

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

**最佳創意獎**

080317

光、影中的「蟹」「GO」

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

作者：	指導老師：
小五 張令昌	楊建明
小六 周軒羽	陳韋宇
小五 鄭琮翰	
小六 梅詠棠	

關鍵詞：無齒螳臂蟹、光、影

# 光、影中的「蟹」「GO」

## 摘要

本實驗主要探討淡水河華中橋至忠孝橋附近河段，光、影對無齒螳臂蟹的影響。

透過調查發現，無齒螳臂蟹主棲息在河岸邊坡，接近自行車道，人為干擾大，對光影的警覺心高。此外，河岸公園多設置路燈，橋樑多有光線投射，因此我們自行設計「太空船照射法」、「旋轉馬達飛影法」等裝置進行實驗，了解無齒螳臂蟹對不同光、影變化的干擾會有何反應。

結果發現，無齒螳臂蟹喜在暗處活動，據此建議夜間河岸邊光源須避免太明亮。此外，螳臂蟹對搖動光線較敏感，其中以藍紫光、紫外線光較明顯，所以，未來如要在橋樑投射燈光，建議光源固定且避免閃爍。最後，螳臂蟹對光影速度、形狀、大小等會有選擇性反應，建議河岸邊的長草盡量不割除，減少光影人為的干擾。

## 壹、研究動機

某天的下午，到河濱公園騎自行車時，發現河岸邊坡上有許多洞穴，靠近一看，發現許多螃蟹迅速躲入洞中，經查閱資料發現，這種螃蟹的名字叫「無齒螳臂蟹」。在觀察的過程中我們發現，當我們接近時，牠們就會迅速逃離，所以我們很好奇遮影的大小、速度、形狀會不會影響無齒螳臂蟹的逃離速度？另外，由於自行車道的興建，晚上的河濱公園常裝置許多路燈，橋樑也有五彩繽紛的光線照耀，那螃蟹會怕光嗎？無齒螳臂蟹對不同顏色的光會有甚麼反應？光會影響無齒螳臂蟹的生活嗎？

相關教學單元：[動物大會師\(三下\)](#)、[動物的生活\(五下\)](#)

## 貳、研究目的

- 一、探討無齒螳臂蟹的食性。
- 二、初步探討無齒螳臂蟹的避敵反應。
- 三、探討無齒螳臂蟹的正、負趨光性。
- 四、探討不同顏色的光線對無齒螳臂蟹的反應。
- 五、探討遮影形狀、大小、速度對無齒螳臂蟹的反應。
- 六、探究光線的有無對無齒螳臂蟹挖洞的影響。

## 參、研究設備及器材

### 一、動植物材料：

無齒螳臂蟹、地瓜、蘋果、小魚乾、豬肉絲等食物。



圖 1 實驗對象：無齒螳臂蟹



圖 2 各類食物

### 二、一般性材料：

腳架、簡報棒、書面紙、手電筒、手電筒型驗鈔燈、玻璃紙、電子磅秤、觀察箱、捲尺、13吋保麗龍盒蓋、木條、紙杯、減速馬達組、28吋圓形塑膠盆。



圖 3 研究器材



圖 4 實驗五 色光實驗裝置



圖 5 實驗六 A 遮影搖擺實驗裝置

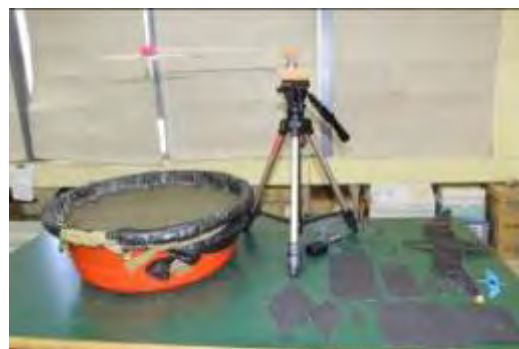


圖 6 實驗六 B 遮影平移飛入實驗裝置

## 肆、研究過程或方法

### 研究流程

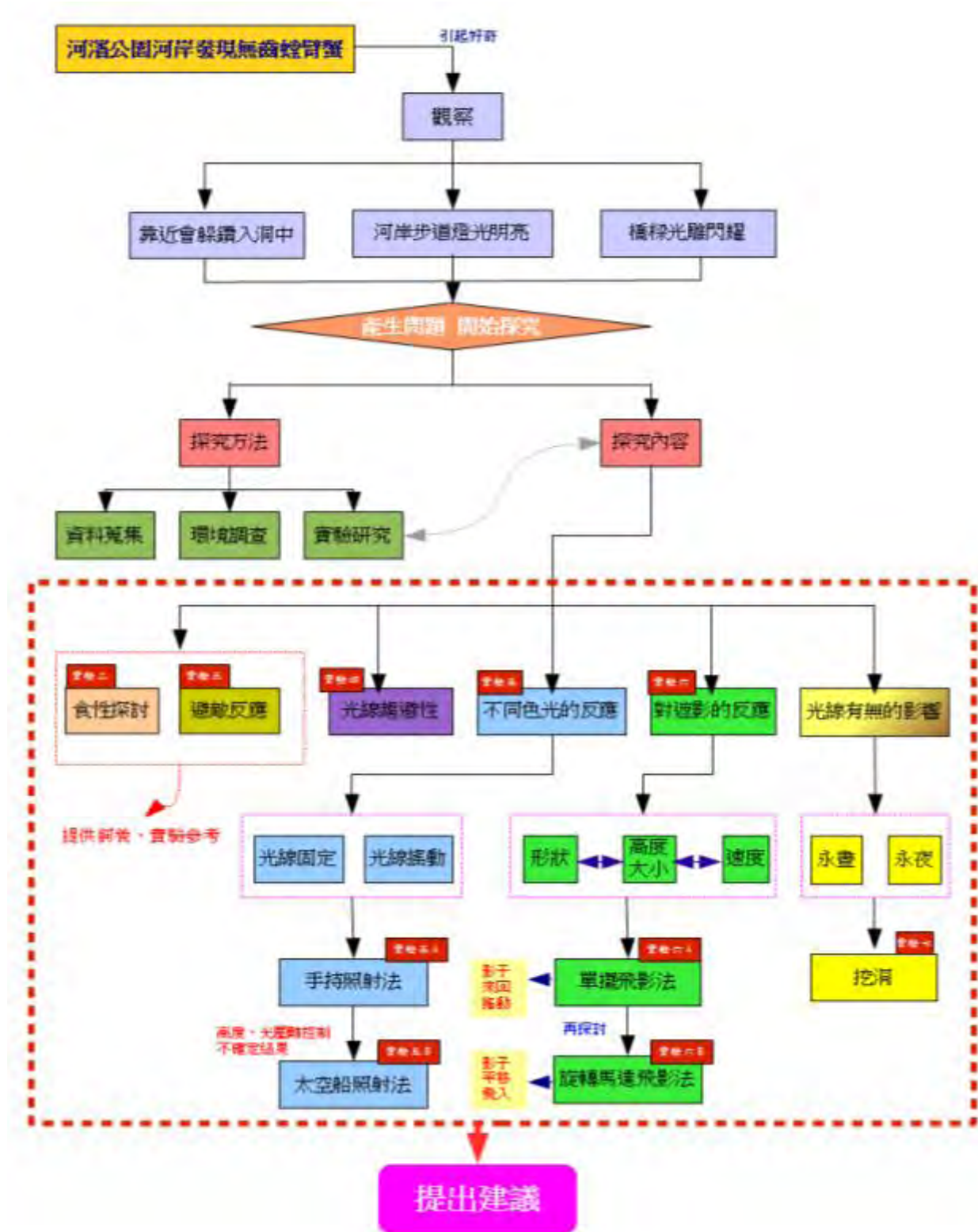


圖 7 研究流程圖

## 研究方式：

### 一、文獻參考：

我們一開始不知道河濱公園發現到的螃蟹是什麼種類？經查詢資料後，我們才知道牠們叫做「無齒螳臂蟹」。

無齒螳臂蟹又稱漢氏螳臂蟹，特徵是背甲方形，前側緣僅具眼窩外齒，無其它鋸齒。螯腳外表密布顆粒，步腳指、前、腕節背腹緣密生剛毛。背甲、步腳呈茶褐色，螯腳則呈淺黃色或淺橘色，背甲前部具深色斑點。常棲息於河口域草澤或岸邊土堤及水田的田埂間晨昏或夜晚是牠們活動時間，下過雨後，較為活躍，會到處覓食，甚至爬上水泥河堤。(劉烘昌、王嘉祥，2010)。中北部較常見，會獵食其他小型蟹類。(李榮祥，2001)

### 二、實地觀察與採集：

觀察地點：淡水河右岸華中橋至忠孝橋河段為主要觀察地，採集地以忠孝橋旁河岸處為主。



圖 8 觀察地點位置圖

## 研究內容：

問題一、無齒螳臂蟹棲息的環境怎樣呢？

觀察一：牠的居住環境怎樣呢？

方法：到選定的地點觀察，紀錄無齒螳臂蟹的生長環境。

表 1. 環境觀察說明表

觀察地點	A 華中橋下河岸	B 華翠橋下河岸	C 萬板橋下河岸	D 忠孝橋旁河岸
洞穴密度	1 平方公尺直徑 3 公分以上洞穴數： 20 個	1 平方公尺直徑 3 公分以上洞穴數： 30 個	1 平方公尺直徑 3 公分以上洞穴數： 2 個	1 平方公尺直徑 3 公分以上洞穴數： 60 個
地質	泥沙地	泥沙地、泥質地	泥沙地	泥沙地、泥質地
環境背景	河岸邊經過整理，種植草地，河岸長有象草等，邊緣長滿蓼莪菊，發現洞穴不多。	位於自行車步道下邊坡，洞穴多集中在土坡處，河灘也有洞穴但數量較少，直徑多小於 2 公分。	河岸以水泥邊坡修築，洞穴多發現在邊坡上的沉積的土壤中，土壤深度淺，洞穴直徑多小於 2 公分，螃蟹個體較小。	位於自行車步道旁約 5 公尺處，主觀察棲息地平坦，約 23 平方公尺，洞穴多。廢水口兩旁土堤也有發現。
棲息環境				
夜間環境				

## 問題二、無齒螳臂蟹喜歡吃什麼？

### 實驗二：無齒螳臂蟹食性試驗

#### (一) 研究說明：

資料上說無齒螳臂蟹是雜食性，所以我們想知道無齒螳臂蟹會吃哪些食物？並找出適合提供飼養餵食的食物。

(二) 研究步驟：

A：野外觀察： 我們利用社團時間及假日到野外定點觀察，共計 10 次。

B：室內實驗：

1. 因野外觀察時發現同一個洞穴有一公二母共同聚集的現象，所以我們準備雄性無齒螳臂蟹 1 隻、雌性無齒螳臂蟹 2 隻，甲殼寬約 2cm，放入觀察箱，共四組。
2. 地瓜、蘋果、小魚乾、豬肉絲秤重後分別放入觀察箱中餵食一天。
3. 一天後，觀察取食情形，記錄取食重量。

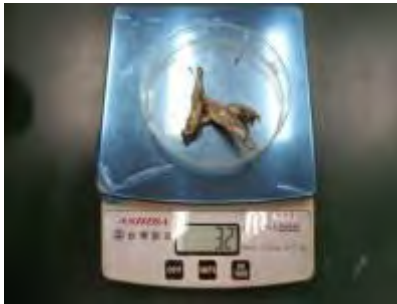


圖 9 放入食物秤重



圖 10 將食物及螃蟹放入觀察箱



圖 11 一天後取出食物秤重，記錄取食重量。

問題三、 無齒螳臂蟹的避敵反應？

實驗三：觀察無齒螳臂蟹的避敵反應

(一) 研究說明：

爲了確定無齒螳臂蟹對逃避危險的行爲反應，以作爲後續實驗參考，因此透過實地觀察及接近觸碰實驗初步了解螃蟹的避敵行爲。

(二) 研究方法：

1. 野外觀察：觀察走近時無齒螳臂蟹的反應。觀察地點： D 忠孝橋旁河岸。
2. 室內實驗：
  - a. 準備書面紙一張，分別以半徑 5 公分爲距畫出半徑 30 公分長的同心圓。
  - b. 將螃蟹放置圓心並用紙杯蓋住避免驚嚇。
  - c. 打開紙杯，利用泡棉棒驚嚇，紀錄反應及計算離開半徑 30 公分範圍圈的時間。



圖 12 接近觸碰螃蟹

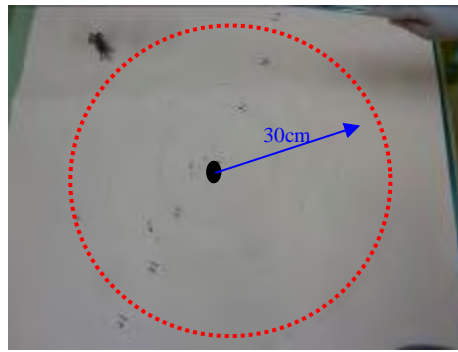


圖 13 觀察螃蟹避敵反應

#### 問題四、無齒螳臂蟹喜歡光線嗎？對光線的正、負趨光性如何？

##### 實驗四：無齒螳臂蟹對光線的正、負趨光性試驗

###### (一) 研究步驟：

1. 利用黑色書面紙，將觀察箱遮住約二分之一處，使呈現暗處。
2. 準備雄性、雌性無齒螳臂蟹各 1 隻(甲殼寬約 2 公分)，分別放入觀察箱。
3. 每 1-2 小時觀察螃蟹所在位置，連續記錄三天。



圖 14 利用黑色紙製作觀察箱



圖 15 完成觀察箱



圖 16 放入螃蟹觀察

#### 問題五、無齒螳臂蟹對不同顏色的光線會有什麼反應？

##### 實驗五 A：手持照射法

###### (一) 研究說明：

野外觀察時，發現附近橋上有許多五彩顏色的投射燈光，反射在河面上，所以我們想知道無齒螳臂蟹被不同顏色的光線照射時的反應。

###### (二) 研究步驟：

1. 利用紅、黃、綠、藍玻璃紙包住手電筒，使光線在暗室中投射出紅、黃、綠、藍及白(包透明塑膠袋)等五種色光。
2. 將螃蟹分別放入觀察箱中，**照射高度約 20 公分**，分別以**固定**及**搖動**方式照射不同色光，並觀察螃蟹行爲。



## 實驗五 B：太空船照射法

### (一) 研究說明：

由於「手持照射法」燈照高度無法精準控制、無法準確判斷離開範圍及手部易干擾螃蟹判斷易造成誤差，因此修正方式重新驗證。

### (二) 研究步驟：

1. 利用紅、黃、綠、藍玻璃紙包住手電筒，使光線在暗室中投射出紅、黃、綠、藍及白(不包玻璃紙)等五種色光及紫外光。
2. 保麗龍蛋糕盒蓋周圍插入三根 30cm 木條當作支柱，並在中間挖洞以利放置手電筒。
3. 將黑色書面紙鋪在桌上，利用保麗龍盒蓋(半徑 20cm)畫出圓圈。
4. 利用自製磁力紙杯將螃蟹置於書面紙圓圈中間分別以固定及搖動方式照射不同色光，觀察螃蟹行為並記錄離開色光範圍所需的時間。

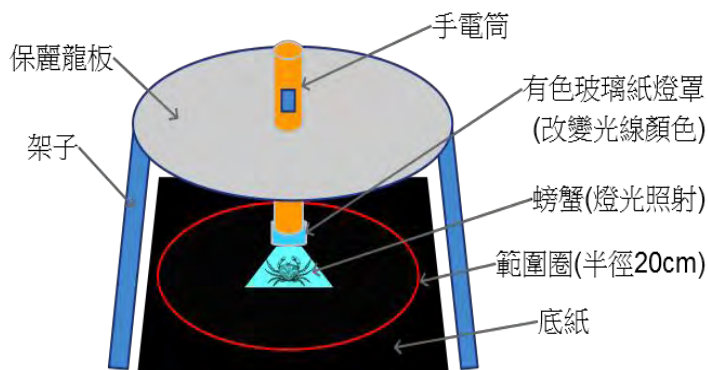


圖 17A. 太空船照射法示意圖

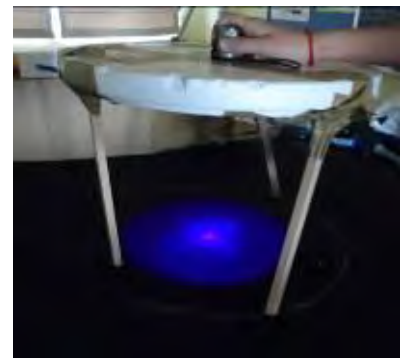


圖 17B 太空船照射法實景

## 問題六、無齒螳臂蟹對不同的形狀、大小、速度的遮影會不會有不同的避敵反應？

### 實驗六 A：單擺飛影法 (遮影搖擺晃動)

#### (一) 研究說明：

根據「實驗三」，遮影靠近，螃蟹會迅速逃離或躲入洞中。所以想知道，螃蟹對於不同的光影是否有判斷性，能知道對方是否有危險性，進而採取逃離反應。

我們利用單擺原理，透過棉繩擺盪紙卡，製造影子搖擺的效果，因此我們稱為此方法為「單擺飛影法」。

#### (二) 研究步驟：

1. 準備直徑 60cm 洗澡盆，放入保麗龍，鋪上塑膠袋，覆上 5 公分後原棲息地的土壤。

- 2.將黑色紙卡分別剪成邊長寬 10\*10cm、15\*15cm、20\*20cm 大小的正方形，5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的長方形，對角線 5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的菱形，面積 50 平方公分(1：0.5)、200 平方公分(1：1)、800 平方公分(1：2)的鳥影（磯鷗）形狀。
- 3.利用簡報棒及腳架製作單擺裝置。利用棉繩將紙卡吊起，綁在簡報棒上。
- 4 依形狀、大小、速度分別調整紙卡高度為 10、30、50cm 及棉繩長度 10、25、40cm。
- 5.將懸吊的紙卡拿起與桌面垂直後放下，使遮影搖擺。
- 6.記錄螃蟹接觸半徑 30cm 盆邊的時間及移動速率。

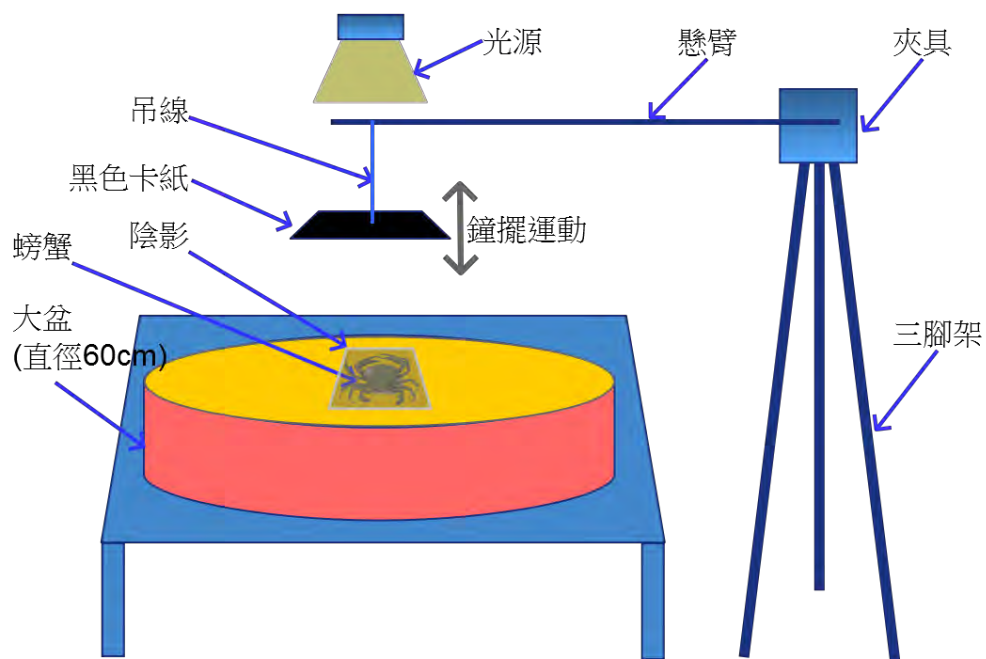


圖 18 單擺飛影法示意圖

### 實驗六 A-1：改變遮影高度試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取實驗六 A 步驟 2 中，邊長寬 10\*10cm、15\*15cm、20\*20cm 大小的正方形，5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的長方形，對角線 5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的菱形，面積 50 平方公分(1：0.5)、200 平方公分(1：1)、800 平方公分(1：2)的鳥影（磯鷗）形狀。
2. 同實驗六 A 步驟 1、3。
3. 調整懸吊紙卡的棉繩長度 25cm。
4. 調整紙卡高度為 10、30、50cm。
5. 同實驗六 A 步驟 5、6。

### 實驗六 A-2：改變遮影大小試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取實驗六 A 步驟 2 中，邊長寬 10\*10cm、15\*15cm、20\*20cm 大小的正方形，5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的長方形，對角線 5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的菱形，面積 50 平方公分(1：0.5)、200 平方公分(1：1)、800 平方公分(1：2)的鳥影（磯鷗）形狀。
2. 同實驗六 A 步驟 1、3。
3. 調整懸吊紙卡的棉繩長度 25cm。
4. 調整紙卡高度為 10、30、50cm。
5. 同實驗六 A 步驟 5、6。

### 實驗六 A-3：改變遮影形狀試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取實驗六 A 步驟 2 中，邊長寬 15\*15cm(面積 225 平方公分)的正方形、10\*20cm(面積 200 平方公分)的長方形、對角線 15\*30cm(面積 225 平方公分)大小的菱形(因面積接近)及模擬磯鷗 1：1 鳥影大小(面積約 200 平方公分)的紙卡各一張。
2. 同實驗六 A 步驟 1、3。
3. 調整懸吊紙卡的棉繩長度 25cm。
4. 調整紙卡高度為 10、30、50cm。
5. 同實驗六 A 步驟 5、6。

### 實驗六 A-4：改變遮影移動速度試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取實驗六 A 步驟 2 中，邊長寬 15\*15cm 的正方形、10\*20cm 的長方形、對角線 10\*20cm 大小的菱形面積 200 平方公分(1：1)的鳥影（磯鷗）形狀，各一張紙卡。
2. 同實驗六 A 步驟 1、3。
3. 調整懸吊紙卡的棉繩長度分別為 10cm、25cm、40cm，讓搖擺速度有快、中、慢之區別。
4. 調整紙卡高度為 30cm。
5. 同實驗六 A 步驟 5、6。

## 實驗六 B：旋轉馬達飛影法 (遮影同方向平移進入)

### (一)研究說明：

由於「單擺飛影法」的遮影是搖擺方式，但我們發現螃蟹的天敵鳥類大多是以平移方式飛行，且單擺飛影法中的紙卡搖擺到後段，遮影速度會減緩，導致明暗像差減小，紙卡大小重量也會影響擺動情形，所以我們利用減速馬達等裝置，設計遮影平移飛入，再次檢測。由於是利用馬達旋轉使遮影以平移方式飛入，因此為便於說明，我們稱此方法為「旋轉馬達飛影法」。

### (二) 研究步驟：

1. 準備直徑 60cm 洗澡盆，放入保麗龍，鋪上塑膠袋，覆上 5 公分後原活動地的土壤。
2. 將黑色紙卡分別剪成長寬 10\*10cm、15\*15cm、20\*20cm 大小的正方形、5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的長方形、對角線 5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的菱形，面積 50 平方公分(1：0.5)、200 平方公分(1：1)、800 平方公分(1：2)的鳥影（磯鷗）形狀。
3. 利用腳架、減速馬達製作飛影裝置。
4. 依實驗調整形狀、大小，分別將紙卡黏在懸臂上。
5. 啟動馬達開關，調整轉速，使遮影平移飛入。
6. 記錄螃蟹接觸半徑 30cm 盆邊的時間及移動速率。

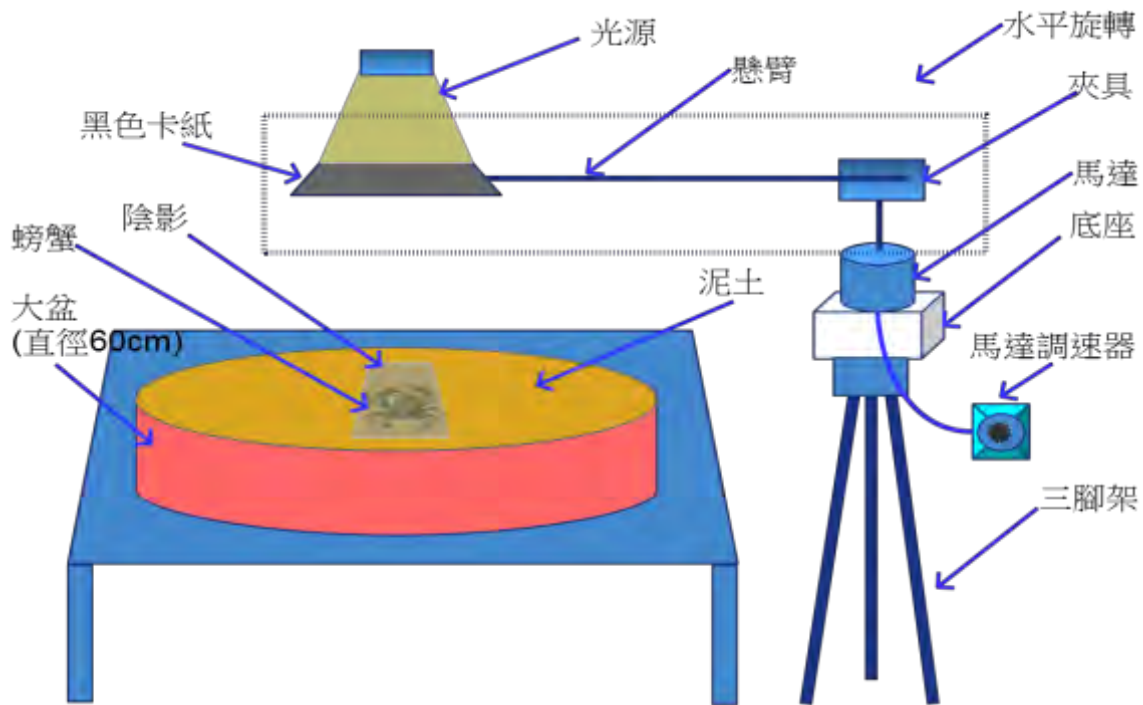


圖 19 旋轉馬達飛影法裝置示意圖

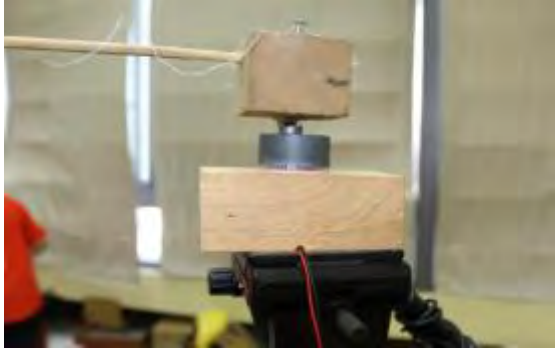


圖 20 使遮影轉動的減速馬達裝置



圖 21 旋轉馬達飛影法測試

### 實驗六 B-1：改變投影高度試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取**實驗六 B 步驟 2**中，邊長寬 10\*10cm、15\*15cm、20\*20cm 大小的正方形，5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的長方形，對角線 5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的菱形，面積 50 平方公分(1：0.5)、200 平方公分(1：1)、800 平方公分(1：2)鳥形。
2. 同**實驗六 B 步驟 1、3、4**。
3. 利用腳架調整紙卡**高度為 10、30、50cm**。
4. 調整遮影轉速約每分 120 轉。
5. 同**實驗六 B 步驟 5、6**。

### 實驗六 B-2：改變遮影大小試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取**實驗六 B 步驟 2**中，邊長寬 10\*10cm、15\*15cm、20\*20cm 大小的正方形，5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的長方形，對角線 5\*10cm、10\*20cm、15\*30cm 大小的菱形，面積 50 平方公分(1：0.5)、200 平方公分(1：1)、800 平方公分(1：2)鳥形。
2. 同**實驗六 B 步驟 1、3**。
3. 利用腳架調整紙卡**高度為 10、30、50cm**。
4. 調整遮影轉速約每分 120 轉。
5. 同**實驗六 B 步驟 5、6**。

### 實驗六 B-3：改變遮影形狀試驗

#### (一) 研究步驟：

1. 選取**實驗六 B 步驟 2**中，邊長寬 15\*15cm(面積 225 平方公分)的**正方形**、10\*20cm(面積 200 平方公分)的**長方形**、對角線 15\*30cm(面積 225 平方公分)大小的**菱形**(因面積接近)及**模擬磯鷗 1：1 鳥影大小**(面積約 200 平方公分)的紙卡。

2. 同實驗六 A 步驟 1、3。
3. 調整紙卡高度為 10、30、50cm。
4. 調整遮影轉速約每分 120 轉。
5. 同實驗六 B 步驟 5、6。

#### 實驗六 B-4：改變遮影搖擺速度試驗

##### (一) 研究步驟：

1. 選取實驗六 B 步驟 2 中，邊長寬 15\*15cm 的正方形、10\*20cm 的長方形、對角線 10\*20cm 大小的菱形面積 200 平方公分(1：1)的鳥影（磯鶻）形狀，各一張紙卡。
2. 同實驗六 A 步驟 1、3。
3. 調整紙卡高度為 30cm。
4. 調整遮影轉速約每分鐘分別為 180、120、60 轉等快、中、慢的轉速。
5. 同實驗六 B 步驟 5、6。

#### 問題七、永晝及永夜會不會影響無齒螳臂蟹對挖洞築巢。

##### 實驗七：探究光線對無齒螳臂蟹對挖洞築巢的影響。

##### (一) 研究步驟：

1. 準備三箱長、寬、高分別為 30\*20\*25cm 的觀察箱。
2. 觀察箱裝入從「觀察地點 D」採集的土壤，因實地環境常有淺灘，為模擬環境，我們製作出高 10cm 陸地及淺灘區(水深 2cm)。
3. 將觀察箱分為永晝、永夜及對照(正常光照)三組，每組放入背甲寬約 2.5cm 的雄性螃蟹三隻。
4. 每天觀察記錄挖洞情形，連續紀錄七天。



圖 22. 倒入原活動區土壤



圖 23 製作陸地及淺灘區



圖 24. 加水約 2cm 深，放入螃蟹觀察

## 伍、研究結果

問題一、無齒螳臂蟹棲息的環境怎樣呢？

觀察一：牠的居住環境怎樣呢？

結果：

(參考表 1. 環境觀察說明表)

1. 無齒螳臂蟹在淡水河沿岸(華中橋~忠孝橋河段)的分布族群數量以忠孝橋至中興橋間河段最多，棲息環境與自行車步道接近。
2. 主要棲息在河岸上位邊坡處，垃圾及雜物很多混雜土堆中。
3. 華翠橋及萬板橋光雕顏色較多，且會交互變換，華中橋及忠孝橋顏色較單一，沒有顏色變換。
4. 廢水口的溝狀邊坡處，也常發現許多洞穴，抗污性似乎很高。
5. 採集過程中發現，洞穴部分有多隻無齒螳臂蟹聚集，多為 1 雄性 1 或 2 雌性。洞穴多互通。
6. 白天也有活動，對人的警覺心較高，夜間活動，警覺心較低。

問題二、無齒螳臂蟹喜歡吃什麼？

實驗二：無齒螳臂蟹食性試驗

A. 野外觀察：

表 2 野外取食種類觀察表

食物種類	土壤	葉 (黃槿等)	莎草莖	花 (黃槿)	苔蘚	骨頭	螃蟹腳
次數	100 次 以上	5	3	3	1	1	1



圖 25 取食苔蘚



圖 26 取食黃槿花



圖 27 取食骨頭

## B.室內實驗：

表 3.取食重量記錄表

食 物	小魚乾	豬肉絲	地瓜	蘋果
取食重量(g)	2.1	1.2	1.7	0.2
排序	1	3	2	4



圖 28 魚乾剛放入，立刻取食



圖 29 小魚乾被吃很多



圖 30 地瓜也有取食痕跡

### 結果：

- 1.四種食物皆有食用。
- 2.小魚乾的食用最多。
- 3.無齒螳臂蟹為雜食性，對於肉類特別喜愛。

### 問題三、無齒螳臂蟹的避敵反應？

#### 觀察二：觀察接近時，無齒螳臂蟹的避敵反應

#### 日間觀察：

1. 靠近時，螃蟹立刻躲入洞中，第一次約 3 分鐘陸續出洞，第二次約 6 分鐘陸續出洞。
2. 選定一隻螃蟹，第一次緩慢揮動手影，螃蟹未入洞，第二次快速揮動，螃蟹立刻躲入洞中。



圖 31 觀察地點



圖 32 靠近時立刻躲入洞中



圖 33 間隔 3~6 分陸續出洞





圖 34 手影快速揮動



圖 35 立刻躲入洞中

### 夜間觀察：

1. 躲入洞中的速度較白天慢。
2. 體型較大的螃蟹(背甲寬約 4cm)有揮螯抵禦行爲(如圖 36,37)，移動緩慢。
3. 體型較小的螃蟹較敏感，移動速度也較快。
4. 雄性螃蟹避敵移動速度較雌性慢。



圖 36.無齒螳臂蟹抵禦行爲



圖 37 遇威脅舉螯威嚇

### 實驗三：無齒螳臂蟹避敵試驗

表 4. 避敵行爲記錄表

編號	1	2	3	4	5	6	7
背甲寬(mm)	15.7	16.8	19	19	23	24	25
離開半徑 30cm 範圍圈的移動 時間(sec)	5.5	6.2	2.2	2.5	11.3	3.4	6.2
排序	4	5	1	2	6	3	5

結果：

1. 靠近時會快速移動躲避威脅。
2. 碰觸時，部分會先縮著身體，等待一段時間才跑走。
3. 評估決定以移動速率快慢為遭受威脅行為依據。
4. 體型不同的螃蟹，面對威脅的反應程度也不相同。

問題四、無齒螳臂蟹喜歡光線嗎？正、負趨光性如何？

實驗四：無齒螳臂蟹正、負趨光性試驗

表 5. 正、負趨光性記錄表

觀察時間	性別	時間 天數	8	10	11	12	13	14	15	16	17	
3/10~3/12	雄性	1	B	B	B	B	A	A	B	B	B	
		2	B	B	A	B	B		A		A	
		3	B	B	B	A	B		A	B	B	
	雌性	1	B		B	B	B	B	B	A	B	B
		2	B	B		B	A		A	A	B	
		3	B	B	B	B	A		B	B	A	
5/27~5/29	雄性	1	B	B	B	B	B	A	B	A	B	
		2	B	B	B	B	B			B	A	
		3	B	B	B	B	B	B	B	B		
	雌性	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
		2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
		3	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

註：A=螃蟹位在光亮處 B=螃蟹位在黑暗處

表 6. 正、負趨光性統計表

種類	A 箱(雄)	B 箱(雌)	總共(次)
光亮處	10	6	16
黑暗處	38	43	81
特殊行為觀察	活動力強、常在交界處、 挖淺洞	多在暗處趴著	

結果：

1. 無齒螳臂蟹對光線有負趨光性，較不喜歡亮處，但白天晚上均有活動。
2. 雄性蟹白天時常在亮面及暗面交界靠近暗面處靜止不動。
3. 在光亮處時，也有取食的行為。

問題五、無齒螳臂蟹對不同顏色的光線會有什麼反應？

實驗五 A：手持照射法

結果：

- 1.燈照高度無法精準控制。
- 2.無法準確判斷離開範圍。
- 3.手部易干擾螃蟹判斷，造成誤差。

實驗五 B：太空船照射法

表 7：太空船照射法：色光固定照射記錄表

照射方式	色光種類	紅	黃	綠	藍	紫外光	白	無光線
固定照射	離開半徑 20cm							
	範圍圈平均移動速率(公分/秒)	2.6	1.0	1.9	2.1	4.0	1.1	2.9

表 8：太空船照射法：色光搖動照射記錄表

照射方式	色光種類	紅	黃	綠	藍	紫外光	白	無光線
搖動照射	離開半徑 20cm							
	範圍圈平均移動速率(公分/秒)	1.7	1.9	2.1	3.5	5.8	3.0	2.9

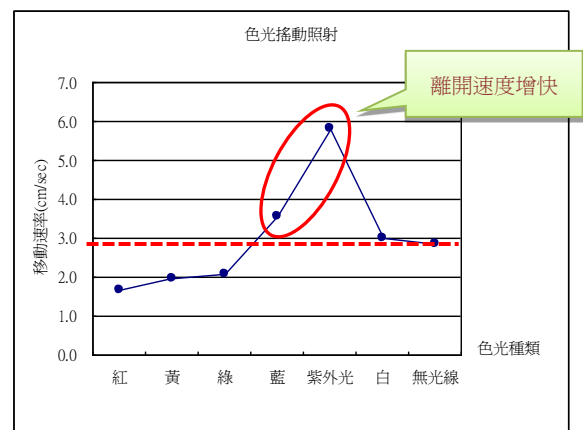
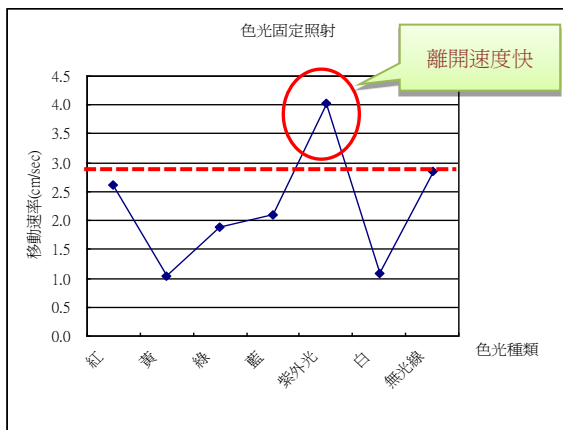


圖 38：太空船照射法：色光固定照射統計圖

圖 39：太空船照射法：色光搖動照射統計圖

結果：

1. 光線固定照射時除紫外光，無齒螳臂蟹對其他光線的逃離反應不明顯。
2. 無齒螳臂蟹對搖動的光線較敏感。
3. 搖動照射時，螃蟹對藍光及紫外光的移動速度較快。
4. 光線搖動時，波長越短，影響螃蟹越明顯。
5. 至戶外觀察，但由於實驗對象易逃離，只能以手持式照射初步評估確定。結果：對搖動的藍光及紫外光確實有反應。



圖 40 手持照射

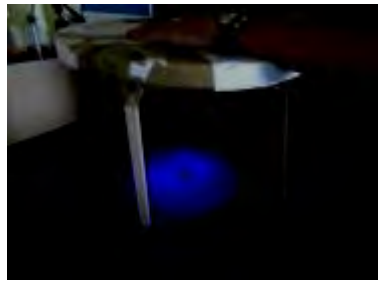


圖 41 利用裝置照射紫外光



圖 42 進行野外測試，進行現場確認

問題六、無齒螳臂蟹對不同的形狀、大小、速度的遮影會不會有不同的避敵反應？

實驗六 A：單擺飛影法

實驗六 A-1、A-2：改變遮影高度、大小試驗

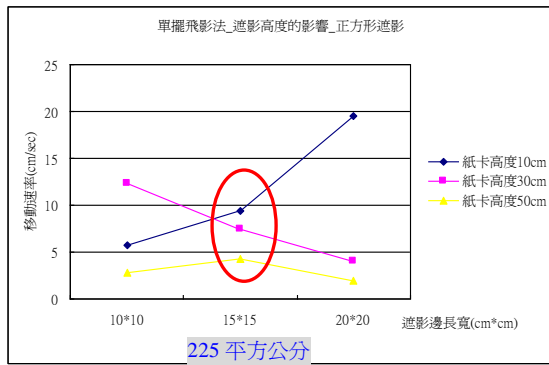


圖 43. 正方形遮影高度與大小曲線圖

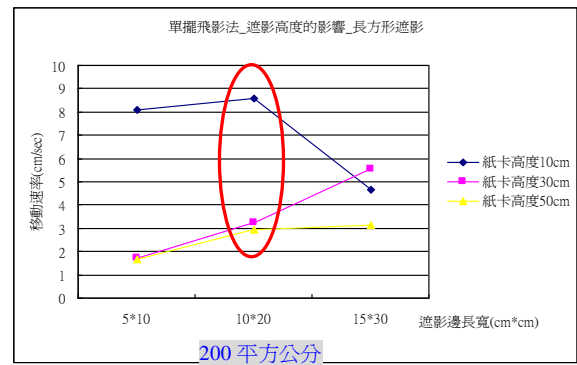


圖 44. 長方形遮影高度與形狀大小曲線圖

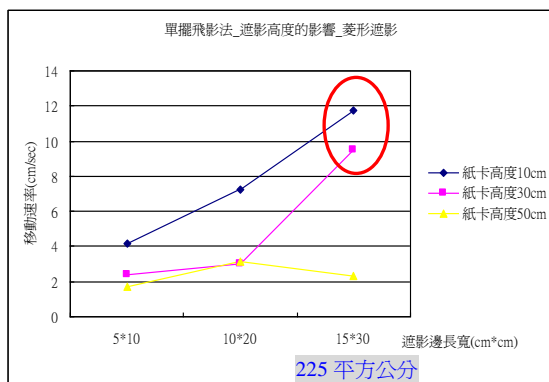


圖 45. 菱形遮影高度與形狀大小曲線圖

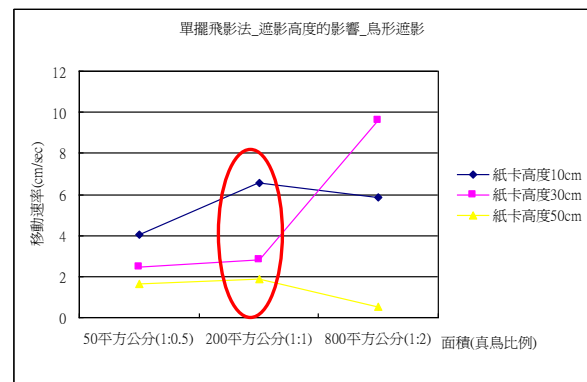


圖 46. 鳥形遮影高度與形狀大小曲線圖

結果：

1. 搖擺最低處的高度越低，對螃蟹的威脅較大。
2. 紙卡高度置於螃蟹高 50cm 時，螃蟹逃離速率較慢。
3. 面積約 200 平方公分時，螃蟹逃離速度較快。
4. 鳥形遮影中，紙卡大小與真實磯鶇大小為 1：1 時，螃蟹逃離速度較快。

## 實驗六 B：旋轉馬達飛影法

### 實驗六 B-1、B-2：改變遮影高度、大小試驗

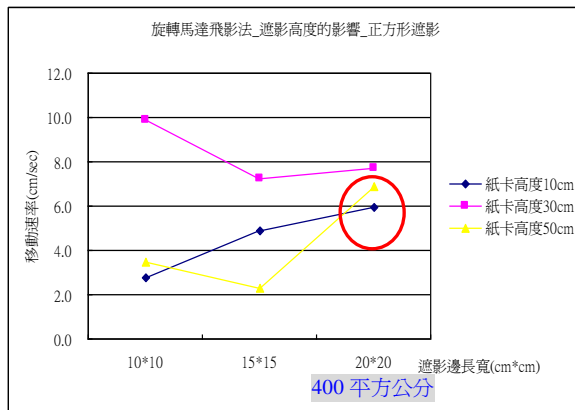


圖 47. 正方形遮影高度與形狀大小曲線圖

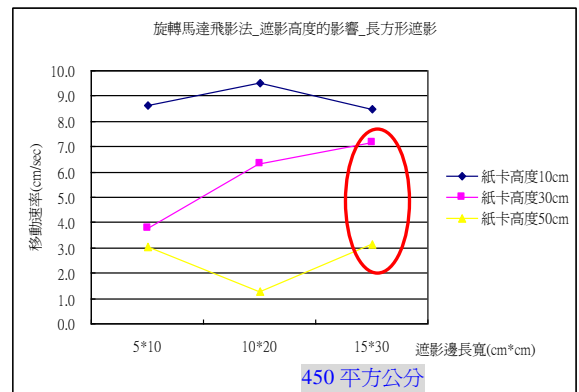


圖 48. 長方形遮影高度與形狀大小曲線圖

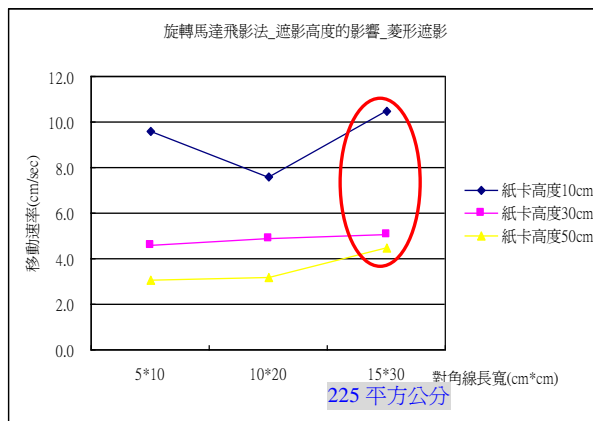


圖 49. 菱形遮影高度與形狀大小曲線圖

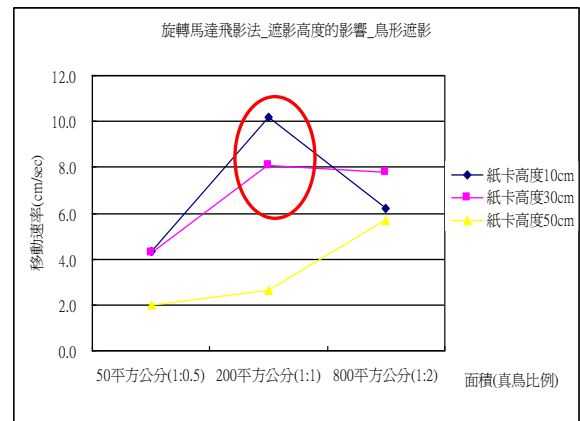


圖 50. 鳥形遮影高度與形狀大小曲線圖

### 結果:

- 1.除正方形外，紙卡高度置於螃蟹高 10cm，螃蟹逃離 速率較快。
- 2.正方形、長方形紙卡面積約 400 平方公分、菱形、鳥形約 200 平方公分的遮影對螃蟹較具威脅。
- 3.紙卡高度越高，對螃蟹威脅較低。

實驗六 A-3、實驗六 B-3：改變遮影形狀試驗

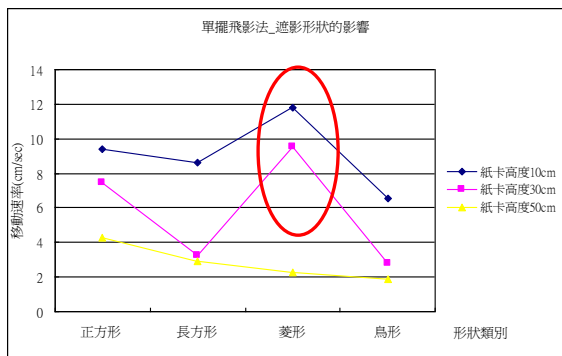


圖 51. 單擺飛影法---遮影形狀影響曲線圖

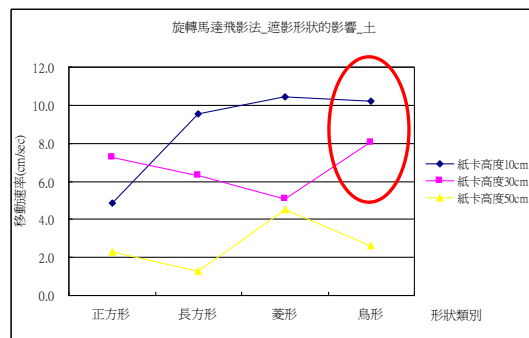


圖 52. 旋轉馬達飛影法---遮影形狀影響曲線圖

結果：

1. 遮影搖擺方式，菱形的遮影對無齒螳臂蟹干擾較大。
2. 遮影平移飛入方式，模擬鳥影形狀的遮影對無齒螳臂蟹干擾較大。

實驗六 A-4、實驗六 B-4：改變遮影移動速度試驗

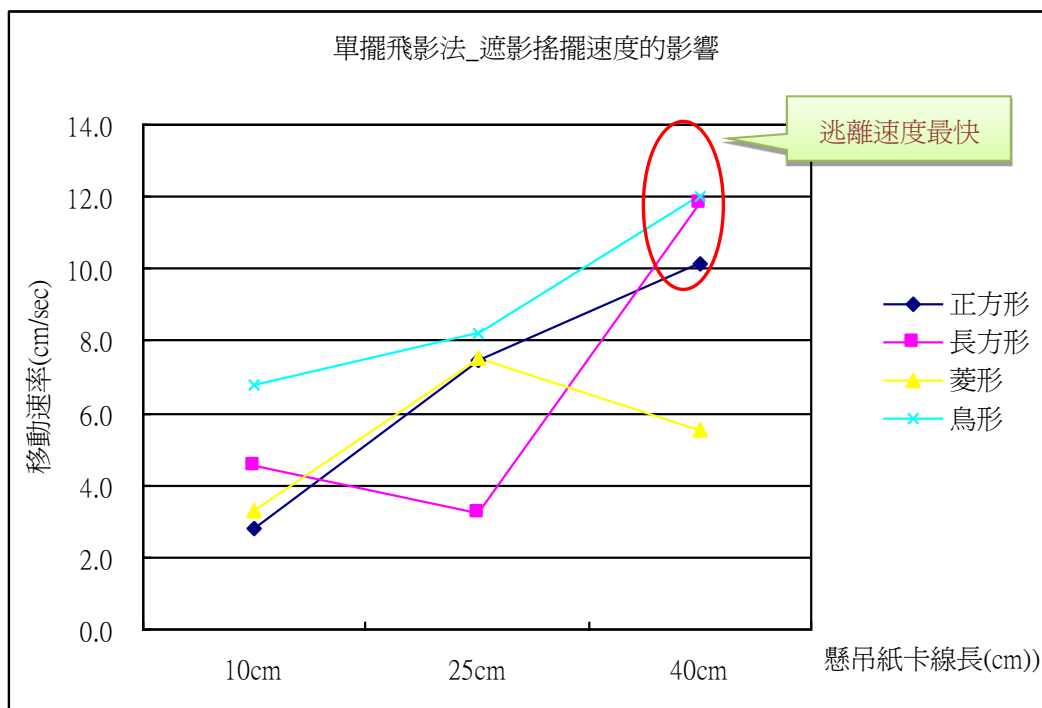


圖 53. 單擺飛影法---遮影擺動速度影響圖

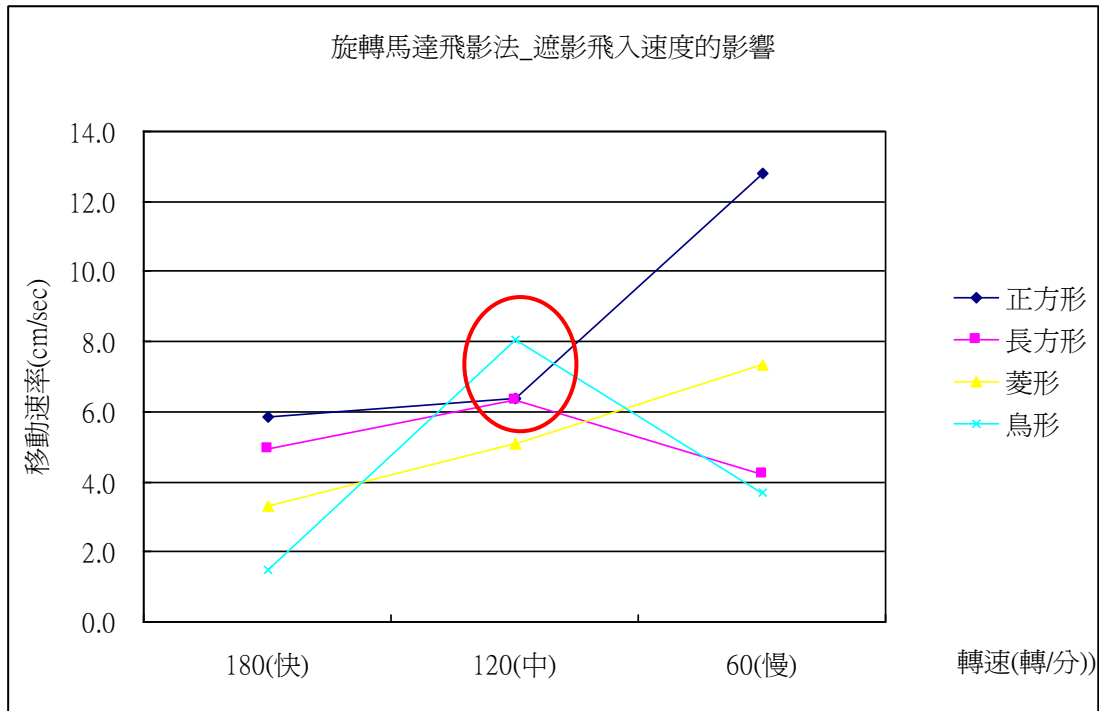


圖 54.旋轉馬達飛影法---遮影飛入速度影響圖

結果：


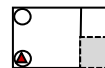
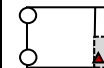
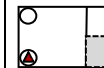
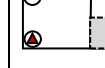
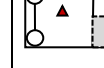
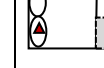
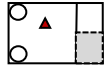
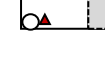

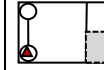
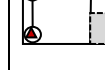
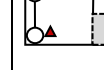
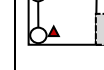
- 1.遮影搖擺方式，懸吊紙卡的繩子越長，導致搖擺距離越大，對無齒螳臂蟹逃離行為影響也較大。修正改由「旋轉馬達飛影法」再次進行探討。
- 2.遮影平移飛入方式，每分鐘 180 轉(較快轉速)，螃蟹逃離速率較慢，長方形及鳥形遮影中，每分鐘 120 轉的中等轉速對無齒螳臂蟹逃離行為影響較大。

問題七、永晝及永夜會不會影響無齒螳臂蟹對挖洞築巢。

實驗七：探究光線對無齒螳臂蟹對挖洞築巢的影響。

表 9：光線影響挖洞紀錄表

日期 時間 組別	3/8 0735	3/9 0845	3/10 0820	3/11 0820	3/12 0830	3/13 1140	3/14 0800
永晝				 4-3.5-5	 4-5-2	 4.5-6-1	 4-7-8
位置、 行爲	未挖洞，在淺水不動，沒入水中	陸地、下凹有輕微挖洞痕跡	陸地	挖兩淺洞一深洞，躲入淺洞中	淺水	淺水	在水中

永夜	深 1cm  深 1cm	3-3.5-4  3.5-3.5-4	4-4-4  3.5-4-5	4-4-4  4-4-4	5-4-4  4-4-6	5-4-4  4-4-6	
位置、 行爲	淺洞、深 1cm	淺水	淺水、	淺水、洞中 有水	洞中	兩洞相通	泡在淺水 中
對照	深 3cm 有水  深 1cm 有水	1.5-1-1  3-2-2	2-1.5-1.5  3.5-3-2.5	2-2-2  3.5-3-3	3-2.5-2  4-3.5-3	3-2.5-2  4-3.5-3	2.5-2-2  3-3-3
位置、 行爲	陸地	陸地、洞口	陸地	淺水、洞中	淺水、洞中	陸地	陸地

\*註：▲ 螃蟹位置

挖洞行爲歸納如下：

表 10：光線影響挖洞歸納表

光線照射時間	洞穴	挖洞行爲
永晝	A. 1 個洞，洞下有水	第 4 天有挖洞
永夜	A. 2 個深洞，洞下有水	第 1 天有挖洞
正常日照	A. 2 個洞，不深	第 1 天有挖洞



圖 55 永晝組第二天挖洞情形



圖 56 永夜組第二天挖洞情形



圖 57 正常日照組第二天挖洞情形

結果:

1. 永夜組挖洞速度及深度皆較其他兩組多。
2. 永晝組挖洞速度較慢。
3. 永夜組及對照組第 1、2 天挖洞速度較快。
4. 第四天後便少有挖洞行爲。



## 陸、討論

1. 如何評估螃蟹感受威脅的程度？一開始我們也感到困擾，因為螃蟹也有可能像人類一樣，面對相同的威脅可能會有不同的反應，如何將所受到的威脅標準化，藉此評估威脅的大小？我們曾想過利用計算螃蟹行走的震動程度來決定螃蟹的害怕程度，但因震動幅度微弱，裝置技術無法突破，只好作罷。後來我們發現，螃蟹受到干擾或驚嚇時多數會迅速跑入洞中，所以我們決定要用速度來做評估。但經觀察及實驗，發現無齒螳臂蟹面對光影時，部分會先停頓一下，才決定要快跑還是慢走。經討論後，我們決定記錄開始移動時間至接觸 30 公分半徑範圍時間，計算其速率，以代表螃蟹所受的威脅程度。
2. 體型、性別不同的螃蟹，面對干擾或驚嚇的反應程度也不相同，因此我們進行實驗時都盡量選用體型差不多，雄、雌均數的螃蟹來進行。
3. 「實驗三」中，我們發現無齒螳臂蟹大部分會在暗處。根據錄影觀察，放置永晝組的螃蟹，在凌晨 3、4 點也有頻繁的取食行為，永夜組的螃蟹則沒那麼頻繁，所以我們推測照明時間增加，應該會改變螃蟹覓食的時間。
4. 我們在實驗五中選用色光是依據波段長短，選用紅、黃、綠、藍四種不同色光照射無齒螳臂蟹，利用「手持照射法」初步發現，螃蟹對搖動的藍光反應較大，因此增加紫外光來驗證波長越短影響越大。
5. 進行遮影對螃蟹的影響實驗中，我們發現，如果連續針對同一隻螃蟹進行試驗，越到後來，越不害怕，可能是發現沒有威脅性。因此我們改成不同隻輪流實驗，讓牠們有充足休息，以減少誤差。
6. 要如何改變遮影飛入的速度呢？我們想到利用單擺的擺繩愈短，擺動速度愈快的特性來改變遮影的速度。但實驗結果後發現，遮影飛入時間越慢，螃蟹逃離速率越快，這和我們預期的不太一樣，經討論後發現，擺繩越短，遮影擺動的像差越不明顯，導致螃蟹一開始會先評估，確定無威脅後便無逃離反應。針對這樣的問題，於是我們利用減速馬達及可變電阻可調節速度的特性製作「旋轉馬達飛影法」裝置，進行再次探討，測試螃蟹對平移且不同速度遮影的逃離反應有何不同。

7. 進行遮影飛入試驗時，我們原本將螃蟹放在紙上測試，後來為更符合實地環境，所以我們想改成在土壤地測試。但要用什麼容器裝土呢？土要多厚呢？土的濕度要如何控制？一連串的問題，我們想了很久，後來我們偶然在超商看到大洗澡盆，於是我們決定使用，盆內用保麗龍墊高以減少土壤的使用，避免破壞螃蟹環境。濕度控制上，土壤先曬乾後加固定水量濕潤，厚度約5公分，並鋪平。
8. 關於遮影形狀的設定，我們認為長方形及菱形影子和鳥影較接近，所以選用這兩種形狀，後來覺得還是有所不同，所以我們決定加入實際大小的鳥影模擬。但要用什麼種類的鳥影呢？根據我們的觀察，河岸邊較常出現捕食螃蟹的鳥類有小白鷺、夜鷺、磯鷗等，但鷺科鳥類多在河道旁等待獵食，而磯鷗會迅速飛行，並降落取食，所以我們決定以磯鷗的飛影作為模擬對象。
9. 從實驗六中的結果中我們發現，無齒螳臂蟹對於遮影形狀、大小、高度有牠的選擇性。此外螃蟹遮影的高度越高，螃蟹感受的威脅較低，移動速率相對較慢。此外從實驗六 B-3 結果中，螃蟹對 1：1 大小的鳥形遮影較害怕，這點合乎我們的推測。綜合以上，我們認為螃蟹應有辨識不同遮影形狀、大小、遠近等型態，判斷是否面臨威脅的能力。
10. 原本以為，遮影移動速度越快，螃蟹的移動速率也應越快，結果卻不是。我們認為，可能是因為速度太快並持續，使光影的差異不明顯，導致螃蟹較不易感受到的威脅，所以逃離速度不快。
11. 光線會不會影響無齒螳臂蟹挖洞築巢呢？根據我們的試驗，只能初步判斷挖洞速度及挖洞數量的差別，但不能完全確定在明亮的光線下是否會改變無齒螳臂蟹挖洞行為，關於這點，我們希望未來能再做長期的棲地觀察，便能更加確定。

## 柒、結論

1. 無齒螳臂蟹遇干擾或威脅的反應主要為迅速躲入洞中、逃離，體型較大者有舉螯威嚇行為，如非常接近、碰觸，部分會縮著不動。
2. 無齒螳臂蟹多會在暗處活動，白天也會至光亮處取食。
3. 無齒螳臂蟹對固定不動的色光逃離反應較不明顯，無齒螳臂蟹較不喜歡搖動的光線。
4. 搖動光線中，波長越短，無齒螳臂蟹的移動反應較明顯。
5. 無齒螳臂蟹對不同形狀、高度、大小、速度的遮影會有不同的反應。

6. 根據實驗結果我們提出以下建議：
  - a. 夜間河岸邊光源須避免太明亮---依實驗四、實驗七結果建議。
  - b. 橋樑光線投影，以固定光源較佳，盡量不要閃爍變化---依實驗五結果建議。
  - c. 自行車道河岸邊的長草盡量不要割除，減少光影及人為的干擾---依實驗五、實驗六結果建議。

## 捌、參考資料及其他

1. 李榮祥(2001)。台灣賞蟹情報 臺北市:大樹文化事業股份有限公司
2. 劉烘昌、王嘉祥(2010)。45種台灣濕地常見螃蟹圖鑑 臺北市:社團法人臺灣野鳥學會
3. 陳羿帆、蔡佳茹、葉心寧、陳品堯、王真瑜 (無日期)。(沙中精靈-短趾和尚蟹特殊行為的研究)中華民國第四十四屆中小學科學展覽會  
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080303.pdf>
4. 吳青原、洪郁瑋 (無日期)。紅樹林的隱士—相手蟹生態習性觀察研究 中華民國第四十二屆中小學科學展覽會  
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/d/3/030314.pdf>
5. 潮間帶的精靈-無齒螳臂蟹 2012年12月22日取自第十一屆台灣網界博覽會網頁  
<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2007/c28093245/main/19.htm>
6. discovery 螃蟹使用統計躲避捕食者 2012年11月23日取自 動物星球頻道網頁

## 【評語】 080317

1. 此作品探討無齒螳臂蟹對搖動光影的行為模式，並自行製作模型以及器具進行研究。觀察仔細，並從事多次野外活動以及攝影，團隊默契佳。
2. 作者所設計以及自行製作的實驗器材創意佳，若能對光影大小及無齒螳臂蟹行為作更有系統性的描述將會加強此作品的說服力。