敵行為：三個避敵的行為模式：直接避敵模式、折返避敵模式以及同側移動避敵模式，不論哪一種模式最後都回到蛛網邊緣。
- 五、簷下姬鬼蛛卵囊的空間分布：群體生活的簷下姬鬼蛛，卵囊的分布皆以變電箱為中心，卵囊數目有48個；單獨生活的姬鬼蛛會在屋簷下產卵囊。
- 六、簷下姬鬼蛛卵囊與稗蠅蟲蛹的關係：54個卵囊內有稗蠅蟲蛹或沒有稗蠅蟲蛹的比例，有蟲蛹：無蟲蛹=31：23，有蟲蛹的比例佔57.4%，沒有蟲蛹的比例為42.6%。稗蠅蟲蛹在卵囊中大多為中心對稱分布。

### 捌、參考資料及其他

- 一、陳世煌(2001)，臺灣常見蜘蛛圖鑑，行政院農業委員會。
- 二、朱耀沂(2007)，蜘蛛博物學，天下文化。
- 三、陳乙仁、蔡佩娟(2003)。半屏山之簷下姬鬼蛛的研究。臺灣國際科學展2003年作品。
- 四、陳詠傑、曾小龍、張浩翰、邱健豪(2005)。法網「灰灰」疏而不漏-空氣污染對簷下姬鬼蛛的結網影響。中華民國第四十五屆中小學科學展覽會。
- 五、Jéssica P. Gillung and Christopher J. Borkent. 2017. Death comes on two wings: A review of dipteran natural enemies of arachnids. Journal of Arachnology 45: 1-19.