

蟻學概論

高中組生物科第三名

高雄市道明中學

作者：鍾兆晉、陳文鎮

指導教師：林日宗

一、研究動機

我對螞蟻的興趣並沒有因去年“工蟻制衡論”的提出而結束，仍有許多問題，如：螞蟻的肢體語言如何解讀？如何證實螞蟻週期行爲的存在？怎樣正確計算螞蟻族群的大小？螞蟻形態上的總體特徵爲何？……好多好多問題，都有待進一步的研究，再加上“工蟻制衡論”並不完整，要做若干的修正，這些正是我研究的動機。

好奇心及求知慾，使我不得不繼續第六年的螞蟻研究，也許，第七年、第八年……或更長更久的時間，我都會做下去。

二、研究目的

- (一)找出螞蟻的肢體語言。
- (二)螞蟻行爲探奇。
- (三)螞蟻生態問題的再深入。
- (四)螞蟻生理機能補論。
- (五)若干有關費洛蒙和蟻毒的實驗。
- (六)新螞蟻族群計算公式的推導。
- (七)防治蟻害新招。
- (八)蟻總科形態的探討。
- (九)重修工蟻制衡論。
- (十)一般中學生對螞蟻的認識。(問卷調查分析)

三、研究器材：以下實驗分別具列，在此從略。

四、研究內容：原內容太多，只截取部分內容。

(一)有趣的定向行爲：

實驗 1—1 螞蟻的光導向反應

1.實驗目的：了解螞蟻如何進行光導向反應和光導向反應對螞蟻的影響。

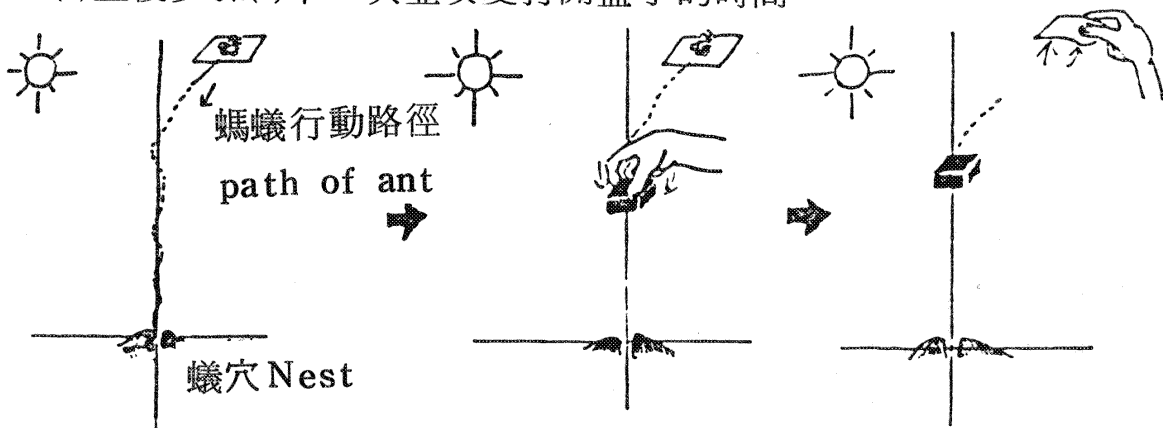
2.實驗器材：小黑盒子、量角器、螞蟻（黑長蟻）、糖液、日軌儀。

3.實驗步驟：

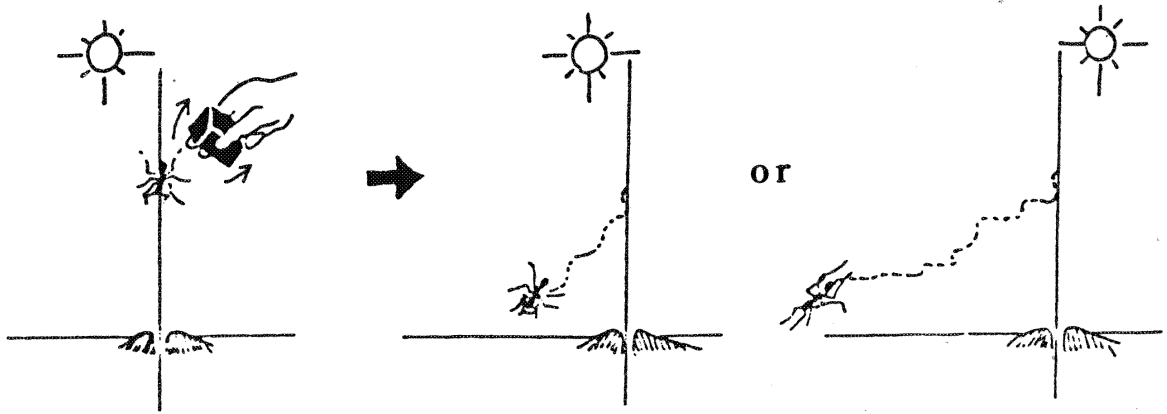
(1)將糖液置於蟻穴口一米處，吸引工蟻。

(2)待覓食的工蟻已形成明顯隊形時，選取目標工蟻開始做實驗：把小黑盒子蓋住目標工蟻並同時紀錄時間和利用日軌儀標定太陽當時位置，並且立刻撤除糖液，讓其他工蟻回巢路徑消失，三十分鐘後，打開小黑盒子，讓目標工蟻自行離開紀錄其行進方向，用量角器量取和正常路徑的夾角，並紀錄日軌儀中測出的太陽偏轉角度。

(3)重覆步驟(2)十二次並改變打開盒子的時間。

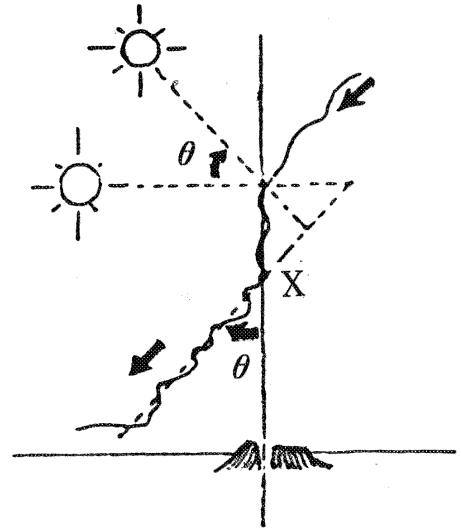


反應情形 條件	30分鐘			90分鐘			150分鐘			210分鐘		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
太陽偏移角度	8°	7.5°	8°	22°	22°	22°	37°	37°	37°	52°	52°	51°
目標工蟻路綫 和原路綫的夾角	7°	8°	8°	21°	23°	22°	36°	36°	37°	51°	50°	50°
最後目標工蟻 是不是找到巢	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×



4. 討論：

- (1)或許由實驗結果不能讓人很清楚的了解到底此實驗有那些變化，所以我再畫一圖於下，在 X 處目標工蟻被關入小黑盒中，等到太陽移位 θ 角時才放牠出來，而目標工蟻也改變同樣的角度。
- (2)實驗發現新的路徑和原來的相差一個角度，這角度相當於螞蟻被關在盒中時太陽移動的偏轉角度。
- (3)若偏轉角度太大，則螞蟻會找不到歸巢的路，若偏轉角度太小，還有可能回到巢中。
- (4)光導向反應的存在在這個實驗中被證實了，但值得注意的是我拿的是視覺尚可的黑長蟻做實驗，換句話說，若拿視覺不佳如倉皇蟻來做，恐怕就不能得到滿意的結果了，光導向反應並不是全部蟻類都具有的，有些種類牠不需要光導向來幫助覓食，如軍蟻亞科的種類。



(二)新螞蟻族群計算公式的推導：

1. 前言：

我們在研究螞蟻上實際上是研究螞蟻群居多，而不是針對單一的個體，於是在螞蟻數量方面，不得不考慮，所以我提出了螞

蟻統計學，除了討論傳統計量法是否適用於螞蟻外，我另外推演出計算蟻群總數的公式，算是這一部分的研究重點，螞蟻的統計方法，是基本的研究螞蟻的應用工具唯有從研究數值化着手，才能對螞蟻有更具體的認知，在諸多方面，蟻群個體總數是被需要的，譬如：何種蟻類平均個體總數多？何種季節同一蟻穴中螞蟻的總數多……。底下就是我的研究內容。

2.內容：

生物學家在計算族群數目時，通常用的方法是比例法，如將此族群中抽取數隻個體，做上記號放回原族群，下次再從此族群隨機抽出數隻，然後計算抽出的個體中有做記號的是幾隻，最後將其和原先的比，便可得到一比值，用此比值乘以第二次抽出的個數便是族群個體數的約值，用這種方法是否可適用於計量螞蟻呢？讓我們來試試看：

(1)用傳統生物計量法求螞蟻總數：

①器材：大黑蟻、立可白、記錄簿、筆。

②步驟：

(A)找到大黑蟻的巢穴，並抓取二十隻大黑蟻用「立可白」在其後肢做上記號，做好後放回巢中。

(B)隔一小時然後在蟻巢附近抓五十隻大黑蟻並記錄其中有做記號的蟻數，重覆此步驟五次並取平均值。

(C)利用：

$$\frac{20 \text{ (原先有記號蟻數)}}{X \text{ (後來有記號蟻數)}} \times 50 \text{ (後來抽取數)} = \text{總蟻數}$$

這公式計算出此大黑蟻群總數約值。

(D)破壞大黑蟻巢，實際計算出大黑蟻巢中蟻總數並和計算的結果比較。

③結果：

(A)

次 數	一	二	三	四	五	平 均
1 / 50 隻	1	0	3	1	2	1.4

$$(B) \frac{20}{1.4} \times 50 = S \quad S = 714 \text{ (隻)}$$

④討論：

(A)由結果可知誤差極大，我們可以下一個判斷傳統的生物計量法不適用於計量螞蟻。

(B)理論上傳統的生物計量法應該不會錯，為何會有如此大的誤差呢？我想導致誤差的原因很多，如下：

(a)螞蟻小，抓它容易弄傷它，當初考慮這點便選擇體積較大的大黑蟻做實驗結果還是有弄傷的，但根據以往的觀察受傷的螞蟻比較少出外覓食，於是自由機率變成了條件機率，結果當然出了問題。

(b)另外根據以往的研究知道蟻巢中工蟻並非都要出外覓食那麼那些沒出外覓食的工蟻便被排除於破測量的機率之外，這是最大的誤差原因。

(c)還有蟻群不只是工蟻構成而且還是包括蟻王雄蟻……等，這也構成變因之一，當然幼蟲和卵不在計算之列。

(C)從實驗難度來講，用傳統生物計量法來計量螞蟻就算沒有以上誤差，仍是困難重重如：

(a)測量的種類被限制，只可挑大型的蟻類，要是小型的如倉皇蟻一類的螞蟻在「做記號」時便發生了困難。

(b)數螞蟻不易，易重覆或漏數，也是原因之一。

(c)變因不易控制。

⑤總結：

(A)此實驗可證明螞蟻的複雜性和一般生物不同，用普通計量法無法求得總數約值。

(B)但是難道沒有方法計算蟻群數嗎？翻遍圖書館找不到答案，但我相信一定有脈絡可尋，看是否能導出計算蟻群總數的方法。

(2)推導計算蟻總數的個數的公式：我們先把傳統生物計量放在一邊，從有關影響測量因素逐一討論：

①以蟻洞口數來看：我們做一個統計如下：

組別 洞口數	紅 螞 蟻			黑 長 蟻			倉 皇 蟻		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
	3	2	7	2	1	4	1	1	2

從這個表我們大略可知洞口數似乎沒什麼規則，沒有一定的約值，我們再將被觀察的各蟻巢破壞，計算各蟻群的蟻數得到下列結果：

條件 組別 友值	紅 螞 蟻			黑 長 蟻			倉 皇 蟻		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
洞外隻數	23	18	71	28	13	55	31	29	64
全體隻數	2450	1920	7500	2850	1200	5750	620	605	660

（註：全體隻數一欄為計算時求取的是約值）

由此表再和上表做比較，發現洞口數愈多，則在洞外或全體隻數就愈多，於是一種關係便存在了：（由其相互間比值大約都相近得知）

$$S_n (\text{蟻總數}) \propto n (\text{洞口數})$$

$$S (\text{洞外蟻數}) \propto n (\text{洞口數})$$

②以蟻巢最大活動半徑來看：

我們再做一個觀察如下：（跟剛才的同一組）

組 別	紅 螞 蟻			黑 長 蟻			倉 皇 蟻		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
最大活動半徑	158	106	354	210	110	395	67	71	130

則由此表再和上表比較亦得到一種大約的關係：

$$S_n (\text{蟻總數}) \propto R (\text{最大活動半徑})$$

$$S (\text{洞外蟻數}) \propto R (\text{最大活動半徑})$$

③以螞蟻進出洞口頻率來看：

進出洞口頻率，只與洞外螞蟻數有關，與蟻總數無關，

進出洞口頻率愈高，在洞外的螞蟻數就愈多，因此我們又得到一個關係：

$$S (\text{洞外螞蟻數}) \propto f (\text{進出洞口頻率})$$

我們如何由①②③的結果導出公式呢？能不能只由洞外螞蟻數等測量就可推得總螞蟻數？底下就是公式的真正推導過程：

pf：由①②③可知

$$S (\text{洞外螞蟻數}) \propto R (\text{最大活動半徑}) \propto n (\text{螞蟻洞數})$$

$$\propto f (\text{出入洞口頻率})$$

$$\therefore S \propto R \times n \times f$$

$$\Rightarrow S = \text{Mant} \times R \times n \times f$$

式中常數 Mant 我稱之為螞蟻聚係數，這係數因種類而異。現在，螞蟻洞外的數目式子出現了，我們又如何以此式子導出螞蟻總數呢？首先要注意的是一個螞蟻巢中 Mant、R、n 都是固定的，只有 f 在變，而螞蟻總數可視為一個在逃難中的螞蟻群在單位時間內最大出洞量的總和，這和 f 正好有干係，因此可以說總螞蟻數就是對洞外螞蟻數的積分。

$$\therefore S = \int_a^b s df \text{ 又 } \because S = \text{Mant} \times R \times n \times f$$

$$\therefore S = \int_a^b \text{Mant} \times R \times n \times f df$$

$$= \text{Mant} \times R \times n \times \int_a^b f df$$

$$= \frac{1}{2} \text{Mant} \times R \times n \times f^2 \Big|_a^b$$

$$= \frac{1}{2} \text{Mant} \times R \times n (b^2 - a^2)$$

又：b 為最大頻率，a 為最小頻率，且 $a \rightarrow 0$ 。

$$\therefore S = \frac{1}{2} \text{Mant} \times R \times n \times (b^2 - a^2)$$

$$= \frac{1}{2} \text{Mant} \times R \times n \times b^2$$

最後，我們得到的螞蟻總數公式，只要量得最大活動半徑，螞蟻洞數、最大進出洞頻率，和各類螞蟻的螞蟻聚係數，便可不必挖開螞蟻穴而算出螞蟻總數。

(3) 討論：

① 傳統生物族群計量法根據我們的研究並不適用於螞蟻族群的

求值，因為螞蟻的族群不同於別種生物的族群。

- ②根據我的實驗而做出來的推導蟻總數的公式，其中的「蟻聚係數」實已控制了傳統計量法所不能考慮的因素，假設觀察①②③沒有太大差異則推導出來的公式必定正確，我為何不做具體論證呢？因為我認為論證的工作由他人完成，較具有客觀性，我只提出我所得的結果和假設就好了。
- ③這個新公式適用於有固定蟻穴口的螞蟻族群，若是軍蟻一類的族群，就不能適用了。

五、討論

- (一)有關各章節的研究後心得與錯誤的檢討，都附在各章節的後面，另外，各章節的研究展望亦附在後面，在此不重覆。
- (二)本研究報告約十六萬字，示意圖二百零七幀，表格一百四十一個，曲綫圖四十三個，實驗七十八項，各章節篇幅不定，以行為學最多。
- (三)我研究的模式，是先標定研究範圍，然後一邊用文字敘述該範圍的已知內容及我的觀察和整理，一邊則構想問題，用手邊簡陋的儀器設計出各種方法解決問題或驗證已知觀念的合理性，這種研究模式，是不同於一般人的。

六、結論

第六年的螞蟻研究在此又要告一段落，整年的研究和花了兩個月完成的十幾萬字的報告，自己所得到的成果是數十倍於前五年的，尤其對螞蟻做了全面的認知，就算自己設計的那些怪實驗全部錯誤，而所有已知的知識早已填滿腦中，只要有更好的環境、更好的儀器，就可繼續那些我尚迷惑實驗想出來卻沒有儀器的問題的研究。

除了要感謝學校提供一些儀器和場地，和感謝老師、父母、同學的協助外，最要感謝的，就是我多年來為研究而殺害的大量螞蟻，這六年來，少說也有十萬隻，這其中還不包括那些新生而具有大量繁殖潛力的蟻王呢！若沒有做出一點成績，豈不辜負了他們的犧牲。

報告還不完整，蟻學概論更有待擴充與推廣，最後還是要說一句話：第六年研究的結果，就是第七年研究的開始，今年研究上的缺失，有待更進一步的改進。

七、參考資料

- (一)昆蟲學通論 三宅恒方著
- (二)生物統計學新論 楊志良
- (三)生態學概論 郝道猛
- (四)科學眼雜誌，第三十八卷第六期工蟻其實是懶惰蟲 鹿野司
- (五)螞蟻的世界 洪章夫
- (六)昆蟲生物化學 彭俊輔
- (七)自然圖書館——寄生和共生

評 語

本作品對螞蟻之生態生理現象之敘述非常詳盡，雖然所推理出之公式有不甚完整，但作者對生物學已具備非一般學生所能及之興趣及耐心。

作品之撰寫亦甚流暢而清楚，故擬推薦為第三名。