

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生物（生命科學）科

佳作

040725

探索蟑螂單、複眼在避光反應中的功能

學校名稱：國立臺中第二高級中學

作者：	指導老師：
高二 張宸睿	鄭銘洲
高二 林嘉偉	龔雍任
高二 許家榮	
高二 張嘉哲	

關鍵詞：美洲蟑螂、避光反應、單眼

# 探索蟑螂單、複眼在避光反應中的功能

## 摘要

美洲蟑螂(*Periplaneta americana*)具有兩套視覺輸入的器官，包括對光的敏感度較強的單眼以及由許多小眼組成的複眼。本實驗利用美洲蟑螂的避光行爲，探討單、複眼對於蟑螂運動調控的影響。經過暗適應 10 分鐘後，在自製的蟑螂逃亡速率測定器中進行實驗，以 LED 手電筒作為光刺激，蟑螂經刺激後通過有兩個觀察窗口的廊道，而經由錄影記錄可得蟑螂避光反應的潛伏期、逃亡時的平均速率、以及通過觀察窗口的瞬時速率，將單、複眼均正常（控制組）以及遮住單眼或複眼的蟑螂進行比較。結果發現，遮住單眼或複眼的蟑螂，其決定要逃亡的潛伏期都比控制組短，且在逃亡的過程中，平均速率都比控制組快。由結果推論阻斷單眼以及複眼的視覺輸入都會抑制蟑螂的遮蔽反應(shade response)而造成逃亡速率與控制組不同，因此單眼以及複眼對於蟑螂運動行爲都具有一定調控作用。

## 壹、研究動機

某日晚上，走進廁所，一開燈，忽見一黑影於眼角閃過細細一看原來是一隻蟑螂在開燈之後迅速延著牆角爬進了排水孔這樣的速度，不禁令我們對他產生好奇，好奇他的逃跑是否是因為受到光的刺激，還是純粹因為發現了我的存在而逃跑？

在上過高一基礎生物的 2-7：動物之後，發現世界上有各種形形色色的生物，其中當然也包括人見人厭的動物：蟑螂；蟑螂的眼睛與人類並不相同，他的眼睛是由 2 個單眼和 2 個複眼組成，複眼的功能是用來辨別空間中的立體結構，而單眼的功能目前尚未能被確定；為什麼蟑螂需要兩種視覺器官？這兩種視覺器官在蟑螂的行為調控上扮演怎樣的角色？高二下冊的生物 5-4 學到動物的各種行為，其中也包括昆蟲的趨光或是負趨光行為，因此，我們便就「蟑螂的負趨光行為」主題，開始探討以及研究。

## 貳、研究目的

蟑螂是目前最古老的活化石之一，至少存活了超過三億年之久而沒有被滅絕，蟑螂之所以能夠延續至今而未被消滅，全因為他們優越的生存能力及環境的適應能力。專家表示，蟑螂奔跑的速度換算成速度的單位是時速 320km/hr；一隻雌蟑螂可以生產出一萬之後代，而且他們還有特別的氣門讓他們能在水裡而淹不死，再加上細小圓扁的身體使他們能在縫隙中爬行；甚至有科學家做過實驗，發現讓蟑螂不吃不喝能夠堅持一個月而不會死亡，倘若有水，更能撐過三個月；把空氣抽成真空也尚能活 38 小時以上，把頭切掉過了一週，腳也還會動。蟑螂的生存能力是如此的強，難怪他能存活這麼久而不被消滅

美洲蟑螂的學名為(*Periplaneta Americana*)，蜚蠊目，蜚蠊科，特徵是身體圓扁，觸角長，成絲狀，體為革質光澤黑或棕色，外骨骼光滑的幾丁質讓它不易沾上任何髒東西；雄體通常有兩對翅，而雌體可能為有兩對翅或翅退化，身體上卵夾是突出的，容易將卵攜帶。

蟑螂具有兩個單眼和兩個複眼，目前科學家尚未能清楚說明單眼(ocelli)的功能，但知道單眼具有辨識光和調節複眼輸入的功能，而且對光的敏感度比複眼還要高；而複眼適用於辨識空間，分別立體結構，辨識外表形體，以及對物體的偵測。

關於目前已知的昆蟲單眼功能極為有限，例如已知飛行速度快的昆蟲(像蜜蜂、蜻蜓)單眼對飛行路徑的控制(flight course control)有著密不可分的關係，雖然單眼不能清楚的看到物體，但是在面對水平方向的時候可以辨識出地平線以維持水平飛行的能力單眼還可以協助飛行相關肌肉的張力以協助控制飛行的平衡

本實驗之所以研究單眼以及複眼，是因為單眼對光的敏感度和訊息的傳遞都比複眼優越，因此單眼對蟑螂必然是非常重要的，但是目前的研究都只針對複眼，認為複眼才是昆蟲最主要的視覺器官；天生我才必有用，若是遮蔽複眼，可以想像一定會影響蟑螂的逃亡，倘若遮蔽住單眼，對蟑螂的行為會不會有很大的影響？蟑螂對光的敏感度以及逃亡反應會不會因此而減弱？這都是我們實驗所要討論的問題。

本研究分成三個部分：

- 一、研究遮蔽單眼對蟑螂避光反應的影響
- 二、研究遮蔽複眼對蟑螂避光反應的影響、並討論遮蔽單眼或是複眼造成的差異
- 三、將單、複眼均遮蔽對蟑螂避光反應的影響

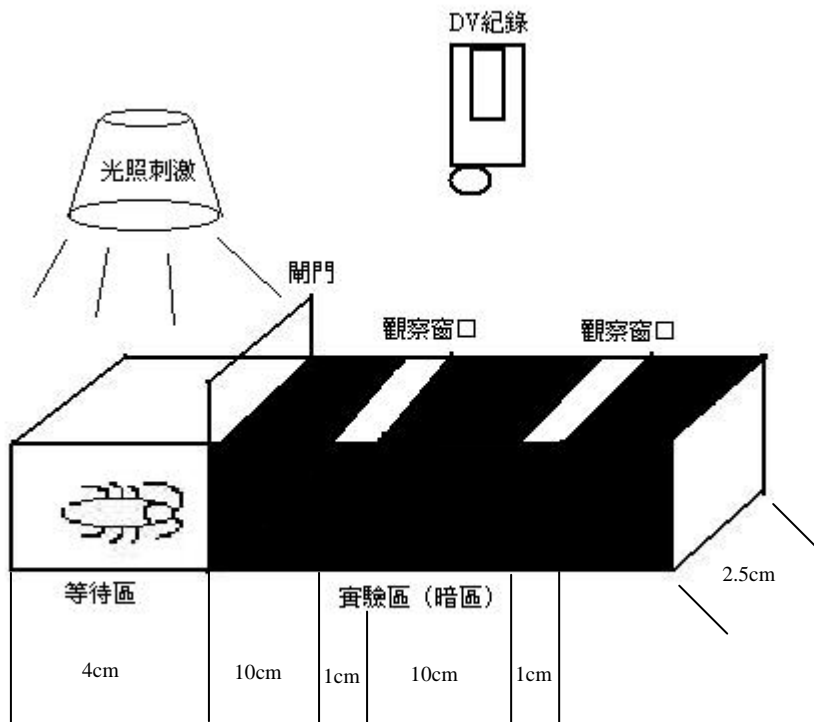
## 參、研究設備及器材

### 一、實驗設備：

整體實驗的配置如圖一以及附錄照片一。本實驗均在在暗房中進行，因為美洲蟑螂的單、複眼均無法辨識紅光，因此我們利用紅色玻璃紙包住檯燈以作為實驗用的安全燈。利用腳架將記錄用的數位攝影機架於蟑螂速逃亡率測定器的上方，蟑螂處理之後放到等待區使其適應環境，實驗開始時利用 LED 手電筒進行光刺激。實驗過程中我們自製了兩樣儀器輔助實驗，以下為說明：

#### (一) 速率測定器：

「蟑螂逃亡速率測定器」(附錄照片二)的製作方法是切割壓克力板成適當大小，利用三秒膠固定之後，再裁切出閘門(可利用紙板當作閘門，控制蟑螂避光實驗的開始時間)以及寬度約一公分的兩個觀察窗口；其餘部分用不透明紙板貼住，變成實驗暗區(如圖一、附錄照片)。



圖一：實驗配置圖

#### (二) 固定蟑螂的台子：

若是要進行蟑螂單眼或複眼的遮蔽，必須要用小刷子，準確的將單眼或複眼塗均勻，就算是在蟑螂麻醉的狀態之下，也是很難辦到的，因此我們設計了一個固定蟑螂的台子(如附錄照片三)，固定住蟑螂頭、胸部之間的脖子，便可讓頭穩固住，使我們可以將目標遮住。

### 二、實驗器材(如表一)：

表一：實驗器材

材料	數量
手電筒(LED)	X1
檯燈	X1
壓克力板	數塊
指甲油(不透明深藍色、不透明白色)	X2
毛筆	X1
碼錶	X2
數位攝影機	X1
腳架	X1
紅色玻璃紙	X1

### (三)實驗動物

美洲蟑螂:蟑螂的提供者為台北市中山女中蔡任圃老師。將美洲蟑螂飼養在三個箱子中，箱子必須保持通風，避免飼養箱因為太潮濕而導致環境惡劣；飼料則是固定給予貓飼料(Hill's 成貓飼料)，應避免飼料的發黴；飲用水的給予則利用布丁杯，中間放置棉花或衛生紙，以避免蟑螂直接進入水杯中而溺死，大概每隔 3、4 天添加一次水。

## 肆、研究過程或方法

一、控制組：(單複眼均正常)

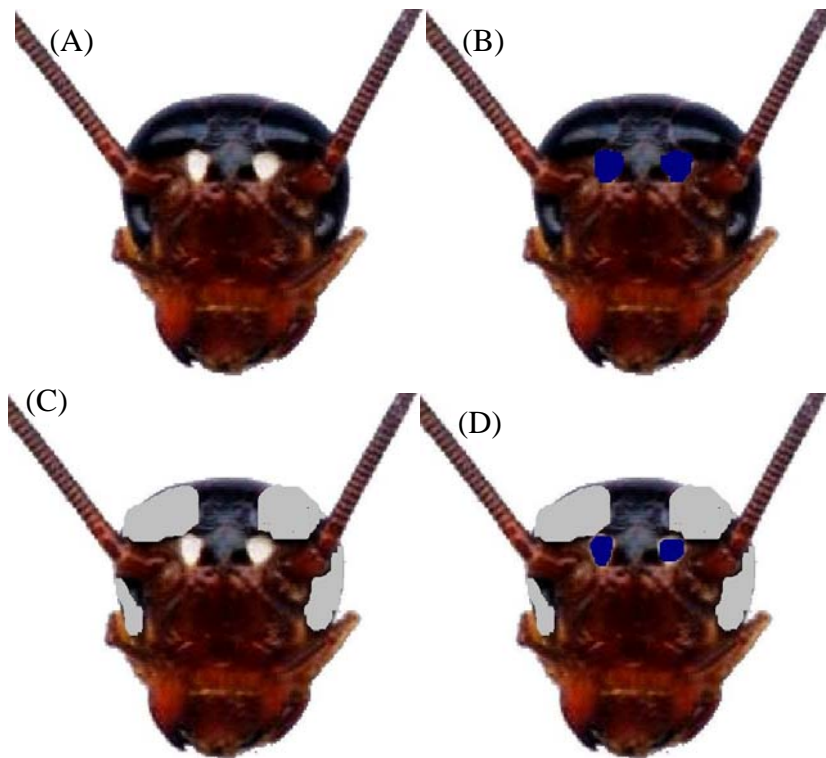
(一)「速率測定器」的閘門用紙片塞住,出口使用膠帶粘著。

(二) 檯燈用紅色玻璃紙包住後開燈。

- (三) 將數位攝影機用腳架固定後準備錄影。
- (四) 將蟑螂放置於「速率測定器」的等待區後,隨即用壓克力板堵住入口。
- (五) 暗適應 10 分鐘。
- (六) 開始錄影,打開閘門後同時照光和計時,當經過閘門和第一、第二觀察視窗時分別紀錄其時間。
- (七) 若蟑螂超過 5 分鐘仍未移動,則終止實驗。
- (八) 一次實驗結束後,將蟑螂從速率測定器中取出,並利用酒精擦拭測定器以去除蟑螂氣味。

## 二、實驗組：(遮住單眼或複眼,或是單、複眼均遮住)

- (一)「速率測定器」的閘門用紙片塞住,出口使用膠帶粘著。
- (二)將蟑螂放於-20°C 冰凍 2 到 3 分鐘。
- (三)利用固定蟑螂的台子,將蟑螂固定起來。
- (三)使用毛筆將深藍色不透明指甲油塗到蟑螂的單眼上(或是將白色不透明指甲油塗到蟑螂的複眼上)。(示意圖如圖二)
- (四)其餘步驟如同控制組的(一)~(八)



圖二：蟑螂視覺遮蔽示意圖：

- (A) 單、複眼均正常；(B) 單眼用不透明藍色指甲油遮蔽；  
 (C) 複眼用不透明白色指甲油遮蔽；(D) 單、複眼均用不透明指甲油遮蔽。

### 三、實驗分析與統計：

本實驗記錄的參數如下：

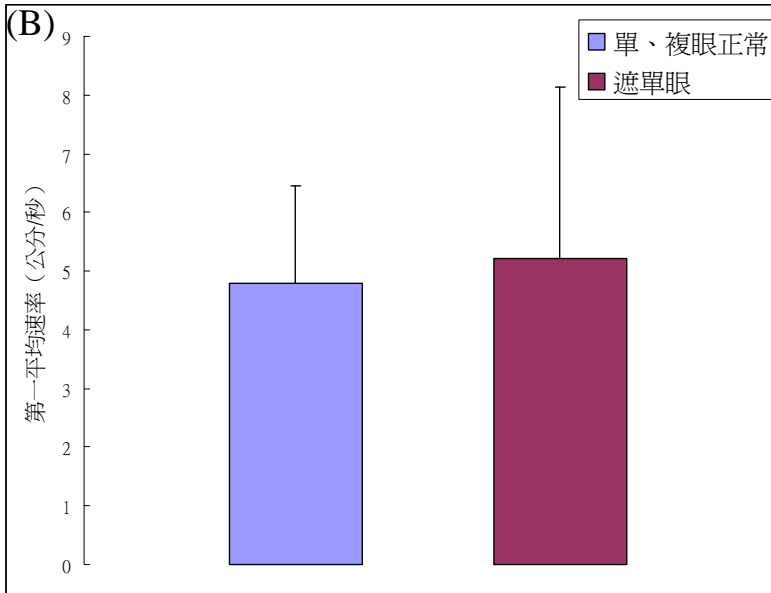
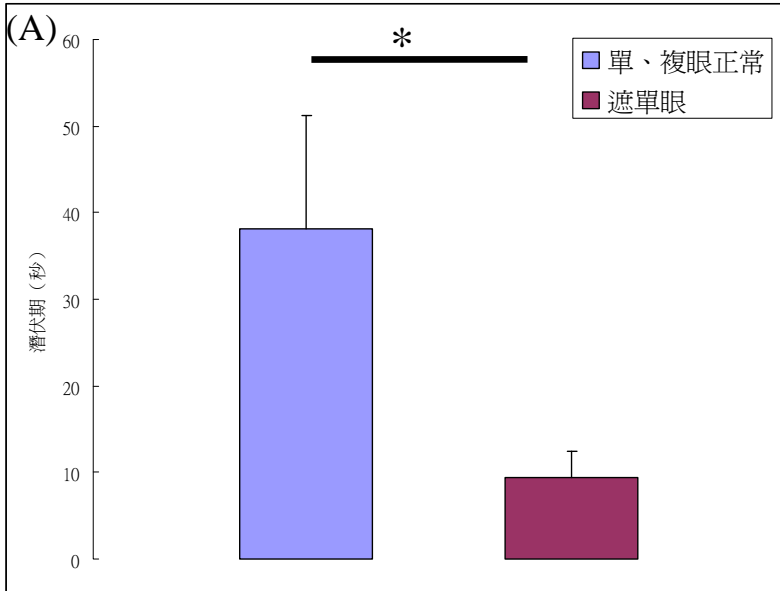
- (一) 潛伏期：為開始照光刺激，到蟑螂進入遮蔽區的時間（秒）
- (二) 第一平均速率：紀錄蟑螂從進入遮蔽區，到出現在第一觀察窗口的時間（秒），因為這一段的長度為 10 公分，故可算出第一段的平均速率（公分/秒）
- (三) 第二平均速率：紀錄蟑螂從出現在第一觀察窗口到第二觀察窗口的時間（秒），這一段的長度也是 10 公分，故可算出第二段的平均速率（公分/秒）
- (四) 第一瞬時速率：因為蟑螂逃亡的過程我們有用數位相機或錄影機拍攝，故在軟體上可算出蟑螂從第一觀察窗口出現到消失的時間（秒），再用我們蟑螂的平均體長（約 4 公分），去推算，可得這一段的瞬時速率（公分/秒）
- (五) 第二瞬時速率：一樣可算出蟑螂從第二觀察窗口出現到消失的時間（秒），再用我們蟑螂的平均體長（約 4 公分），去推算，可得這一段的瞬時速率（公分/秒）

實驗後得到的結果利用 Office Excel 的資料分析進行變異數檢定(F test)以及平均差檢定(Student' s t test)，以測量這兩組之間的數據在統計上有無顯著差異。

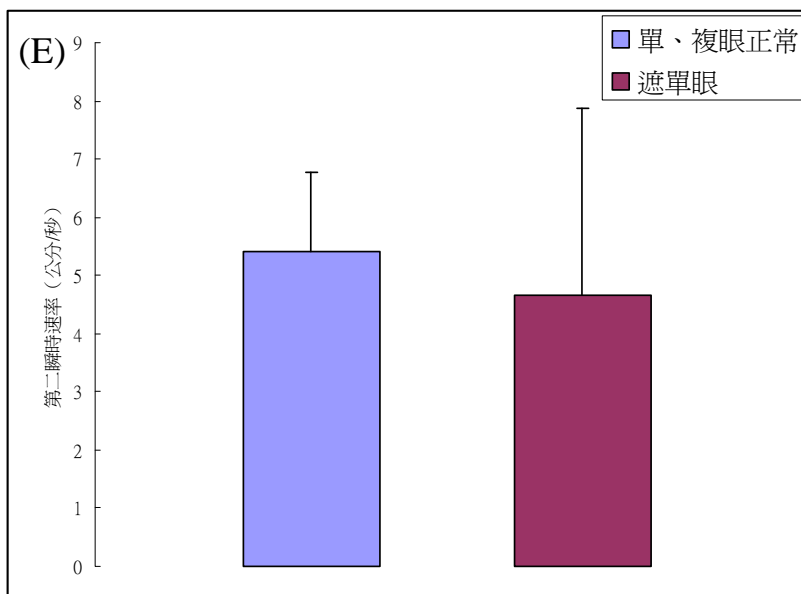
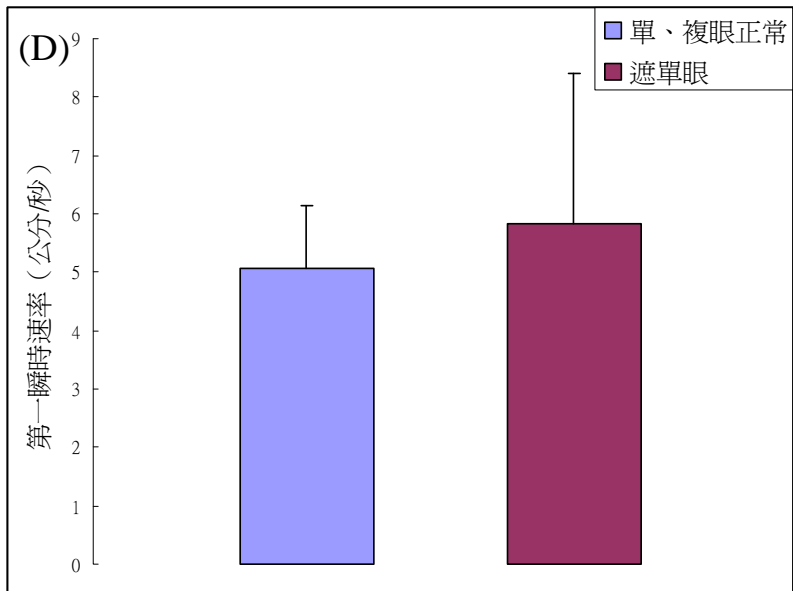
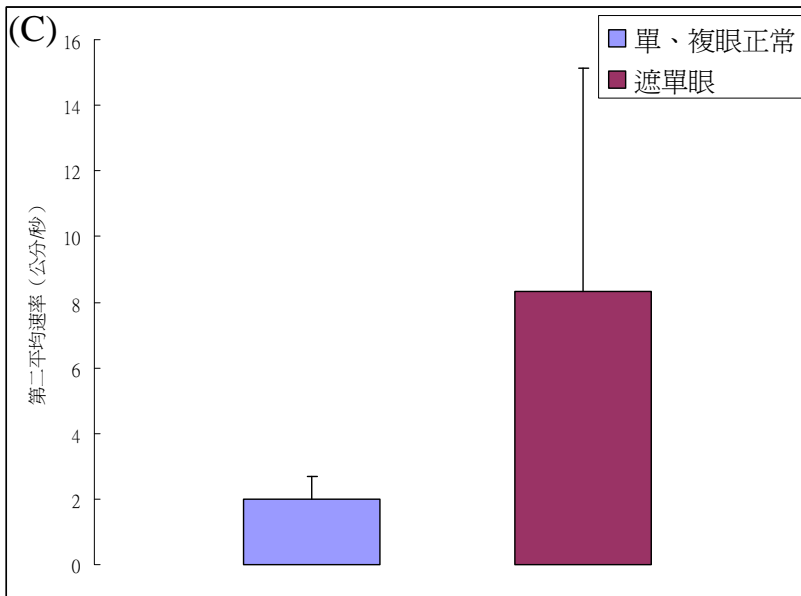
## 伍、研究結果

### 一、研究遮蔽單眼對蟑螂避光反應的影響

本次實驗測量 20 隻單、複眼均正常的蟑螂作為控制組，以及 9 隻單眼被遮住的實驗組，分別測量其潛伏期（從開始照光刺激到蟑螂逃入暗區的時間）以及逃亡過程中的平均速率、瞬時速率，並且將兩組分別平均並作圖，結果如圖三。







圖三：比較單、複眼正常的蟑螂與單眼被遮住的蟑螂的各種避光行為參數。

- (A) 潛伏期，\*： $P < 0.05$ ，Student's *t* test。
- (B) 第一平均速率
- (C) 第二平均速率
- (D) 第一瞬時速率
- (E) 第二瞬時速率

每組數據均為平均數±標準誤

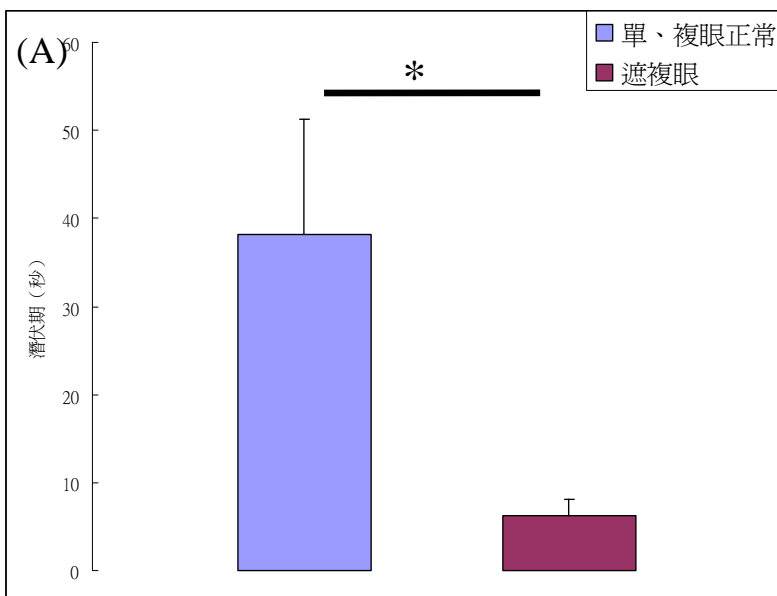
單、複眼均正常的蟑螂，其照光到逃亡的潛伏期比遮住單眼的蟑螂還要久，其時間分別為 38.14 秒以及 9.44 秒，若經由 F test 以及 t test 統計結果，發現其  $P$  值小於 0.05，因此這是一個顯著的差異；但是其他的參數，不管是平均速率或是瞬時速率，經過統計之後發現  $P$  值均大於 0.05，於統計上不顯著。

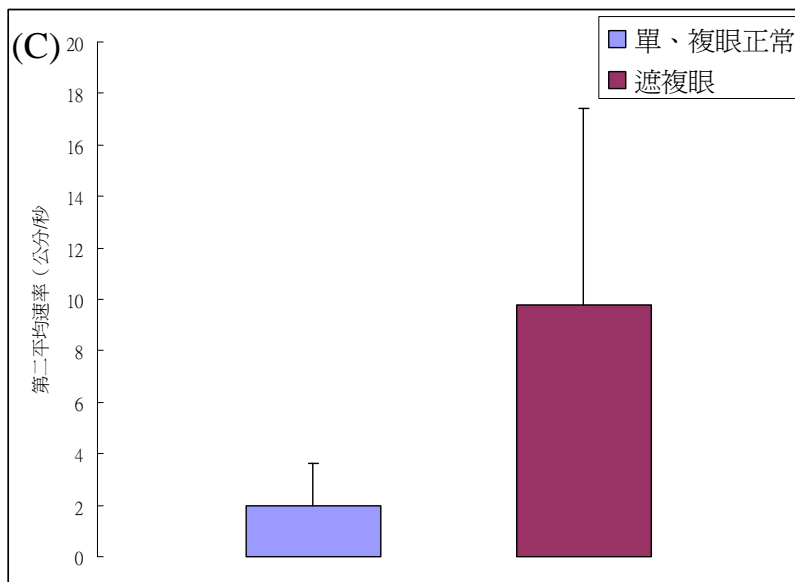
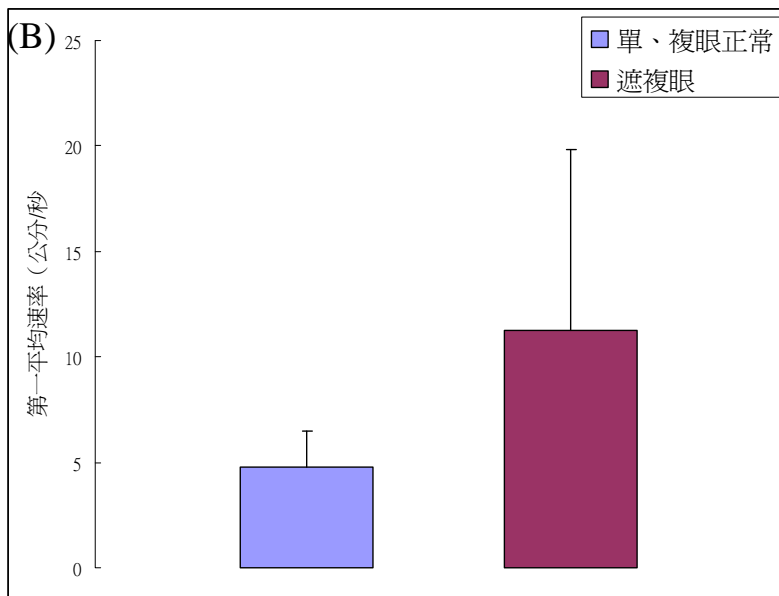
若比較單、複眼均正常的蟑螂與遮住單眼的蟑螂的逃亡平均速率，則發現進入暗區之後，遮住單眼的蟑螂在前半段以及後半段的平均速率，都比單、複眼均正常的蟑螂還要快。但是若比較經過這兩個窗口的瞬時速率，則只有第一瞬時速率是單眼被遮住的蟑螂比較快，而在第二瞬時速率則是相反。

所有統計的資料請見附錄二的表一。

## 二、研究遮蔽複眼對蟑螂避光反應的影響、並討論遮蔽單眼或是複眼造成的差異

接著我們研究遮蔽複眼對於蟑螂避光行為的影響。我們一樣測量蟑螂避光行為的潛伏期、第一平均速率、以及第二平均速率，結果如圖四。





圖四：比較單、複眼正常的蟑螂與複眼被遮住的蟑螂的各種避光行為參數。

(A) 潛伏期，\*： $P < 0.05$ ，Student's *t* test。

(B) 第一平均速率

(C) 第二平均速率

每組數據均為平均數±標準誤

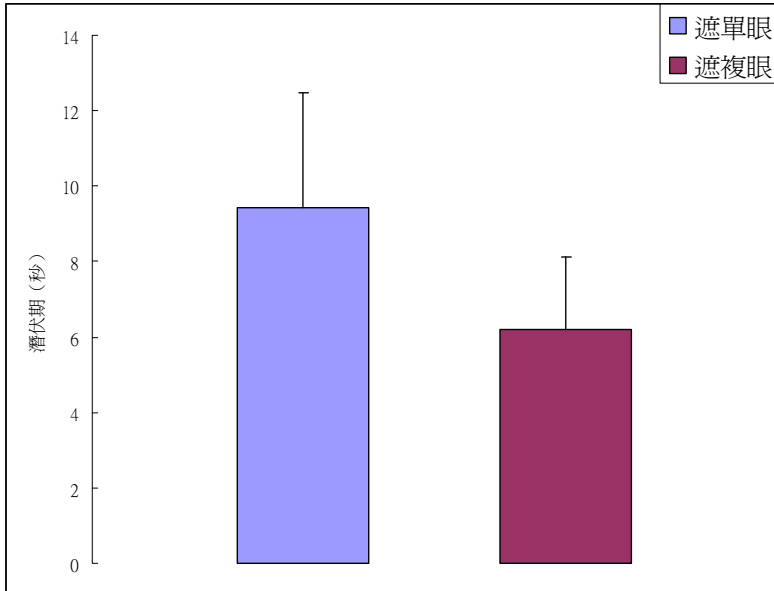
和遮住單眼的結果類似，單、複眼均正常的蟑螂，其照光到逃亡的潛伏期比遮住複眼的蟑螂還要久，而且經由 F test 以及 t test 統計結果，發現其  $P$  值小於 0.05，因此這是一個顯著的差異；但是也一樣，其他的參數，不管是第一或第二平均速率，經過統計之後發現  $P$  值均大於 0.05，於統計上不顯著。

若比較單、複眼均正常的蟑螂與遮住複眼的蟑螂的逃亡平均速率，則發現進入暗區之後，遮住複眼的蟑螂在前半段以及後半段的平均速率，都比單、複眼均正常的蟑螂還要快。這一點與之前比較遮單眼以及單、複眼完整的蟑螂，其逃亡速率的狀況一致

所有統計的資料請見附錄二的表二。

### 三、比較遮住單眼以及遮住複眼的蟑螂的逃亡潛伏期

因為遮住單眼以及遮住複眼對於蟑螂的逃亡行為的影響實在太一致了，所以我們對於這兩者之間在統計上是否會有差異感到好奇，我們便針對之前統計會有差異的「潛伏期」進行這兩組的比較，結果這兩組在統計上是沒有顯著差異的。結果請見圖五以及附錄二的表三。



圖五：比較遮住單眼以及遮住複眼的蟑螂逃亡潛伏期。組數據均為平均數±標準誤。

### 四、將單、複眼均遮蔽對蟑螂避光反應的影響

若是將蟑螂的單、複眼都遮蔽住，則經過我們測試之後，發現蟑螂對於強光並沒有產生任何的避光行為。

## 陸、討論

本實驗藉由遮住蟑螂單、複眼之後的避光反應，希望找出單眼以及複眼在協調蟑螂的行為之中是否具有重要的功能，結果似乎可以看到蟑螂在遮住單眼或複眼之後，其避光的反應會有受到影響的情形，因此可以推論，蟑螂的單眼以及複眼應該都有部分協調逃亡行為的作用。

在潛伏期的階段，遮住單眼或是複眼的個體接受到光的刺激之後，其避光的潛伏期時間會較控制組來的短，並且具有顯著的差異性；可能是因為正常狀況下，單眼跟複眼是一起協調視覺的輸入，而在少了單眼或複眼的視覺協調時，剩下的複眼或單眼感受到光之後，蟑螂想要更快逃離光源，也就是其猶豫的時間縮短了；也許是因為視覺的補償作用，使得剩下來的視覺器官變得更敏銳，又可能是這兩種視覺在「感覺光」這件事情上具有相互拮抗的作用，所以剩下單一視覺輸入時，反而讓蟑螂更快進行逃亡。

比較遮住單眼或是遮住複眼的蟑螂，其逃亡的潛伏期在統計上都比單、複眼正常的蟑螂要短，但這兩組相互比較卻沒有顯著差異。在昆蟲生理學上，單眼只負責感覺光線，對於物體的輪廓、大小都沒感覺；而複眼又可以感覺光線、又可以感覺物體輪廓，但是其感覺光線的敏感度不如單眼。理論上，複眼如果看不到，蟑螂雖然經由單眼知道有光刺激，但是可能會看不到出口而猶豫，而本實驗是設計單一通道，蟑螂只要直接前進便可避光，無須找尋出口，這讓複眼被遮住的蟑螂的逃亡行為不會因為找不到出口而停滯不前，所以我們才能比較單眼與複眼的差異。而在本實驗的設計中我們發現，單眼除了可以感覺到光，同時也會對於避光行為產生調控，而單眼以及複眼對於直線型的避光逃亡都一樣重要。

經由數據統計出來的結果，發現大部分數據的差別不明顯，也就是說蟑螂視覺正常的個體，和實驗中將單眼或複眼遮住個體的避光逃亡速率是沒有明顯差別的，可能是因為我們實驗的樣本數太少而使得結果不顯著，不過還是可以稍微看出來，遮住單眼或是複眼的蟑螂在進入暗區之後的平均速率都比控制組快，這個現象可以用 1998 年 Okada 和 Toh 所發表的遮蔽反應(Shade response)來解釋；遮蔽反應的意思是指正常蟑螂在亮的環境逃到暗的環境的時候，會突然減速並且停止前進，這個現象在現實生活中，我們可以觀察到：蟑螂在突然亮起來的客廳中會發呆一下，然後跑到櫃子下，而若是看蟑螂到櫃子下之後，將可以看到它會停在櫃子下的暗區不動；這個理論若套用在本次實驗，則會看到控制組的蟑螂一進入暗區之後會立刻放慢腳步，造成逃亡速率較慢；而若我們將蟑螂的單眼或是複眼遮住了，則其感覺「從亮區到暗區」的能力可能會下降，也就是「遮蔽反應」被減弱，因此進入暗區的時候，其逃亡速率相對的會比較快，這也就是為什麼遮住單眼或複眼的蟑螂逃到暗區之後，其逃亡速率會先比控制組蟑螂還要高。

## 柒、結論

- 一、相較於單、複眼都正常的蟑螂，遮住單眼之後，蟑螂對於避光反應的潛伏期會明顯縮短，且進入暗區之後的逃亡速率會比單、複眼均正常的蟑螂還要快。
- 二、相較於單、複眼都正常的蟑螂，遮住複眼之後，蟑螂對於避光反應的潛伏期會明顯縮短，且進入暗區之後的逃亡速率會比單、複眼均正常的蟑螂還要快。
- 三、比較遮住單眼或複眼的蟑螂，其逃亡的潛伏期並沒有顯著差異。
- 四、遮住單眼或複眼的蟑螂，其進入暗區的逃亡速率變快，可能是與遮蔽反應被減弱有關。
- 五、單、複眼均遮住的蟑螂，其避光反應消失。

因此，美洲蟑螂的單眼以及複眼的確在協調蟑螂的行為反應中扮演一定的角色。

## 捌、參考資料及其他

Bell, W. J. and K. G. Adiyodi. 1982. The American cockroach. Chapman and Hall Ltd. Pp223,374

Okada, J. and Y. Toh. 1998. Shade response in the escape behavior of the cockroach, *Periplaneta americana*. *Zool. Sci.* 15:831-835

林金盾。既生複眼，何生單眼？生命科學簡訊第十二卷第十二期，9-13，1998。

楊冠政等。高中基礎生物課本第二章第七節『動物』。龍騰文化事業股份有限公司，64-77，2008。

鄭湧涇等。高中生物課本下冊第五章第四節『動物的行爲』。康熙文化事業股份有限公司，30-35，2008。

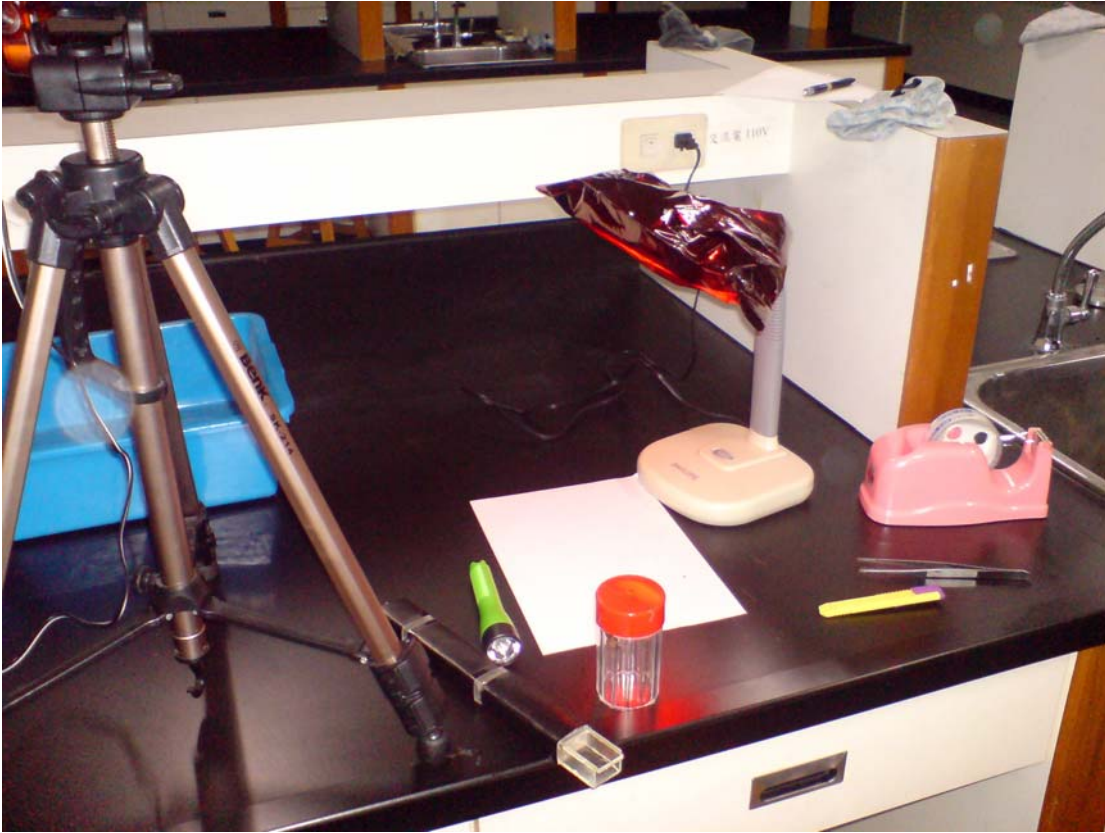
## 玖、展望

與蟑螂奮鬥了半年，從不敢抓蟑螂到信手拈來，我們跟蟑螂也培養起了革命般的情感，越看越覺得蟑螂是一種很精巧、很靈敏的生物，也難怪它們可以在地球上千秋萬代、屹立不搖；我們的實驗雖然在蟑螂逃亡的潛伏期發現了差異，但是在逃亡的速率方面都未達顯著差異，可能跟我們實驗的樣本數過少有關，未來可以再增加一些實驗，多補幾組數據，說不定可以讓這些差異達到顯著。

我們希望能夠看到單眼以及複眼之間的差異，不過這個研究的結論是：單、複眼對於蟑螂的避光行爲同等重要，所以我們可以再想其他跟視覺有關的運動實驗，再進一步的探討這兩套視覺系統的差異性。

## 拾、附錄一：實驗照片

照片一：實驗配置圖

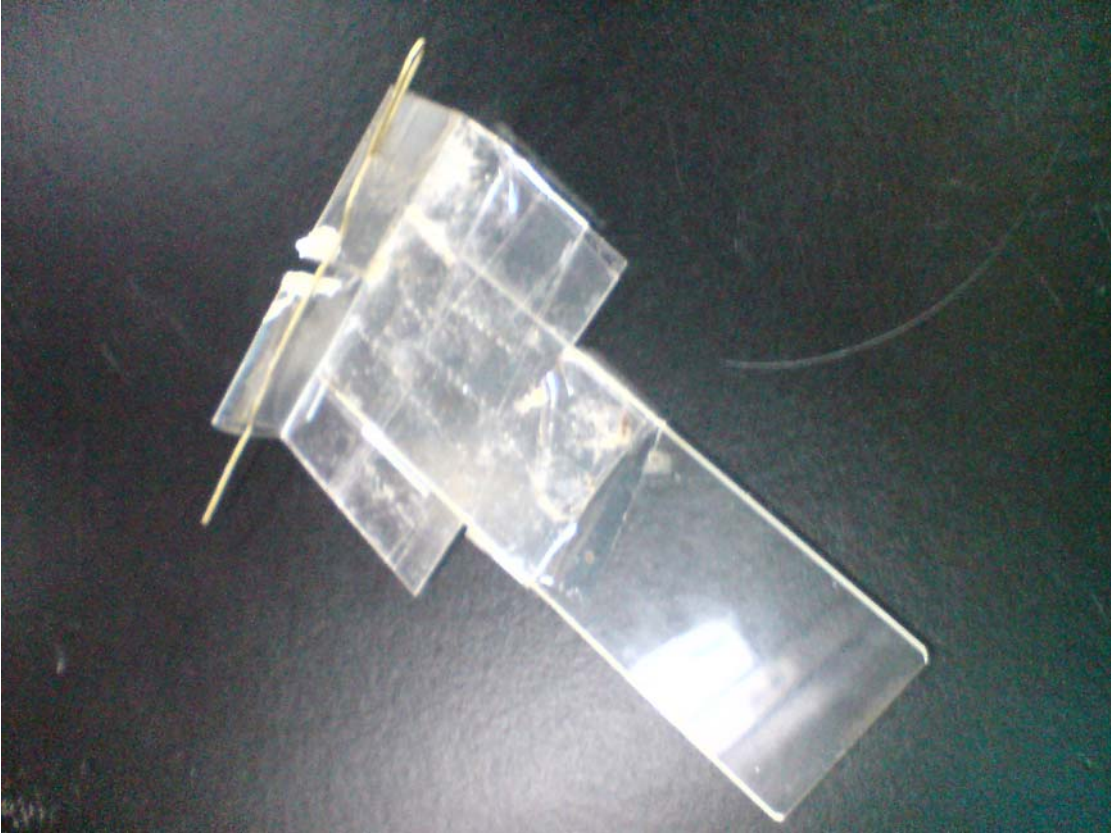


照片二：速率測定器





照片三：固定蟑螂的台子



## 附錄二：統計結果

表一：比較單、複眼正常以及遮單眼的統計結果

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等

潛伏期	單、複眼正常	遮單眼	潛伏期	單、複眼正常	遮單眼
平均數	38.1385	9.437778	平均數	38.1385	9.437778
變異數	3459.043298	82.19352	變異數	3459.043298	82.19352
觀察值個數	20	9	觀察值個數	20	9
自由度	19	8	假設的均數差	0	
F	42.08413657		自由度	21	
P(F<=f) 單尾	5.37717E-06		t 統計	2.126943751	
臨界值：單尾	3.161247264		P(T<=t) 單尾	0.02272092	
			臨界值：單尾	1.720743512	
			P(T<=t) 雙尾	<b>0.045441841</b>	
			臨界值：雙尾	2.079614205	

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等

第一平均	單、複眼正常	遮單眼	第一平均	單、複眼正常	遮單眼
平均數	4.781883267	5.217909	平均數	4.781883267	5.217909
變異數	55.45143377	76.7051	變異數	55.45143377	76.7051
觀察值個數	20	9	觀察值個數	20	9
自由度	19	8	Pooled 變異數	61.74881687	
F	0.722917153		假設的均數差	0	
P(F<=f) 單尾	0.265567634		自由度	27	
臨界值：單尾	0.403751699		t 統計	-0.138240399	
			P(T<=t) 單尾	0.445538146	
			臨界值：單尾	1.703288035	
			P(T<=t) 雙尾	0.891076291	
			臨界值：雙尾	2.051829142	

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等

第二平均	變數 1	變數 2	第二平均	變數 1	變數 2
平均數	1.982876967	8.317057	平均數	1.982876967	8.317057
變異數	9.222393704	419.4985	變異數	9.222393704	419.4985
觀察值個數	17	9	觀察值個數	17	9
自由度	16	8	Pooled 變異數	145.9810931	

F	0.021984331	假設的均數差	0
P(F<=f) 單尾	1.45694E-09	自由度	24
臨界值：單尾	0.385936616	t 統計	-1.271748297
		P(T<=t) 單尾	0.107824309
		臨界值：單尾	1.710882316
		P(T<=t) 雙尾	0.215648618
		臨界值：雙尾	2.063898137

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等

第一瞬時	單、複眼正常	遮單眼	第一瞬時	單、複眼正常	遮單眼
平均數	5.052824646	5.836201	平均數	5.052824646	5.836201
變異數	15.73663419	33.11735	變異數	15.73663419	33.11735
觀察值個數	13	5	觀察值個數	13	5
自由度	12	4	Pooled 變異數	20.08181417	
F	0.475177882		假設的均數差	0	
P(F<=f) 單尾	0.143156518		自由度	16	
臨界值：單尾	0.306826564		t 統計	-0.332192136	
			P(T<=t) 單尾	0.372028156	
			臨界值：單尾	1.745884219	
			P(T<=t) 雙尾	0.744056312	
			臨界值：雙尾	2.119904821	

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等

第二瞬時	單、複眼正常	遮單眼	第二瞬時	單、複眼正常	遮單眼
平均數	5.422208484	4.658885	平均數	5.422208484	4.658885
變異數	23.93063083	41.36758	變異數	23.93063083	41.36758
觀察值個數	10	4	觀察值個數	10	4
自由度	9	3	Pooled 變異數	28.28986882	
F	0.578487531		假設的均數差	0	
P(F<=f) 單尾	0.230430733		自由度	12	
臨界值：單尾	0.258896904		t 統計	0.242582457	
			P(T<=t) 單尾	0.406212725	
			臨界值：單尾	1.782286745	
			P(T<=t) 雙尾	0.81242545	
			臨界值：雙尾	2.178812792	

表二：比較單、複眼正常以及遮複眼的統計結果

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定 t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等

潛伏期	單、複眼正常	遮複眼	潛伏期	單、複眼正常	遮複眼
平均數	38.1385	6.202	平均數	38.1385	6.202
變異數	3459.043298	18.64717	變異數	3459.043298	18.64717
觀察值個數	20	5	觀察值個數	20	5
自由度	19	4	假設的均數差	0	
F	185.4996387		自由度	20	
P(F<=f) 單尾	6.36846E-05		t 統計	2.402656351	
臨界值：單尾	5.811358506		P(T<=t) 單尾	0.013051235	
			臨界值：單尾	1.724718004	
			P(T<=t) 雙尾	<b>0.026102469</b>	
			臨界值：雙尾	2.085962478	

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定 t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等

第一平均	單、複眼正常	遮複眼	第一平均	單、複眼正常	遮複眼
平均數	4.781883267	11.23665	平均數	4.781883267	11.23665
變異數	55.45143377	366.7139	變異數	55.45143377	366.7139
觀察值個數	20	5	觀察值個數	20	5
自由度	19	4	假設的均數差	0	
F	0.151211708		自由度	4	
P(F<=f) 單尾	0.001644957		t 統計	-0.739851575	
臨界值：單尾	0.345410811		P(T<=t) 單尾	0.25023001	
			臨界值：單尾	2.131846486	
			P(T<=t) 雙尾	0.50046002	
			臨界值：雙尾	2.776450856	

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定 t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等

第二平均	單、複眼正常	遮複眼	第二平均	單、複眼正常	遮複眼
平均數	1.748551258	9.770985	平均數	1.748551258	9.770985
變異數	8.690336414	174.3889	變異數	8.690336414	174.3889
觀察值個數	19	3	觀察值個數	19	3
自由度	18	2	假設的均數差	0	
F	0.049833078		自由度	2	
P(F<=f) 單尾	2.61566E-05		t 統計	-1.048106465	

臨界值：單尾	0.281328738	P(T<=t) 單尾	0.202287033
		臨界值：單尾	2.91998731
		P(T<=t) 雙尾	0.404574067
		臨界值：雙尾	4.302655725

表三：比較遮單眼以及遮複眼的潛伏期的統計結果

F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定 t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等

潛伏期	遮單眼	遮複眼	潛伏期	遮單眼	遮複眼
平均數	9.437777778	6.202	平均數	9.437777778	6.202
變異數	82.19351944	18.64717	變異數	82.19351944	18.64717
觀察值個數	9	5	觀察值個數	9	5
自由度	8	4	Pooled 變異數	61.01140296	
F	4.407828075		假設的均數差	0	
P(F<=f) 單尾	0.084215257		自由度	12	
臨界值：單尾	6.041034339		t 統計	0.742703416	
			P(T<=t) 單尾	0.235975325	
			臨界值：單尾	1.782286745	
			P(T<=t) 雙尾	0.47195065	
			臨界值：雙尾	2.178812792	

## 【評語】 040725

口說解釋清楚，自製實驗工具測試佳，塗眼方式的技巧及克服。

待改進：實驗的重複次數，塗料的適當性，蟑螂的大小年齡等條件的控制。