

中華民國第四十五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

040705

聲音對魚類行為影響之探討

臺北縣立永平高級中學

作者姓名：

高二 吳佳宣 高二 劉守泉 高二 陳怡瑾

高二 黃宣豪

指導老師：

楊惠芬

第 45 屆
中小學科展展覽會
作品說明書



科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：聲音對魚類行為影響之探討

關鍵詞：魚、聲音

編號：

壹、摘要

透過以下的實驗，我們假設魚可以經由制約的過程，達到我們預期的研究結果。由數據以及折線圖的結果來判斷—魚可以確切接收到聲音、處理聲音訊息，並對聲音產生條件反射。預備實驗一、二中，我們所進行的訓練，是為了測試魚是否具備基本的聽力，並觀察魚的行為；在實驗一中，魚對聲音產生適應並熟悉通道，經飼料制約之後可以正確判斷單方向音源；實驗二則是驗證實驗一，證明魚不是聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音而游過來；在實驗三中，魚對雙隔板產生適應並熟悉通道，經飼料制約之後可以正確判斷雙方向音源；實驗四為驗證實驗三，證明魚能判斷雙方向音源，同時也證明魚不是聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音而游過來。

另外，預備實驗一之後，利用數量較多的魚，證明多數魚也有相同反應，獲得理想的數據。經過長期的實驗過程，我們證實，魚在訓練後可以對聲音產生特定行為。

此外，為了了解不同魚種間的音源方向辨認能力，使用了三種不同的魚種，進行外來種與本土種之間能力的比較，同時於大小不同科之間做比較。

貳、研究動機

當我們在日常生活中聽到聲音，產生反應，也常看到其他動物聽到特定的聲音就會執行特定的動作，但是有沒有人想過魚類是否也可以做出類似的事情，是否跟其他生物一樣，對特定的聲音產生特定的動作？

參、研究目的

- 一、設計一套實驗，檢驗魚的辨音能力。
- 二、以聲音制約魚的行為。
- 三、魚是否能判斷聲音來源。

肆、研究設備及器材

- 一、飼養設備：2 呎魚缸×2、1 呎半魚缸×1、小魚缸×4（15cm×10cm）、魚網×1、孔雀魚及琉金飼料各×1、光合作用菌、水質穩定劑、加熱棒、過濾器、珊瑚砂、滅菌液、速健液
- 二、研究對象：10 隻琉金（學名為 *Carassius auratus*，屬於動物界、脊索動物門、硬骨魚綱、鯉形目、鯉科）、15 隻孔雀魚（學名為 *Poeciliareticulata*，俗名 Guppy，屬於動物界、脊索動物門、硬骨魚綱、鯉齒亞目、花鱗科）、台灣蓋斑鬥魚（學名為 *Macropodus opercularis*(Linnaeus)，屬於動物界、脊索動物門、硬骨魚綱、鱸形目、鬥魚科、鬥魚屬）
- 三、實驗工具：不透明隔板（28.4cm × 30cm 厚 0.5cm）×4、352、362、367、411Hz 的音叉各 1 支、音錘×1、隔熱紙數張、計時器、自製設備(活動門)。



圖 1 定音音叉 (頻率固定)



圖 2 不透明隔板 (避免魚看到飼料)

伍、研究過程或方法

一、研究方法

- (一) 利用魚覓食的天性，用飼料做為誘因，來增強牠們的學習動機以展現牠的辨聲能力。
- (二) 魚必須在**指定秒數內**，**通過指定通道**，才算成功。
- (三) 爲了實驗的需要，我們將**隔板放入固定位置**，使牠們接觸該實驗器材，並熟悉隔板上之通道。
- (四) 爲了證明魚是否能藉由聲音判斷聲音的來源，我們先讓牠們習慣隔板，隔板上有通道，我們在隔板上鑽了許多**半徑 0.2cm 的小洞**，這是避免隔板吸取太多聲音的能量。
- (五) 我們所有的實驗盡量在定溫下進行，音叉敲擊的力道與位置也盡量固定。除了每天中午 12：40—12：50 以及下午 5：40—5：50 兩次訓練外，其餘的時間都處在極安靜的狀態。爲了降低各種潛在因素可能造成的干擾，以期爲魚提供條件穩定的實驗環境。
- (六) 實驗一設計的原因是怕單一個體無法呈現出較爲客觀的數據，所以決定用**魚的數量**來證明我們的觀點是正確的。而在實驗一中的隔板上加上了黑色膠帶原因是怕魚「看到」飼料而不是「聽到」聲音產生反應，實驗二、四中亦證明了魚不是看到飼料，而是聽到聲音產生反應。

二、研究過程

- (一) 預備實驗一：**測試魚對單一頻率聲音的辨認**

實驗日期：**93/11/1~93/11/4**

1. 收集資料，了解魚的習性以及養魚知識。
2. 將 4 隻琉金分別放入 4 個小魚缸。
3. 每隻魚都有其對應音叉，分別對應 352、362、367、411Hz 的音叉，敲擊音叉 3 次後餵食飼料，直到魚適應以及產生制約行爲，記錄當時情形。

<附件一>

(二) 預備實驗二：訓練魚穿過通道抵達音源

實驗日期：93/11/9～93/11/17

1. 將 4 隻預備實驗一訓練過的琉金放在一呎半的實驗缸中，在一呎半實驗缸的正中央放置鑽有通道的隔板，形成兩個相等區域，使魚 24 小時都能接觸隔板並適應環境。
2. 將魚隨機趕到一側，用 1 塊沒有洞口的隔板將通道堵住。
3. 在另一側定點敲 3 下魚所對應的音叉，每下敲擊間隔 1 秒。
4. 計時 90 秒，90 秒後開始計算指定的魚通過與否和所花費秒數，記錄當時情形。

<附件二>

(三) 實驗一：制約魚對單方向音源的辨認

實驗日期：琉金—94/2/4～94/3/4

孔雀魚—94/2/8～94/3/18

蓋斑鬥魚—94/5/12～94/5/31

1. 將 10 隻琉金及 15 隻孔雀魚分別放入 2 呎實驗缸中，在魚缸的正中央放置鑽有通道的隔板，形成 2 個相等區域，使魚 24 小時都能接觸隔板適應環境。
2. 實驗前，魚給予飢餓處理，以增強制約訓練。
3. 將魚趕到固定一側，用 1 塊沒有洞口的隔板將通道堵住。
4. 在另一側定點敲 5 下音叉（孔雀魚—352Hz、琉金—411Hz）每下敲擊間隔 1 秒。於敲第 2 下時將隔板拿起，敲第 5 下後灑下飼料。
5. 計時 15 秒，15 秒後開始計算魚通過數量，記錄當時情形。<附件三>

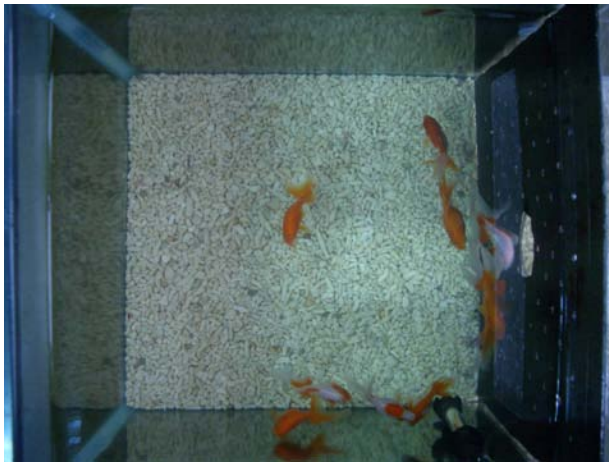


圖 3、圖 4 琉金實驗一訓練過程



圖 5、圖 6 孔雀魚實驗一訓練過程

(四) 實驗二：驗證魚對單方向音源的辨認

實驗日期：琉金與孔雀魚—94/3/28~94/4/12

蓋斑鬥魚—94/6/1~94/6/7

1. 將 10 隻琉金及 15 隻孔雀魚分別放入 2 呎實驗缸，在魚缸的正中央放置有通道的隔板，形成 2 個相等區域，使魚 24 小時都能接觸隔板適應環境。
2. 實驗前，魚給予飢餓處理，避免影響實驗結果。
3. 將魚趕到同一側，用 1 塊沒有洞口的隔板將通道堵住。
4. 在另一側定點敲 5 下音叉（孔雀魚為 352Hz、琉金 411Hz）每下敲擊間隔一秒，於敲第 2 下時將隔板拿起。
5. 計時 15 秒，15 秒開始計算魚通過的數量並灑下飼料，記錄當時情形。

<附件四>



圖 7、圖 8 蓋斑鬥魚實驗二訓練過程

(五) 實驗三：制約魚對雙方向音源的辨認

實驗日期：琉金—94/3/7~94/3/20

孔雀魚—94/5/12~94/5/25

1. 在 2 呎實驗缸中放入 2 塊隔板，使 2 呎實驗缸分成 3 個相等的區域，分別為 A（A 為實驗一的指定方向）、中央和 B。
2. 將 10 隻琉金放入 2 呎實驗缸中，使魚 24 小時都能接觸隔板適應環境。

3. 實驗前，魚給予飢餓處理，以增強制約訓練。
4. 將魚趕至中央的區域，用 2 塊沒有洞口的隔板將通道堵住。
5. 在 A、B 2 個區域隨機選一側敲擊音叉（411Hz）5 下，每下敲擊間隔 1 秒。於敲第 2 下時將隔板拿起，敲第 5 下後灑下飼料。
6. 計時 15 秒，15 秒後開始計算魚通過數量，記錄當時情形。〈附件五〉



圖 9、圖 10 實驗三訓練過程

（六）實驗四：驗證魚對雙方向音源的辨認

實驗日期：琉金—94/5/3～94/6/6

1. 在 2 呎實驗缸中放入 2 塊隔板，使 2 呎實驗缸分成 3 個相等的區域，分別為 A（A 為實驗一的指定方向）、中央和 B。
2. 將 10 隻琉金放入 2 呎實驗缸中，使魚 24 小時都能接觸隔板適應環境。
3. 實驗前，魚給予飢餓處理，避免影響實驗結果。
4. 將魚趕至中央的區域，用 2 塊沒有洞口的隔板將通道堵住。
5. 在 A、B 2 個區域隨機選一側敲擊音叉（411Hz）5 下，每下敲擊間隔 1 秒。於敲第 2 下時將隔板拿起。
6. 計時 15 秒，15 秒開始計算魚通過的數量並灑下飼料，記錄當時情形。

〈附件六〉



圖 11 自製裝置（活動門）



圖 12 衰老的孔雀魚

陸、研究結果

一、預備實驗一：測試魚對單一頻率聲音的辨認

(一) 時間：11/1－11/4

(二) 目的：測試魚分別對 352、362、367、411 Hz 音叉的辨認

(三) 結果：

a－立即知道往聲源方向找飼料 b－往聲源反向游離 c－遲疑

組 \ 日期	11/1	11/2	11/3	11/4
A 組－367Hz	c	b	b	c
B 組－411Hz	c	b	a	a
C 組－362Hz	b	b	a	a
D 組－352Hz	c	b	a	a

二、預備實驗二：訓練魚穿過通道抵達音源

(一) 時間：93/11/9－93/11/17，共實驗 28 次。

(二) 目的：訓練魚在聽到對應頻率的聲音時，會通過通道抵達音源

(三) 結果：

A 組－367Hz

通過－y 沒通過－n

日期	11/9	11/10	11/11	11/12	11/15	11/16	11/17
反應	n	y	y	y	y	y	y
秒數	x	30	71	13	16	20	15

B 組－411Hz

日期	11/9	11/10	11/11	11/12	11/15	11/16	11/17
反應	n	y	n	n	n	y	y
秒數	x	14	x	x	x	11	14

C 組－362Hz

日期	11/9	11/10	11/11	11/12	11/15	11/16	11/17
反應	n	y	y	y	y	y	y
秒數	x	12	41	17	17	27	20

D 組－352Hz

日期	11/9	11/10	11/11	11/12	11/15	11/16	11/17
反應	y	y	y	y	y	y	y
秒數	90	21	22	23	23	40	30

三、實驗一：制約魚對單方向音源的辨認

(一) 時間：琉金：2/4－3/4，共實驗 56 次。

孔雀魚：2/8－3/18，共實驗 72 次。

蓋斑鬥魚：5/12－5/31，共實驗 27 次。

(二) 目的：制約琉金和孔雀魚及蓋斑鬥魚對應特定頻率(琉金 411Hz、蓋斑鬥魚 411Hz、孔雀魚 352Hz)音源的辨認能力。

(三) 結果：

疏金 94/2/4—94/3/4 中午—a 下午—b

	2/4		2/5		2/6		2/8		2/9		2/11	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	2	5	3	3	2	3	4	×	3	3	3	2
	2/13		2/14		2/15		2/16		2/17		2/18	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	3	×	4	2	8	7	8	9	7	8	10	6
	2/20		2/21		2/22		2/23		2/24		2/25	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	8	×	5	9	10	10	10	10	10	×	10	10
	2/26		2/27		3/1		3/2		3/3		3/4	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	10	×	10	×	10	×	8	10	10	10	10	×

孔雀魚 94/2/8—94/2/28 中午—a 下午—b

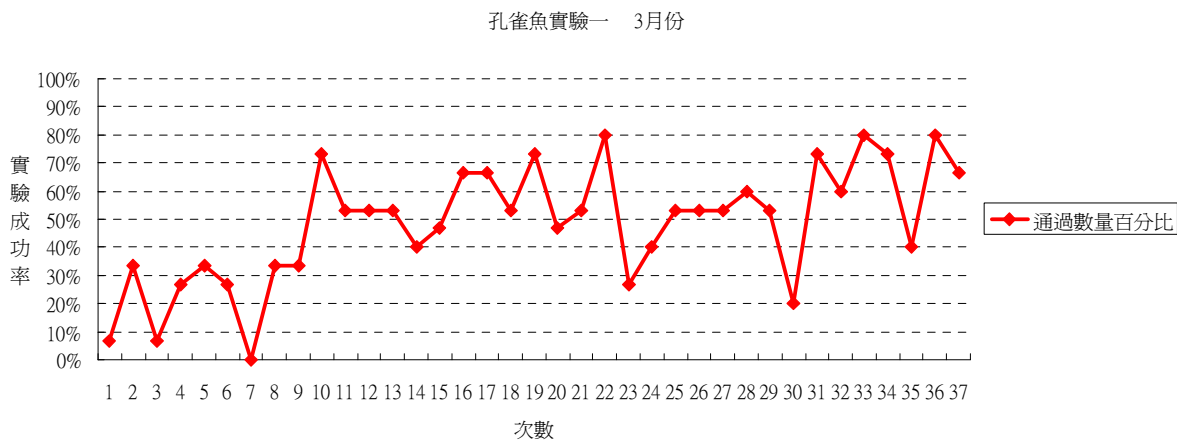
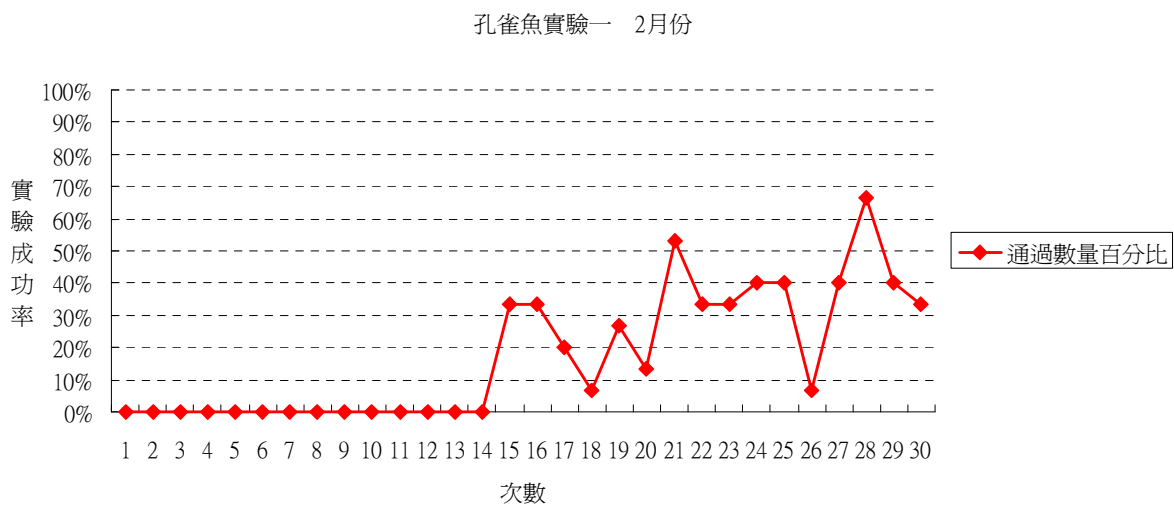
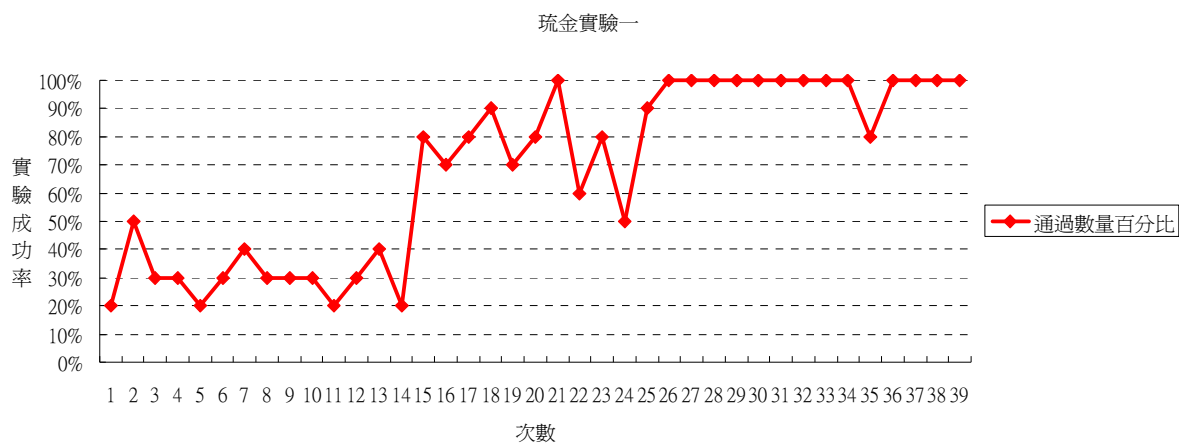
	2/8		2/9		2/11		2/13		2/14		2/15	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2/16		2/17		2/18		2/20		2/21		2/22	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	0	0	5	5	3	1	4	×	2	8	5	5
	2/23		2/24		2/25		2/26		2/27		2/28	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	6	6	1	×	6	5	10	×	6	×	5	×

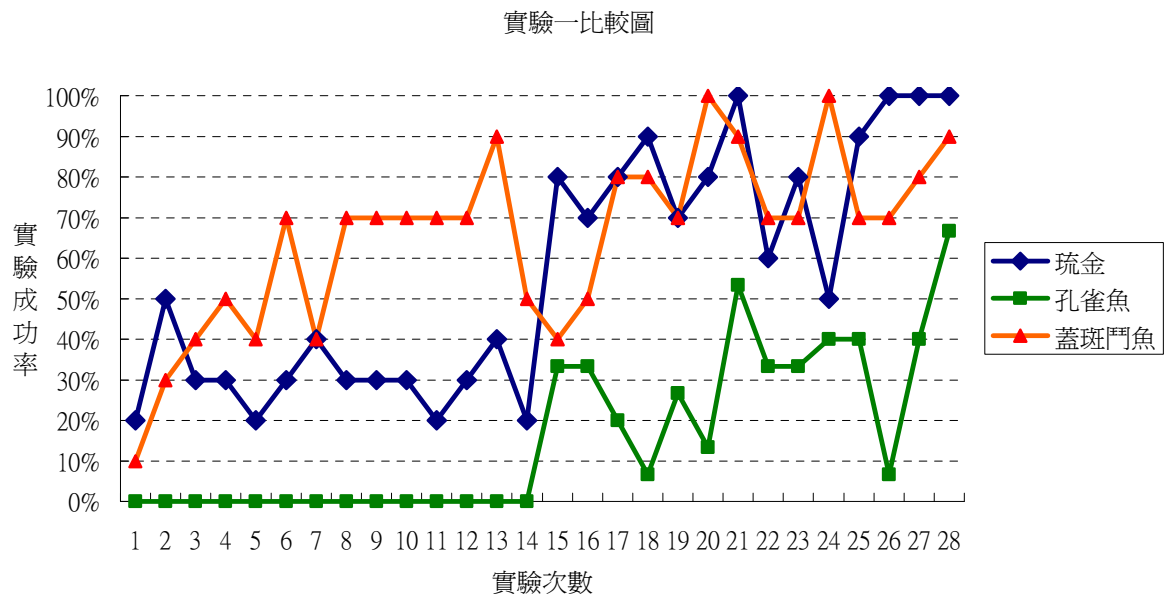
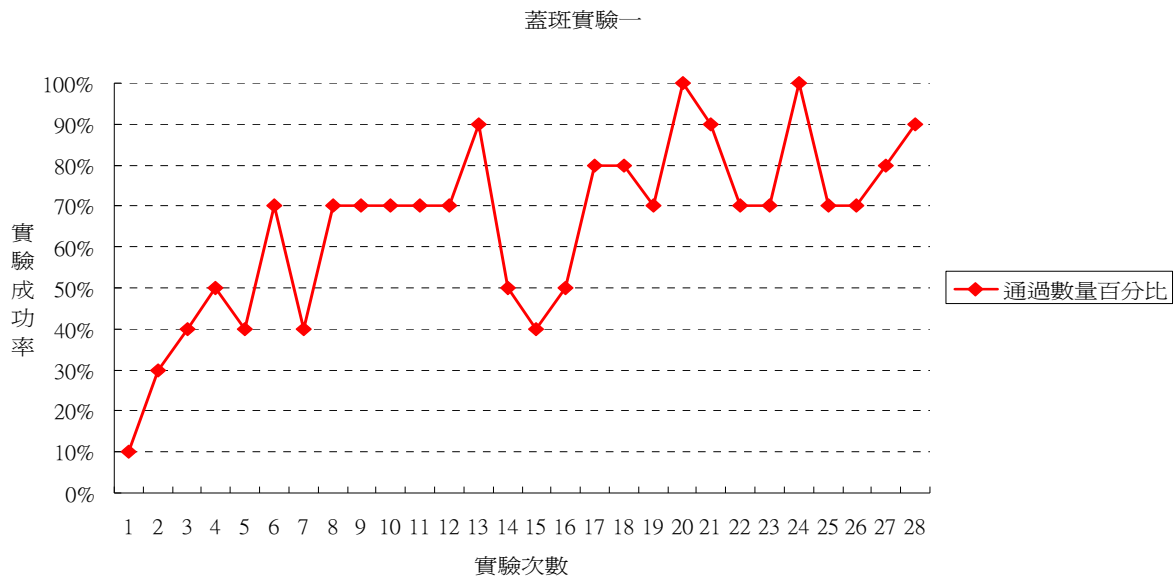
孔雀魚 94/3/1－94/3/20 中午－a 下午－b

	3/1		3/2		3/3		3/4		3/5		3/6	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	1	×	5	1	4	5	4	×	0	5	5	11
	3/7		3/8		3/9		3/10		3/11		3/12	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	8	8	8	6	7	10	10	8	11	7	8	12
	3/13		3/14		3/15		3/16		3/17		3/18	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	4	6	8	8	8	11	9	8	3	11	9	12
	3/19		3/20									
	a	b	a	b								
游對 隻數	11	6	12	10								

蓋斑鬥魚 94/5/12－94/5/31 中午－a 下午－b

	5/12		5/13		5/14		5/15		5/16		5/17	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	1	×	3	4	5	×	4	×	7	4	7	7
	5/18		5/19		5/20		5/21		5/23		5/24	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	7	7	7	9	5	4	5	×	8	8	7	10
	5/25		5/26		5/27		5/30		5/31			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
游對 隻數	9	7	7	×	7	×	7	8	9	8		





四、實驗二：驗證魚對單方向音源的辨認

(一) 時間：疏金及孔雀魚：3/28—4/12，共實驗 27 次。

蓋斑鬥魚：6/1—6/7，共實驗 12 次。

(二) 目的：證明魚不是聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音而游過來的

(三) 結果：

琉金 3/28-4/12 中午-a 下午-b

	3/28		3/29		3/30		3/31		4/1		4/2	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	9	×	1	6	9	6	6	7	5	×	7	9
	4/3		4/4		4/5		4/6		4/7		4/8	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	9	×	7	8	7	9	6	10	7	9	6	8
	4/9		4/10		4/11		4/12					
	a	b	a	b	a	b	a	b				
游對 隻數	10	10	8	×	9	10	10	10				

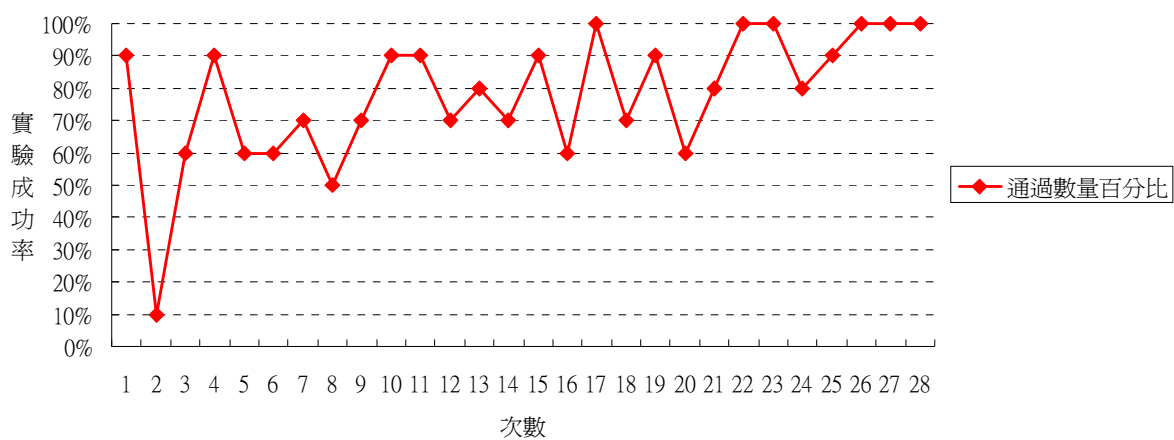
孔雀魚 3/28-4/12 中午-a 下午-b

	3/28		3/29		3/30		3/31		4/1		4/2	
	a	b	a	b	a	B	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	12	×	6	7	6	10	11	13	12	×	7	12
	4/3		4/4		4/5		4/6		4/7		4/8	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	11	×	9	12	10	13	13	7	3	13	5	12
	4/9		4/10		4/11		4/12					
	a	b	a	b	a	b	a	b				
游對 隻數	15	10	13	×	14	12	11	13				

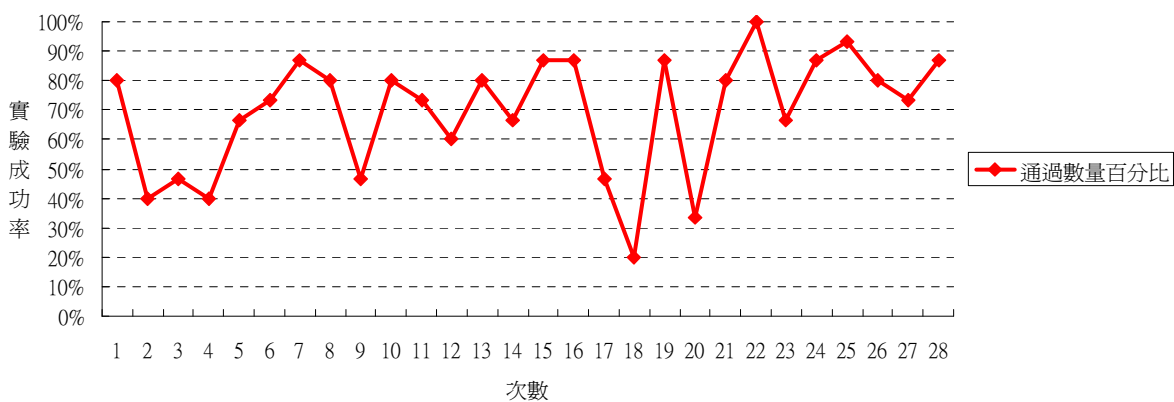
蓋斑鬥魚 94/6/1-94/6/7 中午-a 下午-b

	6/1		6/2		6/3		6/4		6/5		6/6	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	8	9	9	9	9	8	9	×	8	×	9	10
	6/7											
	a	b										
游對 隻數	9	8										

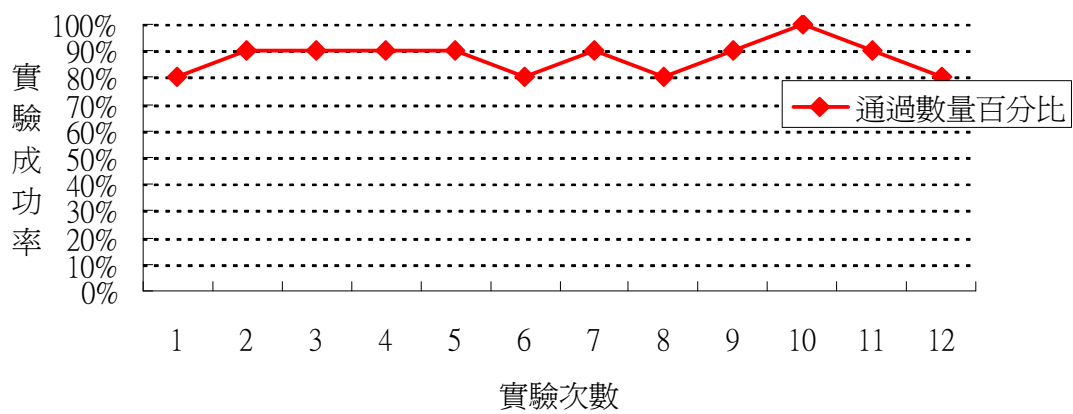
琉金實驗二



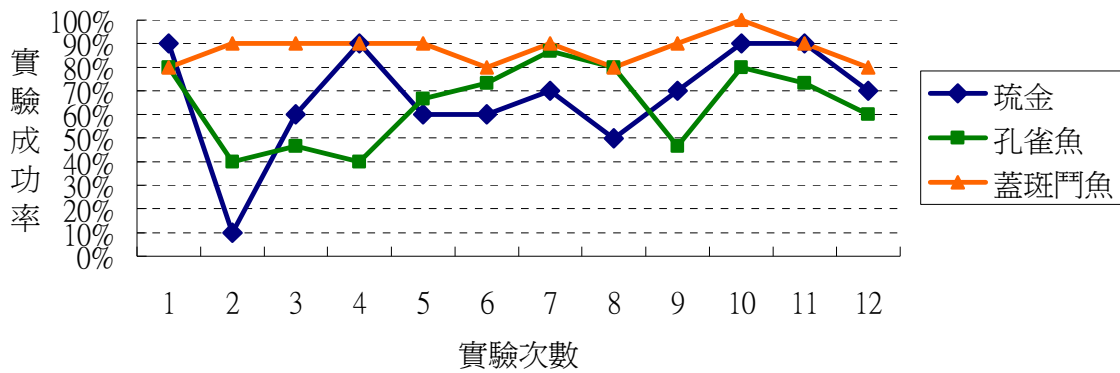
孔雀魚實驗二



蓋斑實驗二



實驗二比較圖



三、實驗三：制約魚對雙方向音源的辨認

(一) 時間：琉金：3/7—3/20，共實驗 28 次。

孔雀魚：5/12—5/25，共實驗 21 次。

(二) 目的：制約琉金在 A、B 兩區域隨機產生音源的辨識能力

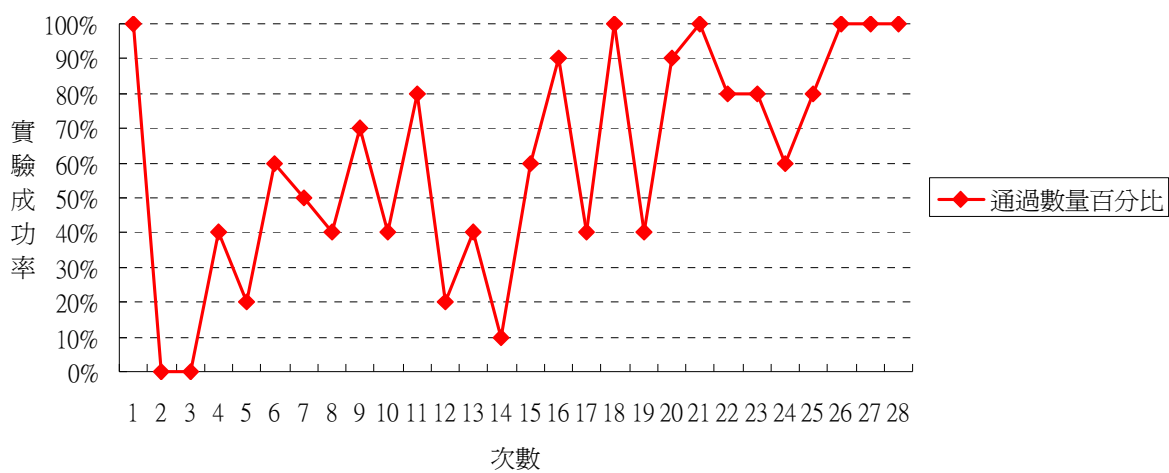
(三) 結果：琉金 94/3/7—94/3/20 中午—a 下午—b

	3/7		3/8		3/9		3/10		3/11		3/12	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	10	0	0	4	2	6	5	4	7	4	8	2
	3/13		3/14		3/15		3/16		3/17		3/18	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	4	10	6	9	4	10	4	9	10	8	8	6
	3/19		3/20									
	a	b	a	b								
游對 隻數	8	10	10	10								

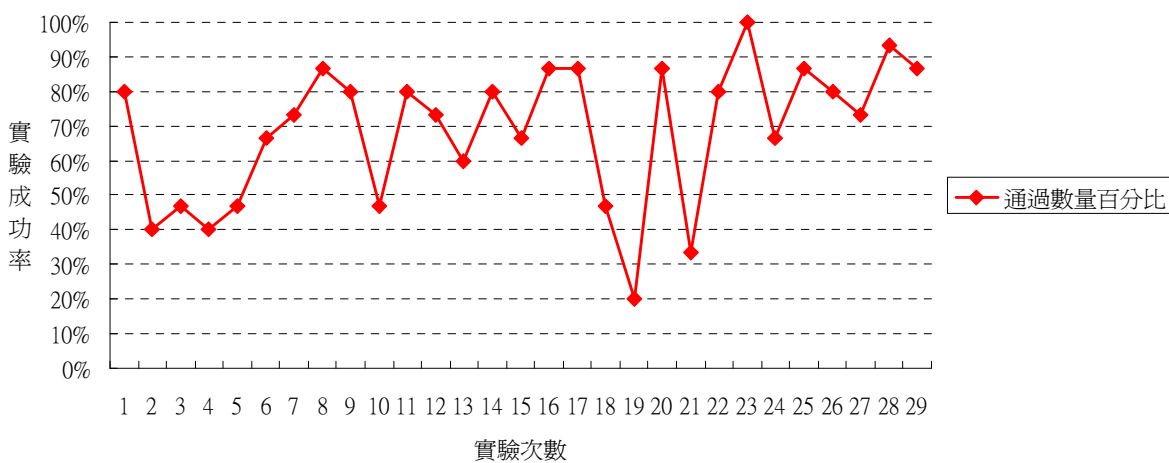
孔雀魚 94/5/12—94/5/25 中午—a 下午—b

	5/12		5/13		5/14		5/15		5/16		5/17	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	8	x	0	5	1	x	3	x	2	6	5	9
	5/18		5/19		5/20		5/21		5/23		5/24	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	7	3	7	3	0	6	5	x	6	1	7	7
	5/25											
	a	b										
游對 隻數	x	3										

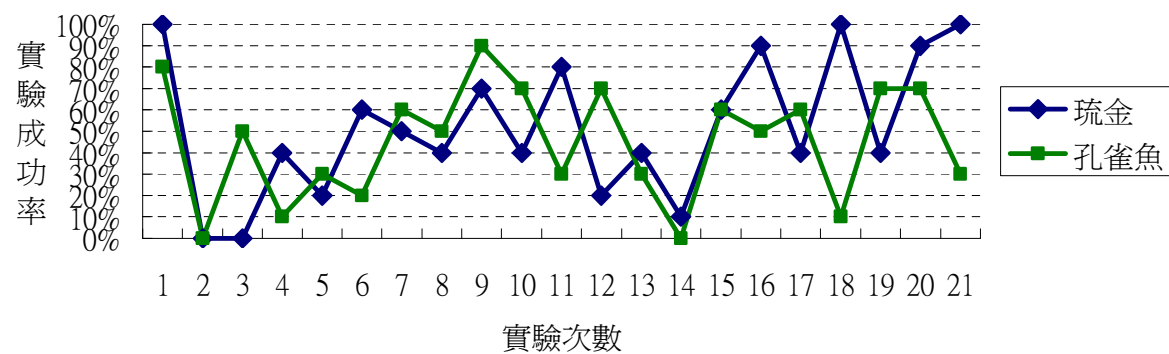
疏金實驗三



孔雀魚實驗三



實驗三比較圖



三、實驗四：驗證魚對雙方向音源的辨認

(一) 時間：琉金：5/3—6/7，共實驗 51 次。

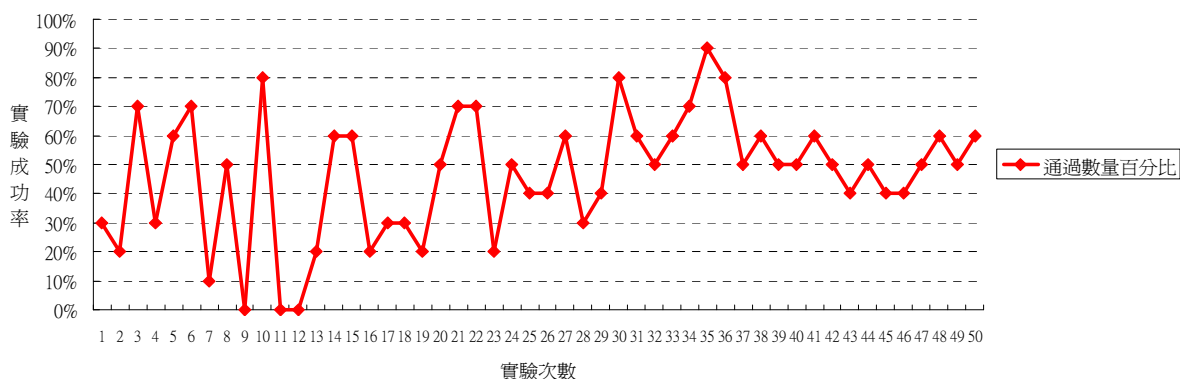
(二) 目的：驗證琉金在 A、B 兩區域隨機產生音源的辨識能力

(三) 結果：

琉金 94/5/3—94/5/19 中午—a 下午—b

	5/3		5/4		5/5		5/6		5/8		5/9	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	3	2	7	3	6	7	1	×	5	×	0	×
	5/10		5/11		5/12		5/13		5/14		5/15	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	8	×	0	×	0	×	2	6	6	×	2	×
	5/16		5/17		5/18		5/19		5/20		5/21	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	3	3	2	5	7	7	7	9	5	4	5	×
	5/23		5/24		5/25		5/26		5/27		5/28	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	8	8	7	10	9	7	7	9	8	×	×	×
	5/29		5/30		5/31		6/1		6/2		6/3	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
游對 隻數	5	×	6	5	5	6	5	4	5	4	4	5
	6/4		6/5		6/6							
	a	b	a	b	a	b						
游對 隻數	6	×	5	×	6	6						

琉金實驗四



柒、討論

一、選材的原因：我們會選琉金是因為相關資料顯示鯉科的魚對聲音較為靈敏；選孔雀魚是因為以非鯉科與鯉科魚類作為比較，並且在日常生活中很容易接觸到；選蓋斑鬥魚的則是希望以本土種與外來種做比較。

二、避免魚是看到音叉而游過來，因此我們在隔板上貼黑色膠布以達到妨礙視覺的效果。

三、預備實驗一：**測試魚對單一頻率聲音的辨認**

（一）剛開始訓練的時候，魚對聲音產生驚恐及抗拒，當我們將敲擊過的音叉放入水中，魚十分害怕的到處亂竄，甚至事後進行補餵都沒食慾。

（二）但隔著幾天後發現魚開始有些許改變，當我們將敲擊過的音叉放入後，魚不但不害怕，不逃跑，甚至還會主動在音叉附近徘徊，有些甚至在短短幾天已被制約，尋找音源並游向音源，等待飼料餵食。

四、預備實驗二：**訓練魚穿過通道抵達音源**

（一）經預備實驗一之後，證實了魚可以辨認聲音。起初在做預備實驗二時，我們將敲擊後的音叉放入，魚卻沒什麼反應，我們開始擔心是否是因為隔板吸取太多的能量，於是我們在隔板上鑽了許許多多的小洞，以便能量的傳送，果然魚有了反應，不過卻因不熟悉洞口而無法快速穿越洞口。

（二）隨著實驗次數的增加，在極短的七天之內，比當初的預計時間相較縮短近三倍的時間通過洞口。魚通過隔板的時間逐漸縮短，證明魚對音源方向的判斷具有不錯的學習能力。

五、實驗一：**制約魚對單方向音源的辨認**

（一）琉金

1. 在預備實驗二中，我們設定通過時間為 90 秒，在數據中發現琉金對音源方向的判斷，所具有的學習能力非常好，因此在實驗一中，我們決定把通過時間縮短為 15 秒。
2. 在 2/4—2/14，實驗數據較不穩定，魚群似乎無法順利判斷通道位置。當我們在另一側敲音叉時，魚群只是一味的往通道上方游，絲毫沒有注意到下方的通道，以至於無法通過隔板抵達音源位置，只有少數幾隻能夠通過隔板。
3. 在 2/15—2/20，琉金開始知道經過隔板上的通道始能吃到飼料之後，逐漸熟悉隔板上的通道，實驗數據逐漸變穩定。
4. 2/21—3/4 日止，這段時期實驗數據非常理想，每隻魚甚至在沒做實驗時，能夠自由自在的穿過通道，在兩個區域間不斷的來回游動，所以全部的魚在聽到指定音叉時，能夠馬上產生反應，並在 15 秒內抵達聲源位置。

（二）孔雀魚

1. 根據實驗數據，我們發現孔雀魚對聲音的辨認與琉金比較後明顯較差，剛開始進行實驗時，所有的孔雀魚都無法在 15 秒內游到另一側，相較之下，琉金一開始狀況固然不佳，不過依舊有幾隻魚游過，比起孔雀魚完全沒有魚通過的狀況，琉金的學習情形較佳。
2. 2/17—3/5，開始有魚到達標準，但實驗數據仍不穩定，顯現出孔雀魚雖具有學習能力，仍需較長的訓練時間。

3. 3/6 開始，孔雀魚開始知道經過隔板上的通道始能吃到飼料之後，逐漸熟悉隔板的通道，實驗數據開始慢慢變穩定。
4. 由折線圖中可以發現 2/18、2/24—25、3/5、3/13 這九次的數據甚低，從參考資料我們得知孔雀魚最適合的水溫為 22~26℃，當天氣變冷時，對孔雀魚的活動力產生影響甚大，故氣象局公佈 2/18—2/19、2/24—25、3/5 當天及 3/13 當天寒流來襲，孔雀魚實驗數據驟降。

（三）蓋斑鬥魚

1. 5/12—5/16，實驗數據較不穩定，魚群似乎無法順利判斷通道位置，當飼料灑下時，魚群激動的往水面衝去，僅有少數的魚懂得從通道前往音源位置，並吃到飼料。
2. 5/17—5/31，做實驗時，僅剩一、兩隻魚未游至音源位置，實驗數據已漸趨穩定，大多數的魚都能在對應音叉放入時，皆可迅速抵達音源處。
3. 蓋斑鬥魚比起琉金抑或是孔雀魚適應期明顯的短了很多，因此，我們決定讓牠提早進行實驗二。

六、實驗二：驗證魚對單方向音源的辨認

（一）爲了證明魚是否真的聽到其對應聲音才游過去的，我們設計這個實驗是用單一隔板，敲完音叉，魚游過去，**15 秒後才灑下飼料**，與之前實驗一與實驗二**敲第 5 下後同時灑下飼料**不相同。

（二）琉金

一開始做實驗二時，魚聽到其對應音叉後，便游過隔板，開始尋找飼料，有些魚還會游回另一側的隔板，我們認爲會有此現象的原因，是由於在實驗一的制約當中，敲完音叉後，就馬上灑飼料，但隨著實驗次數增加，魚開始明白聽到對應音叉後，要過 15 秒才會灑飼料，因此證明，牠們是聽到對應聲音而游過來，不是**聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音**而游過來。

（三）孔雀魚

剛開始做實驗二時，魚聽到其對應音叉後，便游過隔板，開始尋找飼料，有些魚甚至會游回另一側的隔板，我們認爲會有此現象的原因，可能與實驗一的制約實驗有關。但隨著實驗次數增加，魚開始明白聽到對應聲音後，要過 15 秒才會灑飼料，因此證明，牠們是聽到對應聲音而游過來，不是**聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音**而游過來。

（四）蓋斑鬥魚

剛開始進行實驗二時，魚聽到對應音叉後，便游過隔板，開始尋找飼料，不過不同於琉金或孔雀魚的情況，在找不到飼料的情況下，大多數的魚並不會急著游回另一側，而是安靜的等待，因此從一開始實驗數據就相當良好，一直很穩定直到實驗結束，因此證明，牠們是聽到對應聲音而游過來，不是**聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音**而游過來。

六、實驗三：制約魚對雙方向音源的辨認

（一）琉金

1. 進行實驗時，我們採用抽籤的方式決定要在哪一區域敲擊音叉。剛開始時，琉金似乎無法順利分辨所敲擊的位置，都習慣性的游往實驗一與實驗二的指定方向。隨著實驗次數增加後，少數的魚開始會判斷音源位置，開始尋找食物，這個舉動證明了我們的假設—魚擁有對雙方向音源的辨認能力。
2. 隨著經驗累積，更多魚可以正確判斷音源位置，皆可以游入音源的區域，開始尋找食物，而使得數據近於理想。

（二）孔雀魚

1. 做實驗時，我們採用抽籤的方式決定要在哪一區域敲擊音叉。開始時，孔雀魚似乎無法順利分辨所敲擊的位置，都習慣性的游往實驗一與實驗二的指定方向。實驗次數增加後，少數的魚開始會判斷音源位置，開始尋找食物，這個舉動證明了我們的假設—魚擁有對雙方向音源的辨認能力。
2. 但由於孔雀魚從 5/20 起變少量進食，這是種衰老的現象，因此我們決定暫停實驗。

七、實驗四：驗證魚對雙方向音源的辨認

（一）琉金

1. 做實驗四時，魚聽到敲第 5 下音叉後大多數的魚游過隔板，但因沒看見飼料，過半數的魚便會游回另一邊的區域，我們猜測會有此這種情形的原因是，琉金認為飼料若不在 A 區，那就會在 B 區。因此，實驗數據才會在初期時如此不理想。為了改善此問題，我們決定製作琉金游過隔板後，便不能在游回去的裝置。
2. 琉金實驗四中的裝置，在一開始設置時，我們進行了裝置的測試，將魚趕至中央，並用飼料引誘琉金游過裝置，琉金卻不為所動，直到敲下音叉，琉金才通過裝置吃飼料。
3. 經過這些實驗，我們可以發現琉金不只是可以判斷單方向的音源，也能判斷雙方向的音源，同時也證明了牠們是聽到對應聲音而游過來，不是聞到、看到飼料或聽到灑下飼料的聲音而游過來。

海洋牧場或養殖場

八、作此實驗的未來展望；以聲音馴致魚苗，將馴致完成之魚苗投放內，並持續以聲音控制其行為以達到理想之漁業管理。

九、從預備實驗一至實驗四，總共實驗次數為 353 次。

捌、結論

- 一、三種魚都能單一頻率的聲音產生制約行為。
- 二、疏金、孔雀魚和蓋斑鬥魚都能分辨聲音方向。
- 三、三種魚的辨音能力很顯然的疏金與蓋斑鬥魚大於孔雀魚。
- 四、證明魚確實可以辨認聲音。

玖、參考資料及其他

- 一、魚類行為與捕撈，何太榮，五洲出版社
- 二、和魚兒做朋友，詹見平、陳瓊如合著，人人出版股份有限公司
- 三、網頁
 - (一) 魚類間的對話：
<http://coop.bio.ncue.edu.tw/pro-teach/guin/behavior.htm>
 - (二) 動物行為的奧秘：
http://ceiba3.cc.ntu.edu.tw/course/76dcb5/ref/ref_behavior.htm
 - (三) 動物的行為：
<http://coop.bio.ncue.edu.tw/pro-teach/guin/behavior.html>
 - (四) LS1802 基礎生命科學實驗 講義 2-1：
<http://life.nthu.edu.tw/~labtcs/bioexp/e2.html>
 - (五) 魚類~小小百科：
http://content.edu.tw/primary/nature/ks_ck/animalbody/page1-2.htm
 - (六) 動物能預知天災是因聽覺靈敏：
<http://www.epochtimes.com.tw/bt/5/1/5/n770330.htm>
 - (七) 生物聲學 Bioacoustics：
<http://ecaaser3.ecaa.nau.edu.tw/weifang/LifeScience/MoreBiomimic.htm#a3>
 - (八) 台灣魚類資料庫：
<http://fishdb.sinica.edu.tw>
 - (九) 養殖孔雀魚：
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1004123100681>
 - (十) 蓋斑鬥魚
<http://www.kces.tcc.edu.tw/plant/gai-fish.htm>
 - (十一) 發現新社，蓋斑鬥魚
http://www.taiwan-longtop.com.tw/scene_fish.asp

附件一

預備訓練日誌(一)

年 月 日 時 分至 分止

- | | | | |
|-------------|------|--|---------------|
| A 組 (367Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |
| B 組 (411Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |
| C 組 (362Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |
| D 組 (352Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |

預備訓練日誌(一)

年 月 日 時 分至 分止

- | | | | |
|-------------|------|--|---------------|
| A 組 (367Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |
| B 組 (411Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |
| C 組 (362Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |
| D 組 (352Hz) | 反應狀態 | ☐ 立即知道往聲源方向找飼料
☐ 往聲源反向游離
☐ 遲疑 | 進食情形
_____ |

附件二

預備訓練日誌(二)

實驗第____次

年 月 日 時 分至 分止

A 組 (367Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

B 組 (411Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

C 組 (362Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

D 組 (352Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

預備訓練日誌(二)

實驗第____次

年 月 日 時 分至 分止

A 組 (367Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

B 組 (411Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

C 組 (362Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

D 組 (352Hz) 通過與否 ☐有 ☐無 —>費時_____秒吃到飼料

附件三

實驗日誌 <一>

日期	時間	水溫 <疏/孔/蓋>			室溫	琉金 游過隻數	孔雀魚 游過隻數	蓋斑鬥魚 游過隻數
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							

附件四

實驗日誌<二>

日期	時間	水溫 <疏/孔/蓋>			室溫	琉金 游過隻數	孔雀魚 游過隻數	蓋斑鬥魚 游過隻數
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							
	中午							
	下午							

附件五

實驗日誌<三>

日期	時間	水溫	室溫	A 區	B 區	游對隻數	游錯隻數
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						

附件六

實驗日誌<四>

日期	時間	水溫	室溫	A 區	B 區	游對隻數	游錯隻數
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						
	中午						
	下午						

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生物(生命科學)科

佳作

040705

聲音對魚類行為影響之探討

臺北縣立永平高級中學

評語：

1. 能自行設計實驗器材進行觀察
2. 研究時應嚴謹控制年齡等變因
3. 鼓勵更加深入研究