

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

生物科

科別：生物科

組別：國中組

作品名稱：大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的視覺盲點
——四種探討蒼蠅神經生理

關鍵詞：盲點、視覺範圍、大頭金蠅

編號：030305

學校名稱：

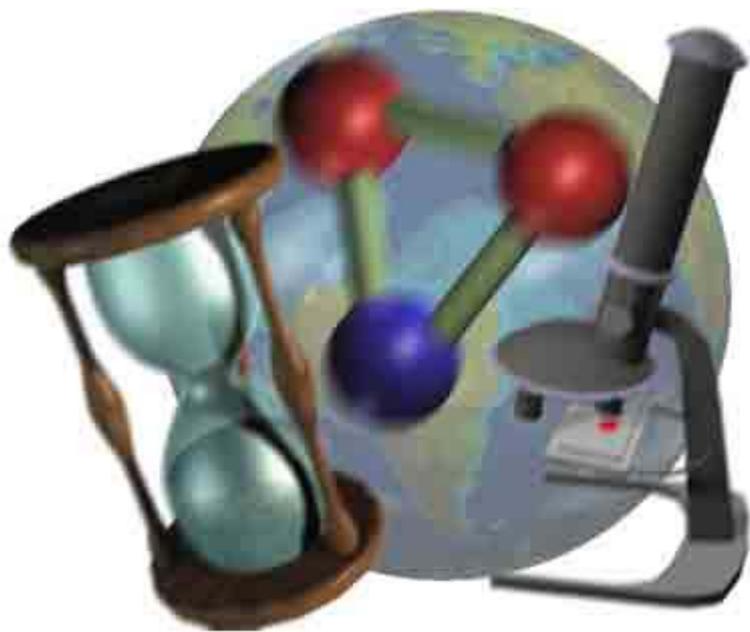
台北縣立林口國民中學

作者姓名：

李欣融、吳俊霈、陳冠宗、詹勳龍

指導老師：

鍾兆晉、巫依倫



摘要

本研究的目的，主要是在探討大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對外界視覺刺激的反應，及視覺涵蓋的範圍。研究中，主要是以我們自行創新研發的「繪圖推理法」、「無所遁形法」、「自動計時拍法」和「天幕電秤法」進行研究，根據實驗結果，可得知蒼蠅在自然情況之下飛行方向及角度為 27.5 ± 2.5 度，推測在視覺上的最大範圍雄是 150 ± 2 度、雌是 165 ± 2 度（單眼），飛行路徑中的盲點位於後方，以及蒼蠅對刺激造成反應的臨界速率，和蒼蠅對不同角度光線刺激造成的影響。整體實驗的重點，就在於能使用簡易儀器偵測大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的神經生理現象，期能對此一領域，提供新的知識與看法。

壹、研究動機

有一次上課時，一隻惹人厭的蒼蠅在我的面前飛來飛去，於是我二話不說就施展如來神掌從上面一拍，誰知牠有練成輕功，咻的一閃就飛走了。下課後，我便跑去問老師如何能夠空手抓到蒼蠅，老師當場就施展他的”必殺技”，手一橫，一揮就抓到了蒼蠅，我看了很訝異，為什麼我們從上面拍下去，牠很容易發現而逃脫，但從某些方向抓牠，卻閃躲不及呢？老師一時之間也回答不了這個問題，於是就建議我，可以研究有關蒼蠅的視覺範圍和視覺盲點。我對這個問題相當感興趣，想起了在國一生物第十章第六節的動物界中，介紹了節肢動物門，以及生物第五章第四節，解釋動物的行為，因此對蒼蠅的視覺，始終深信它什麼都看的到，但在老師的演出下，粉碎了長久以來的觀念，於是我就找了三位同學一起研究，深入探討”蒼蠅的盲點”。

貳、研究目的

- 一、從形態上探討大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)複眼的視覺範圍—繪圖推理法。
- 二、以攝影了解大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)飛行路徑中的盲點—無所遁形法(一)。
- 三、拍攝並研究一點刺激方向對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)反應的關係—無所遁形法(二)。
- 四、拍攝並研究兩點刺激方向對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)反應的關係—無所遁形法(三)。
- 五、探討刺激距離對的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)反應關係—無所遁形法(四)。
- 六、藉實驗找出大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的視覺範圍—天幕電秤法(一)。
- 七、藉實驗找出大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)單一眼球的視覺範圍—天幕電秤法(二)。
- 八、探討大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對刺激的反應速率極限—自動計時拍法。

參、研究器材

一、攝影機(Sony Video 8)	一臺	五、昆蟲針	數根
二、噴膠(歐菲士)	一罐	六、手電筒	一隻
三、秤量紙	數張	七、木條(寬 0.8cm)	數條
四、木板(23.2*70cm)	兩片	八、鐵絲(粗 0.3cm 細 0.1cm)	各一捆

九、厚紙板	數張	十三、電子秤(OHAUS)	一臺
十、電線	數條	十四、壓克力塗料	一罐
十一、電子錶	一只		
十二、半圓體垃圾桶蓋	一只		

肆、研究過程與方法

一、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)介紹：

- (一)、分類：屬於雙翅目，麗蠅科。體長約 9~10mm 身體大多呈藍綠色有金屬光澤，頭部幾乎被碩大的紅色複眼佔滿。
- (二)、生長環境：居住於中海拔以下的草叢間，日行性，在抓蒼蠅時發現，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)比較喜歡大花咸豐草叢間穿梭飛行。
- (三)、養分來源：大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)以植物的樹汁液或花蜜，動物的腐肉維生。喜好群居在動物糞便、腐屍上覓食繁殖，算的上是大自然的清道夫(張永仁 1996 年)。
- (四)、構造形態：
 - 1、牠屬於完全變態型的昆蟲，卵到成蟲的時間約為一週至二週，要視溫度而定。

眼：大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的眼有一對複眼，三個單眼，複眼由許多小眼組成，通常呈六角形排列，小眼構造其外表為由表皮特化呈透明的角膜組成，相當於透鏡的功用，其內側有錐晶體，最裡面為長網膜細胞，與長軸平行呈放射狀排列，網膜細胞中軸由網膜細胞所形成的桿狀小體相互癒合而成，桿狀體或視官柱體桿狀體內含感光物質，為感光部位，網膜末端為視神經纖維，貫穿基底膜而與視葉的神經球，相連在錐晶體周圍與網膜，感覺細胞本身都含有色素，由於色素細胞都能上下移動，而能適應黑暗或明亮的環境各個小眼上僅映出物體一小部份影像，因此複眼全部可有整個物體的影像，稱之為聯立眼影像。大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)每一複眼約有四千個小眼組成，用來遠處物體。蒼蠅只能看到 40~70 毫米。(任淑仙 1997 年)

- 2、口器：大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)屬舐吸式口器(sponging mouthparts)，大、小顎退化，但留有小顎鬚，下唇延長形成喙，喙背面有槽，槽上概有舌及上唇，由上唇及舌形成食物道。喙的末端形成兩個唇瓣，上有許多環溝，環溝與槽相通，經過環溝舐吸物體表面的液體食物。(張永仁 1996 年)

二、何謂盲點：

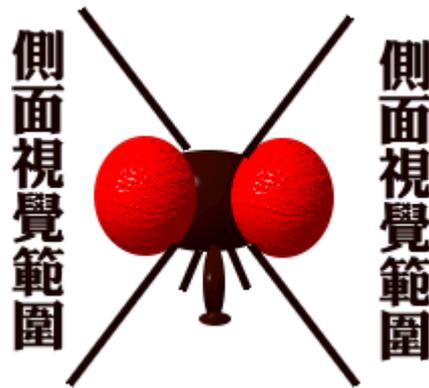
- (一)、「盲點」就字面上的意義，是為視覺不可達到的範圍。更深入的解釋，則是為在眼球突出的部分，最外圍形成一弧，弧的兩端點與視網膜中心連成兩直線，兩直線的夾角為其視覺範圍的最大角度，其餘部份就是所

謂的「盲點」。

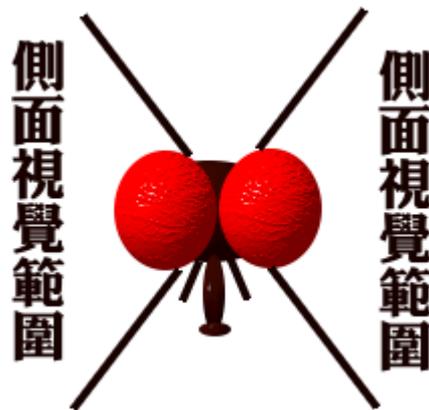
- (二)、何有視覺的動物，其視覺範圍會因眼球突出範圍的不同，而有不同的角度，故有視覺的動物都有視覺上的盲點。

三、繪圖推理法之敘述。

- (一)、實際觀察大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的頭部構造，再搜尋有關大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)頭部構造的圖片兩相比對。
- (二)、根據盲點的形成法，繪出視覺範圍。
- (三)、視複眼為球體做切線，藉此量出視覺範圍的最大角度，推斷出盲點。
- (四)、計算大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)小眼的數目，並推估發生反應的小眼數為多少。

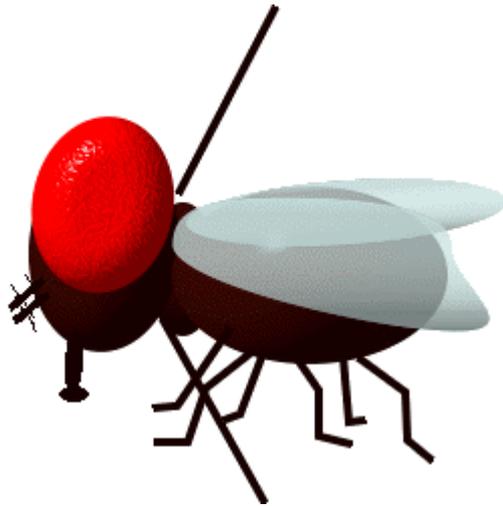


圖一、雌大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的側面視覺範圍。



圖二、雄大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的側面視覺範圍。

前後視覺範圍



圖三、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的前後視覺範圍。

四、無所遁形法（一）：用 D8 攝影機將蒼蠅飛行的平面路徑拍下來。

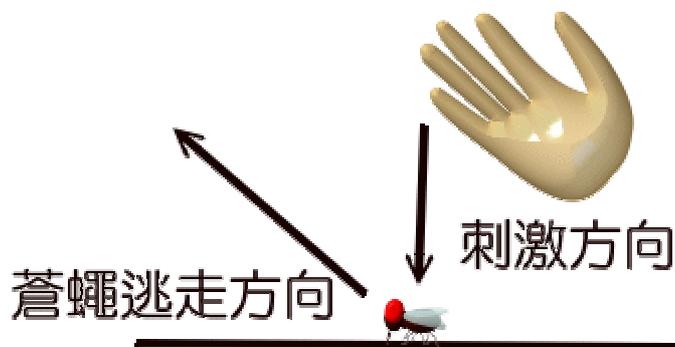
- （一）、由於大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的複眼形態上有視覺範圍的限制，所以當牠在飛行的時候，看不到的範圍就不可能成為牠飛行的路徑，牠的飛行路徑必定有某種的相同處或一定軌跡，視覺範圍和其飛行的路徑有著很大的關係。
- （二）、我們在學校的實驗室使用攝影機將我們飼養的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)從牠停止到飛行時的路徑記錄下來。
- （三）、找出所有大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)飛行路徑的共通點，據此推測牠的視覺盲點。

五、無所遁形法（二）：用攝影機將被從各個不同方向刺激蒼蠅飛行的起飛路徑和方向拍下來。

- （一）、研究大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對於不同方向的刺激時的反應，也可找出盲點。
- （二）、我們設計了以下實驗，來探討大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對於不同方向的刺激時的反應。
 - 1、我們在學校的實驗室實際將我們飼養的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)放置桌面上，用手並從上面刺激，將牠對於從上面來的刺激反應速率和飛行路徑，用攝影機錄下來。
 - 2、我們在學校的實驗室實際將我們飼養的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)放置桌面上，用手並從側面(左邊、右邊)刺激，將牠對於從左右面來的刺激反應速率和飛行路徑，用攝影機錄下來。
 - 3、我們在學校的實驗室實際將我們飼養的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)放置桌面上，用手並從大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)

前面刺激，將牠對於從前面來的刺激反應速率和飛行路徑，用攝影機錄下來。

- 4、我們在學校的實驗室實際將我們飼養的蒼蠅放置桌面上，用手並從大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)後面刺激，將牠對於從後面來的刺激反應速率和飛行路徑，用攝影機錄下來。



圖四、無所遁形法(二)的示意圖。

- 六、**無所遁形法(三)**：用攝影機將被從兩點不同方向刺激蒼蠅飛行的起飛路徑和方向拍下來。

- (一)、自行設計一個夾子(如圖五)，刺激大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的左右、前後。
- (二)、使用攝影機拍下受刺激後的飛行路徑及起飛方向。



圖五、自製夾子。

- 七、**無所遁形法(四)**：探討蒼蠅對刺激的最大距離。

- (一)、從網路上找到的資料顯示：大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)只能看到40~70 毫米。我們對此數據抱持著一個懷疑的態度。於是設計了這個實驗，藉以探討出大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)反應對最大刺激距離的關係。
- (二)、用一根長約 12 公分的鐵絲，從大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)正前方

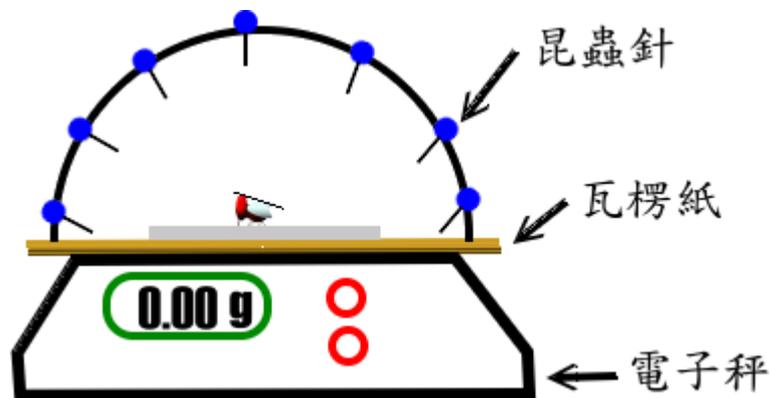
等速度靠近。

- (三)、使用攝影機將大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)起飛時，與鐵絲的距離紀錄下來，最後找出一個平均值，即為大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對刺激距離所反應的平均值。

八、**天幕電秤法(一)**：用自製半球體測量大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的視覺角度。

- (一)、蒼蠅複眼很大，故視覺範圍廣，以便能夠對周圍的危險做出反應然後逃離現場，但再怎麼大的視覺範圍一定有其盲點，於是我們藉由實驗找出牠的視覺死角。
- (二)、所有動物不論是否有趨光性，對於光線一定會產生反應，所以我們設計下面設計的實驗來推測大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)視覺範圍。
- (三)、詳細步驟：

- 1、我們將大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)放在一個光線透不進的半圓型球體中，在自己測量的點上挖洞，插入昆蟲針，使光線照樣透不過去，下面放一個電子秤，將大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)固定在黏有噴膠的秤量紙，使牠飛不起來，只能對感應到的光線在原地做出反應，有反應時，電子秤便會改變刻度，藉此了解是否有做出反應。
- 2、實驗器材如下：



圖六、天幕電秤法的構造。

- (1)、昆蟲針:用昆蟲針堵住洞，使光線透不過去。
- (2)、瓦楞紙:讓平台加大，以放置半球體。
- (3)、電子秤:測量大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)是否有動靜，如大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)有振動翅膀，刻度將會變化。

九、**天幕電秤法(二)**：用自製半球體測量大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)單一眼睛的視覺角度。

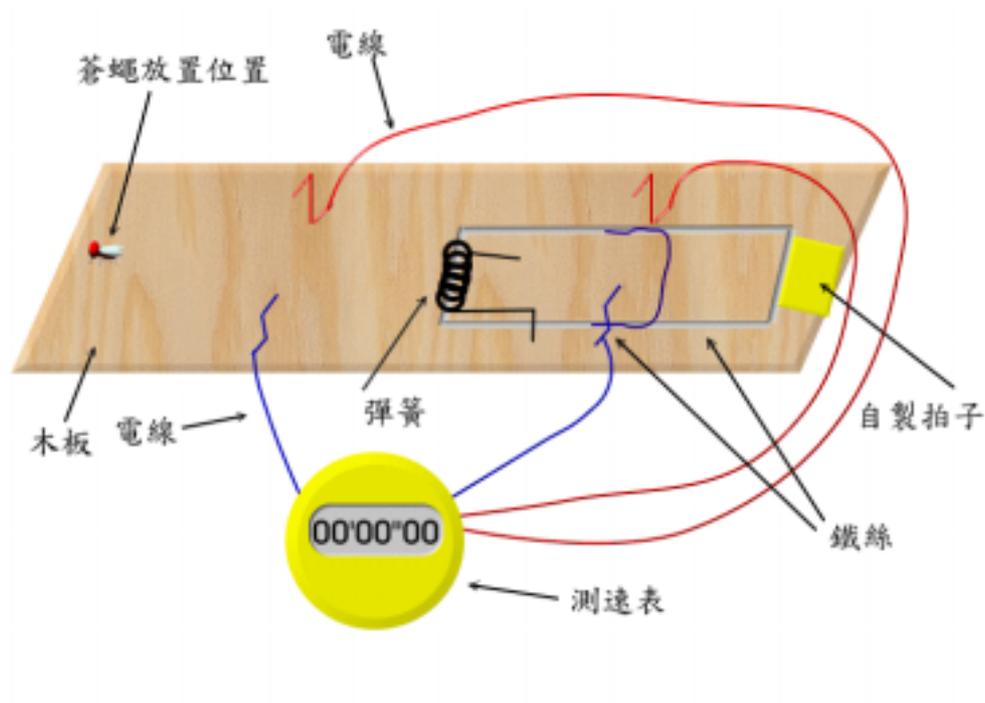
- (一)、分別將雌、雄大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)左、右眼球以壓克力漆塗上，使之受不到光線的影響。

(二)、其餘步驟同天幕電秤法(一)。

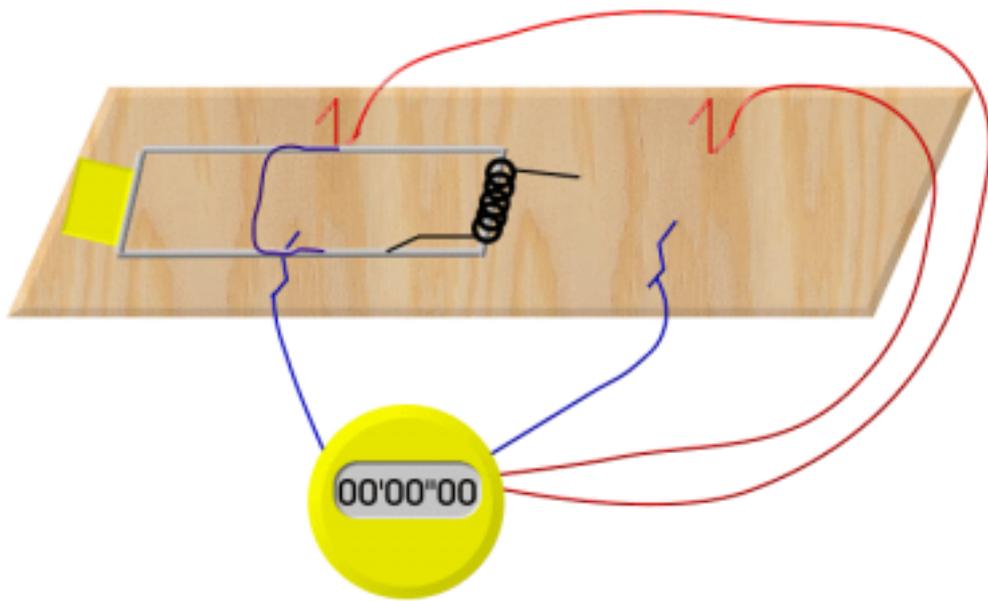
十、自動計時拍法：用自製的蒼蠅拍測量大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的反應速率。

(一)、所有動物對於刺激都有一定的反應速率，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)複眼發達，反應速率很快，但也有其極限。

(二)、爲了能夠確實掌握牠對刺激的反應速率，我們設計如圖六、七的器材藉此了解大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)反應速度的極限。



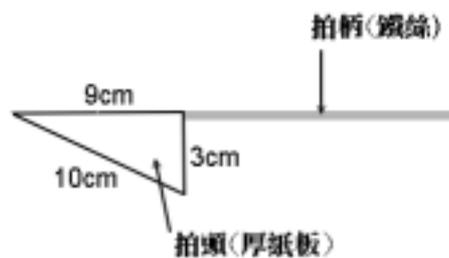
圖七、自動計時拍法之實驗裝置(拍擊前)



圖八、自動計時拍法之實驗裝置(拍擊後)。

(三)、使用到的器材分別為:

- 1、測速表(由平常的手錶的計時功能加以改裝而成,手錶能夠測到 0.01 秒)。
- 2、外包絕緣體的電線。
- 3、鐵絲做的支撐軸-作為接導兩極電線用。
- 4、自己用不同粗細的鐵絲繞的彈簧數個(粗的直徑 0.3cm 細的直徑 0.1cm , 藉此產生不同的揮拍速率)。
- 5、用厚紙板做成蒼蠅拍,做成如圖九的樣子,因為有凹下去的部份,大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)不會被打死,才得以遵守「愛護實驗動物」的規定。另外,有學者懷疑大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)靠氣流感應而起飛,因此我們特別加大拍頭的部份以製造此效果。
- 6、木板。



圖九、改良後的拍頭。

伍、研究結果

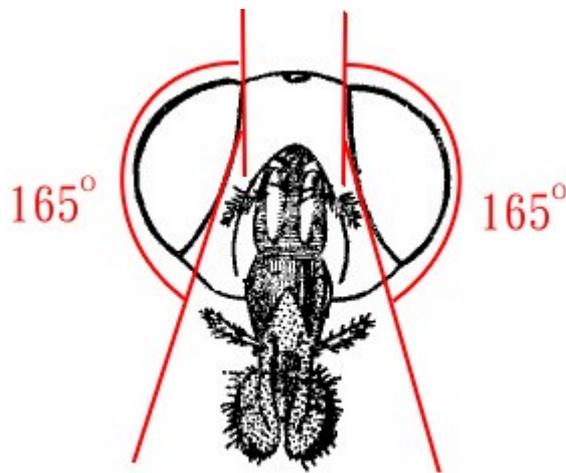
一、繪圖推理法：

大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的複眼固然很發達，不過牠還是有一定的視覺範圍，從查詢到的蒼蠅繪圖上，再加上經推理後的視覺角度，發現蒼蠅的視覺範圍很廣，如果要能夠抓到牠，必須從牠飛行方向上的盲點著手。



圖十、查詢到的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)側面，並加線測量角度。

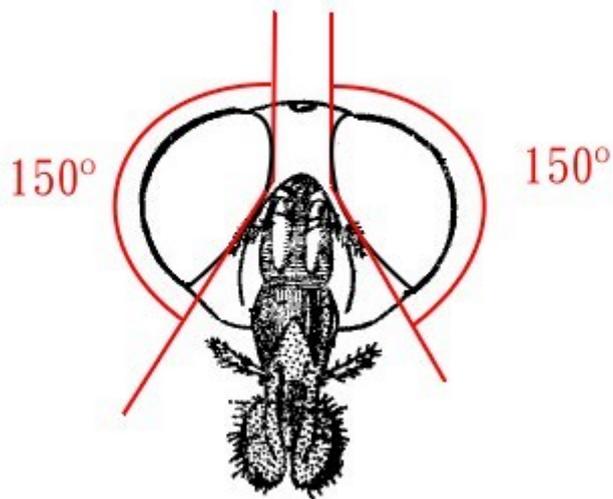
圖片來源：<http://www.jfps.tpc.edu.tw/~yoyo/New23/002p/1129p02.jpg>



圖十一、查詢到的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)

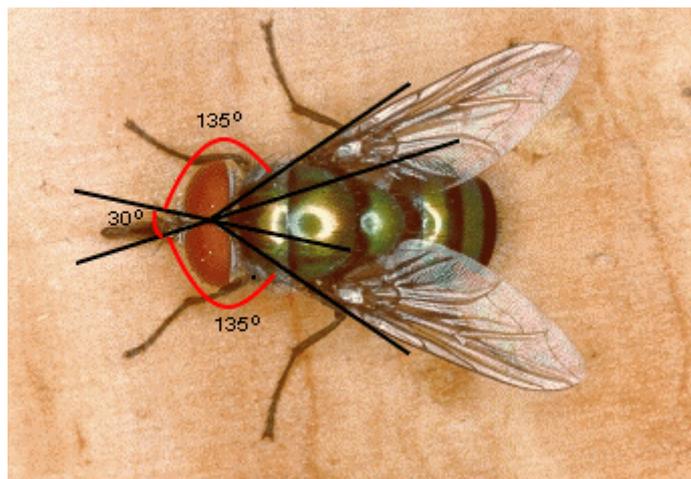
眼部構造正面(雌)，並加線測量複眼放射角度。

圖片來源：http://www.kepu.com.cn/gb/lives/insect/abc/abc301_03.html



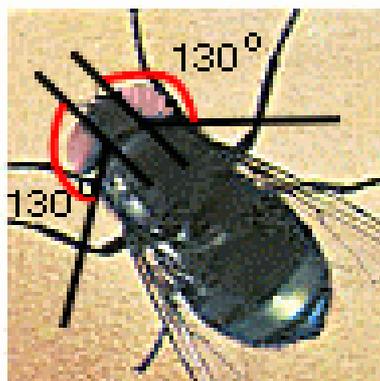
圖十二、查詢到的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)眼部構造正面(雄)，並加線測量複眼放射角度。

圖片來源：http://www.kepu.com.cn/gb/lives/insect/abc/abc301_03.html



圖十三、查詢到的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)俯視圖(雄)，並加線測量複眼放射角度。

圖片來源：<http://icb.usp.br/~marcelcp/Chrysomya.htm>



圖十四、查詢到的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)俯視圖(雌)，並加線測量複眼放射角度。

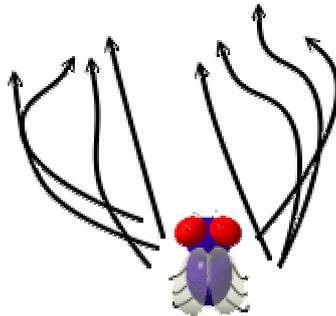
圖片來源：<http://www.twdep.gov.tw/eplife/bugmouse/fly.htm>

表一、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)複眼型態分析

性別	正面複眼放射角(°)	側面複眼放射角(°)	俯視複眼放射角(°)	推測盲點範圍(%)
雌 ♀	165±2	向前：115±2	130±2	27±5
		向後：113±2		
雄 ♂	150±2	向前：115±2	135±2	25±5
		向後：113±2		
平均	157.5±2	向前：115±2 向後：113±2	132.5±2	26±5

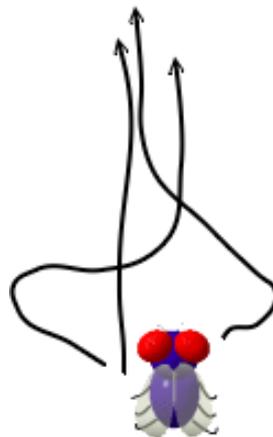
二、在無所遁形法(一)中，觀察大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的飛行時發現，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的飛行路徑是以直線飛行居多，飛行的高度可以做大幅度改變，但是牠的角度卻比較不能有大幅度改變。

三、觀察到的大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)平面飛行路徑如下：



圖十五、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的平面主要飛行路徑示意圖。

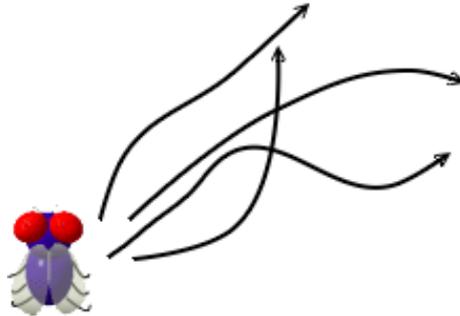
四、無所遁形法(二)中，從各個不同的角度對蒼蠅刺激，牠的主要飛行路徑如下：



圖十六、從上面刺激的主要飛行路徑示意圖(俯看)。



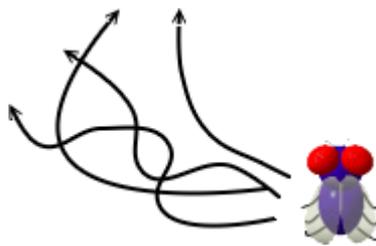
圖十七、從上面刺激的主要飛行路徑示意圖(側看)。



圖十八、從左邊刺激的主要飛行路徑示意圖(俯看)。



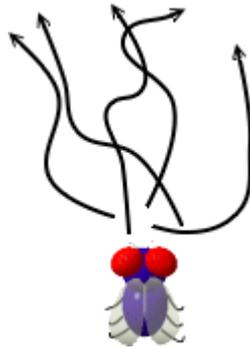
圖十九、從左邊刺激的主要飛行路徑示意圖(側看)。



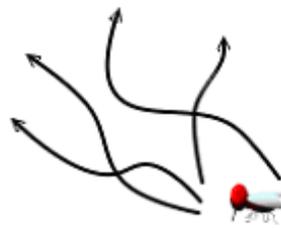
圖二十、從右邊刺激的主要飛行路徑示意圖(俯看)。



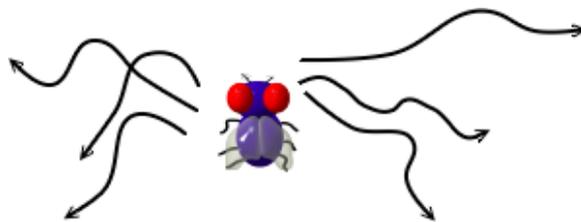
圖二十一、從右邊刺激的主要飛行路徑示意圖(側看)。



圖二十二、從後面刺激的主要飛行路徑示意圖(俯看)。



圖二十三、從後面刺激的主要飛行路徑示意圖(側看)。



圖二十四、從前面刺激的主要飛行路徑示意圖(俯看)。



圖二十五、從前面刺激的主要飛行路徑示意圖(側看)。

表二、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)攝影起飛路徑分析

觀察方向	平均起飛角度(°)	最大起飛角度(°)	最小起飛角度(°)	飛行路徑偏離直線率(%)
正面	無	無	無	27±5
側面	27.5±2.5	85±2.5	14.25±2.5	無
俯視	無	無	無	31±5

五、在無所遁形法(三)實驗中發現，當夾子刺激其左右、上下時，飛行路徑及其方向如圖所示。

六、無所遁形法(四)結果如下表：

表三、雄大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對刺激的平均反應距離(慢速)

蒼蠅編號	次數	鐵絲最小距離(cm)	鐵絲最大距離(cm)	平均距離(cm)
第一隻	10	1	2.5	2.1
第二隻	10	0.5	3.4	2.8
第三隻	10	2	4.2	3.6
第四隻	10	0.3	3.8	2
第五隻	10	2	4.5	3.5
第六隻	10	1.2	2.3	1.9
第七隻	10	1.3	3.4	2.6
第八隻	10	0.5	3.8	1.7
第九隻	10	0.6	3.7	2.5
第十隻	10	1	4.1	2.4
平均	10	1.04	3.57	2.51

表四、雌大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對刺激的平均反應距離(慢速)

蒼蠅編號	次數	鐵絲最小距離(cm)	鐵絲最大距離(cm)	平均距離(cm)
第一隻	10	1.3	4.2	3.7
第二隻	10	1.5	3.5	2.4
第三隻	10	1.9	2.5	2.3
第四隻	10	0.5	3.7	1.9
第五隻	10	2	3.4	2.7
第六隻	10	1.6	3.7	2.5
第七隻	10	1.9	2.9	2.3
第八隻	10	1.7	2.4	2
第九隻	10	1.8	3.5	2.6
第十隻	10	0.8	4.8	2.9
平均	10	1.5	3.46	2.53

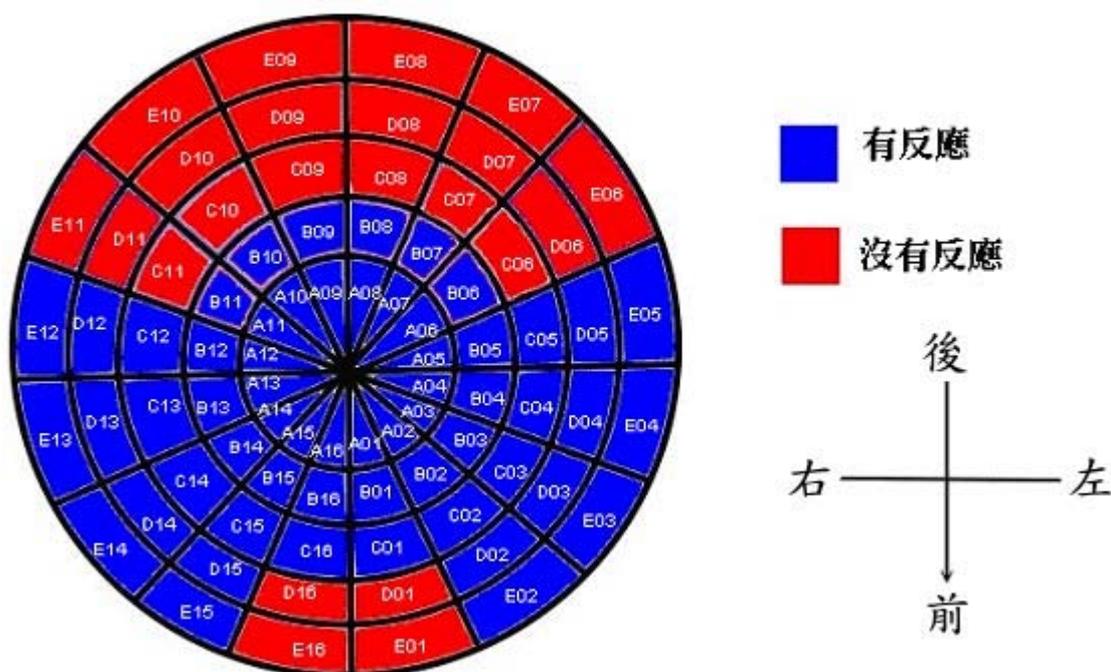
表五、雄大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對刺激的平均反應距離(快速)

蒼蠅編號	次數	鐵絲最小距離(cm)	鐵絲最大距離(cm)	平均距離(cm)
第一隻	10	4.6	6.7	5.8
第二隻	10	4.5	6.5	5.4
第三隻	10	4.7	7	5.3
第四隻	10	4	7.1	5.7
第五隻	10	5.3	6.8	5.7
第六隻	10	5.6	6.8	6.3
第七隻	10	4.7	6.7	5.1
第八隻	10	4.5	7	5.7
第九隻	10	4.5	7.2	5.8
第十隻	10	5	6.9	6.2
平均	10	4.74	6.87	5.7

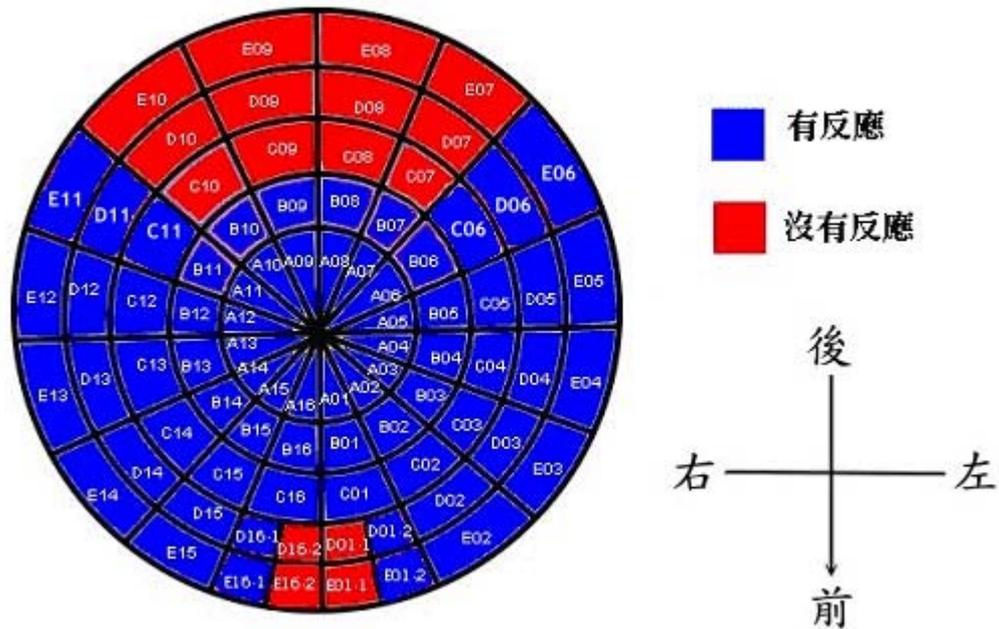
表六、雌大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對刺激的平均反應距離(快速)

蒼蠅編號	次數	鐵絲最小距離(cm)	鐵絲最大距離(cm)	平均距離(cm)
第一隻	10	5.6	7.5	6.8
第二隻	10	5.8	7.6	6.3
第三隻	10	5.9	7.5	6.4
第四隻	10	5.6	7.7	6.8
第五隻	10	5.5	7.8	6.5
第六隻	10	5.3	7.3	6.4
第七隻	10	5.7	7.5	6.6
第八隻	10	5.8	7.8	6.8
第九隻	10	6	7.5	6.6
第十隻	10	5.7	7.7	6.8
平均	10	5.69	7.59	6.6

七、從天幕電秤法(一)實驗得知：大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)上方全區有 22/80×100% 無法反應推測此區為其視覺之盲點，有反應的區域佔 58/80×100%，在綜合雌雄的結果後發現，最多反應的是 A03、A14、B03、B14、C03、C14、D03、D14、E03 和 E14，因此天幕電秤法(一)呈現非常明顯的結果如下：



圖二十六、天幕電秤法之結果(雌)。



圖二十七、天幕電秤法之結果(雄)。

表七、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)(雌)對不同方位光線刺激所做出之反應

區塊	反應機率(%)	反應強度(註)	重複實驗次數	B01	48	b	25
A01	96	a	25	B02	88	a	25
A02	84	a	25	B03	92	a	25
A03	72	a	25	B04	76	a	25
A04	48	b	25	B05	52	b	25
A05	52	b	25	B06	44	b	25
A06	44	b	25	B07	36	c	25
A07	52	b	25	B08	28	c	25
A08	32	c	25	B09	24	c	25
A09	24	c	25	B10	32	c	25
A10	44	b	25	B11	48	b	25
A11	52	b	25	B12	52	b	25
A12	48	b	25	B13	80	a	25
A13	52	b	25	B14	72	a	25
A14	80	a	25	B15	68	a	25
A15	96	a	25	B16	52	b	25
A16	80	a	25	C01	36	c	25
				C02	84	a	25

C03	96	a	25	D11	0	d	25
C04	80	a	25	D12	48	b	25
C05	92	a	25	D13	84	a	25
C06	0	d	25	D14	80	a	25
C07	0	d	25	D15	92	a	25
C08	0	d	25	D16	0	d	25
C09	0	d	25	E01	4	d	25
C10	0	d	25	E02	92	a	25
C11	4	d	25	E03	80	a	25
C12	92	a	25	E04	48	b	25
C13	80	a	25	E05	56	b	25
C14	84	a	25	E06	0	d	25
C15	88	a	25	E07	0	d	25
C16	36	c	25	E08	0	d	25
D01	0	d	25	E09	4	d	25
D02	76	a	25	E10	0	d	25
D03	84	a	25	E11	0	d	25
D04	92	a	25	E12	52	b	25
D05	56	b	25	E13	48	b	25
D06	0	d	25	E14	84	a	25
D07	0	d	25	E15	68	a	25
D08	0	d	25	E16	4	d	25
D09	0	d	25				
D10	0	d	25				

註：反應強度分 a、b、c、d 四級，級別間的差異主要以電子秤的儀表跳動速度。
a：最強 b：中等 c：最弱 d：近乎無。

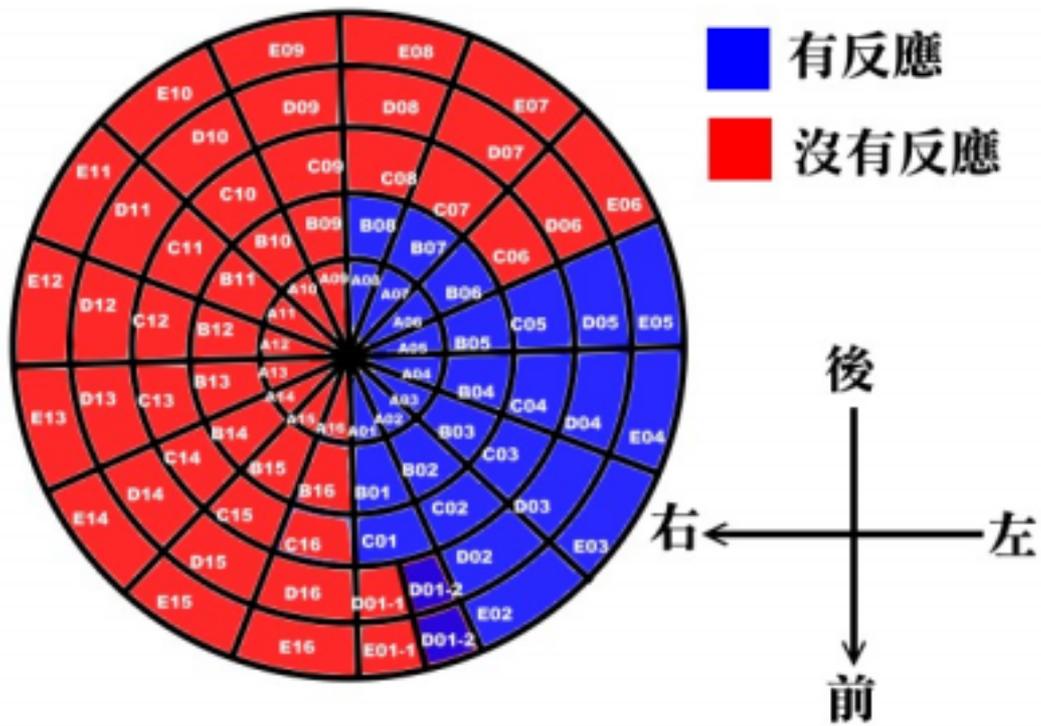
表八、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)(雄)對不同方位光線刺激所做出之反應

區塊	反應機率(%)	反應強度(註)	重複實驗次數	A09	28	c	25
A01	36	c	25	A10	44	b	25
A02	48	b	25	A11	52	b	25
A03	76	a	25	A12	76	a	25
A04	84	a	25	A13	84	a	25
A05	92	a	25	A14	88	a	25
A06	52	b	25	A15	52	b	25
A07	44	b	25	A16	36	c	25
A08	32	c	25	B01	0	d	25

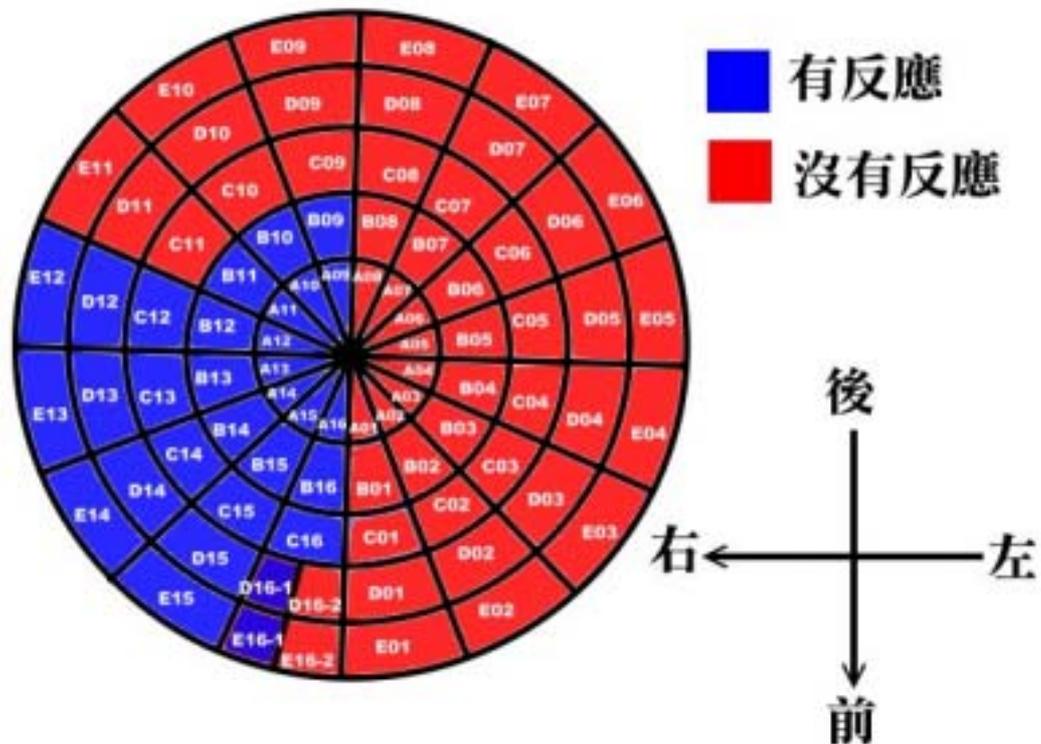
B02	48	b	25	D03	52	b	25
B03	84	a	25	D04	84	a	25
B04	92	a	25	D05	56	b	25
B05	80	a	25	D06	36	c	25
B06	52	b	25	D07	0	d	25
B07	28	c	25	D08	0	d	25
B08	36	c	25	D09	0	d	25
B09	32	c	25	D10	0	d	25
B10	24	c	25	D11	32	c	25
B11	48	b	25	D12	48	b	25
B12	92	a	25	D13	88	a	25
B13	80	a	25	D14	52	b	25
B14	84	a	25	D15	36	c	25
B15	52	b	25	D16-1	28	c	25
B16	0	d	25	D16-2	0	d	25
C01	0	d	25	E01-1	0	d	25
C02	52	b	25	E01-2	40	c	25
C03	80	a	25	E02	40	c	25
C04	76	a	25	E03	48	b	25
C05	48	b	25	E04	88	a	25
C06	32	c	25	E05	56	b	25
C07	0	d	25	E06	40	c	25
C08	0	d	25	E07	0	d	25
C09	0	d	25	E08	0	d	25
C10	0	d	25	E09	0	d	25
C11	36	c	25	E10	0	d	25
C12	48	b	25	E11	32	c	25
C13	84	a	25	E12	60	b	25
C14	92	a	25	E13	92	a	25
C15	56	b	25	E14	48	b	25
C16	0	d	25	E15	36	c	25
D01-1	0	d	25	E16-1	40	c	25
D01-2	32	c	25	E16-2	0	d	25
D02	40	c	25				

註：反應強度分 a、b、c、d 四級，級別間的差異主要以電子秤的儀表跳動速度。
a：最強 b：中等 c：最弱 d：近乎無。

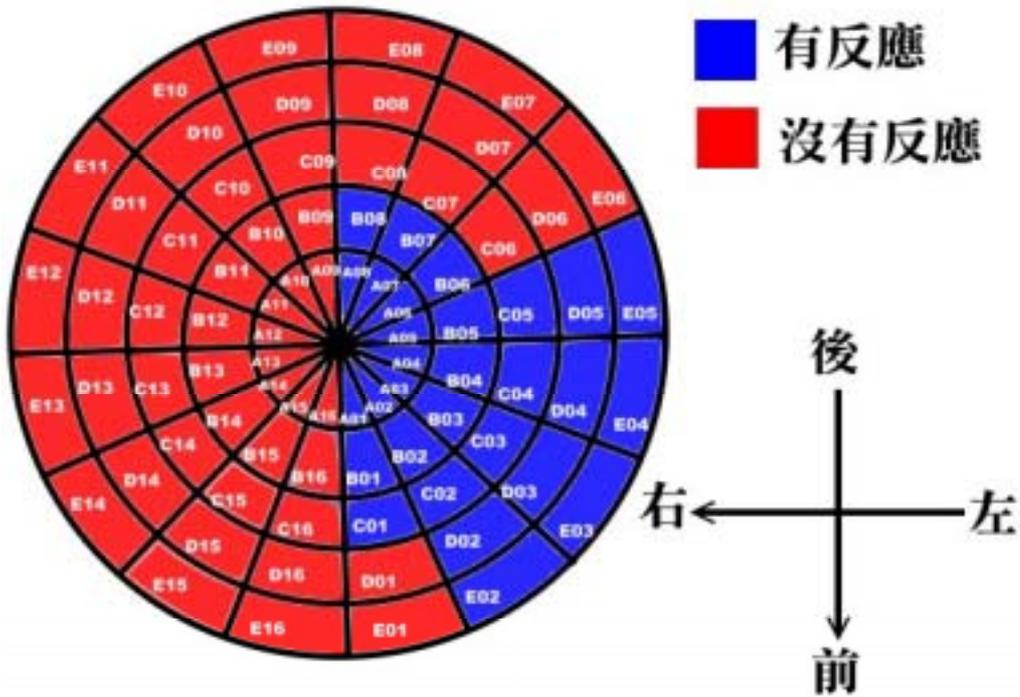
八、天幕電秤法(二)：



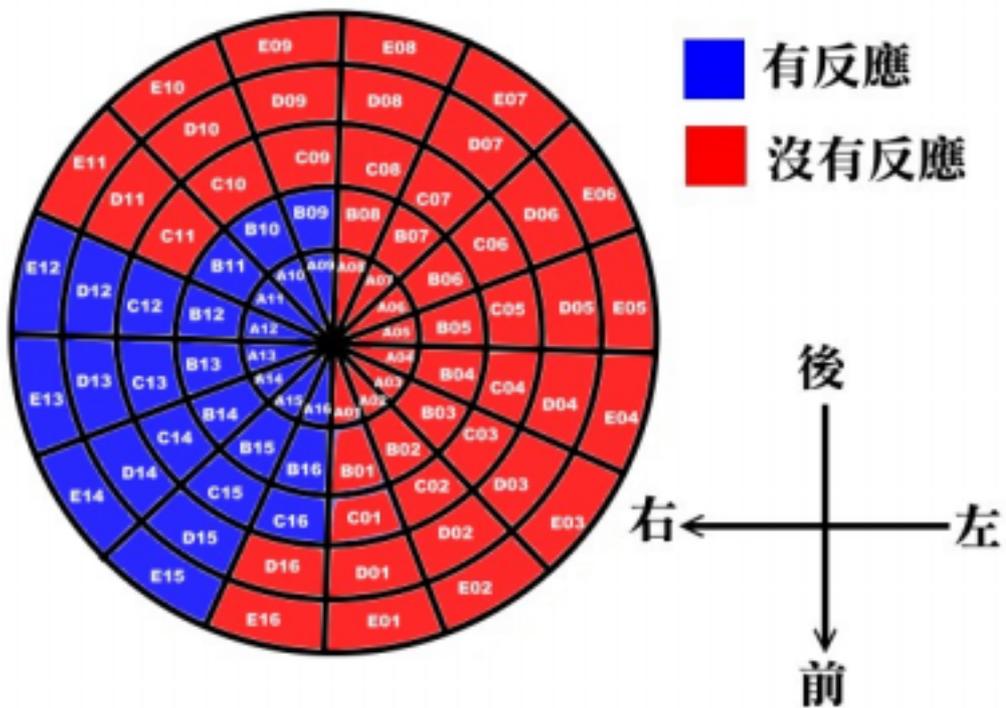
圖二十八、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*) (雌)左眼半球體實驗。



圖二十九、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*) (雌)右眼半球體實驗。



圖三十、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*) (雄)左眼半球體實驗。



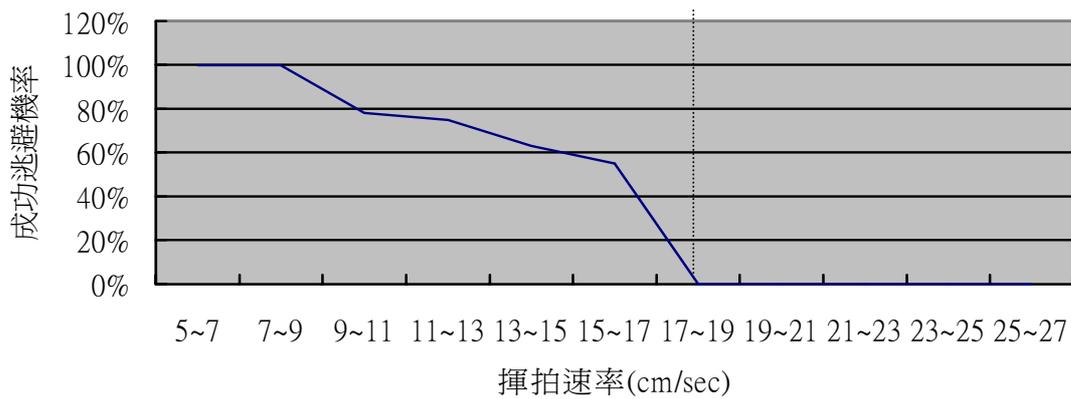
圖三十一、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*) (雄)右眼半球體實驗。

九、由於大部分的動物對刺激，都有一定的反應速度，推測大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)應該也不例外。因此，在自動計時拍法中，我們設計實驗來了解大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的反應速率極限。

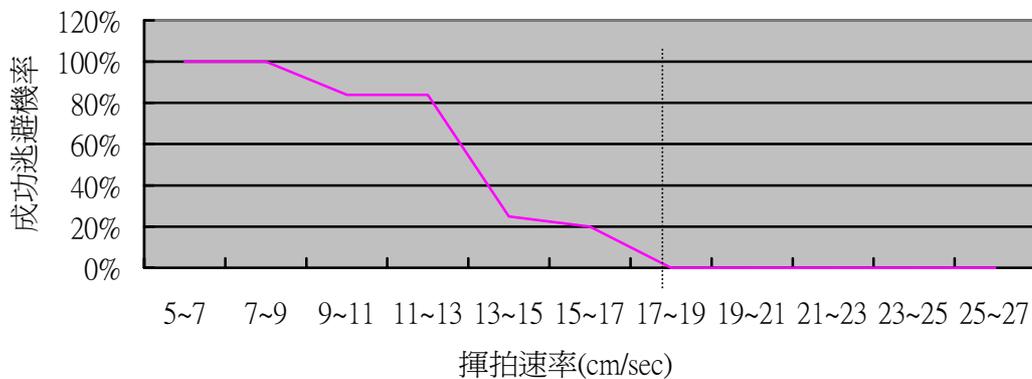
我們用自己製作的蒼蠅拍實驗結果如下：

表九、自動計時拍法實驗結果

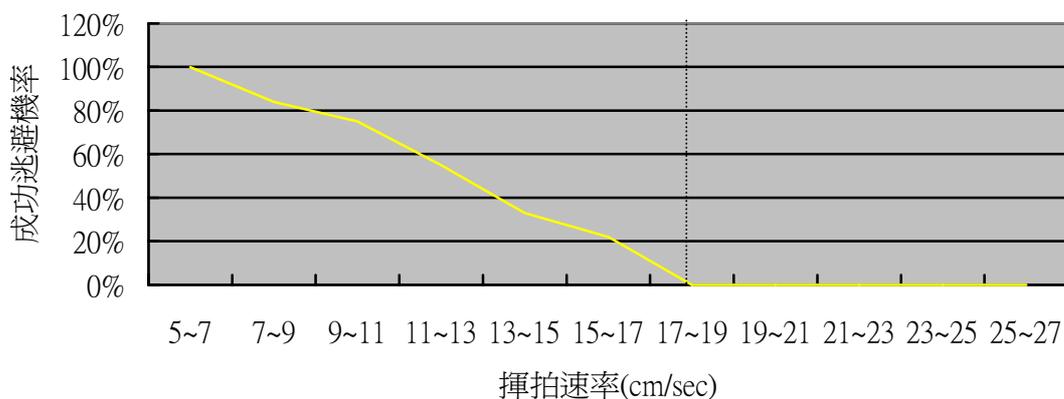
編號	次數	揮拍速率最大值	揮拍速率最小值	揮拍速率平均值	逃離機率(%)
1	10	14.28	12.43	13.125	70
2	10	14.28	8.98	11.93	80
3	10	16.78	8.32	13.093	70
4	10	17.63	9.63	12.934	70
5	10	13.46	5.22	10.794	70
6	10	18.51	6.43	12.571	60
7	10	18.64	6.17	10.709	80
8	10	15.43	5.37	10.236	70
9	10	17.54	5.63	11.201	70
10	10	15.11	8.54	11.458	60
11	10	18.66	5.48	11.086	60
12	10	15.14	6.22	10.749	60
13	10	18.26	5.22	11.792	70
14	10	16.25	6.59	11.759	60
15	10	16.68	6.74	11.987	70
16	10	17.22	7.54	12.302	60
17	10	14.26	5.45	9.564	60
18	10	16.74	5.45	10.559	50
19	10	18.64	6.27	11.391	60
20	10	16.18	6.24	11.273	50
平均	10	16.4845	6.896	11.52665	65



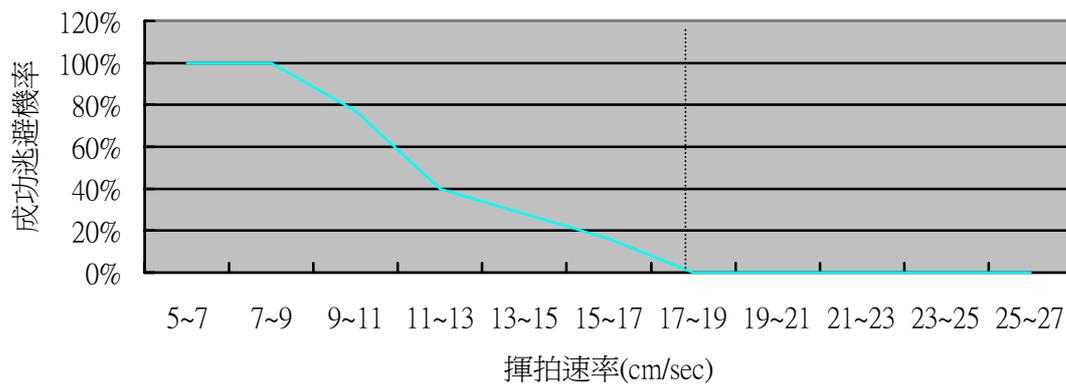
圖二十八、第一組大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)成功逃避之臨界速率圖(虛線為臨界揮拍速率)。



圖二十九、第二組大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)成功逃避之臨界速率圖(虛線為臨界揮拍速率)。



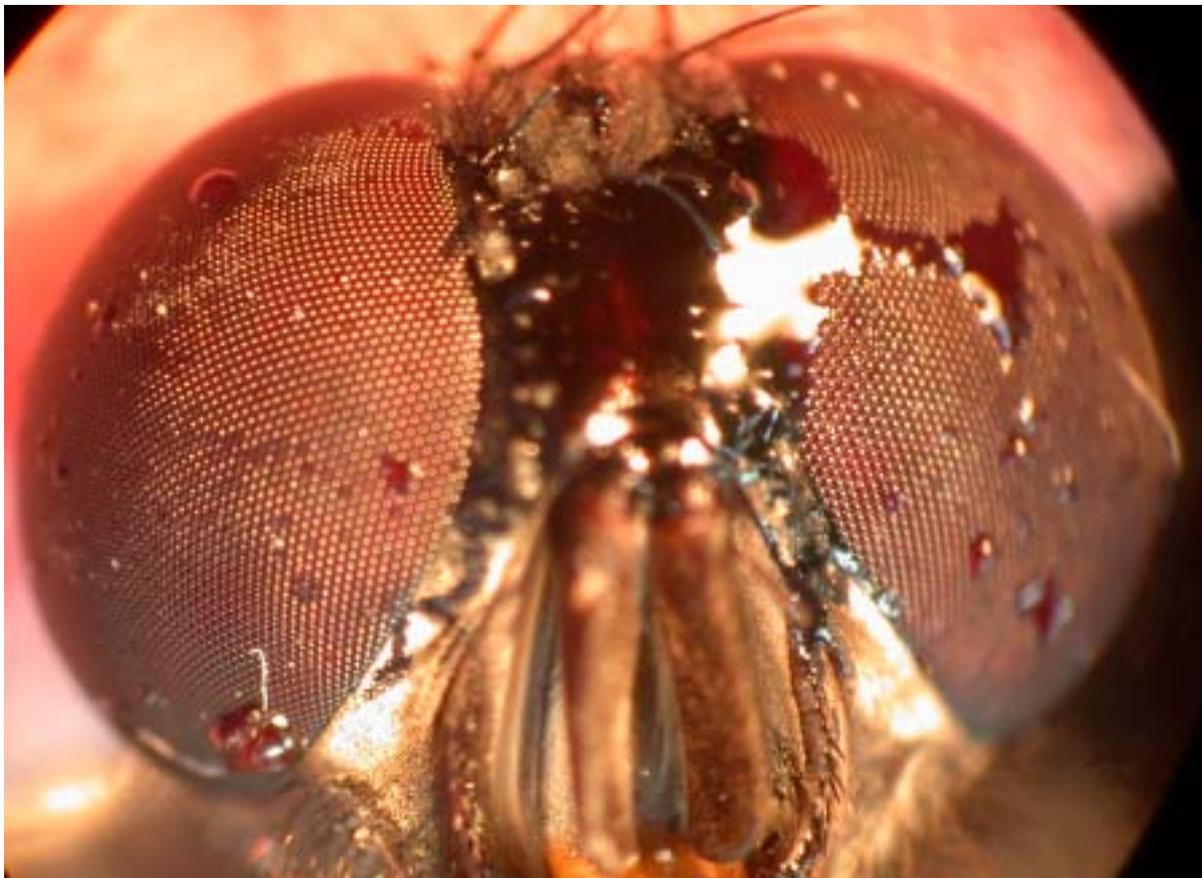
圖三十、第三組大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)成功逃避之臨界速率圖(虛線為臨界揮拍速率)。



圖三十一、第四組大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)成功逃避之臨界速率圖(虛線為臨界揮拍速率)。

十、我們計算出臨界速率是 18cm/sec，超過此速率大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)一律被捕捉，推測不同種蒼蠅臨界速率也不相同。詳細數字如圖二十八至三十一。

十一、我們計算出每一個複眼含小眼 4226 ± 50 個，共 8452 ± 100 個小眼，一反應區塊約有 117 個小眼如圖三十二。



圖三十一、自行拍攝的顯微鏡下大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)(雄)複眼放大圖。

陸、討論

一、自行繪製的圖與查詢的圖複眼放射角之差異：

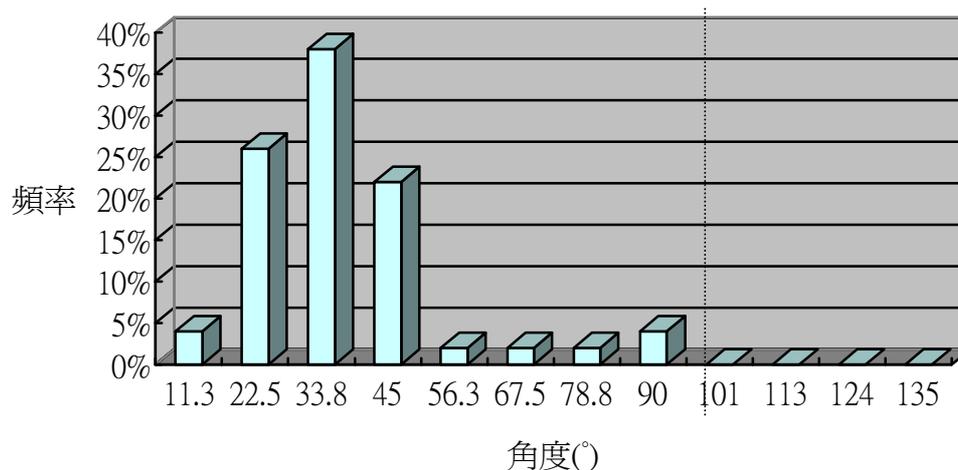
在步驟三中繪製的圖(圖一、二、三)，與結果一中查詢到的圖(如圖十、十一、十二、十三、十四)相比較，發現兩者之間的複眼放射角差異極大？

兩圖中最主的差異，就在於眼球的突出範圍。自行繪製的圖中，眼球突出的範圍為整個圓形，查詢到的圖卻近乎半圓形，因此繪製出的複眼放射角大有差別。

二、飛行角度的疑點：

大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)牠的飛行高度可以大幅度改變，那們牠起飛時的角度到底最大能多少呢？

我們另外又做了一個實驗，牠的起飛角度臨界值如圖三十三：



圖三十三、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)起飛角度臨界值。

三、無所遁形法(一)的疑問：

為什麼在無所遁形法(一)中，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的平面飛行路徑少向前方，而多以左前及右前居多(如圖十五)？

因為經天幕電秤法(一)、(二)的結果發現，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的視覺範圍，在左前及右前方反應較為強烈，因此平面飛行路徑多以這兩方向居多。

四、無所遁形法(二)的疑問：

在無所遁形法(二)的實驗中觀察發現，從各方向刺激的時候，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)多順刺激方向逃避，而只有在從前方刺激時，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)才以垂直起飛逃避呢？

我們從各個不同角度刺激牠，發現牠的飛行路徑會順著刺激時，手所揮出的氣流飛去，但是從側面刺激時，因為構造上關係牠會先往前或上面飛再轉向，或者直接就往前或上飛了。

五、無所遁形法(三)的疑問：

單點刺激與兩點刺激對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的反應有差別嗎？

差別是一定有的，在做單點刺激的實驗時，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)可逃避的方向為三度空間，可前、後、左、右甚至向上起飛逃走；但若換成兩點刺激的實驗之後，逃避方向就只能成二度空間，可逃避的方向也因此減少了。

六、無所遁形法(四)的疑問：

為什麼在無所遁形法(四)的實驗結果中，要分成慢速與快速兩個不同的表格？

在一開始的實驗構想中，是要用鐵絲慢速的靠近大頭金蠅正前方，但發現其做法很難使大頭金蠅有所反應，便開始思考問題：

- 1、是否物體的大小對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的反應距離有所影響？
- 2、是否慢速移動的物體，使大頭金蠅感到不具威脅性，因此使反應距離平均降低？
- 3、是否有物體之外的因素影響著研究結果？

考慮上述幾個問題之後，開始著手實驗，但之後發現物體的大小對結果只有少許的影響，因為在將鐵絲替換成鐵條後，平均值也才增加了 0.01 至 0.02 公分，而這差值也可能只是測量中的誤差；而在結合問題二和三實驗之後，以結果發現我們的推論較為可信，便增加了快速的兩個表格，與慢速的實驗做比較。

七、天幕電秤法(一)的檢討：

天幕電秤法(一)的結果中，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的視覺範圍，有反應與無反應的分界，是正確的嗎？

可能有些誤差，畢竟設計的實驗中，是使用光線刺激的方法，而讓光線照進鑽在半球體上的洞，沒辦法保證所有的位置都測試過。

雖然沒有辦法每個地區都測試過，可是從繪圖推理法發現，雄蠅的合眼式構造，使得牠的前方的視覺範圍變大，盲點區域變少，所以我們在前方的孔中

間多鑽了一排洞，做研究，發現雌的並無影響原結果，但是雄的卻不然，牠仍會有反應，所以前方無反應範圍結果有所不同。

八、探討雌雄差異影響在天幕電秤法(一)、(二)上結果不同的探討：

在天幕電秤法的結果中，為何在雌雄間的結果有如此大的差異(如圖二十六、二十七)？

因為在繪圖推理法的觀察結果中，所推測的視覺範圍(如圖十三、十四)由於雄蠅複眼屬合眼式，因此複眼放射角就大於雌蠅，可見範圍就比較大了。

九、天幕電秤法(二)的檢討：

在做這項實驗的一開始，為決定如何選取遮蓋大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)眼球的材料，而傷透腦筋，什麼材料為最好呢？

一開始，想了許多方法，如：

- 1、用不透明水彩塗。
- 2、用紙遮住。
- 3、用壓克力塗料。

使用過以上幾種材料之後，發現不透明水彩雖然材料取得方便，但怕其酸鹼值對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的生理造成影響，而以紙遮住的方法，也再使用一次之後便宣告失敗，因為只要大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)一振翅，振翅的力量便很輕易的將紙振落，而最後，發現壓克力塗料不僅透光程度不高，而且酸鹼值為中性，較不易對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)造成生理上的影響。

十、自動計時拍法的檢討：

全部的數據都出來了，可是每次的逃離機率都有差異，是什麼因素呢？

我們每次做實驗，即使是一定的揮拍速率，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)還是會有時逃的掉，有時反應不及，我們推測影響到的變因有：

- 1、鐵絲拉久了容易定型，揮拍速率就會產生差別。
- 2、眾多數據間，更換了許多隻大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)，每隻大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的反應機率自然會有差別。
- 3、日子、天氣等因素可能會影響到蒼蠅的行為，對結果也自然產生影響。

十一、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)眼部構造對視覺的影響：

我們在上述研究中調查蒼蠅複眼的視覺範圍，不過，不同品種以及雌雄有差別嗎？所以我們另外調查了一些不同。

大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的複眼構造雌雄方面是不大一樣的，雌蠅的兩眼距離是分開的（離眼式），而雄蠅是連結在一起（合眼式）。

不同品種的蒼蠅，複眼大小當然也有差別，形態上複眼較大的，所見範圍

就越廣。

十二、反應的速率對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的影響：

大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對快速出現的物體很容易產生反應，那牠對於慢速移動的物體呢？

我們用手對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)進行刺激，如圖四，發現大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)對於移動物反應較快，這是否和牠的複眼有關係呢？我們推測，因為牠的視覺範圍雖廣，但都是細碎影像，可能只有對光線的反應較靈敏，對於慢速移動物體就比較不會有反應。

十三、蒼蠅品種的影響：

蒼蠅有很多品種，但是實驗用的應該用哪種蒼蠅呢？

實驗用的蒼蠅，應盡量考慮實用性、方便性。因此，在我們的實驗中所用的蒼蠅，皆屬大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)，因體型較大，使在**天幕電秤法(一)、(二)**的實驗中，振翅時就較易使電子秤受到感應。在方便性部份，因大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)食物來源以花蜜樹汁為主，而我們學校周圍幾乎被大花咸豐草所包圍，使得大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的取得較為方便。

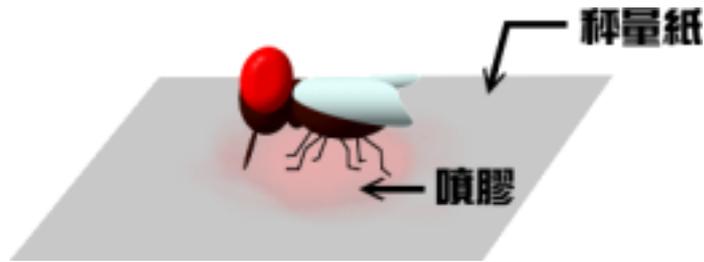
十四、固定物的選擇：

我們對大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的固定方式，一直找不到很好的辦法，一開始我們是打算用強力膠暫時固定，可是沒想到蒼蠅一下就被毒死了。之後再嘗試用蜂蜜固定，但常因蒼蠅在吸食中過於專注而忘記逃避，這個方法又宣告失敗，所以只好尋求其他固定辦法。

我們想了很多固定的辦法，共有：

- 1、用膠水固定。
- 2、用膠帶固定。
- 3、用白膠固定。
- 4、用線綁住。
- 5、用噴膠固定。

我們試了很多辦法，到最後我們發現，用膠水和膠帶的黏度不夠，牠很容易就逃脫，不過用強力膠又太毒，用白膠又不是很好用，線綁住牠又會逃離，所以我們最後決定用噴膠，因為它的黏性較強，拆下來時大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)又不會受傷，我們測牠的視覺範圍的實驗固定蒼蠅的辦法**如圖三十四**：



圖三十四、固定大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)示意圖。

十五、拍頭的選擇：

最初選擇拍頭，是應選擇現成的還是自行製作？

我們一開始並不是用厚紙板做成拍頭，只是用一個舀洗衣粉用的杓子，但是拍擊到蒼蠅時，往往力道過大，塑膠製的杓子就承受不壓力而裂開，於是我們才改用厚紙板做成跟手差不多大小的拍子。

十六、飛行方向的疑點：

大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的翅膀構造，有辦法使牠倒後飛嗎？

從上面討論第六點來看，我們從各個不同方向刺激大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)，並且攝影下來，發現牠只能往前面或是往上飛，構造上的關係，所以牠並沒有辦法往後飛的。

雖然楊平世博士所審定的「衛生的害蟲」一書中寫到：蒼蠅會向後飛。但這和我們實驗的結果不相符，可能是蒼蠅種類的不同，因而產生結果的不同。

十七、在做這個研究時，一直有些問題想不透，於是我們便跑去找資料：

- (一)、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)視覺範圍雖廣，但看到的影像相當清楚嗎？
- (二)、我們飼養大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)時發現，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)常不斷地搓腳，這是為什麼呢？
- (三)、大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)遇到危險時，知道要逃避，只因為牠用牠的複眼看到嗎？還是有其他構造也能幫助牠呢？
- (四)、為什麼大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)能夠附著於玻璃等平滑的東西上呢？

我們查詢資料後，得到以下的解答：

- (一)、蒼蠅複眼固然視野很廣，但牠所看到的景象皆為小而細碎的影像，並不是很清楚，牠並不是全靠視力躲避危險的。
- (二)、蒼蠅的腳除了幫助牠站立外，同時牠的腳也具有味覺功能，牠的腳也可以分辨味道，所以當牠的腳被東西塞住沒辦法分辨味道時，牠便必須將腳搓乾淨。
- (三)、蒼蠅除了牠的複眼發達，看得廣外，同時牠的觸鬚也扮演著很重要的角

色，觸鬚除了能夠分辨氣味外，同時也能偵測四周的狀況，所以牠並不是只有眼睛發達而已，牠全身上下都有令人驚訝不已的構造和功能。

(四)、許多昆蟲的腳雖然強而有力，但卻沒有辦法停留在光滑的物體表面上，蒼蠅的腳除了有強而有力的剛毛之外，牠的身體還能夠分泌黏液使自己固定在光滑物體上。

十八、氣流對蒼蠅的影響：

在計時蒼蠅拍的前方時，總感覺的到有氣流的流動，這股氣流是否影響的到蒼蠅的反應？

因為記得 DISCOVERY 頻道曾有一集說，蒼蠅拍之所以打的到蒼蠅，是因為拍上有許多小孔，讓蒼蠅對氣流的感應達到最小，反應速率又小於揮拍速度，所以才會被打到。加上討論六中，在無所遁形法(四)所思考的問題：是否有物體之外的因素影響研究結果？所以我們推測，蒼蠅牠逃離危險，不只是因為牠的複眼看到影像而做出反應，同時牠對於氣流的流動也能感應，不只是靠牠那一對大大的複眼而已。

十九、模仿老師所表演的徒手捕捉蒼蠅：

在早餐店常見數隻蒼蠅漫天飛舞，想起既然已知蒼蠅的盲點和反應速率，邊從實驗結果中發現視覺盲點最大的後方下手，但往往出手總是差一點，方向及速度應該都沒問題啊？

這個問題也使我們思考了許久，之後想到先前曾討論過氣流對於蒼蠅的影響(見討論十九)，才開始考慮，在實際捕捉中產生的氣流對結果的影響。

經過討論和查詢資料後，有了一個結論成形，因為一隻蒼蠅中對氣流感應最敏感的部分，為觸角和後翅退化成的平衡棍，因此從後方出手時，雖然此部份為蒼蠅視覺的盲點，但平衡棍對產生的氣流最先受到感應，再加上順著氣流飛起，反應就高過我們的出手速度；但從正前方出手時，雖然觸角也可感應的到氣流動向，但因無法乘氣流飛起，就閃避不及了。

二十、雌雄的疑惑：

我們做研究時，由於最主要研究的是蒼蠅的複眼，但是牠的複眼卻又跟雌雄有關而有所不同，這是否會影響到研究？

雖然確實蒼蠅的複眼雌雄間的確有所不同，但是綜合上面所做的研究，只有在繪圖推理法和天幕電秤法上結果有影響，在自動計時拍法上，因為蒼蠅的頭並不是向著拍子，而是背對著，後面本來就是牠的視覺盲點，所以此實驗並不會因雌雄而有所影響。

柒、結論

在繪圖推理法和無所遁形法(一)、(二)的觀察結果中發現，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)整體上，一般的視覺範圍上，主要盲點是在正前方、正後方，在左右兩方和上方則為大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)視線可及之範圍，天幕電秤法(一)更證實了我們在這兩項實驗中的推論。

在自動計時拍法的實驗結果中，發現到，揮拍速率大概在 18cm/sec 為臨界值，在這速率之後，大頭金蠅(*Chrysomya megacephala*)的反應速率就慢了下來，甚至低於揮拍速率。

集合所有的實驗結果，包括繪圖推理法和無所遁形法(一)、(二)中的推測盲點，天幕電秤法(一)中所證實的真正盲點，以及自動計時拍法中的蒼蠅反應臨界速率，再加上討論十及十一所提及的氣流影響，得到一個綜合結論：若想捕捉到蒼蠅，應從其正前方下手，出手速度應在 18cm/sec 之內。

在繪圖推理法與天幕電秤法(一)、(二)中，製作了雄雌的差別，發現複眼放射角的角度，雌視覺角較雄視覺角小，因此在視覺盲點上就比較大了。雖然在天幕電秤法及繪圖推理法上雌雄蠅的結果有不同之處，但是在自動計時拍法上，我們所用的方式是蒼蠅的頭不對著拍子，也就是牠的眼睛看不到後面，在自動計時拍法，我們所做的實驗只是為了探討對刺激的反應速率，雌雄並無差別。

未來，希望藉由我們的研究結果，能發明出一種新型蒼蠅拍，提倡正確的捕捉蒼蠅辦法，期能減少住家蒼蠅的數量，使人們免於食物及水遭受污染的發生，並且讓大家都知道，雖然只是一隻不起眼的小蒼蠅，但是牠的構造可是獨一無二，無人能比的。

捌、參考文獻

- 一、任淑仙 著 淑馨出版社 無脊椎動物學(下冊) p189~264
- 二、吳美雲 發行 漢聲雜誌社 漢聲小百科-七月的故事七月十七日 p88~89
- 三、林春暉 發行 光復書局 大美百科全書 11 p163~164
- 四、張永仁 撰文 遠流出版社 昆蟲圖鑑 p78~79
- 五、陽銘出版社 昆蟲觀查站 p62~67
- 六、楊平世 著 渡假出版社有限公司 台灣自然大系 4-台灣的常見昆蟲 p144~149
- 七、楊智麟 著 龍泰出版社 衛生的害蟲 p30~45
- 八、劉峻樺 發行 中國百科出版社 世界辭典百科全書 11 p4173
- 九、劉峻樺 發行 中國百科出版社 世界辭典百科全書 12 p4478
- 十、<http://coop.bio.ncue.edu.tw/index.php> 國立彰化師範大學 生物遠距教學研究室
- 十一、<http://science.yam.com/index.html> 中國科普博覽
- 十二、<http://www.cdc.gov.tw/museum/gallery/1/page1-005.htm> 病媒簡介

玖、附件



附圖 1-1、正在進行用半球體測量蒼蠅視覺角度的實驗。附圖 1-2、半球體實驗。



附圖 2-1、實驗器材總覽。



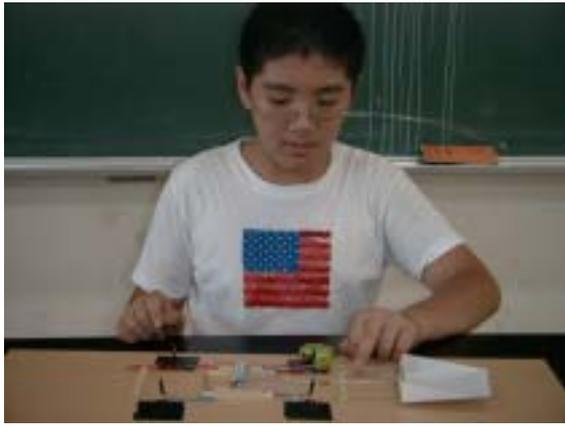
附圖 3-1、組員抓大頭金蠅過程。



附圖 4-1、工具箱。



附圖 5-1、自製蒼蠅拍俯視圖。



附圖 5-2、自動計時拍法實驗。



附圖 5-3、自動計時拍法實驗器材。



附圖 5-4、自動計時拍法實驗用彈簧。



附圖 6-1、半球體實驗器材俯瞰。



附圖 6-2、半球體實驗器材側面。



附圖 6-3、半球體實驗器材正面。



附圖 7-1、固定蒼蠅。



附圖 7-2、固定蒼蠅。

評語

- 1.創意性佳。
- 2.作者熱心投入，並符合科學研究精神與步驟。
- 3.研究觀察嚴謹，並紀錄完整。
- 4.能運用生活周遭物品，進行研究，並得到良好的結果。