中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生物科

080319

國立花蓮師範學院附設實驗國民小學

指導老師姓名

王碩鴻

林華峰

作者姓名

沈平

壹、摘要

本研究之目的是在野外觀察舉尾蟻的行爲，並以「舉尾蟻的築巢行爲」、「不同『生態區位』下，舉尾蟻的相異築巢模式」、「舉尾蟻覓食路徑的建立，與覓食路徑中斷後的行爲比較」、「舉尾蟻及長腳捷蟻與介殼蟲共生行爲的比較」、「舉尾蟻群面對不同外來傷害的反應比較」等五個面向來進行觀察、比較並討論，其主要結果如下：

一、舉尾蟻築巢與人類築屋在結構上有許多相通之處，蟻巢先以交錯的草枝架構起蟻巢的形狀，而後再覆上腐質土，就如同鋼筋混凝土結構一般，有著抗壓的功能，並以最少、最輕的原料作最大空間的運用。

二、舉尾蟻在樹上築一個典型的「卵形巢」之前，會經歷許多「過渡型蟻巢」的時期。並依舉尾蟻群在「生態區位」內競爭優勢的不同，來決定是否能擴大蟻群規模，並且築成一個典型的「卵形巢」。

三、舉尾蟻覓食路徑的建立與費落蒙有著十分密切的關係，但是覓食路徑中斷後，中斷兩端的舉尾蟻群有著十分不同的行爲，原因在於不同的費落蒙分別指引著「覓食」與「返巢」的行爲。

四、舉尾蟻及長腳捷蟻與介殼蟲共生的行爲，目的都是爲了取食介殼蟲所分泌的「蜜露」。但是在蓄養的方式上，舉尾蟻像「農夫」一般，長腳捷蟻卻像「礦工」，就人類的進化觀點而言，舉尾蟻較長腳捷蟻的進化程度高。

五、本研究所觀察的主要兩巢舉尾蟻分別因爲「人爲」與「非人爲」的因素受到極大的傷害，但在全巢滅亡前，殘存的少部分舉尾蟻依「社會性昆蟲」分工的原則，分別多存活了三個月及一年。一隻舉尾蟻無法存活，一群舉尾蟻，即使是一小群，在遵行「社會性分工」的原則下，仍然可以活得很好，「社會性昆蟲」的優勢，由此可見。

貳、 研究動機

四年級時我對舉尾蟻做了一些觀察與實驗，包括舉尾蟻的外形、特徵、生存環境、食物偏好以及共生情形，當我瞭解得愈深入時，疑惑卻愈多！之前我的觀察偏向它們的習性與特徵；這一次則偏重在整個蟻群的群體性行爲，希望能對這個以「團結力量大」聞名的家族有進一步的瞭解!

參、 研究目的

一、 探討舉尾蟻築巢的目的、形式與方法。
二、 探討舉尾蟻覓食路線的建立與中斷的反應與行爲。
三、 探討舉尾蟻及它種螞蟻與介殼蟲共生行爲的比較。
四、 探討舉尾蟻對外來傷害的反應與行爲的比較

肆、 研究設備及器材

一、 戶外考察

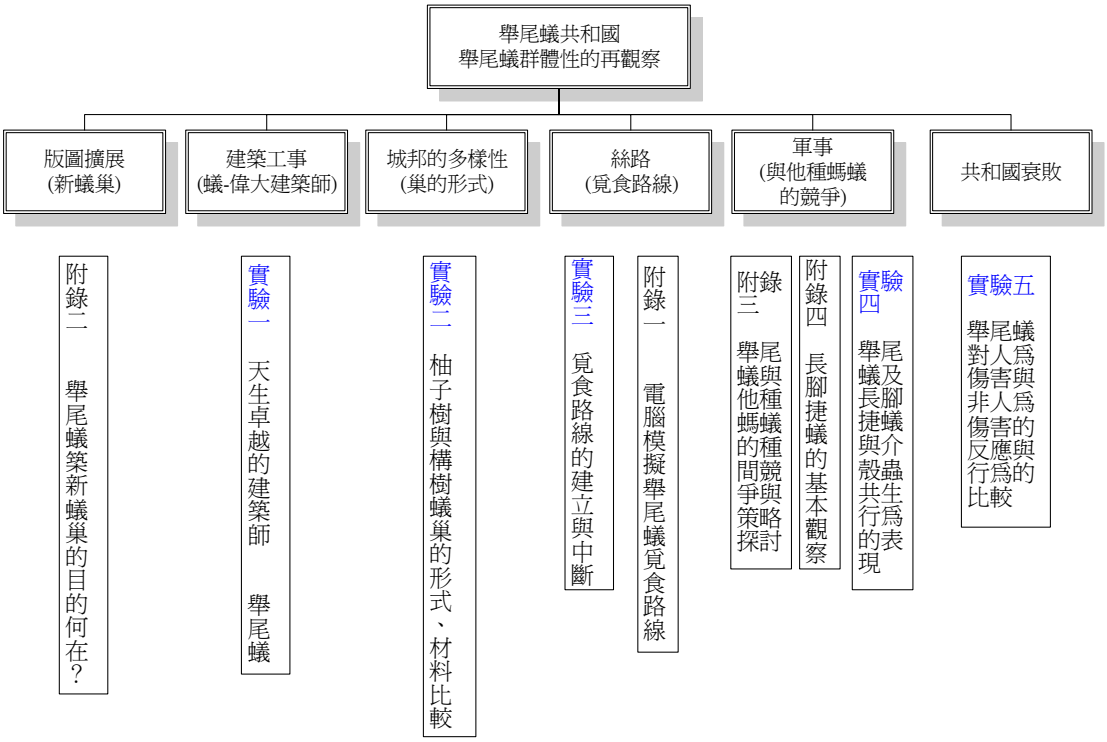
D8 錄影機、數位相機、放大鏡、皮尺、捲尺、直尺、紀錄本、鉛筆、小刀。

二、 室內分析

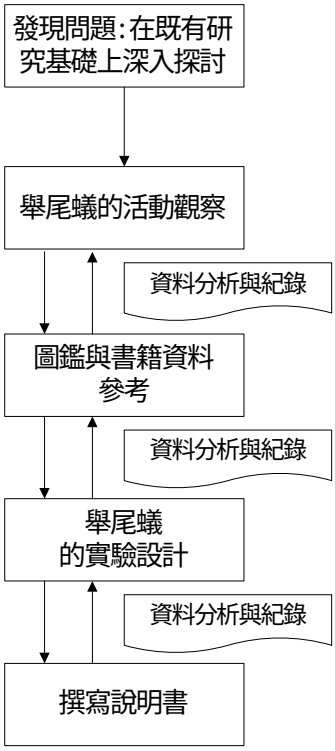
個人電腦、昆蟲圖鑑、各類參考書籍、紀錄本、鉛筆。

伍、 研究架構、流程與方法

一、 研究架構



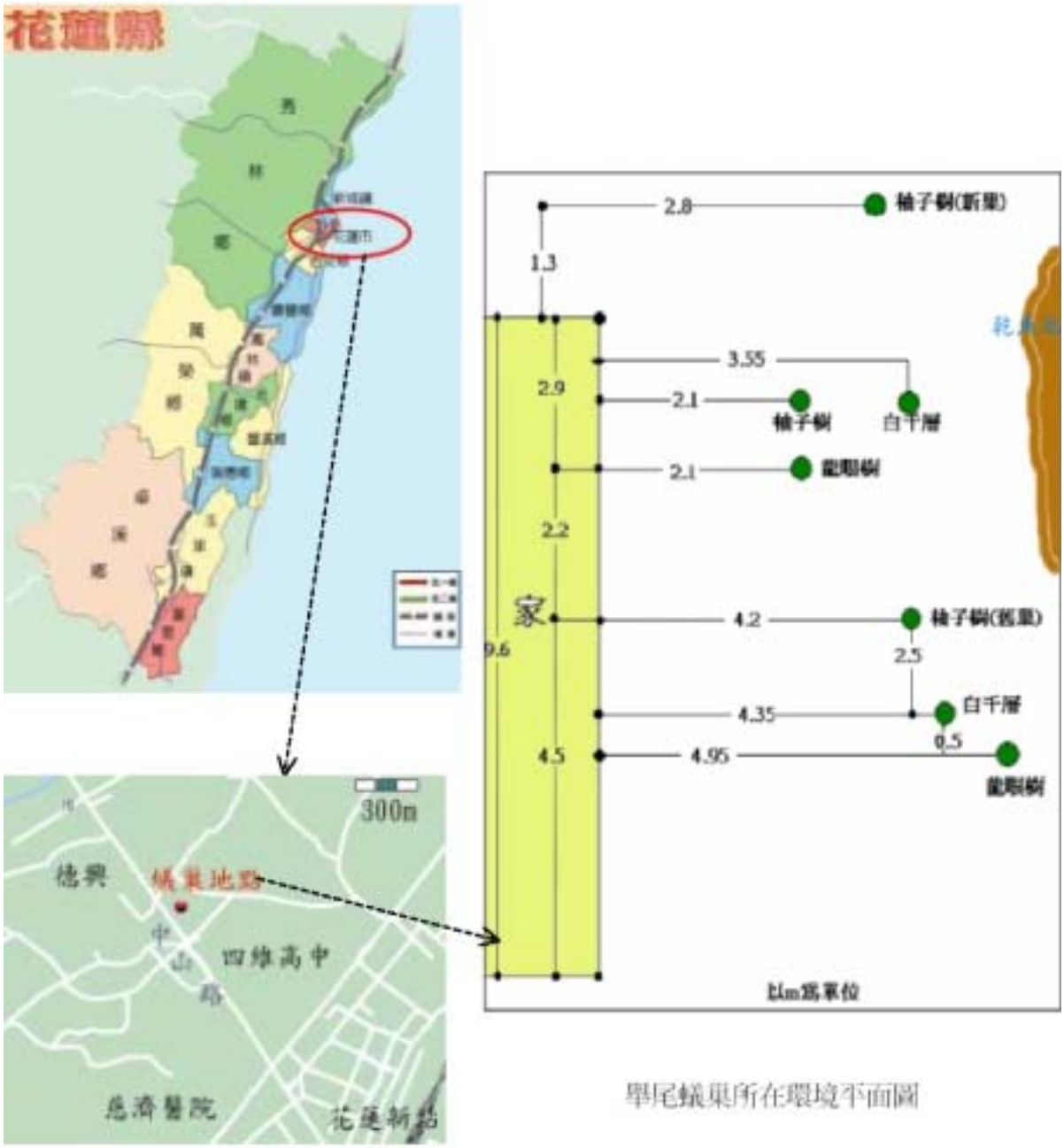
二、　研究流程



三、 研究方法

舉尾蟻築巢的目的、形式與方法，本研究是以實地觀察來紀錄它們，並且與人類的建築工法做比較；關於舉尾蟻在覓食路線的選擇方式，除了實際觀測，並參考許多圖書資料來研究舉尾蟻的覓食模式；另一方面本研究也針對舉尾蟻及長腳捷蟻與介殼蟲共生行爲作比較；至於它們衰敗的原因，由於不能摘下解剖，本研究只能排除不可能的因素再猜測可能衰敗的原因。

四、 舉尾蟻生存環境



舉尾蟻巢所在環境平面圖

陸、研究過程

【實驗一】天生卓越的建築師－－舉尾蟻

時間	92 年 7 月 29 日至 92 年 9 月 12 日	地點	自家旁柚子樹、構樹
觀察者	沈平	天氣	

實驗觀察目的	觀察舉尾蟻巢構築的過程。
思考過程	有了之前新蟻巢的發現，讓我好奇舉尾蟻是如何利用團體的力量築巢?這與人類建築房屋過程有相通之處嗎？
使用器材	1. 梯子 2. 相機
實驗觀察步驟	觀察蟻巢從無到有的興建過程。

觀察紀錄：

	92 年 8 月 17 日，我發現在構樹樹枝分岔處，有一些舉尾蟻有啃樹皮的現象，由相片中可以發現樹皮表面已被啃除，樹皮表面的毛也不見了，被啃反白處長約 4.5 公分，寬約 2.6 公分。

	92 年 8 月 23 日發現有架草枝的現象，可以確認舉尾蟻要在本處築巢，左圖是 92 年 9 月 2 日拍攝，築巢仍在進行中，由本圖可以清楚看到內層草枝結構，舉尾蟻正在外層塗上腐質土。

	92 年 9 月 2 日拍攝，蟻巢即將完工。

	92 年 9 月 15 日拍攝，蟻巢已大工告成。看起來十分堅固。蟻巢長約 5 公分，寬約 3.2 公分。注意中間有個出入孔，孔徑的大小可以排除與舉尾蟻共生的介殼蟲的天敵—瓢蟲的入侵。同時也防止了巢內介殼蟲的逃逸。

	這是另一個興建中的蟻巢，92 年 7 月 29 日發現在構樹樹枝頂端，約離地面 2.3 公尺處，舉尾蟻群又有啃樹皮的現象。

	92 年 8 月 12 日有架草枝的動作，注意草枝的排列方式是交錯的，看起來似乎是雜亂無章的。

	92 年 8 月 16 日拍攝，草枝更多了，部分草枝間有塗佈一些腐質土作爲黏著之用。

	你可以再靠近一點！交錯更複雜的草枝。

討論：（感謝趙世傑建築師參與討論）

1. 舉尾蟻在築巢前爲何要啃樹皮？

   我們由一個蟻巢脫落的構樹樹枝上也發現了啃樹皮的現象，而這個啃除樹皮的區域也有介殼蟲居聚集。推測是舉尾蟻在築巢前，先將構樹樹皮啃除，以方便日後介殼蟲取食樹汁，否則樹皮太厚，不利介殼蟲吸食樹汁。相反的，柚子樹的樹皮較薄，就沒有發現啃樹皮的現象。

2. 舉尾蟻築巢先架草枝，有何功用？

   (1)交錯的草枝，如同一團棉花，充滿彈性，在建築上稱爲彈性結構，抗壓性較強。

   (2)一般植物根的分支越多則與土壤的接著面越大，就越不容易被拔起。舉尾蟻在交錯的草枝上塗上腐質土與唾液的混合物，也會產生類似的效果。這和先民用稻草、黏土、糯米飯、紅糖混合做磚的作用相同。

   (3)舉尾蟻先用草枝架出整個蟻巢的形狀，再塗上腐質土。如同做燈籠般，先用竹子做出骨架後，再敷上紙。能以最少的材料，作出最大的空間。又如同人類築屋，先以鋼筋作出骨架，再澆灌混凝土。都得到了相同的效果。

3. 腐質土的功用爲何？

   (1)將草枝架與樹枝黏結，等於是爲整個蟻巢打下了地基。

   (2)腐質土塗佈在整個草枝架的外圍，等於是屋頂與牆壁，可以隔絕風雨與天敵，又能維持巢內的溫、溼度，好處多多。

	正在修補脫落蟻巢舉的尾蟻蟻群，可以看到原來介殼蟲聚集處的樹皮也已啃除。

【實驗二】柚子樹與構樹蟻巢的形式、材料、築巢位置比較

時間	92 年 7 月 23 日	地點	柚子樹、構樹
觀察者	沈平	天氣	晴

實驗觀察目的	觀察兩個舉尾蟻巢的不同之處。
思考過程	同樣是舉尾蟻巢，但位於不同的環境裡，舉尾蟻巢的形式、材料會一樣嗎？
問題假設	由於環境的不同，兩個蟻巢的形式、材料應該會有些不同的地方。
使用器材	（1）相機。（2）水。(3) 杯子。
實驗觀察步驟	（1） 用眼睛觀察蟻巢形式的不同並拍照。 （2） 撥下兩巢的蟻巢屑屑並放入裝滿水的杯子中。 （3） 三天後，觀察兩巢的材料不同。

觀察紀錄：

	柚子樹蟻巢	構樹蟻巢
環境	蟻巢位於一棵因爲有介殼蟲危害的柚子樹上，部分葉子枯黃；樹旁還有很多種樹木遮陽，乾草較少，又因位於魚池旁，腐質土較多。	構樹旁有許多乾枯的五節芒，太陽直射，遮陰較少，泥土乾乾的，腐質土不多，在隔鄰的樹上離地約 7 公尺處有一個圓球狀的舉尾蟻尾巢。
蟻巢形式	外表成水滴形，像倒過來的柚子，看起來比較堅固，在柚子樹的葉背、枝條上有舉尾蟻幫介殼蟲築的保護巢；而在另一棵柚子樹上，另有一個由本蟻群所建的蟻巢，類似轉運站或是工寮。（註一）	總共有 1 個主巢，6 個舉尾蟻築的介殼蟲蓋保護巢，舉尾蟻會利用五節芒的枯枝與構樹樹幹的交合處築巢，並在乾枯的五節芒枯枝中空處築巢。
蟻巢材料（將剝落蟻巢屑片溶於水中分離後估計）	約 70% 的腐質土、25% 的草纖維、5% 的枯葉。	約 55% 的腐質土、45% 的草纖維。
築巢原因	在蟻群的「生態區位」內有充分的資源供應，並且在異種競爭中取得優勢地位。	在蟻群的「生態區位」內的資源供應尚稱充足，與異種間的競爭，也能維持一定的平衡狀況。

結論：

1. 兩巢的蟻巢的形式不一樣，材料有些相同，但材料組成比例因環境的不同而有差異。
2. 舉尾蟻築巢材料會就地取材。
3. 兩巢形式的不同是因爲在蟻群的「生態區位」內資源與競爭優勢的不同而有所差異。
4. 新蟻后「婚飛」授精後的落點是新蟻巢的開端，初期當然是以安全爲最重要的考量，所以一些非常規的築巢模式，可能都是在蟻群擴張過程中的過渡模式。本研究認爲，在樹上築成圓球狀的蟻巢，才是蟻群築巢的最終使命。

	柚子樹上的蟻巢較大，也較堅固，蟻群也較集中。顯然本區的資源較構樹蟻巢區要豐富許多。蟻巢表面腐質土多，纖維較少，看起來較平滑，長得類似蜂巢的傳統舉尾蟻巢形式。

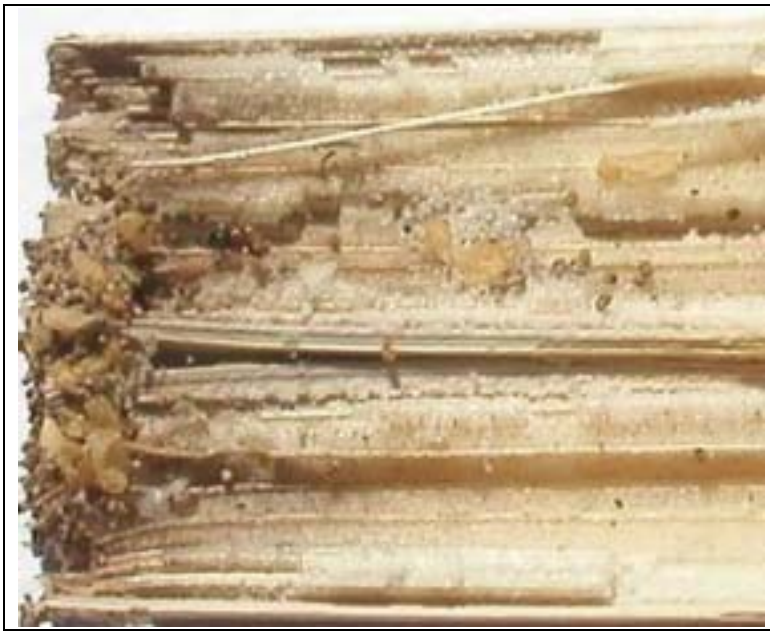
其他過渡蟻巢的型態。說明如下：

	構樹樹幹與五節芒枯枝結合而成的蟻巢，本研究判斷它是這窩舉尾蟻的主巢，雖然它看起來不大，但是將五節芒枯枝中空的部分計算進去，規模也不算小。

	正在修補由構樹與五節芒合組蟻巢的舉尾蟻（因爲風吹，構樹與五節芒分開來了。造成原來黏結兩者的蟻巢破裂。）蟻巢看起來草纖維較多，表面十分粗糙。

	善用五節芒枯枝中空部位築巢的舉尾蟻。

	從五節芒中空部分觀察，可以清楚看到構成蟻巢的草纖維與蟻巢的出入口。

	五節芒枯枝的剖面，在中空位置可以看到一些舉尾蟻的死屍，還有一些卵，這些卵可能尚未孵化，或是孵出後遺留的外殼，也有可能我找到的是書上所記載的「螞蟻墳場」。

	舉尾蟻巢的另一種形式——乾裂的樹皮間隙。

	舉尾蟻巢的另一種形式——水泥縫間隙。

	舉尾蟻巢的另一種形式－－山黃枝果實內的舉尾蟻巢，內有蟻群與蟻卵。資料蒙李榮文先生同意引用。 李榮文 taralee@ym.edu.tw, 2003,塔內植物園昆蟲版： http://x4.net.vit.edu.tw/~tbgweb/cgi-bin/topic.cgi?forum=2&topic=1339&show=175

	舉尾蟻巢的另一種形式——築巢於枯竹內的舉尾蟻。

	註一：在觀察的過程中，發現舉尾蟻有另築新巢作爲覓食基地的行爲，以擴展覓食範圍，並將巢作爲食物儲存場所，以待轉運回主巢，本研究將此巢命名爲「轉運巢」，詳細研究報告請見 http://www.efs.hlc.edu.tw/~s87131/01.doc

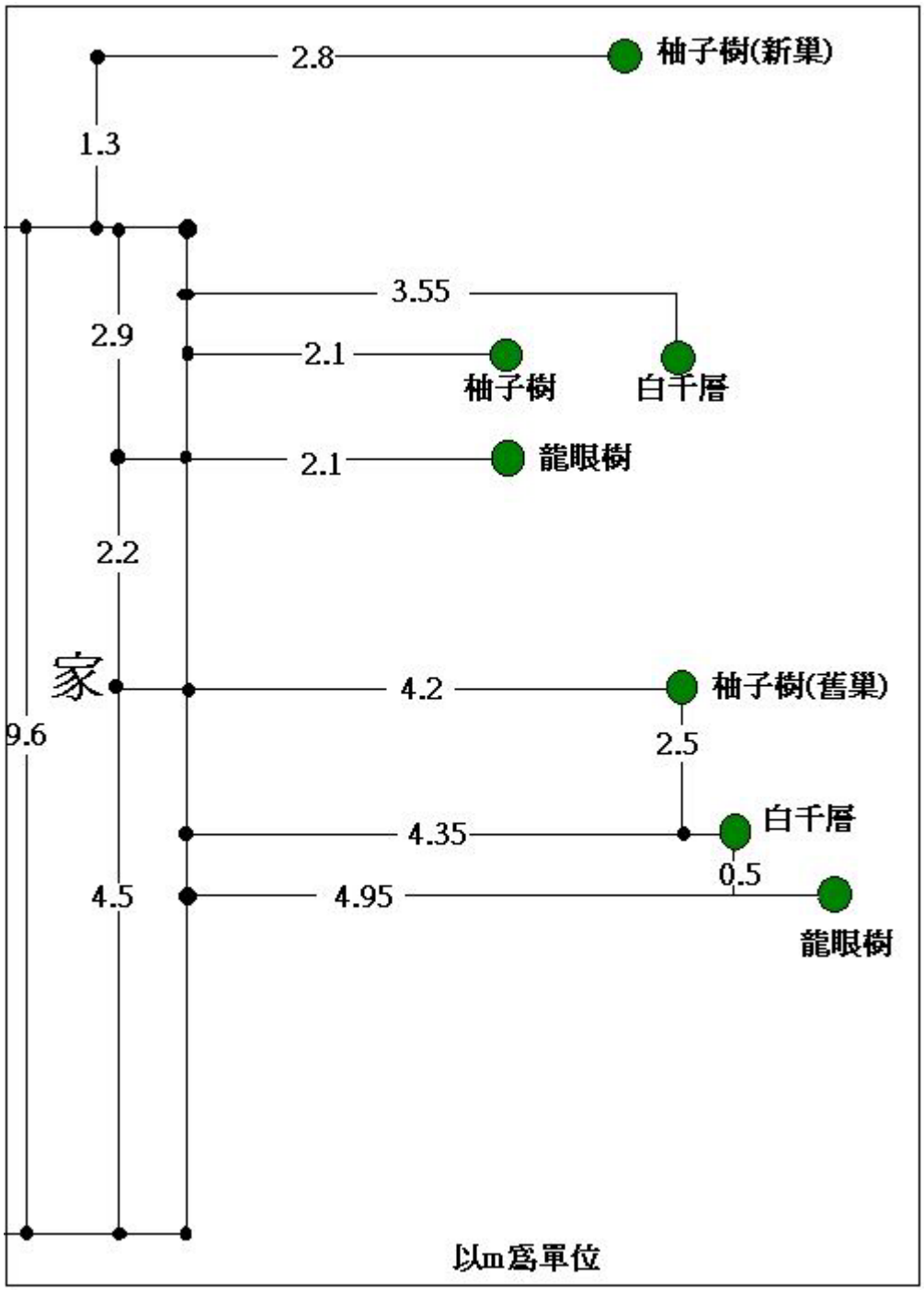
【實驗三】覓食路線的建立與中斷

時間	92 年 3 月 20 日至 8 月 20 日	地點	柚子樹
觀察者	沈平		

實驗觀察目的	觀察舉尾蟻覓食路線的建立。
思考過程	1. 舉尾蟻早晨開始工作覓食時，有兩種模式，一是固定路線，如前往轉運巢，需要經過四棵樹，路徑是由樹葉或樹枝搭接而成的三度空間，距離約 20 公尺，舉尾蟻群能毫不思考的在十分鐘內走完全程。而另一種模式則為到地面覓食或尋找築巢材料，如同草原奔馬一般，開始總是一團混亂，但一陣子後卻又很有秩序的搬運起食物，路線是如何選擇與建立的呢? 2. 費落蒙當然是最重要的影響因素，但是舉尾蟻運用費落蒙的模式為何？這是我想了解的。
使用器材	1. 梯子 2. 尺 3. 照相機 4. 體積 1*1*0.5 的魚肉
實驗觀察步驟	1. 觀測舉尾蟻實際覓食的路線。 2. 紀錄舉尾蟻覓食的路線。 3. 觀察往返主巢（舊巢）與轉運巢（新巢）間的舉尾蟻群在路徑中斷的情況下的反應。

觀察紀錄：

主巢（舊巢）與轉運巢（新巢）相關位置圖如下圖所示：



主巢（舊巢）與轉運巢（新巢）相關位置圖

	柚子樹枝與龍眼樹葉間的搭接。本人原本認爲舉尾蟻能夠找出路徑，必然是經過無數次的嘗試錯誤與超強的記憶力。嘗試錯誤是正確的，超強的記憶力卻未必正確，它們的記憶力強弱，是以路徑所遺留的費落蒙濃淡來表現。

	藉著龍眼葉片與柚子樹枝間的搭接，正在通過覓食路徑的舉尾蟻。

	樹木間搭接的通路經常中斷，此時常形成塞車的現象，眾多的蟻群看起來就如同月台上等待火車進站的旅客。

	失去通路的流浪舉尾蟻，它們從轉運巢要返回主巢，但是因爲搭接路徑的中斷，所以無法返回。

上圖是一次永久性的中斷，所造成的影響條列於下：

1. 由主巢出發前往轉運巢的舉尾蟻群，到達路徑中斷點等待的蟻群數量日漸減少，等待的舉尾蟻群在通過覓食路徑不成後都返回主巢。到最後再也沒有舉尾蟻走向往轉運巢的那條路徑。
2. 由轉運巢返回主巢的舉尾蟻，在中斷點等待約兩天的時間，最後逐漸散去，不知道往哪裡去，並沒有發現有由轉運巢返回主巢的舉尾蟻再返回轉運巢。
3. 留守轉運巢的舉尾蟻在失去由主巢出發前往轉運巢的舉尾蟻群的接觸後，變得意興闌珊，不再做外出覓食的工作，整日無所是事，約 40 天後，便不再發現蟻蹤。

討論：

1. 路徑中斷的兩頭，相同的舉尾蟻卻有不同的行爲，要如何解釋？

舉尾蟻的動作，如果拆開來看，可分爲：

A.離巢。B.覓食。C.返巢。

如同我從花蓮買了一張來回票，用去程票到台北購物，用回程票返回花蓮。舉尾蟻在外出覓食時，必然在沿途留下了「返巢費落蒙」，就如同回程票一般。找到食物以後，再沿著「返巢費落蒙」回家，也必然在沿途留下了「食物費落蒙」，供其他的舉尾蟻按圖索驥找到食物，就如同去程票一般。這就可以解釋路徑中斷的兩頭，相同的舉尾蟻卻有不同的行爲。

在轉運巢載滿食物的舉尾蟻，接下來的動作就是沿著「返巢費落蒙」返回主巢，在路徑中斷的情況之下，他們只能等待；當「返巢費落蒙」完全消失，他們就如同「喪家之犬」，四處流浪。而從主巢出發的舉尾蟻，是沿著「食物費落蒙」前往轉運巢，並在沿路留下「返巢費落蒙」。路徑中斷，沒有返回主巢的舉尾蟻在路上留下「食物費落蒙」，等到路徑上的「食物費落蒙」完全消失，舉尾蟻也只能沿著「返巢費落蒙」返回主巢。

	外出覓食的舉尾蟻，覓食的過程就如同「亂槍打鳥」。十分辛苦，覓食範圍的遠近與蟻群大小成正比，因爲越多的舉尾蟻在覓食的過程中留下「返巢費落蒙」，跑得遠的覓食舉尾蟻才有機會沿著越多的舉尾蟻留下的「返巢費落蒙」返巢。並沿路留下「食物費落蒙」，讓後續的舉尾蟻循跡找到食物。

	找到食物的舉尾蟻群，舉尾蟻之所以能短時間內聚集大批的舉尾蟻，其實只是依靠一些簡單的規則。這些簡單的規則說明於下：

1. 地面上原本就有大批搜尋食物的舉尾蟻，並且在搜尋的路途上留下「返巢費落蒙」，第一隻找到食物的舉尾蟻就沿著自己或是別隻舉尾蟻（因爲自己留下的「返巢費落蒙」可能早已散去）留下的「返巢費落蒙」回巢散佈訊息，並且沿路留下「食物費落蒙」，指引棲地中其他覓食的舉尾蟻前往。如此才能短時間內聚集大批的舉尾蟻。
2. 舉尾蟻的路徑最後會形成「集中化」與「路徑最短化」現象。依照眾多資料解釋的原因爲：越多舉尾蟻走過一個路程則遺留之費洛蒙越多，而遺留越多費洛蒙又會吸引越多舉尾蟻行走該路徑。因此，當舉尾蟻面臨兩條路以上之抉擇時，舉尾蟻行走某一路線之機率與其遺留費洛蒙量成正比，而越短之路線則舉尾蟻通過時間越短，一定時間內通過的舉尾蟻數量最多，導致最短路線上遺留之費洛蒙量更多，進而誘使更多舉尾蟻行經最短路徑，最後所有舉尾蟻將集中於最短路徑行走。

實驗三結論：

雖然人類和舉尾蟻採用了不同的進化模式，但是兩者都利用社會性的力量促進了種族的興旺，人類似乎成了地球的統治者，但是螞蟻卻依照簡單的規則，也成一方霸主，細細探究兩者的競爭策略，竟也有相似之處。

螞蟻在演化的過程中，發展出了許多類型的費落蒙，作爲溝通的橋樑，例如本研究中所觀察的覓食行爲，就不是一種費落蒙所能導引。有的科學家以「蟻語」來形容各種類型的費落蒙。人類及其他的大型生物出現後，生物體內組織間的細胞也還是運用費落蒙來傳遞訊息。如果將一個蟻巢內的所有螞蟻個體的集合，視爲一個大型生物，蟻群的分工就像不同的器官或是組織;例如蟻后與雄蟻就像是生殖器官，工蟻所擔負的工作就如同手腳一般。在接受外來的刺激，舉尾蟻依不同的分工會做出不同的反應。這些反應，好似由蟻群的「集體意志」所做出的決策來執行的；人類在相同的情況之下，各個器官會依照腦部的思考做出回應。兩者的雷同程度如此之高，也難怪螞蟻與人類在地球的演進中，能夠脫穎而出。

【實驗四】舉尾蟻及長腳捷蟻與介殼蟲共生行爲的比較

時間	92 年 9 月 8 日至 93 年 2 月 22 日	地點	吉安鄉建國路二段 111 號前血桐樹
觀察者	沈平、沈安琪	天氣	

實驗觀察主題	觀察舉尾蟻及長腳捷蟻與介殼蟲共生行爲的異同。
目的	藉由舉尾蟻及長腳捷蟻與介殼蟲共生的相同行爲，來比較兩者群體性的差異。
使用器材	1. 梯子 2. 昆蟲圖鑑 3. 相機 4. 放大鏡
實驗觀察步驟	每星期至現場觀察、攝影。並與之前舉尾蟻的觀察紀錄比較。

觀察紀錄：

	舉尾蟻	長腳捷蟻（註二）
攝食介殼蟲分泌的蜜露	有	有
啃掉樹皮方便介殼蟲吸食樹汁	有	無
爲介殼蟲設立保護巢	有	無
有專責照顧（看管）介殼蟲的蟻群。	有（居住在保護巢內）。	無
搬運介殼蟲回蟻巢過冬	有	無
搬運介殼蟲至其他地點吸食樹汁。	有	無
驅逐介殼蟲天敵（如瓢蟲）	有	有
從事與介殼蟲相關工作的蟻群佔全體蟻群比例	高	低
夜間留守照顧介殼蟲的乙群佔全體蟻群比例	高	低
介殼蟲數量	高	低
介殼蟲過冬比例	高	低
營巢位置	樹上，五節芒枯枝，縫隙	地底下

觀察攝影圖片：

	在血桐樹上蓄養介殼蟲的長腳捷蟻。因爲長腳捷蟻並沒有幫介殼蟲啃掉樹皮，所以介殼蟲集中在嫩枝處，以方便吸取樹汁。

	在構樹上，保護巢掉落露出的介殼蟲與舉尾蟻，可以明顯看到樹皮被啃掉的痕跡。

	柚子樹葉背後的舉尾蟻與介殼蟲，一樣有保護巢的設置。

	柚子樹枝上，舉尾蟻爲介殼蟲築的保護巢。

	一群因大雨而自地下巢傾巢而出的長腳捷蟻，我並沒有發現長腳捷蟻有像舉尾蟻一般，遇有危難時，有將卵或蛹搬離巢穴的行爲。

實驗四結論：

觀察兩者的行爲，感覺舉尾蟻就像是農夫，會築保護巢保護介殼蟲（如溫室般保護作物）。會搬運介殼蟲回蟻巢過冬（保留種子留待來年播種）。會搬運介殼蟲至其他地點吸食樹汁（擴大經營規模）。相反的，長腳捷蟻就如同礦工一般，如同採礦般的攝食介殼蟲分泌的蜜露，一旦氣候寒冷，介殼蟲無法過冬，就如同礦源枯竭般，等待下次的機會了。

就人類進化的觀點來觀察兩者蓄養介殼蟲的行爲觀察，似乎舉尾蟻比長腳捷蟻的進化程度較高，但是長腳捷蟻獵食與攻擊獵物的技巧，卻較舉尾蟻爲高，這些都還要做更深入的觀察才能比較。

註二：長腳捷蟻是有著一雙大眼睛和細長的身體，體色帶紅色黃的中型螞蟻，行動速度較快，略帶神經質，多將蟻巢建築於野外的土層中，原產於非洲，經由貿易帶往世界各地。目前是台灣的外來種蟻種中，較佔優勢的。有關我對長腳捷蟻的觀察請連線 http://www.efs.hlc.edu.tw/~s87131/01.doc

【實驗五】舉尾蟻對人爲傷害（構樹蟻巢）與非人爲傷害（柚子樹蟻巢）的反應與行爲的比較

時間	92 年 9 月 16 日至 93 年 6 月 22 日	地點	自家旁柚子樹與構樹
觀察者	沈平		

實驗觀察主題	觀察舉尾蟻對人爲傷害（構樹蟻巢）與非人爲傷害（柚子樹蟻巢）的反應與行爲的比較。
目的	兩個蟻巢有不同的環境與不同的築巢形式，加上造成蟻群傷害的原因不同，就此不同條件來比較兩者群體性的差異。
使用器材	1. 梯子 2. 昆蟲圖鑑 3. 相機 4. 放大鏡
實驗觀察步驟	每星期三、六至現場觀察、攝影。並就觀察紀錄比較。

觀察紀錄：

	構樹蟻巢	柚子樹蟻巢
傷害蟻群原因	人爲（附近耕作農夫將樹砍倒）	非人爲（原因不明）
築巢形式	無大型主巢，主巢築於樹幹與五節芒枯枝（分散式築巢）	大型主巢+介殼蟲保護巢+轉運巢（集中式築巢）
生活環境	較差	較好
蟻群受傷害前蟻群數量（兩個蟻群比較）	較少	較多
蟻群受傷害後蟻群數量減少比例（兩個蟻群比較）	較低	較高（一次大量減少）
蟻群受傷害後一個月蟻群數量增減（自身比較）	減少	減少
蟻群受傷害後一個月是否發現初生小型舉尾蟻	有	有

蟻群受傷害後二個月是否發現初生小型舉尾蟻	無	無
蟻群受傷害後二個月，殘留舉尾蟻體型與受傷害前的舉尾蟻比較	較小	較小
蟻群受傷害後，殘留舉尾蟻有無築新蟻巢	有	有
蟻群受傷害前蓄養介殼蟲數量比較	較少	較多
蟻群受傷害後蓄養介殼蟲數量比較	大量減少	大量減少
殘留蟻群生活方式	主巢已完全破壞，各分散式蟻巢獨立運作，初期未見不同分散式蟻巢的蟻群有交換訊息動作（彼此觸角接觸）。約 3 天後，可見不同分散巢間舉尾蟻接觸	主巢仍完整保存，殘留介殼蟲保護巢（三個）蟻群仍與主巢內蟻群維持接觸，但是次數極少，約 1 至 2 小時才發現一隻舉尾蟻由保護巢返回主巢。
搬移介殼蟲至他處樹枝覓食	有	有
對人投放食物的反應（將食物插在樹枝上）	搬回各自分散巢	搬回主巢
有無離巢到地面上	有（樹枝本來就散落在地面上）。	沒發現

討論：

1. 柚子樹蟻巢蟻群數量大量減少的原因為何？
   沒有證據可以說明蟻群數量大量減少的原因，只能推測部分原因於下：
   （1）蟻后突然死亡，造成蟻群的解體。
   （2）氣候的劇烈變化，依照中央氣象局資料，92 年 7 月的氣溫創歷年同月的相對高點，同時雨量也創歷年同月的相對低點。而 92 年 8 月共有四個颱風影響台灣，氣候如此巨烈的變化，或許對蟻群造成影響。
   （3）重大流行病，但是這已超出人類知識的範圍。
   （4）整個蟻群棄巢遷移，但是在附近並未發現新的蟻巢或舉尾蟻蹤跡。

2. 殘留舉尾蟻群的生活方式有何改變？
   （1） 基本上殘留舉尾蟻群仍然行有組織的分工生活，但是似乎都有部分的欠缺，例如，柚子樹巢殘留蟻群不再到地面覓食，不再築新蟻巢，構

樹殘留蟻群終日守著小巢中的介殼蟲，舔食蜜露，直到樹枝乾枯，無法繼續供養介殼蟲，介殼蟲散去，殘留蟻群也不知到何處了。

（1） 兩者的共同點是，殘留舉尾蟻群都仍然以巢當作生活中心，有主巢的以主巢爲中心（柚子樹），主巢被破壞的，以各自分散巢爲中心（構樹）。一點都不混亂。

3. 爲何還有小型的舉尾蟻出現？

（1）小型舉尾蟻的數量非常的少，這可以推論兩點：

a. 蟻后不在了，沒有產新卵，當然就沒有大量新的舉尾蟻。

b. 原來撫育幼蟲的工蟻並沒有放棄它們的工作，繼續撫育殘存的受精卵與幼蟲，所以小型舉尾蟻的數量才會少量出現。

結論：

一隻舉尾蟻無法存活，一群舉尾蟻，即使是一小群，在遵行社會性分工的情況下，仍然可以活的很好。在這一次觀察中，兩個蟻巢都承受了不同程度的傷害，蟻群數量皆明顯的減少，但即使是只有幾十隻舉尾蟻的蟻群，在不知蟻后是否存在的情況下，只要遵循社會性分工的原則，都能夠存活下來；社會性昆蟲的優勢在這次觀察比較中表露無疑。

	構樹被砍除的現場，殘存蟻巢集中在右側倒地樹枝。

	被砍除的構樹樹枝逐漸乾燥，舉尾蟻將介殼蟲遷移至構樹樹枝其他地方，我曾試著用手指剝離該處樹皮，發現內皮仍是綠色的。接著舉尾蟻爲這批介殼蟲築了一個保護巢。

	構樹樹枝上殘存的蟻巢與蟻群，蟻巢仍保持相當濕潤度，這對蟻群的生存十分重要。左上樹枝分岔處的蟻巢是構樹被砍伐後約 35 天新築的，舉尾蟻群也只新築了這個新巢。最終還是因為樹枝完全乾枯，舉尾蟻與介殼蟲完全散去。

	掉在地上的殘巢，仍有一些舉尾蟻守護，可見舉尾蟻對巢的重視。

	掉落地面的樹枝，樹枝上有殘巢、舉尾蟻與介殼蟲，舉尾蟻堅守崗位約兩星期才逐漸散去。

	與主巢分離的五節芒枯枝，一般舉尾蟻都利用枯枝中空位置作爲撫育幼蟲場所，負有這個任務的舉尾蟻也沒有離開。

	年久失修的柚子樹主巢，表面殘破不堪，裡面除了居住少部分的舉尾蟻外，還有蟑螂、蜘蛛、一些不知名的小蟲。

	柚子樹上殘留的保護巢之一，保護巢內的舉尾蟻與主巢仍有往來。

	這是柚子樹巢舉尾蟻未受傷害前覓食的盛況，目前在巢外活動的舉尾蟻估計不超過 30 隻。

	柚子樹蟻群受傷害後，將舉尾蟻最喜好的蝦肉置於主巢下，出巢覓食的舉尾蟻不到 20 隻，蟻群數量減少的程度由此可見。

柒、討論與結論

本研究觀察自自家院裡柚子樹與構樹上的舉尾蟻巢及其社會性生活型態，其主要結果如下：

一、舉尾蟻的路線選擇是依照費洛蒙的多寡來決定，並無明顯的領導者，所以我用共和國來形容它們。當某一條路線被比較多的舉尾蟻所選擇，則表示這條路獲得的票數多，也因而就被大家所遵循了。

二、在我觀察舉尾蟻複雜行爲後，我將舉尾蟻的動作歸納成以下簡單規則：

（一）一種費落蒙導引一個動作。

（二）有費落蒙依費落蒙導引，無費落蒙則自由行動，並沿路留下返巢費落蒙。

（三）相同任務下不同濃度費落蒙，依濃度最高者行動。

（四）不同任務費落蒙，依與本身所負任務相同的費落蒙行動。

（五）一切行動以「任務完成」爲原則。完成任務後再執行別的任務。

三、舉尾蟻築巢與人類建築在結構上有許多相通之處，就如同鋼筋混凝土結構一般，有者抗壓的功能，並以最少，最輕的原料作最大空間的運用。但是這種築巢的技術在新蟻后婚飛離巢，另立新巢後，如何能夠傳承？這是個大問題。

四、在二年半的觀察過程，我從未看過舉尾蟻有「兵蟻」階級，連舉尾蟻採取「防禦行爲」時都是由「工蟻」在執行；我認爲，舉尾蟻沒有「兵蟻」階級，而工蟻的工作則多了「保護蟻巢、還擊入侵者」；所以當負責「覓食」的舉尾蟻外出覓食的工作時，並沒有「與其他蟻類作戰」的行爲。與其他蟻類的「兵蟻」比較，可歸納爲以下兩點：

（一）「兵蟻」除了戰鬥外，平時從事的工作與「工蟻」完全相同，也就是說兵蟻」是由「工蟻」分化出的「次階級」。

（二）分化出「兵蟻」的蟻種以小型蟻爲主，例如大頭家蟻、小黃家蟻、中華單家蟻。中、大型蟻如舉尾蟻、長腳捷蟻、黑棘蟻、小黑蟻。就沒發現有「兵蟻」的分化。

以上僅以常見螞蟻加以粗淺比較，不能包含全部。

五、畜養介殼蟲並不是舉尾蟻的「專利」，但卻是舉尾蟻的「專業」。其他的蟻種只是將介殼蟲當成「收穫」的對象，只有舉尾蟻將介殼蟲當成「養殖」的對象。如果比較人類從「狩獵」進化到「畜牧」的歷程，就能明白舉尾蟻在進化上取得的成就。

在進化的路途上，螞蟻與人類走了完全不同的路，人類越來越聰明，腦越來越大，可以稱作是「集中式智慧」生物，但是螞蟻卻運用「費落蒙」溝通，加上一些簡單的規則，也沒有在進化的路上被淘汰，甚至人類都要向螞蟻學習，來尋求問題的最佳解決方法，例如尋求加快網路速度的方法、旅行多個城市尋求最短

途徑的方法。這都與螞蟻找出最短覓食路徑的群體行爲十分類似。若將每隻螞蟻的腦視同一個腦細胞，整個蟻群腦的集合視爲一個完整的腦，蟻群間透過「費落蒙」的聯繫來產生「集體意志」，如此所產生的模式稱之爲「群集智慧」生物。它的優點簡述如下：

一、個別舉尾蟻的能力十分簡單，不會因爲個別的傷害而影響到整體的運作。

二、沒有領導的中心，不因爲失去領導者的指令而無法運作整個系統。

三、透過費落蒙進行個體間直接的合作，增加溝通的效率。

在舉尾蟻築巢與覓食的過程中，我很好奇蟻群數量的快速聚集的情況是否有模式可循，例如築巢，一開始，第一隻螞蟻將築巢材料成功的放置於定點，並且釋放出「放在這裡」的費落蒙訊號，如果能夠吸引另一隻舉尾蟻進行同樣的工作，這就是築巢的開端。往後的蟻群數量變化過程是否真有其它的規律性，是我下階段想要努力的目標。

上次研究以人類的角度看舉尾蟻，本次研究以舉尾蟻的角度來觀察。在漫長的觀察過程中，我最大收穫是更瞭解舉尾蟻的複雜行爲與簡單規則的關聯，讓我體認到：唯有放下「人類是萬物之靈」的驕傲，才能真誠的與舉尾蟻進行對話。

本研究附錄部分存放網址: http://www.efs.hlc.edu.tw/~s87131/a.doc 敬請參閱。

捌、參考資料

【專書】

蔡承志譯，伯特．霍德伯勒 Bert Holldobler，艾德華．威爾森 Edward O. Wilson 原著（民89）。螞蟻．螞蟻：威爾森與霍德伯勒的螞蟻探索之旅。臺北市：遠流。

張永仁（民 90）。昆蟲圖鑑。臺北市：遠流。

朱耀沂，歐陽盛（民 89）。熱帶昆蟲學。臺北市：台灣博物館

藍文（民 87）。自然圖鑑。臺北市：專業文化

【期刊】

小牛頓雜誌社（民 73），「春天最早出巢活動的黑山蟻」。小牛頓第 4 期，頁 14。

小牛頓雜誌社（民 75），「螞蟻愛吃什麼？」。小牛頓第 24 期，頁 72。

【網站】

社會性昆蟲。網址：

http://www.bio.ncue.edu.tw/~8623028/class/tea-analyse/lesson7/plus/insect/ins-social.htm

螞蟻之概況。網址：

http://140.130.177.203/jgtsay/jg4-11p-89210.html

評 語

080319 國小組生物科 第三名

舉尾蟻共和國—舉尾蟻群體行為的再研究

1. 內容詳實，紀錄完整。
2. 以文字、語言、圖形以解說昆蟲行為，深具學術價值。
3. 作者深入研究探討，發表清晰流暢甚具說服力。