

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

040720

魚的條件反射之探討

學校名稱：國立彰化高級中學

作者： 高二 余朗祺 高二 陳奕儕 高二 王文育	指導老師： 黃俊邇
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：條件反射、孔雀魚、紅球

魚的條件反射之探討

壹、摘要

條件反射是什麼呢？條件反射為生理學中的一種行為過程。在特定環境中，因強化作用而使某種應答的出現頻率增加，且更為規律。所謂強化是指為求得預期的應答而提供一種天然刺激或人為獎賞。在這個實驗中，我們欲探討「生物在不同環境中學習行為表現將有何不同」，於是觀察紅球魚、黑尾太陽魚與孔雀魚在接受餵食時的行為，並持續注意其長期所表現出的現象，最後結論是不論任何魚種條件反射之學習曲線相近，再學習情形皆明顯加快。

貳、研究動機

所謂的條件反射大致上分為兩種：「古典條件反射」與「工具性條件反射」。古典條件反射或稱「應答性條件反射」，包含了刺激替代，根據巴甫洛夫的研究，他每次在給狗食物以前，都會給與鈴聲刺激。實際上，條件性刺激即鈴聲條件性應答即由鈴聲引起的唾液分泌。

工具性條件反射或稱「操作性條件反射」與古典性條件反射的不同之處在「機體完成了預期的行為後才給予強化」。如果需要的行為並不是由非條件性刺激誘發而來，則這個行為即稱為操作。斯金納及其學生曾作過研究。對自發的（或操作性）行為或予獎勵（強化），或予懲罰。受到獎勵時，行為出現頻率就增加，受到懲罰時則減少。

舉例而言，狗狗在聽見聲音時便知道小主人要來找牠了，小孩在看見爸爸拿出藤條時就知道大事不妙，日常生活中處處可見條件反射的行為。因此，我們想藉由這種生物行為對動物的學習行為與遺忘之間的關係有更進一步的了解。

參、研究目的

藉由各類魚種的條件反射行爲，探討其學習與遺忘過程，可能干擾之間的交互作用與影響。

肆、研究設備與器材

- 實驗魚種：紅球 (*Xiphophorus maculatus*) *150 隻、
黑尾紅球 (*Xiphophorus maculatus var.*) *150 隻、
孔雀魚 (*Poecilia reticulata*) *150 隻
- 養魚箱*5 組
- 打氧氣機*2
- 手電筒* 1
- 音頻產生器(2500Hz)*1
- 紙箱
- 相機、紙、筆等紀錄器材



照 (1)



照 (2)

伍、研究過程與方法

一、佈置：

- (一) 備妥數個略大於水族箱的紙箱，將其一側割去，以便觀察魚群活動。紙箱的開口應面朝人少之處，以防干擾。如照（1）
- (二) 在箱頂的上方邊角挖一小孔便於餵食。如照（2）
- (三) 在某些紙箱的側邊適當高度挖一小孔，插入音頻產生器（2500Hz），其輸出口需緊貼箱壁。如照（1）

二、紀錄方法：

- (一) 觀察項目：魚群產生反應（聚集至水面且張口覓食的魚）隻數，達95%（約28隻）以上以紅色標記之。
- (二) 學習：以30隻為一組，以每次餵食為紀錄單位，在干擾時觀察其魚產生反射的數量，紀錄之，並將平均繪成圖表。
- (三) 陪同學習：以學成條件反射的紅球為原本魚群，黑尾太陽為新加入的魚群，藉由尾巴的明顯不同，觀察陪同學習的狀況，紀錄之，並將平均繪成圖表。
- (四) 遺忘：同方法（一）紀錄之，並將平均繪成圖表
- (五) 再學習：同方法（一）紀錄之，並將平均繪成圖表

三、研究方法：

(一)、學習：

1. 對魚種施以某種擾動，並在擾動期間餵食之，紀錄其受其制約所需的時間（即施以干擾不給以餵食，依然會有反應），直到其約95%產生反應即完成。

2. 步驟：

先將魚群分成 a、b、c 三組：

- a. 普通餵食，無任何干擾（包括人的接近），其行為作為對照組
- b. 餵食之前打開燈光在水面上照射，觀察魚對光的反應，之後約過5、6秒左右餵食，早上與晚上以相同步驟各做一次，觀察每次產生反應的魚數量，並紀錄之。
- c. 餵食之前打開水箱旁的音頻產生器，使其聲音傳入水中，觀察魚對聲音的反應，之後約過5、6秒左右餵食，早上與晚上以相同步驟各做一次，觀察每次產生反應的魚數量，並紀錄之。

(二)、陪同學習：

1. 以紅球為”獨立學習”的魚，以黑尾太陽為新加入的魚，作為”陪同學習”的魚，觀察陪同學習養成其制約所需要的時間，直到其約95%產生反應即完成。

2. 步驟：

在接受光與聲音之干擾的紅球完成第一項實驗後，(即95%以上的魚受到干擾制約)，將沒受過訓練的黑尾太陽分別加入這些魚中，然後以研究(一)的b與c步驟，觀察黑尾太陽其受制約所需的時間

(三)、遺忘：

1. 觀察各種已受干擾制約的魚種遺忘其制約所需的時間，直到其約95%不遺忘反應即完成

2. 步驟：

將研究(一)中已受制約之魚種(第a組除外)魚數量加到60隻，並且訓練其皆養成條件反射，再分別分成兩組(因此共五組)

a. 其中一組繼續先前的實驗，其行為作為對照組(不需再分組)

b. 往後早上及晚上施以干擾但並不餵食之，一天僅中午餵食一餐，觀察每次干擾時魚的反應，計錄其對干擾仍有反應的魚數量。

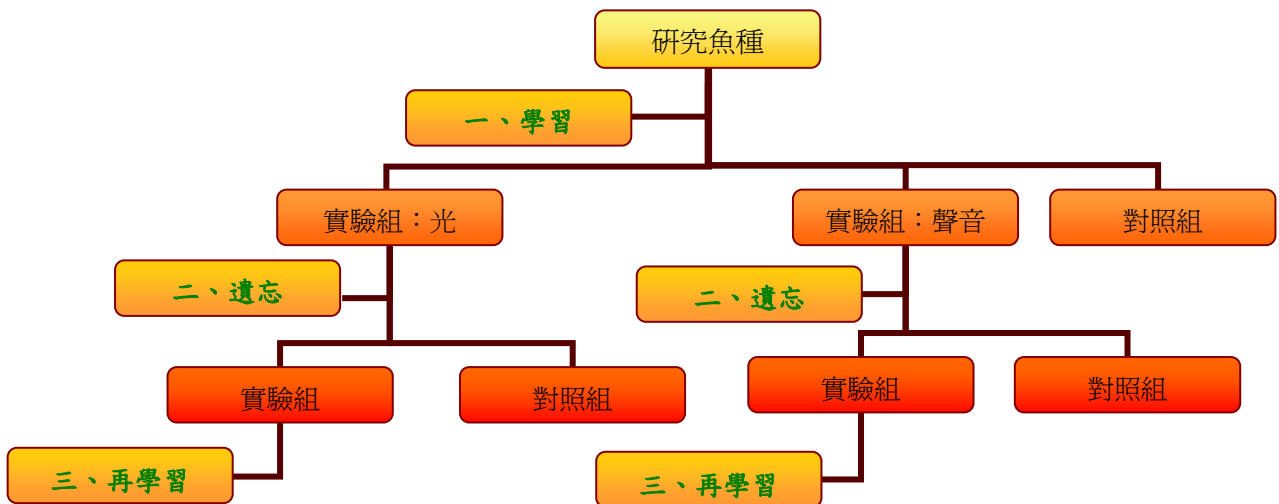
(四)、再學習：

1. 待所訓練魚種遺忘其制約後，觀察其再次受該種擾動影響所需的時間，直到其約95%產生反應即完成。

2. 步驟：

不再分組(因此仍共五組)，直接恢復原先研究(一)的研究方式，觀察定紀錄之。

四、實驗流程圖：



陸、研究結果

一、實驗數據：

(一) 第一階段：學習

光的學習狀況數據表：

紅球 光的學習

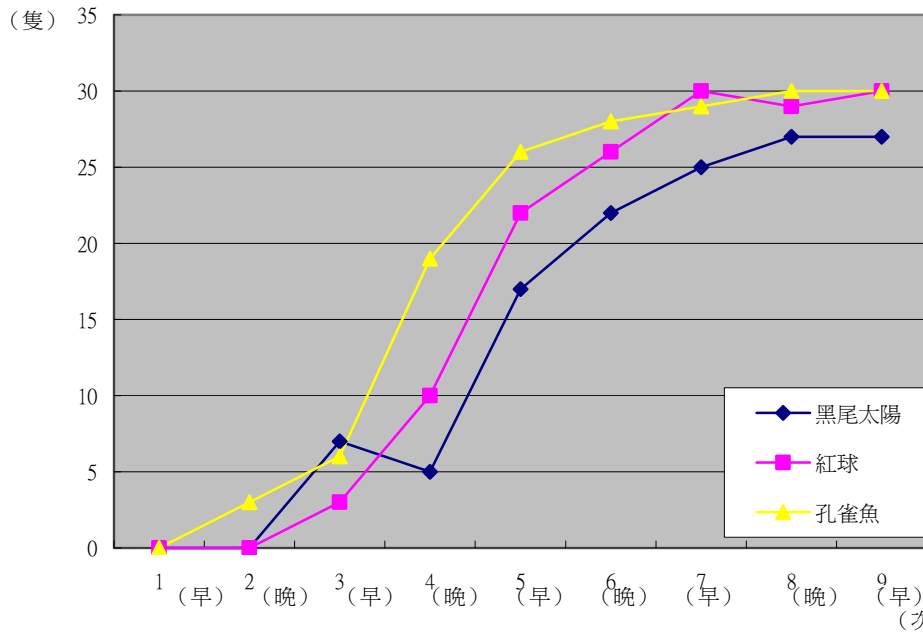
次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	0	0	2	1 1	2 2	2 9	3 0	3 0	3 0
組二	0	0	3	1 1	2 3	2 5	2 9	2 9	3 0
組三	0	0	3	9	2 0	2 4	3 0	2 9	3 0
平均	0	0	3	1 0	2 2	2 6	3 0	2 9	3 0

黑尾太陽 光的學習

次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	0	0	8	5	1 8	2 2	2 5	2 6	2 7
組二	0	0	5	5	1 7	2 3	2 8	2 8	2 8
組三	0	1	6	6	1 7	2 0	2 3	2 6	2 7
平均	0	0	7	5	1 7	2 2	2 5	2 7	2 7

孔雀魚 光的學習

次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	0	4	6	1 8	2 5	2 9	2 9	2 9	3 0
組二	0	4	6	1 7	2 6	2 6	2 8	3 0	3 0
組三	0	2	6	2 1	2 6	2 7	2 9	2 9	3 0
平均	0	3	6	1 9	2 6	2 8	2 9	3 0	3 0



(圖一)：各種魚在每次餵食時照光，有反應的隻數與次數關係圖。

聲音的學習狀況數據表：

紅球 聲音的學習

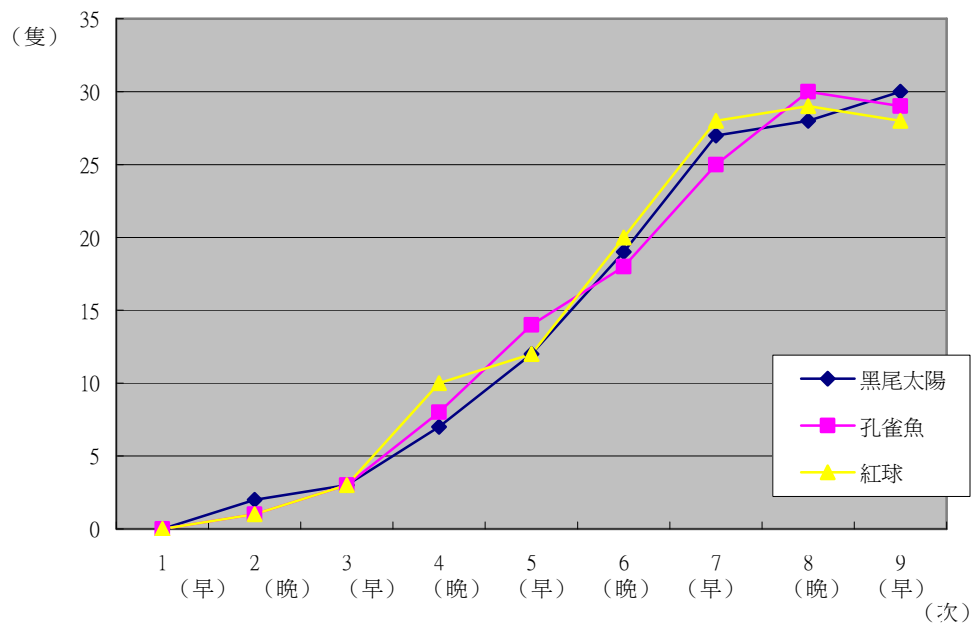
次數 \ 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	0	0	2	8	11	18	27	29	26
組二	0	1	3	10	13	22	29	29	29
組三	0	1	4	11	12	19	28	28	29
平均	0	1	3	10	12	20	28	29	28

黑尾太陽 聲音的學習

次數 \ 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	0	2	3	6	13	18	26	29	30
組二	1	1	3	8	11	19	27	28	30
組三	0	2	4	7	11	21	27	28	29
平均	0	2	3	7	12	19	27	28	30

孔雀魚 聲音的學習

次數 \ 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	0	2	3	8	13	17	28	30	30
組二	0	1	1	7	16	19	25	29	29
組三	0	1	4	9	13	18	24	30	29
平均	0	1	3	8	14	18	25	30	29



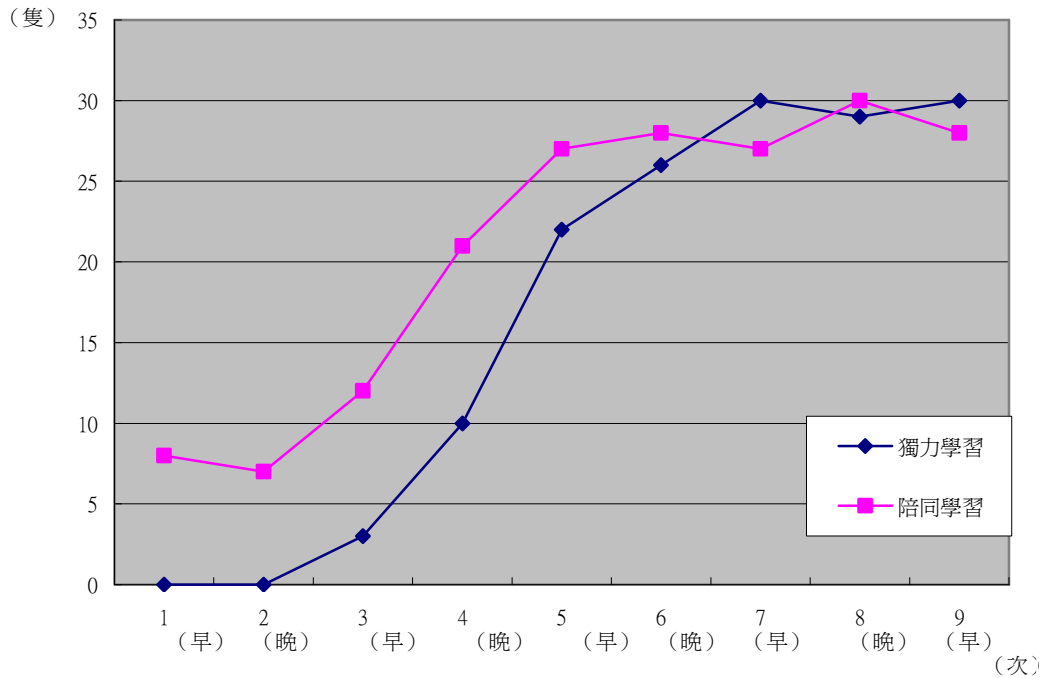
(圖二)：各種魚在每次餵食時以聲音干擾，有反應的隻數與次數關係圖。

(二) 第二階段：陪同學習

光的陪同學習狀況數據表：

黑尾太陽 光的陪同學習

次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	8	8	13	20	27	28	28	30	29
組二	7	7	10	21	25	27	27	30	28
組三	8	7	13	21	28	28	27	29	28
平均	8	7	12	21	27	28	27	30	28

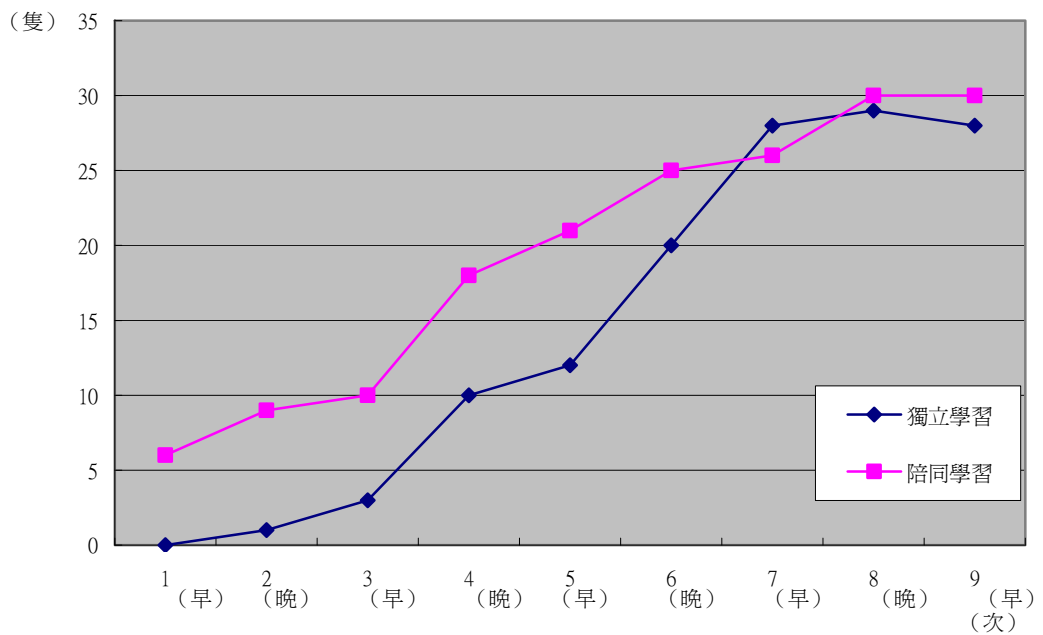


(圖三)：觀察黑尾太陽的（光陪同學習曲線），並與紅球的光之學習曲線比較之。

聲音的陪同學習狀況數據表：

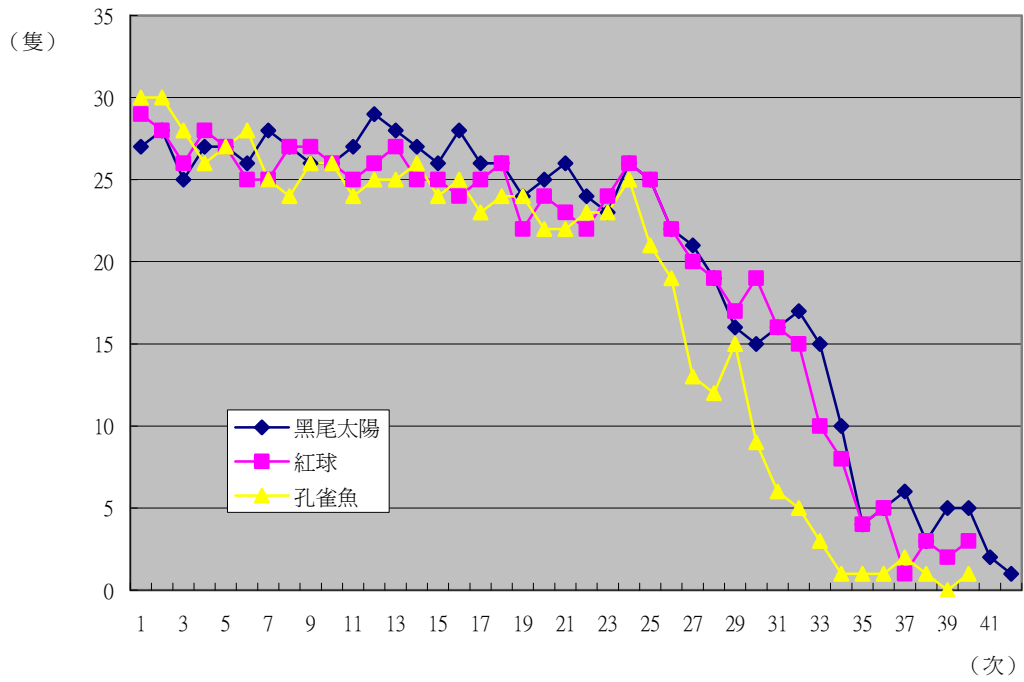
黑尾太陽 聲音的陪同學習

次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八	九
組一	5	9	10	17	20	25	27	30	29
組二	6	8	10	19	22	25	25	30	30
組三	6	9	11	19	20	26	27	29	30
平均	6	9	10	18	21	25	26	30	30

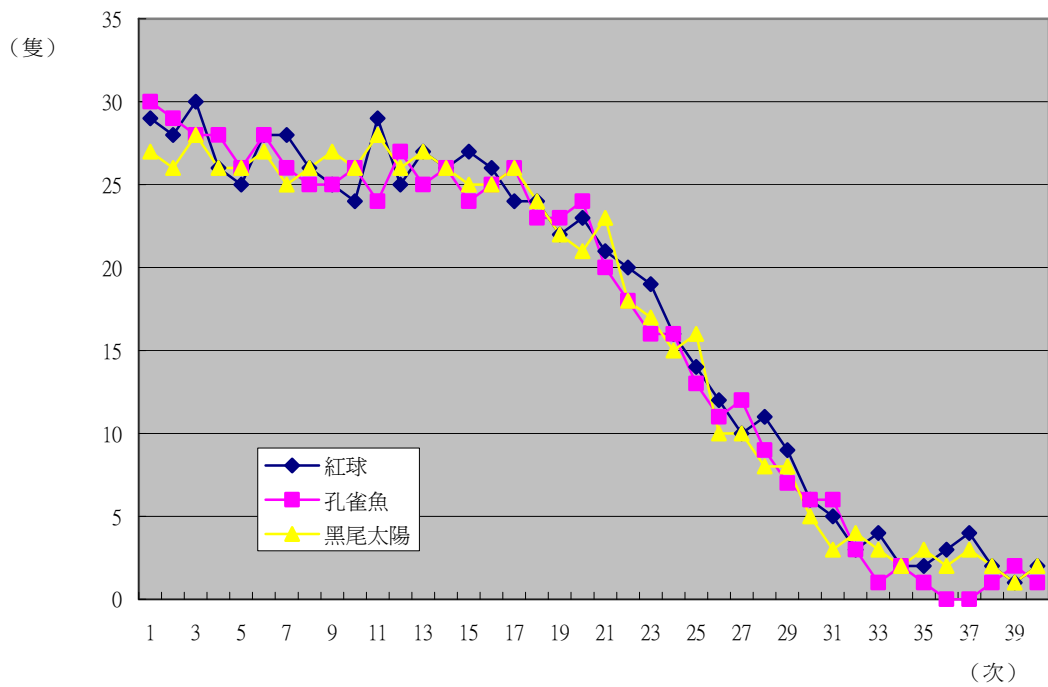


(圖四)：觀察黑尾太陽的 (聲音陪同學習曲線)，並與紅球的聲音之學習曲線比較之。

(三) 第三階段：遺忘



(圖五)：觀察各種魚對光的條件反射遺忘速率比較。



(圖六)：觀察各種魚對光的條件反射遺忘速率比較。

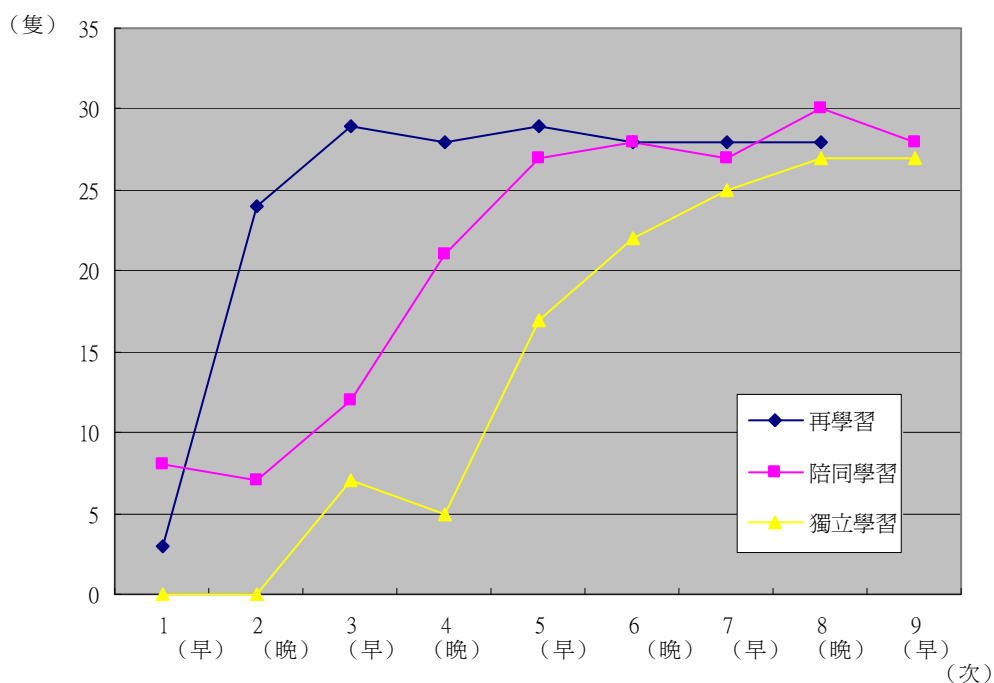
(四) 第四階段：再學習

恢復之前的干擾方式後，三種魚的再學習過程為：於第二次時即明顯的幾乎都恢復原本學會的狀態。意即：魚的記憶力與學習是正相關的。以黑尾太陽為例：

光的再學習狀況數據表：

黑尾太陽 光的再學習

次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八
組一	2	2 4	2 9	2 9	2 9	2 8	2 8	2 8
組二	3	2 5	2 9	2 7	2 9	2 8	2 7	2 8
組三	3	2 4	2 8	2 8	2 9	2 9	2 8	2 7
平均	3	2 4	2 9	2 8	2 9	2 8	2 8	2 8

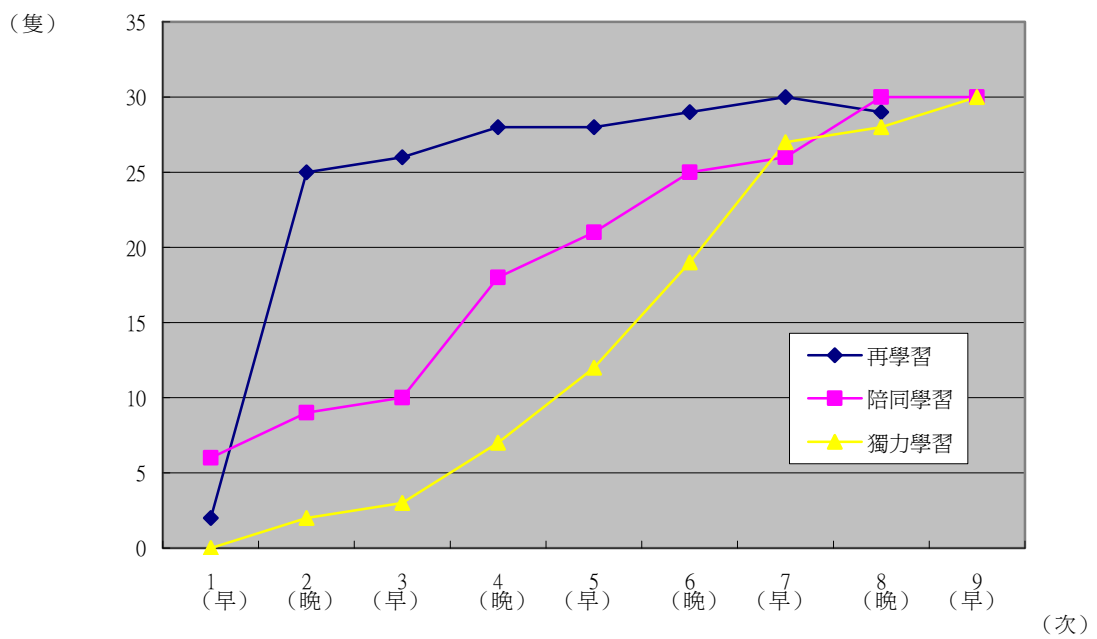


(圖七)：黑尾太陽之光的再學習、陪同學習與獨立學習之比較圖。

聲音的再學習狀況數據表：

黑尾太陽 聲音的再學習

次數 組別	一	二	三	四	五	六	七	八
組一	2	2 5	2 6	2 8	2 7	2 9	3 0	2 8
組二	3	2 2	2 6	2 8	2 8	2 9	3 0	3 0
組三	2	2 6	2 8	2 9	2 8	2 9	2 9	2 8
平均	2	2 5	2 6	2 8	2 8	2 9	3 0	2 9



(圖八)：黑尾太陽之聲音的再學習、陪同學習與獨立學習之比較圖。

柒、討論

1. 由圖（一）數據分析中可發現前三次學習速率平緩，大多數的魚在第四次到第六次時產生條件反射，而後曲線達到平衡。推論是魚在一開始並未明顯注意到環境的改變與餵食的關係，其開始對光有反應者可能是因為本能性的趨光。
2. 由圖（一）中發現孔雀魚的學習速率較快。推測為孔雀魚對環境光的改變較為敏銳。
3. 由圖（二）數據分析中可發現實驗中的三種魚種，對聲音的學習狀況接近相同。可能是因為環境聲音的改變較為明顯，三種魚皆容易注意到。
4. 由圖（二）發現聲音的學習曲線較接近直線，推論是音頻產生器之聲音與自然界背景干擾較為不同所致；相對地，光照與日光並無太顯著的差別。
5. 由圖（一）與圖（二）兩項數據分析比較中，可觀察到光對魚的學習影響較聲音快。推論是因為魚類向來對光有趨性，而光是照於水面上，因此光照時魚會趨向水面，所以學習有加快的現象。
6. 由圖（三）與圖（四）兩項數據分析比較中，陪同學習的魚在一開始時就有反應。其在第一次到第六次時，有陪同學習的魚學習明顯較獨立學習快。但後期反應與獨自學習相同，即是後段反應沒有明顯提前。推論其新加入的魚種之所以一開始就有反應，乃因為魚的團體性習慣。因為原本的魚種在產生干擾時浮上水面，連帶地新加入的魚就會盲目的跟從；而並非是產生學習反應，因此雖然一開始就有反應，但最後學成的速度趨於一樣致。
7. 由圖（三）與（四）兩項數據分析比較中，發現光的陪同學習比聲音的陪同學習快。推論可能是魚類的群體性，影響了學習狀態。雖然後期，陪同與獨立學習趨於一致。但群體性的共同學習，依然存在於獨立學習組中，當熟度增加時，使所有獨立學習組中的魚，對光的行為趨於一致。
8. 由圖（五）數據分析中，在光的遺忘中：孔雀魚較其他兩種魚較早。可能是孔雀魚對光較為敏銳，所以其較快察覺光與餵食間的關係消失，所以不再對光有反應。
9. 由圖（五）與圖（六）兩項數據分析比較中，魚群剛開始遺忘的速率皆十分緩慢。然而，到某個時刻時遺忘速率會明顯加快（即斜率增加）大致可分為三階段：在光的遺忘實驗中，剛開始到第25次為第一階段，此階段的斜率 ≈ -0.28 較為平緩；接著在第25到第33次為第二階段，此階段斜率 ≈ -3.13 明顯的快速下滑；接著再33次後，為最後階段，曲線又成平緩。在聲音的遺忘實驗中，剛開始到

第 1 5 次為第一階段，此階段的斜率 ≈ -0.33 較為平緩；接著在第 1 5 到第 3 3 次為第二階段，此階段斜率 ≈ -1.38 明顯的快速下滑；接著再 3 3 次後，為最後階段，曲線又成平緩。

10. 由圖（五）與圖（六）兩項數據分析比較中，光的遺忘約在第 2 5 次開始下降；聲音約在第 1 5 次開始下降，可見聲音開始遺忘的時間較早。推論其為魚對光的趨性，所以遺忘的反應開始時會較慢發生，全遺忘發生約在第 3 3 次左右。
11. 由圖（七）與圖（八）中，在第四階段實驗，再學習的學習速率明顯比第一次學習來的快。跟陪同學習的曲線不同，再學習中全部魚學成的時間點明顯的往前移動（光由第 6 次提前到第 2 次；聲音由第 7 次提前到第 2 次）。亦即，魚的記憶力與學習是正相關的。

捌、研究結論

- 一、無論在學習、遺忘、再學習或陪同／獨立學習上，各類魚種的表現基本上是無太大差異的（尤其在聲音的部分）。
- 二、無論是學習或遺忘的曲線皆表現出一個現象：最初變化不大，中後期時變化速率急遽增大、但最後又趨於平緩。
- 三、陪同學習初期的效果較獨立學習好，但最終學成所需時間仍然一樣。
- 四、再學習的速率遠快於獨立學習與陪同學習。

玖、參考資料與其他

大英簡明百科：條件作用。民國九十八年三月二十日，取自：<http://sc.hrd.gov.tw/ebintra/Content.asp?Query=2&ContentID=5947>

紅球。民國九十八年三月二十日，取自：
http://booth.hl.gov.tw/aqu-breeding/fish-1/new_page_9.htm

維基百科：孔雀魚。民國九十八年三月二十日，取自：
<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%AD%94%E9%9B%80%E9%AD%9A&variant=zh-tw>

Xiphophorus maculatus Southern platyfish。民國九十八年三月二十七日，取自：
<http://fishbase.sinica.edu.tw/Summary/SpeciesSummary.php?id=3232>

鄭湧涇、林金盾。(2008) 生物(下)。康熹文化事業股份有限公司，32頁。

【評語】 040720

- 1、 本計畫用紅球、黑尾太陽魚及孔雀魚三種魚，探討魚之學習、陪同學習、遺忘、再學習之能力，本計畫具應用性。
- 2、 結果顯示，三種魚之學習，遺忘再學習或陪同學習之表現差異少，再學習比陪同學習速度高。
- 3、 未來可引用於營養對學習影響之研究，對食品營養保健有貢獻。