

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080319

老鼠愛大米-倉鼠學習能力之探討

學校名稱：新竹縣竹北市東興國民小學

作者：	指導老師：
小四 李青璇	張博裕
小五 楊靚彤	石曉芬
小五 謝昕彤	
小五 葉恆仔	
小五 邱柔禕	

關鍵詞：倉鼠走迷津、學習能力、古典制約

摘 要

本研究旨在探討倉鼠的學習能力。實驗對象為三隻同品種的倉鼠，首先了解倉鼠對不同穀物的偏好；其次探究光線強弱對其選擇路徑的影響，作為後續實驗設計的依據。其三透過不同難度的迷宮了解倉鼠能否在多次經驗中縮短穿越的時間；接著進一步在迷宮中加入○×的簡易標示，探討倉鼠能否藉由辨識標示來縮短穿越時間。最後則透過食物與聲音建立連結，探討倉鼠在條件反射學習的習得效果。

實驗結果得知，第一：倉鼠個體間對於食物有偏好性，以紅高粱最受喜愛。其次：倉鼠喜愛光線較弱的通道。第三：倉鼠確實具有學習能力，但個體之間有所差異。第四：迷宮中的標示能協助倉鼠縮短其穿越的時間。第五，在條件反射的學習中，倉鼠能獲得對聲音的穿越迷宮反應。

壹、研究動機

小時候看到小狗被主人訓練到能聽得懂口令做出指定動作時，心裡感到非常驚訝。因此從小就有一個想法：是不是其他的動物也能做得到呢？我把想法告訴老師，老師表示在生物學和心理學中有過類似的研究，於是老師建議我可以把想法付諸實踐去參加科展。

正好同學家裡有養倉鼠，於是我們決定一起針對倉鼠來進行研究。起初還為了實驗倉鼠的數量跟品種在煩惱著，很幸運地，在老師居中協調下找到一位志同道合的學妹，湊齊了三隻同品種的倉鼠讓實驗得以順利向前邁進。而我們會選擇倉鼠的原因是因為牠體型小，方便帶來學校，而且我們都想知道倉鼠是不是也可以像小狗一樣有學習能力。我們在網路上查詢到一些有關於老鼠的實驗包括看紅綠燈、走迷宮和游泳找浮板等實驗，覺得很有趣，於是我們決定在取得倉鼠後，先了解倉鼠除了愛吃葵花籽以外還愛吃什麼？還有看倉鼠是否真的不喜歡太亮的環境？再進一步利用食物來引誘牠走迷宮、辨別簡易標示和對特殊聲音的反應。

貳、研究目的

- 一、了解巴夫洛夫的行為主義學習理論與其實驗內容。
- 二、探討面對不同種類的飼料，倉鼠是否有飲食的偏好。
- 三、探討面對不同亮度的路徑，倉鼠是否有趨避的偏好。
- 四、透過穿越迷宮的遊戲，了解倉鼠是否能從經驗中學習而減少其穿越的時間。
- 五、在迷宮中增加○×簡易標示，探討倉鼠是否可以藉由識得標示來縮短其穿越時間。
- 六、將食物和聲音作連結，探討倉鼠在多次條件反射學習後的習得效果。
- 七、透過「老鼠愛大米-倉鼠學習能力之探討」的實驗過程，培養務實的觀察能力和科學實驗操作的經驗。

參、研究問題

- 一、巴夫洛夫的行為主義學習理論與其實驗內容為何？
- 二、面對不同種類的飼料，倉鼠偏愛吃什麼？
- 三、面對不同亮度的路徑，倉鼠偏好趨光還是避光？
- 四、倉鼠在穿越迷宮是否會有學習經驗而減少其穿越的時間？
- 五、倉鼠是否可以藉由識得簡易標示來縮短其穿越迷宮的時間？
- 六、倉鼠是否能在多次條件反射學習後習得效果，將聲音和食物建立連結，表現在其穿越迷宮的時間上？

肆、研究設備及器材

表 1 研究設備及器材

1.倉鼠飼料	2.電子秤	3.迷宮保麗龍 3 個
		

4.碼表



5.夾鏈袋



6.透明塑膠袋



7.膠帶



8.刀片、剪刀



9.紙箱



10.紙



11.簡易標示



12.雙面膠



13.深色布



14.檯燈



15.鈴鐺



16.Webduino Smart Board



17.筆記型電腦



伍、研究過程或方法

一、研究架構：

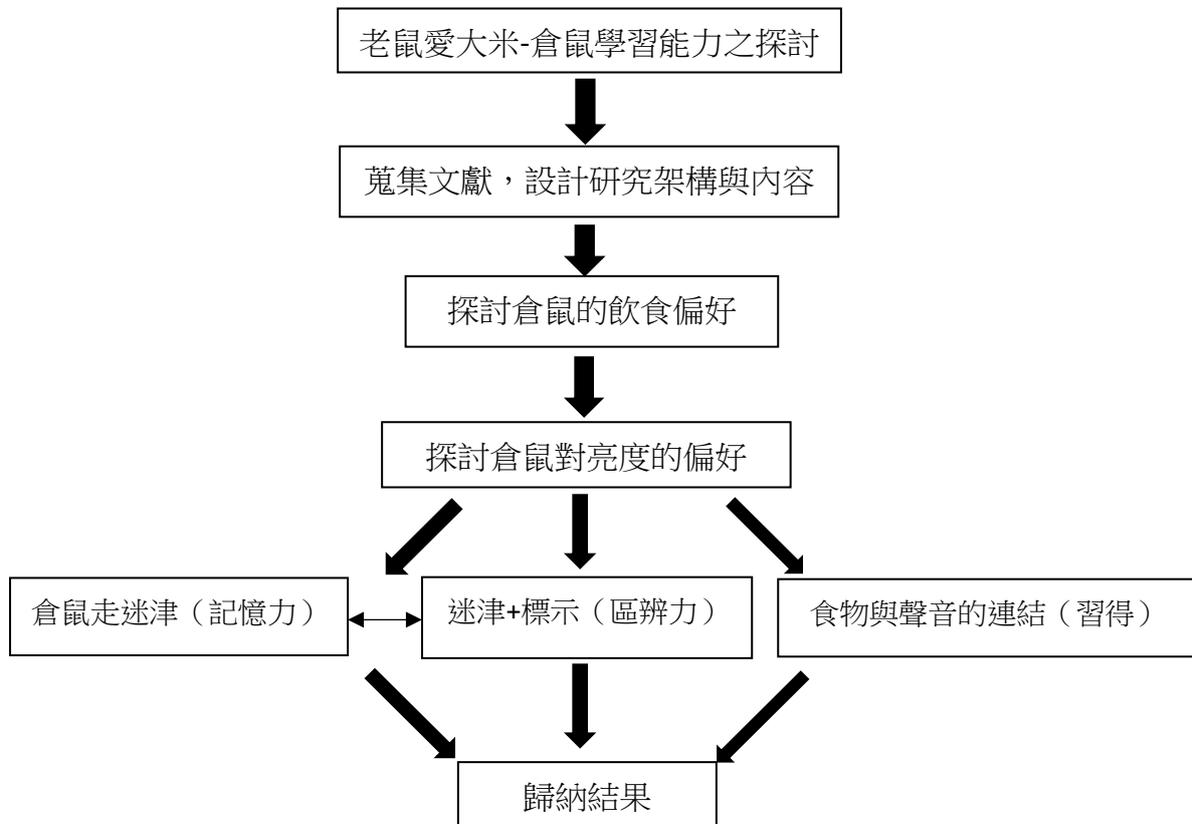


圖 1 研究架構圖

二、研究過程與方法：

【實驗一】巴夫洛夫的行為主義學習理論與其實驗內容為何？

巴夫洛夫的行為主義學習理論又稱為「古典制約學習理論」。在其理論中包含了可重複的中性刺激和非制約刺激。非制約刺激（unconditioned stimulus、US），如食物，能夠引起非制約反應（unconditioned response、UR），不需要經過學習；非制約刺激和非制約反應的關係，稱做「非制約反射」。而制約刺激（conditioned stimulus、CS）則是能夠引起制約反應（conditioned response、CR）的初始中性刺激（neutral stimulus、NS），這是需要學習的。且制約刺激與心理學上立即性和長期性的期待、滿足與恐懼有關，制約刺激和制約反應的關係，稱做「制約反射」。當非制約刺激重複性地或是猛烈地伴隨著某個中性刺激，這個中性刺激會成為一個制約

刺激，並產生制約反射。其實驗可以簡化為三個部分：

- 非制約前提：非制約刺激 US→非制約反應 UR
- 非制約插入：非制約刺激 US+中性刺激 NS→非制約反應 UR
- 制約效果：制約刺激 CS → 制約反應 CR

巴夫洛夫的古典制約學習理論經過研究，可歸納有下列幾項原則：

一、習得 (acquisition)：將制約刺激與無制約刺激多次結合呈現，可以獲得制約反應。如將聲音刺激與餵食結合呈現給狗，狗便會獲得對聲音的唾液分泌反應。

二、消退 (extinction)：對制約刺激反應不再重複呈現無制約刺激，反覆多次後，已習慣的反應就會逐漸消失，如學會對鈴聲產生唾液分泌的狗，在一段時間聽到鈴聲而不餵食之後，可能對鈴聲不再產生唾液分泌反應。

三、自發恢復 (spontaneous recovery)：消退了的制約反應，即使不再給予強化訓練，也可能重新被激發，再次出現，這稱為自然恢復作用。

四、類化 (generalization)：指某種特定制約刺激反應形成後，與其類似的刺激也能激發相同的制約反應，如狗對鈴聲產生唾液分泌反應後，對近似鈴聲的聲音也會產生反應，即所謂的「一朝被蛇咬，十年怕草繩」。

【實驗二】面對不同種類的飼料，倉鼠偏愛吃什麼？

(一) 準備工作

實驗準備三隻敘利亞倉鼠 (名稱分別為珍珠、粉圓、冰棒)、飼料、電子秤、夾鏈袋等必要器具。以下是我們的操作安排：

1. 將三隻倉鼠分別放在不同的籠子，以免牠們互相爭鬥，並易於我們清理、照顧。
2. 將珍珠需要的東西放到水族箱裡，再將珍珠放進去裡面，安置在我家櫃子旁，也是在冰棒旁邊。
3. 將粉圓需要的東西放到爸爸事先做好的小籠子裡，再將粉圓放進去裡面，安置在冰棒的上面。

4. 將冰棒需要的東西放到爸爸事先做好的大籠子裡，再將冰棒放進去裡面，安置在粉圓的下面，珍珠的旁邊。

5. 其他例行工作如下：

(1)每天清理籠子、換飼料。

(2)每二~三天換一次水。

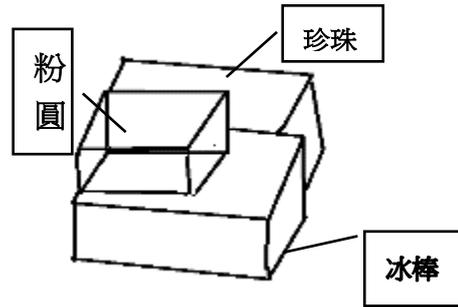


圖 2 倉鼠飼養箱規劃圖

(二) 餵食倉鼠操作：

1. 先把所需要的飼料按照種類分好，秤其重量後分裝入袋子裡。每一個種類的穀物飼料各為 5 公克，共有五種穀物。

2. 把倉鼠從籠子裡拿出來，把籠子清乾淨，才能把實驗用的飼料分別放入籠中的飼料小盒子中。

3. 隔天同樣的時間清理籠子，把倉鼠拿出來，再把剩餘的飼料倒出來裝進夾鏈袋裡，將籠子清理乾淨，並重新放入五種事先秤好的穀物。

4. 把三隻倉鼠籠中所剩餘的穀物飼料帶到學校，先秤其重量並在筆記本上做紀錄，重量以公克為單位。

表 2 倉鼠餵養操作流程圖



(三) 實驗結果：

表3 珍珠-剩餘穀物重量統計表 (公克)

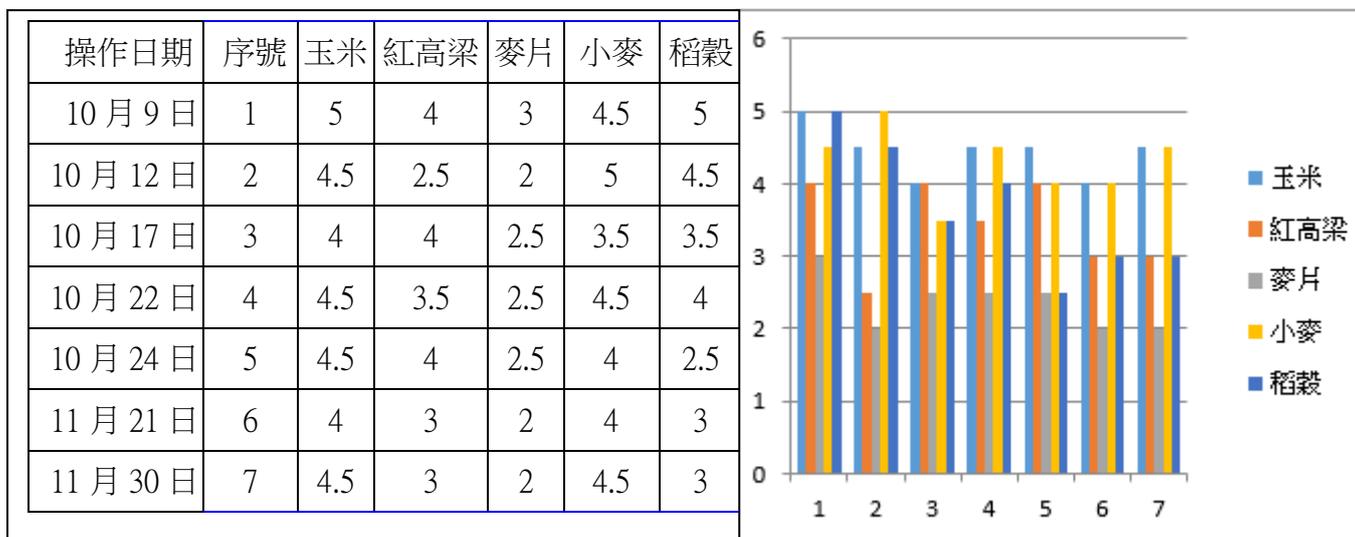


表4 粉圓-剩餘穀物重量統計表 (公克)

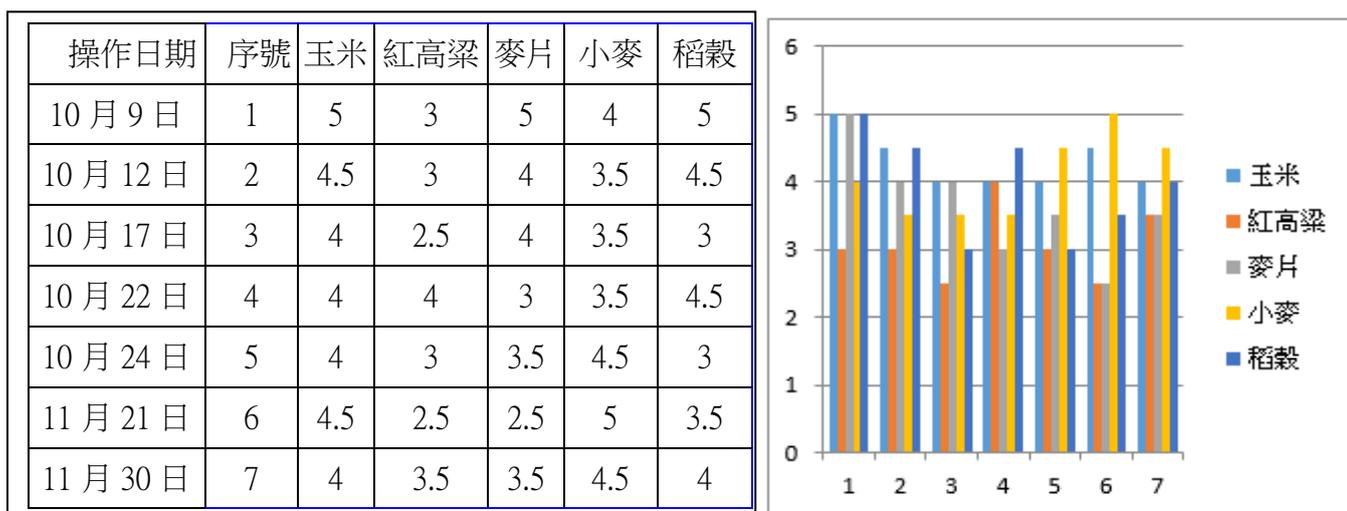
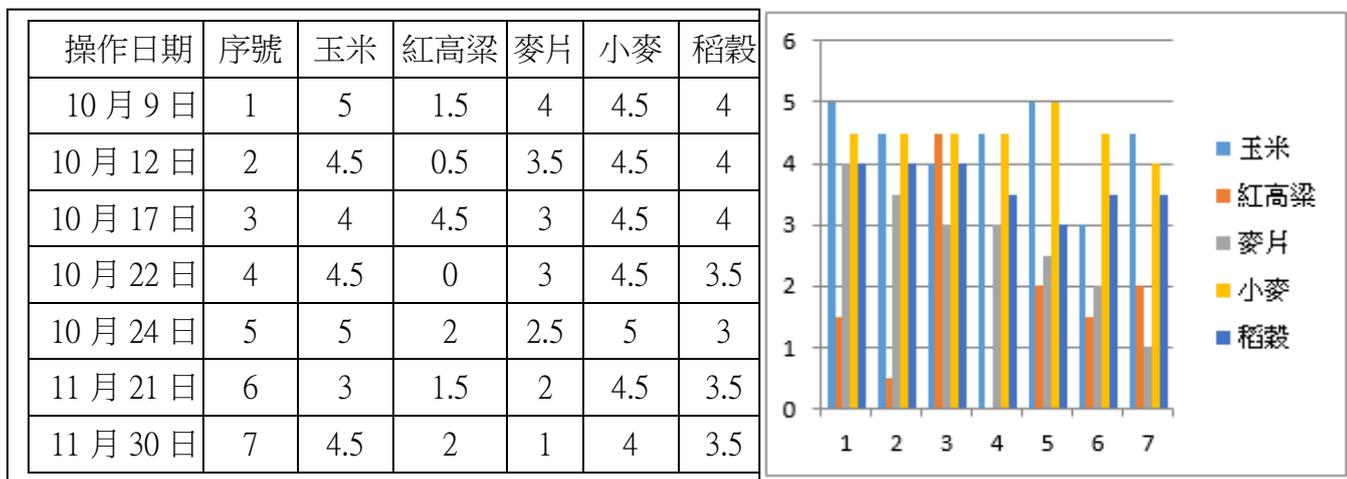


表5 冰棒-剩餘穀物重量統計表 (公克)



在給予定量五穀雜糧後，觀測並記錄三隻倉鼠的飲食狀況。研究整體結果顯示三隻倉鼠最愛食用的穀物是紅高粱，其次是麥片。雖然有一隻倉鼠(珍珠)很愛吃麥片，但加總三隻倉鼠食用剩餘的五種穀物重量後，紅高粱仍為消耗最多的一種穀物。

【實驗三】面對不同亮度的路徑，倉鼠偏好趨光還是避光？

(一) 製作不同亮度的通道：

1. 裁切紙箱，並組合紙板，開出四個通道。
2. 在上蓋版各挖出 4 個、8 個、12 個孔洞來透光。
3. 把上蓋版封上，避免外面的環境影響。
4. 另在通道末端挖設監視孔，必要時作為觀察倉鼠之用，平時用深色布蓋住。
5. 通道上方架設檯燈作為光源，通道末端放置倉鼠喜愛的食物-紅高粱。
6. 利用 webduino smart 板上的光敏電阻感測器，來測量各個通道的亮度。
7. 接著輪流把倉鼠放入通道前院的廣場上，觀測他們會跑入哪一種亮度的通道中（前院廣場距通道口約 100cm）。
8. 每隻倉鼠測 15 次 共計 45 次，把所得的結果記錄在筆記本中。

表 6 光敏電阻值測量流程圖



表 7 各通道的光敏電阻值測量統計表

光敏電阻值	通道一	通道二	通道三	通道四
1	0.0068	0.0401	0.0753	0.1447
2	0.0117	0.0411	0.0743	0.1430
3	0.0098	0.0401	0.0460	0.1407
4	0.0078	0.0410	0.0743	0.1730
5	0.0091	0.0400	0.0830	0.1466
6	0.0127	0.0410	0.0860	0.1778
7	0.0117	0.0439	0.0841	0.1574

8	0.0073	0.0439	0.0854	0.1584
9	0.0117	0.0410	0.0791	0.1875
10	0.0117	0.0424	0.0861	0.1671
平均光敏電阻值	0.0100	0.0415	0.0774	0.1596

註：smart 板上的光敏電阻感測器，其原始測量值介於 0~1 之間，當光線越強時，所得的數值會越接近 1，反之，光線越弱時則數值越趨近於 0。

	通道一（0 孔、平均光敏電阻值 0.0100）
○ ○ ○ ○	通道二（4 孔、平均光敏電阻值 0.0415）
○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	通道三（8 孔、平均光敏電阻值 0.0774）
○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	通道四（12 孔、平均光敏電阻值 0.1596）

圖 3 不同亮度的通道設計圖



（二）實驗結果

在不同光線亮度的通道下，三隻倉鼠各有 15 次機會選擇通道，其統計次數如下：

表 8 倉鼠穿越不同亮度通道實驗統計表

	通道一	通道二	通道三	通道四
開孔/平均光敏電阻值	0 孔 平均光敏電阻值 0.0100	4 孔 平均光敏電阻值 0.0415	8 孔 平均光敏電阻值 0.0774	12 孔 平均光敏電阻值 0.1596
粉圓	7	1	1	6
珍珠	10	1	3	1
冰棒	11	0	1	3
合計	28	2	5	10

在記錄中顯示三隻倉鼠合計選擇通道一有 28 次、通道二有 2 次、通道三有 5 次、通道四有 10 次，可知倉鼠在選擇路徑上，有偏好光線較暗通道的情況（通道一，0 孔、平均光

敏電阻值 0.0100)。基於此實驗結果，我們在之後的實驗中皆會考慮實驗時的光線，選擇相對較暗的環境來做實驗。

【實驗四】倉鼠在穿越迷宮是否會有學習經驗而減少其穿越的時間？

(一) 實驗的迷宮設計：

1. 利用三個洞洞樂空盒來做迷宮的底部，設計迷宮，並把多餘的部份裁切去除。
2. 利用塑膠袋製作上蓋，用膠帶固定，在塑膠袋上戳洞讓空氣流動。
3. 分別在迷宮出口放置食物。
4. 並在燈光較暗的環境下，輪流把倉鼠放入迷宮一到迷宮三並測量時間，每隻要各跑十次。
5. 把通過迷宮要花費的時間記錄在筆記本中，時間以秒為單位。

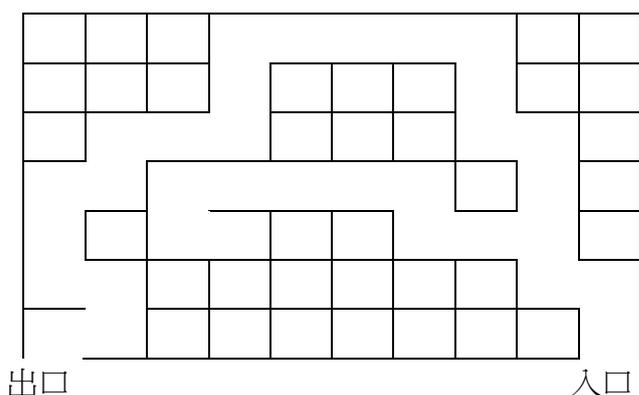


圖 4 迷宮一設計圖

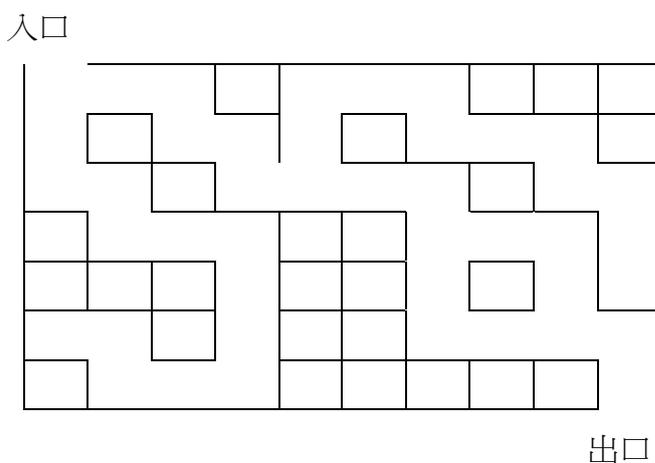
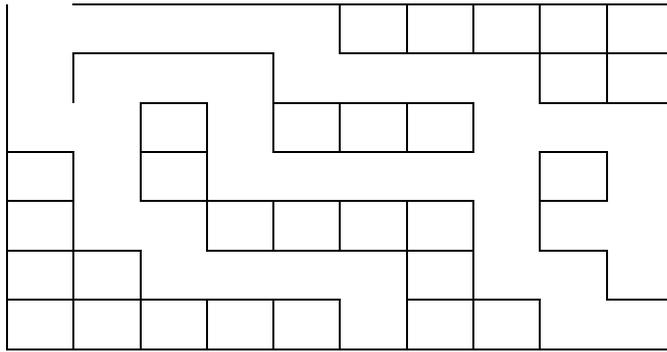


圖 5 迷宮二設計圖

入口



出口

圖 6 迷宮三設計圖

(二) 實驗結果

在不同難度的迷宮下，三隻倉鼠在迷宮一、迷宮二、迷宮三，其穿越迷宮的時間分別統計如下：

表 9 倉鼠穿越迷宮一所需時間記錄表

序號	粉圓(秒)	珍珠(秒)	冰棒(秒)
1	54.29	8.82	40.57
2	22.32	35.54	25.89
3	15.92	28.34	296.00
4	18.7	209.01	21.67
5	11.85	32.23	34.33
6	26.01	42.61	69.41
7	19.13	85.76	59.20
8	14.07	110.35	32.08
9	22.28	312.42	35.36
10	40.88	13.00	27.38
平均 (排除頭尾極端數據)	22.41	69.61	40.53

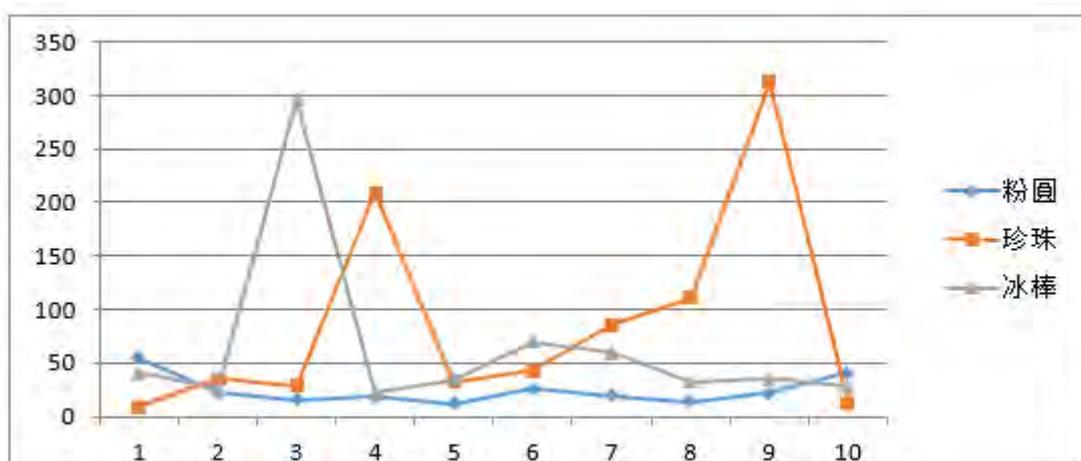


圖 7 倉鼠穿越迷宮一所需時間折線圖

在迷宮一的記錄中，各排除頭尾一次極端數據後，顯示個別倉鼠穿越迷宮的平均時間分別為：粉圓 22.41 秒>冰棒 40.53 秒>珍珠 69.61 秒，其中粉圓明顯快過冰棒和珍珠。

再進一步細看三隻倉鼠十次穿越迷宮的數據：可以發現三隻倉鼠在經過十次的穿越經驗後，穿越迷宮所需的時間均有所縮短，但每隻倉鼠所需的學習時間不大相同，粉圓和冰棒兩隻倉鼠很快的便能記住路線，穿越迷宮所花的時間變化不大；而珍珠則需要多次錯誤嘗試，方能記住穿越的路線（如圖 7）。

表 10 倉鼠穿越迷宮二所需時間記錄表

序號	粉圓(秒)	珍珠(秒)	冰棒(秒)
1	61.00	70.79	67.77
2	11.98	33.92	736.14
3	15.76	18.39	72.44
4	13.73	89.00	250.53
5	168.39	114.35	27.07
6	46.10	96.00	127.10
7	45.58	16.17	13.39
8	17.14	7.41	14.69
9	15.48	69.16	19.63
10	10.20	7.00	13.39
平均 (排除頭尾極端數據)	28.34	50.07	74.08

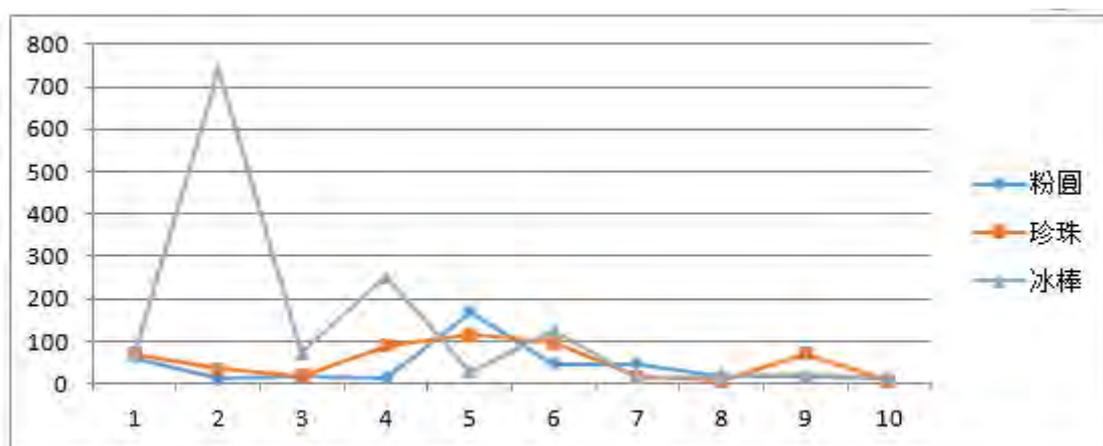


圖 8 倉鼠穿越迷宮二所需時間折線圖

在迷宮二的記錄中，各排除一次極端數據後，顯示個別倉鼠穿越迷宮的平均時間分別為：粉圓 28.34 秒>珍珠 50.07 秒>冰棒 74.08 秒，其中可以發現粉圓明顯快過珍珠，而珍珠也明顯快過冰棒。

再進一步細看三隻倉鼠十次穿越迷宮的數據：可以發現三隻倉鼠在經過十次的穿越經驗後，穿越迷宮所需的時間均明顯縮短（如圖 8）。

表 11 倉鼠穿越迷宮三所需時間記錄表

序號	粉圓(秒)	珍珠(秒)	冰棒(秒)
1	45.82	116.61	164.88
2	170.01	850.55	154.02
3	293.00	39.39	60.00
4	275.86	171.00	281.57
5	131.23	214.54	21.07
6	66.95	69.35	170.23
7	119.69	27.23	297.79
8	96.00	28.16	37.23
9	46.53	48.45	10.73
10	40.69	109.00	12.29
平均 (排除頭尾極端數據)	119.01	99.56	112.66

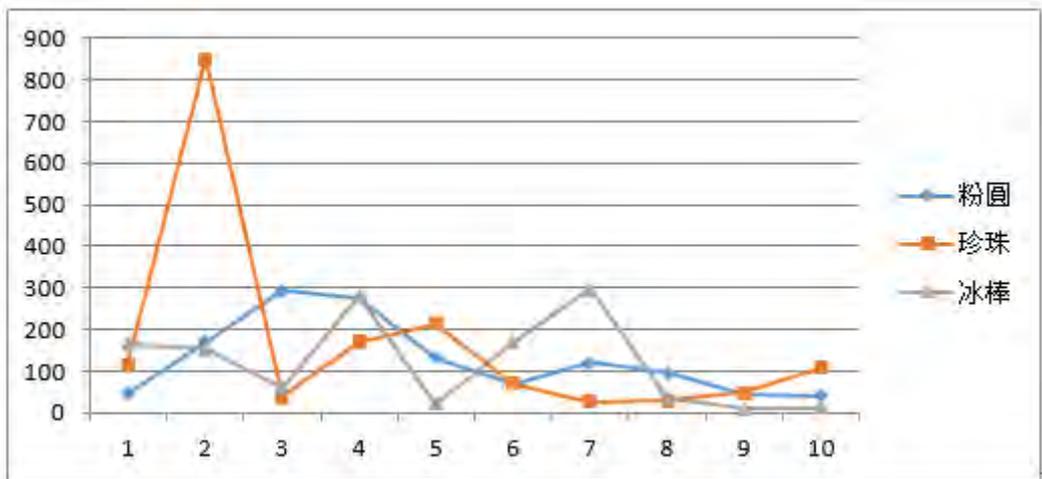


圖 9 倉鼠穿越迷宮三所需時間折線圖

在迷宮三的記錄中，各排除頭尾一次極端數據後，顯示倉鼠穿越迷宮的平均時間分別為：珍珠 99.56 秒>冰棒 112.66 秒>粉圓 119.01 秒，其中可以發現珍珠明顯快過冰棒，而冰棒快於粉圓。

再進一步細看三隻倉鼠十次穿越迷宮的數據：可以發現三隻倉鼠在經過十次的穿越經驗後，穿越迷宮所需的時間折線圖均呈現逐步減少的趨勢（如圖 9）。

表 12 倉鼠穿越三個迷宮平均所需時間彙整表

序號	迷宮一(秒)	迷宮二(秒)	迷宮三(秒)
1	34.56	66.52	109.1
2	27.91	260.68	391.53
3	113.42	35.53	130.76
4	83.12	117.75	242.81
5	26.13	103.27	122.28
6	46.01	89.73	102.18
7	54.70	25.05	148.24
8	52.17	13.08	53.80
9	123.35	34.76	35.23
10	27.09	10.20	54.00

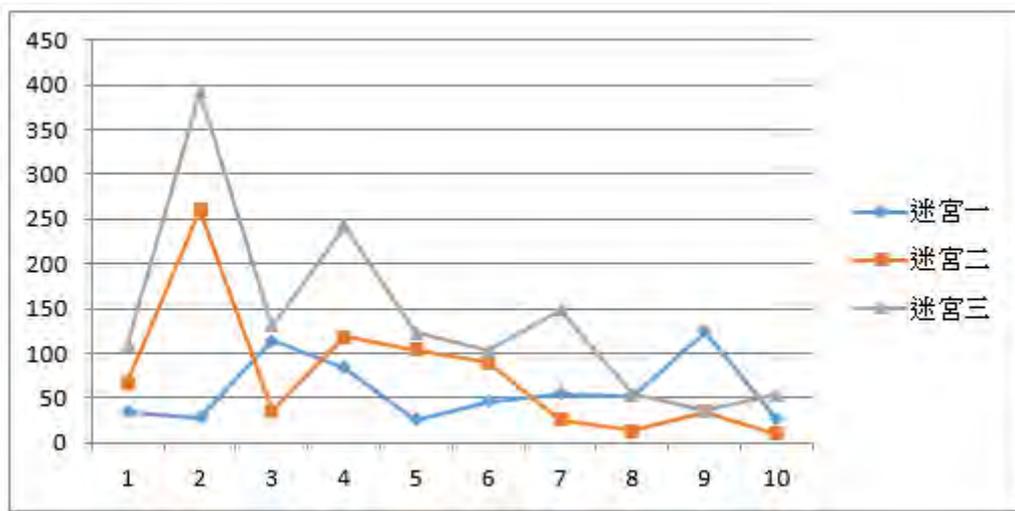


圖 10 倉鼠穿越三個迷宮平均所需時間折線圖

圖 10 為本研究針對倉鼠 10 次穿越迷宮操作記錄的各別平均數據，根據上圖結果，我們可以看出：倉鼠確實有學習能力，無論在哪一種難度的迷宮中，經過 10 次迷宮穿越的經驗後，三隻倉鼠在三種不同難度迷宮的平均穿越時間整體均有顯著減少的趨勢。

【實驗五】倉鼠是否可以藉由識得簡易標示來縮短其穿越迷宮的時間？

(一) 實驗設計

1. 在迷宮一和迷宮二中的轉角處加註○×簡易標示。
2. 各別於迷宮出口放置倉鼠最愛吃的食物 - 高粱，在燈光較暗的環境下輪流把三隻倉鼠放入迷宮，每隻測驗 10 次，共計 40 次，把所得的穿越時間記錄在筆記本中。

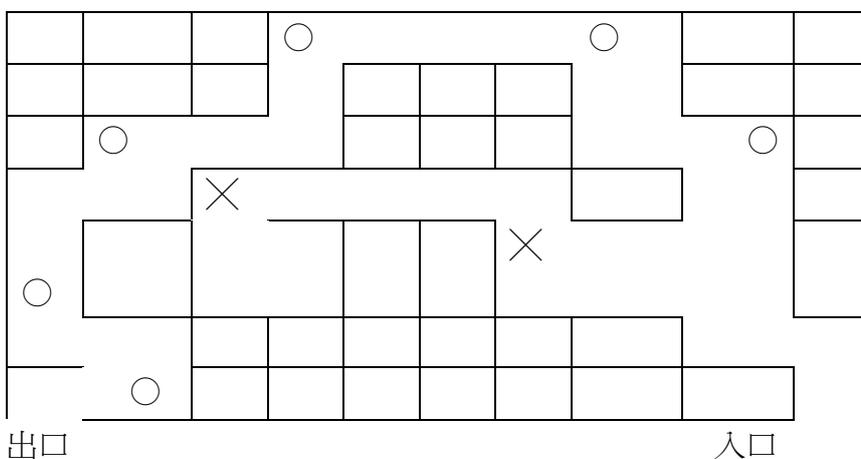
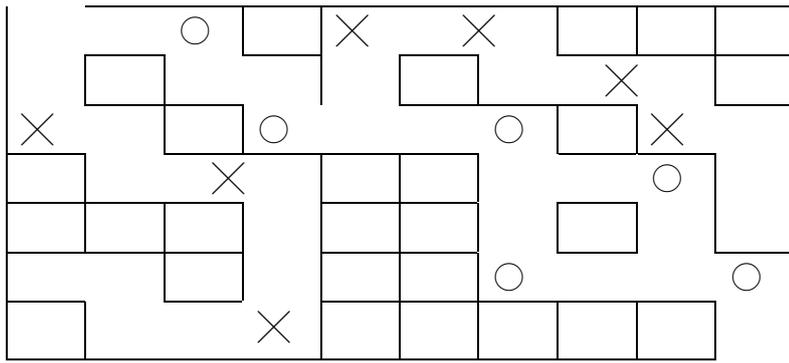


圖 11 簡易標示迷宮一設計圖

入口



出口

圖 12 簡易標示迷宮二設計圖

(二) 實驗結果

在加入簡易標示的迷宮下，三隻倉鼠在迷宮一、迷宮二，其穿越迷宮的時間分別統計如下，並與實驗四未標示的迷宮一、迷宮二的穿越時間做比較：

表 13 倉鼠穿越有簡易標示的迷宮一所需時間記錄表

序號	粉圓(秒) (標示)	粉圓(秒) (未標示)	珍珠(秒) (標示)	珍珠(秒) (未標示)	冰棒(秒) (標示)	冰棒(秒) (未標示)
1	15.86	54.29	36.32	8.82	51.00	40.57
2	9.16	22.32	8.13	35.54	40.72	25.89
3	12.02	15.92	25.70	28.34	37.76	296.00
4	13.54	18.7	14.33	209.01	39.73	21.67
5	8.73	11.85	9.88	32.23	56.20	34.33
6	7.36	26.01	26.22	42.61	25.54	69.41
7	7.98	19.13	36.82	85.76	29.09	59.20
8	11.51	14.07	24.24	110.35	38.39	32.08
9	11.51	22.28	12.32	312.42	26.99	35.36
10	8.63	40.88	25.11	13.00	16.78	27.38
平均 (排除最高和最 低極端數據)	10.39	22.41	21.77	69.61	36.15	40.53

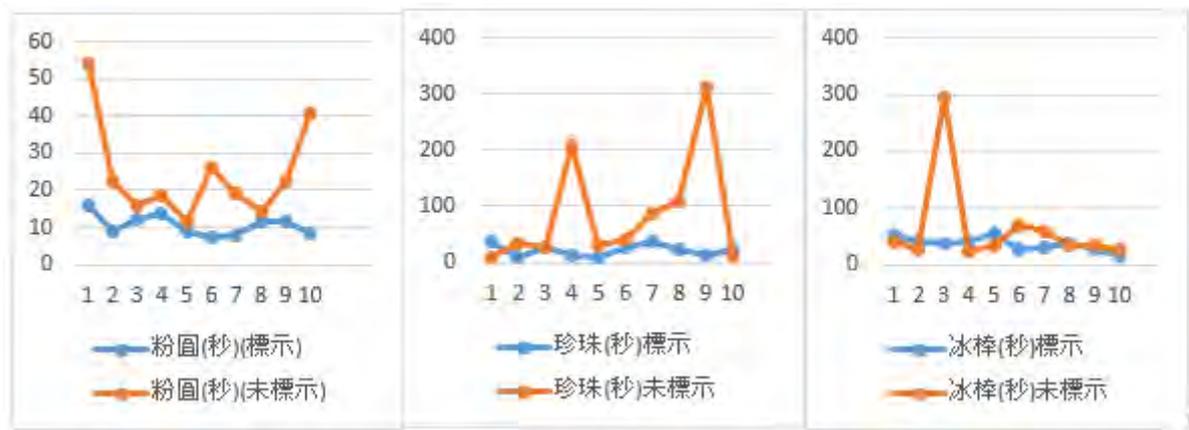


圖 13 倉鼠穿越迷宮一有無標示所需時間比較圖

表 14 倉鼠穿越有簡易標示的迷宮二所需時間記錄表

序號	粉圓(秒) (標示)	粉圓(秒) (未標示)	珍珠(秒) (標示)	珍珠(秒) (未標示)	冰棒(秒) (標示)	冰棒(秒) (未標示)
1	24.29	61.00	37.10	70.79	34.00	67.77
2	23.29	11.89	12.10	33.92	32.95	736.14
3	30.00	15.76	32.20	18.39	8.67	72.44
4	47.00	13.74	23.95	89.00	17.26	250.53
5	15.17	168.39	43.73	114.35	48.66	27.07
6	28.91	46.10	42.36	96.00	15.07	127.10
7	8.17	45.58	15.07	16.17	59.06	13.39
8	5.95	17.14	59.06	7.14	7.42	14.69
9	6.17	15.48	48.66	69.16	31.61	19.63
10	6.55	10.20	26.79	7.00	73.48	13.39
平均 (排除最高和最低 極端數據)	17.82	28.34	33.73	50.07	30.91	74.08

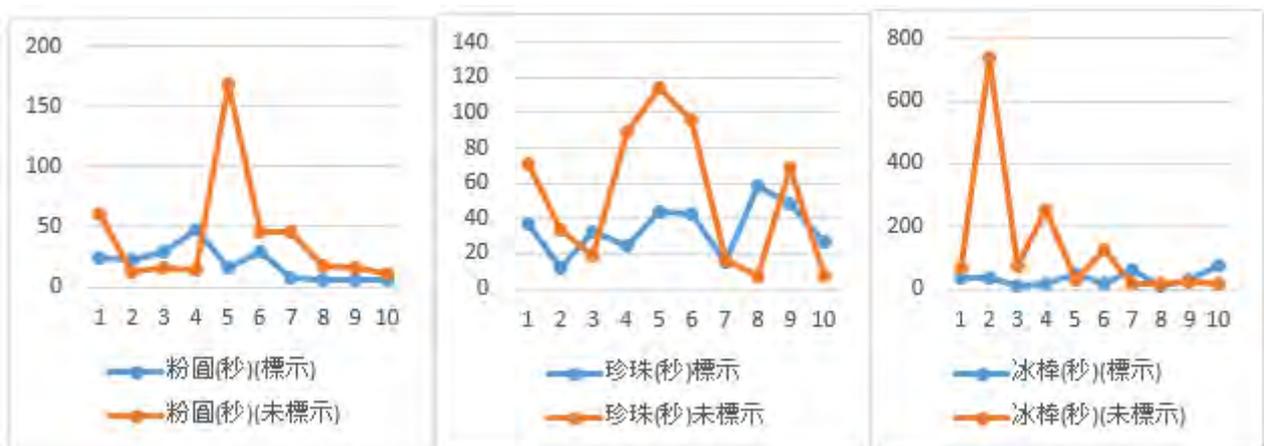


圖 14 倉鼠穿越迷宮二有無標示所需時間比較圖

由實驗結果所繪製的折線圖可知，加入簡易標示的迷宮一和迷宮二，三隻倉鼠在穿越時間上的表現，明顯的比未標示時好，且折線圖起伏也比較平穩。因此，藉由此實驗可以合理推測，倉鼠可以經由識得簡單標示來縮短穿越迷宮的時間。

【實驗六】倉鼠能否在多次條件反射學習後習得效果，將聲音和食物建立連結？

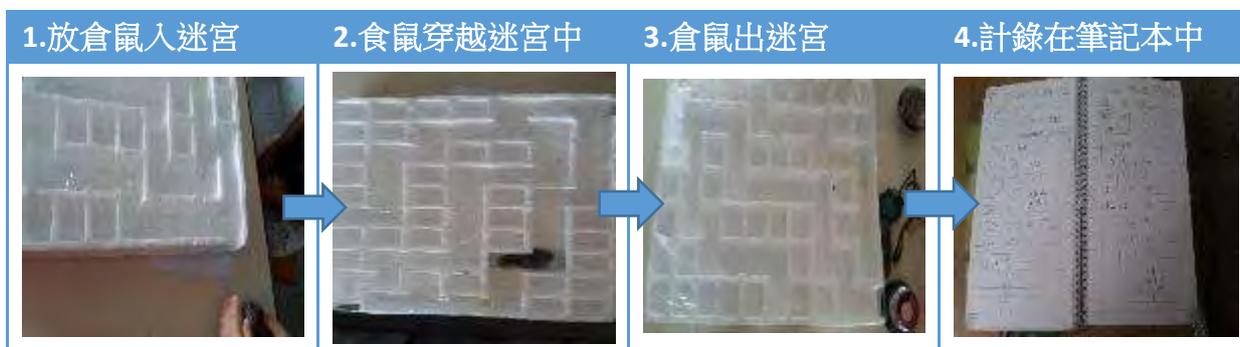
(一) 實驗設計

1. 首先輪流訓練三隻倉鼠在吃到食物時會聽到連續的鈴聲。
2. 利用迷宮三的路徑，終點放置食物-高粱，在燈光較暗的環境下輪流把三隻倉鼠放入迷宮，在倉鼠起跑的同時伴隨著連續鈴聲，每隻測驗 10 次，共計 30 次，把所得的穿越時間記錄在筆記本中。
3. 其次利用迷宮三的路徑，終點不放置食物，在燈光較暗的環境下輪流把三隻倉鼠放入迷宮，在倉鼠起跑的同時伴隨著連續鈴聲，每隻測驗 10 次，共計 30 次，把所得的穿越時間記錄在筆記本中。

表 15 倉鼠在迷宮三放置食物+鈴聲操作流程圖



表 16 倉鼠在迷宮三移除食物只剩下鈴聲操作流程圖



(二) 實驗結果

先將食物伴隨著鈴聲出現，再將食物移除保留鈴聲獨自出現，三隻倉鼠在迷宮三各自穿越的時間，與實驗四只有食物出現的迷宮三穿越時間做比較，其實驗紀錄如下表：

表 17 倉鼠進行條件反射學習穿越迷宮三所需時間記錄表

序號	粉圓(秒) (食物)	粉圓(秒) (食物+ 鈴聲)	粉圓(秒) (鈴聲)	珍珠(秒) (食物)	珍珠(秒) (食物+ 鈴聲)	珍珠(秒) (鈴聲)	冰棒(秒) (食物)	冰棒(秒) (食物+ 鈴聲)	冰棒(秒) (鈴聲)
1	45.82	44.42	17.73	116.61	24.57	26.57	164.88	15.54	31.82
2	170.01	35.52	29.95	850.55	15.39	8.58	154.02	43.82	13.17
3	293.00	12.39	21.32	39.39	53.70	6.54	60.00	12.73	29.06
4	275.86	29.36	11.45	171.00	12.39	8.38	281.57	27.76	17.12
5	131.23	15.19	6.73	214.54	24.88	10.95	21.07	40.41	8.29
6	66.95	39.92	7.62	69.35	15.58	23.98	170.23	23.58	30.53
7	119.69	14.08	8.01	27.23	11.02	7.64	297.79	47.18	18.50
8	96.00	11.61	21.26	28.16	49.79	37.36	37.23	39.62	8.54
9	46.53	11.26	22.91	48.45	34.95	9.82	10.73	11.50	8.29
10	40.69	25.51	50.64	109.00	8.10	24.23	12.29	7.85	18.5
平均	119.01	22.95	17.53	99.56	23.57	15.02	112.66	26.87	17.96

註：平均為排除最高和最低極端數據後的數值

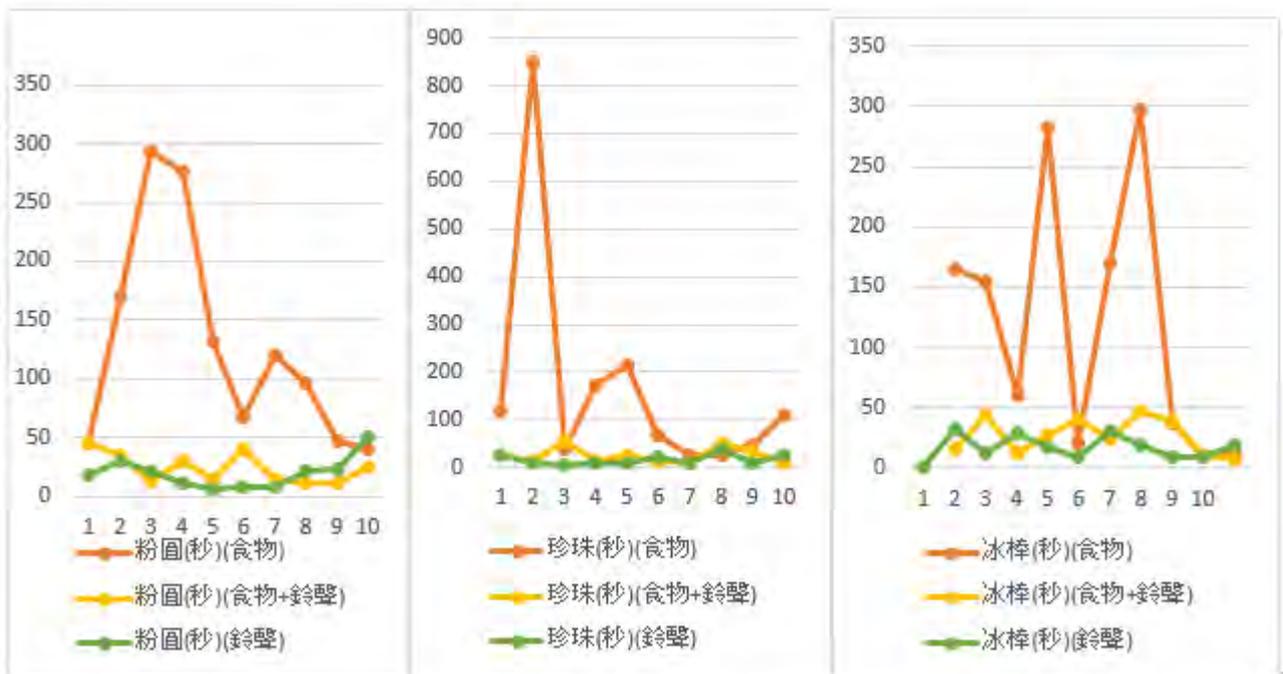


圖 15 倉鼠進行條件反射學習穿越迷宮三所需時間折線圖

由實驗結果所繪製的折線圖可知：第一，在食物伴隨鈴聲出現的迷宮三實驗中，三隻倉鼠其穿越時間相較於實驗四的十次穿越時間，均有很明顯的縮短。第二，在條件反射學習後，只有鈴聲出現而沒有伴隨食物的迷宮三實驗，三隻倉鼠在穿越時間上的表現，和食物隨著聲音一起出現時的表現大致一致，因此，可以合理推測倉鼠可藉由條件反射的學習將食物和鈴聲連結起來，認為來自迷宮出口的鈴聲就有牠愛的食物。

陸、研究結果與討論

- 一、我們運用巴夫洛夫的行為主義學習理論於倉鼠身上，探討倉鼠是否如同狗一樣具有學習能力。在實驗二中我們首先探究倉鼠是否有明顯偏好的穀物，研究結果發現：倉鼠個體之間確實有飲食上的偏好，整體上紅高粱為倉鼠最愛的一種穀物，其次為麥片。
- 二、在實驗三中我們探究倉鼠面對不同光線亮度的路徑，倉鼠會如何選擇？在總共 45 次的記錄中顯示：三隻倉鼠合計選擇亮度最暗的通道一有 28 次為最多，可知倉鼠在路徑選擇上，有偏好亮度較暗通道的情況。基於這個實驗結果，在之後的實驗設計中我們會選擇相對較暗的環境來做實驗。
- 三、在實驗四中，我們設計三種迷宮來測試探討倉鼠是否能在多次穿越迷宮的經驗中，學習、記憶通過迷宮的路線，縮短其穿越的時間。結果顯示：倉鼠確實有學習能力，但個體之間學習能力有差異，在各自 10 次迷宮穿越中，三隻倉鼠在三種不同難度迷宮的平均穿越時間整體均有顯著的減少。
- 四、在實驗五中，我們在兩種迷宮設計中增加○×簡易標示來探討倉鼠是否能藉由識得簡易標示，來縮短其穿越的時間。結果顯示：三隻倉鼠在穿越時間上的表現，明顯的比未標示時好，且折線圖起伏也較未標示時穩定。因此，我們合理的推測，倉鼠可以經由識得簡單標示來縮短穿越迷宮的時間。
- 五、在實驗六中，我們藉由迷宮三配合著食物和鈴聲的出現來探討倉鼠是否能在多次條件反射學習後產生習得效果，將聲音和食物作連結，反應在其穿越迷宮的時間？結果顯示：當只有鈴聲出現而沒有伴隨食物時，三隻倉鼠在穿越時間上的表現，和食物隨著聲音一起出現時的表現大致一致，因此，可以合理推測倉鼠可藉由條件反射的學習將食物和鈴

聲連結起來，認為來自迷宮出口的鈴聲就有牠愛的食物。

六、另外我們也發現，在觀察實驗的過程中，三隻倉鼠會因為個性的差異而影響實驗的進行。有時倉鼠太活潑、太好奇，有時太愛乾淨而在穿越過程中洗臉、清理毛髮或是想睡覺，均會影響實驗進度。

柒、建議與展望

一、倉鼠和狗一樣具有學習的能力，但不同的動物之間的學習能力上可能有所差異，因此未來還會想繼續嘗試其他種動物在學習能力上的探討。

二、本次實驗我們選擇了「迷宮」、「簡易標示」與「聲音-食物的連結」等三個主題來分別探討倉鼠的「記憶」、「區辨」與「制約」等學習能力。但根據所蒐集的文獻所示，其實還有許多種方式可以探究動物的學習能力，只是因為時間與資源等限制無法在此次實驗中完成。因此，未來我們希望能繼續延伸此一主題，設計更多實驗來探討動物的學習能力。

捌、參考資料及其他

史家瑩等 (2018)。國民小學五下自然與生活科技。台南市：翰林。

理查·莫里斯 (1981)。水迷宮。取自：[http://www.itsfun.com.tw/Morris 水迷宮/wiki-5399996-6633876](http://www.itsfun.com.tw/Morris%20水迷宮/wiki-5399996-6633876)

張春興 (2013)。教育心理學-三化取向的理論與實踐。台北市：東華出版社。

維基百科 (2019年2月22日)。倉鼠。取自：<http://zh.m.wikipedia.org>zh-tw>倉鼠>

維基百科(2019年2月1日)。巴夫洛夫。取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%B4%E7%94%AB%E6%B4%9B%E5%A4%AB>

維基百科 (2017年10月12日)。愛德華·托爾曼-「認知行為主義」。取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%88%B1%E5%BE%B7%E5%8D%8E%C2%B7%E6%89%98%E5%B0%94%E6%9B%BC>

蘇昕禾、陳子廷、張恩碩、曾亭瑋、葉詠函、羅冠棋(2016)。老鼠走迷宮-不同光源環境對倉鼠生活影響之基本探究。中華民國第56屆中小學科學展覽會國小組作品說明書。

【評語】 080319

此作品探討倉鼠的學習能力，首先了解倉鼠對不同穀物的偏好，再研究光線強弱對其選擇路徑的影響。研究問題與目標明確，操作型的實驗設計適切，值得鼓勵。然而，為何選擇玉米、紅高粱、麥片、小麥、稻穀等五種食物，作品中並未說明。實驗中控制實驗通道的光亮度變因以光敏電阻值測量，光敏電阻數據雖可反映出所設計的光強度差異，但不易理解所呈現的光強度數據，建議以高敏感度的光度計量測 lux 值呈現較佳。另外，倉鼠對於標記的 O 和 X 記號並沒有訓練，倉鼠們如何辨識？三隻倉鼠的條件也不一致，容易造成個體間的學習差異，應該列入考量的重點。

摘要

本研究旨在探討倉鼠的學習能力。實驗對象為三隻同品種的倉鼠，首先了解倉鼠對不同穀物的偏好；其次探究光線強弱對其選擇路徑的影響，作為後續實驗設計的依據。其三透過不同難度的迷宮了解倉鼠能否在多次經驗中縮短穿越的時間；接著進一步在迷宮中加入○×的簡易標示，探討倉鼠能否藉由辨識標示來縮短穿越時間。最後則透過食物與聲音建立連結，探討倉鼠在條件反射學習的習得效果。

實驗結果得知，第一：倉鼠個體間對於食物有偏好性，以紅高粱最受喜愛。其次：倉鼠喜愛光線較弱的通道。第三：倉鼠確實具有學習能力，但個體之間有所差異。第四：迷宮中的標示能協助倉鼠縮短其穿越的時間。第五，在條件反射的學習中，倉鼠能獲得對聲音的穿越迷宮反應。

壹、研究動機

小時候看到小狗被主人訓練到能聽懂指令做出指定動作時，心裡感到非常驚訝。因此從小就有一個想法：是不是其他的動物也能做得到呢？我把想法告訴老師，老師表示在生物學和心理學中有過類似的研究，於是老師建議我可以把想法付諸實踐去參加科展。

正好同學家裡有養倉鼠，於是我們決定一起針對倉鼠來進行研究。起初還為了實驗倉鼠的數量跟品種在煩惱著，很幸運地，在老師居中協調下找到一位志同道合的學妹，湊齊了三隻同品種的倉鼠讓實驗得以順利向前邁進。而我們會選擇倉鼠的原因是因為牠體型小，方便帶來學校，而且我們都想知道倉鼠是不是也可以像小狗一樣有學習能力。我們在網路上查詢到一些有關於老鼠的實驗包括看紅綠燈、走迷宮和游泳找浮板等實驗，覺得很有趣，於是我們決定在取得倉鼠後，先了解倉鼠除了愛吃葵花籽以外還愛吃什麼？還有看倉鼠是否真的不喜歡太亮的環境？再進一步利用食物來引誘牠走迷宮、辨別簡易標示和對特殊聲音的反應。

貳、研究目的

- 一、了解巴夫洛夫的行為主義學習理論與其實驗內容。
- 二、探討面對不同種類的飼料，倉鼠是否有飲食的偏好。
- 三、探討面對不同亮度的路徑，倉鼠是否有趨避的偏好。
- 四、透過穿越迷宮的遊戲，了解倉鼠是否能從經驗中學習而減少其穿越的時間。
- 五、在迷宮中增加○×簡易標示，探討倉鼠是否可以藉由識得標示來縮短其穿越時間。
- 六、將食物和聲音作連結，探討倉鼠在多次條件反射學習後的習得效果。
- 七、透過「老鼠愛大米-倉鼠學習能力之探討」的實驗過程，培養務實的觀察能力和科學實驗操作的經驗。

參、研究問題

- 一、巴夫洛夫的行為主義學習理論與其實驗內容為何？
- 二、面對不同種類的飼料，倉鼠偏愛吃什麼？
- 三、面對不同亮度的路徑，倉鼠偏好趨光還是避光？
- 四、倉鼠在穿越迷宮時是否會有學習經驗而減少其穿越的時間？
- 五、倉鼠是否可以藉由識得簡易標示來縮短其穿越迷宮的時間？
- 六、倉鼠是否能在多次條件反射學習後習得效果，將聲音和食物建立連結，表現在其穿越迷宮的時間上？

肆、研究設備及器材

表1 研究設備及器材

1.倉鼠飼料	2.電子秤	3.迷宮保麗龍3個	4.碼表	5.夾鏈袋	6.透明塑膠袋	7.膠帶	8.刀片、剪刀	9.紙箱
10.紙	11.簡易標示	12.雙面膠	13.深色布	14.檯燈	15.鈴鐺	16.Webduino Smart Board	17.筆記型電腦	

伍、研究過程或方法

一、研究架構：



圖1 研究架構圖

二、研究過程與方法：

【實驗一】巴夫洛夫的行為主義學習理論與其實驗內容為何？

巴夫洛夫的行為主義學習理論又稱為「古典制約學習理論」。在其理論中包含了可重複的中性刺激和非制約刺激。非制約刺激（unconditioned stimulus、US），如食物，能夠引起非制約反應（unconditioned response、UR），不需要經過學習；非制約刺激和非制約反應的關係，稱做「非制約反射」。而制約刺激（conditioned stimulus、CS）則是能夠引起制約反應（conditioned response、CR）的初始中性刺激（neutral stimulus、NS），這是需要學習的。且制約刺激與心理學上立即性和長期性的期待、滿足與恐懼有關，制約刺激和制約反應的關係，稱做「制約反射」。當非制約刺激重複性地或是猛烈地伴隨著某個中性刺激，這個中性刺激會成為一個制約刺激，並產生制約反射。其實驗可以簡化為三個部分：

- 非制約前提：非制約刺激 US → 非制約反應 UR
- 非制約插入：非制約刺激 US + 中性刺激 NS → 非制約反應 UR
- 制約效果：制約刺激 CS → 制約反應 CR

巴夫洛夫的古典制約學習理論經過研究，可歸納有下列幾項原則：

- 一、習得（acquisition）：將制約刺激與無制約刺激多次結合呈現，可以獲得制約反應。如將聲音刺激與餵食結合呈現給狗，狗便會獲得對聲音的唾液分泌反應。
- 二、消退（extinction）：對制約刺激反應不再重複呈現無制約刺激，反覆多次後，已習慣的反應就會逐漸消失，如學會對鈴聲產生唾液分泌的狗，在一段時間聽到鈴聲而不餵食之後，可能對鈴聲不再產生唾液分泌反應。
- 三、自發恢復（spontaneous recovery）：消退了的制約反應，即使不再給予強化訓練，也可能重新被激發，再次出現，這稱為自然恢復作用。
- 四、類化（generalization）：指某種特定制約刺激反應形成後，與其類似的刺激也能激發相同的制約反應，如狗對鈴聲產生唾液分泌反應後，對近似鈴聲的聲音也會產生反應，即所謂的「一朝被蛇咬，十年怕草繩」。

【實驗二】面對不同種類的飼料，倉鼠偏愛吃什麼？

（一）準備工作：

實驗準備三隻敘利亞倉鼠（名稱分別為珍珠、粉圓、冰棒）、飼料、電子秤、夾鏈袋等必要器具。以下是我們的操作安排：

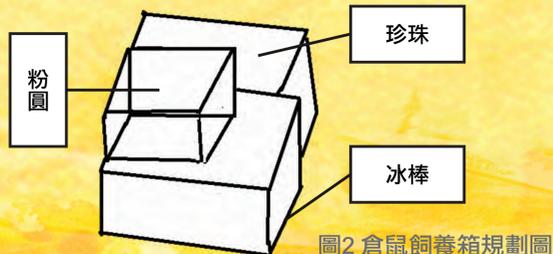


圖2 倉鼠飼養箱規劃圖

- 1、將三隻倉鼠分別放在不同的籠子，以免牠們互相爭鬥，並易於我們清理、照顧。

- 2、將珍珠需要的東西放到水族箱裡，再將珍珠放進去裡面，安置在我家櫃子旁，也是在冰棒旁邊。
- 3、將粉圓需要的東西放到爸爸事先做好的小籠子裡，再將粉圓放進去裡面，安置在冰棒的上面。
- 4、將冰棒需要的東西放到爸爸事先做好的大籠子裡，再將冰棒放進去裡面，安置在粉圓的下面，珍珠的旁邊。
- 5、其他例行工作如下：
(1) 每天清理籠子、換飼料。 (2) 每二~三天換一次水。

（二）餵食倉鼠操作：

- 1、先把所需要的飼料按照種類分好，秤其重量後分裝入袋子裡。每一個種類的穀物飼料各為5公克，共有五種穀物。
- 2、把倉鼠從籠子裡拿出來，把籠子清乾淨，才能把實驗用的飼料分別放入籠中的飼料小盒子中。
- 3、隔天同樣的時間清理籠子，把倉鼠拿出來，再把剩餘的飼料倒出來裝進夾鏈袋裡，將籠子清理乾淨，並重新放入五種事先秤好的穀物。
- 4、把三隻倉鼠籠中所剩餘的穀物飼料帶到學校，先秤其重量並在筆記本上做紀錄，重量以公克為單位。

表2 倉鼠餵養操作流程圖

1.區分飼料種類	2.分好飼料	3.分類吃過的飼料	4.計錄在筆記本中
----------	--------	-----------	-----------

（三）實驗結果：

表3 珍珠-剩餘穀物重量統計表（公克）

操作日期	序號	玉米	紅高粱	麥片	小麥	稻穀
10月9日	1	5	4	3	4.5	5
10月12日	2	4.5	2.5	2	5	4.5
10月17日	3	4	4	2.5	3.5	3.5
10月22日	4	4.5	3.5	2.5	4.5	4
10月24日	5	4.5	4	2.5	4	2.5
11月21日	6	4	3	2	4	3
11月30日	7	4.5	3	2	4.5	3

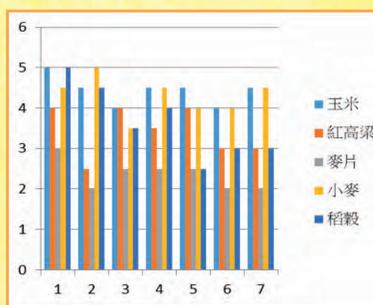


表4 粉圓-剩餘穀物重量統計表（公克）

操作日期	序號	玉米	紅高粱	麥片	小麥	稻穀
10月9日	1	5	3	5	4	5
10月12日	2	4.5	3	4	3.5	4.5
10月17日	3	4	2.5	4	3.5	3
10月22日	4	4	4	3	3.5	4.5
10月24日	5	4	3	3.5	4.5	3
11月21日	6	4.5	2.5	2.5	5	3.5
11月30日	7	4	3.5	3.5	4.5	4

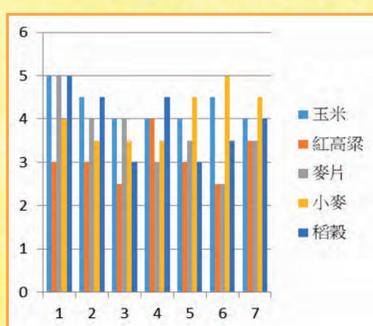
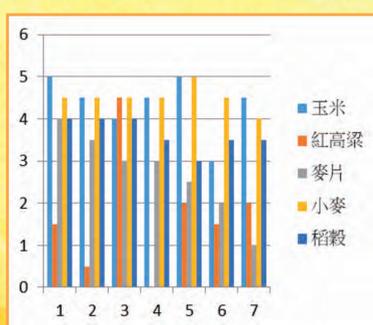


表5 冰棒-剩餘穀物重量統計表（公克）

操作日期	序號	玉米	紅高粱	麥片	小麥	稻穀
10月9日	1	5	1.5	4	4.5	4
10月12日	2	4.5	0.5	3.5	4.5	4
10月17日	3	4	4.5	3	4.5	4
10月22日	4	4.5	0	3	4.5	3.5
10月24日	5	5	2	2.5	5	3
11月21日	6	3	1.5	2	4.5	3.5
11月30日	7	4.5	2	1	4	3.5



在給予定量五穀雜糧後，觀測並記錄三隻倉鼠的飲食狀況。研究整體結果顯示三隻倉鼠最愛食用的穀物是紅高粱，其次是麥片。雖然有一隻倉鼠（珍珠）很愛吃麥片，但加總三隻倉鼠食用剩餘的五種穀物重量後，紅高粱仍為消耗最多的一種穀物。



老鼠愛大米

倉鼠學習能力之探討



【實驗三】面對不同亮度的路徑，倉鼠偏好趨光還是避光？

(一) 製作不同亮度的通道：

- 1、裁切紙箱，並組合紙板，開出四個通道。
- 2、在上蓋版各挖出4個、8個、12個孔洞來透光。
- 3、把上蓋版封上，避免外面的環境影響。
- 4、另在通道末端挖設監視孔，必要時作為觀察倉鼠之用，平時用深色布蓋住。
- 5、通道上方架設檯燈作為光源，通道末端放置倉鼠喜愛的食物-紅高粱。
- 6、利用webduino smart板上的光敏電阻感測器，來測量各個通道的亮度。
- 7、接著輪流把倉鼠放入通道前院的廣場上，觀測他們會跑入哪一種亮度的通道中（前院廣場距通道口約100cm）。
- 8、每隻倉鼠測15次 共計45次，把所得的結果記錄在筆記本中。

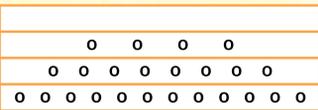
表6 光敏電阻值測量流程圖



表7 各通道的光敏電阻值測量統計表

光敏電阻值	通道一	通道二	通道三	通道四
1	0.0068	0.0401	0.0753	0.1447
2	0.0117	0.0411	0.0743	0.1430
3	0.0098	0.0401	0.0460	0.1407
4	0.0078	0.0410	0.0743	0.1730
5	0.0091	0.0400	0.0830	0.1466
6	0.0127	0.0410	0.0860	0.1778
7	0.0117	0.0439	0.0841	0.1574
8	0.0073	0.0439	0.0854	0.1584
9	0.0117	0.0410	0.0791	0.1875
10	0.0117	0.0424	0.0861	0.1671
平均光敏電阻值	0.0100	0.0415	0.0774	0.1596

註：smart板上的光敏電阻感測器，其原始測量值介於0~1之間，當光線越強時，所測得的數值會越接近1，反之，光線越弱時則數值越趨近於0。



通道一（0孔、平均光敏電阻值0.0100）
 通道二（4孔、平均光敏電阻值0.0415）
 通道三（8孔、平均光敏電阻值0.0774）
 通道四（12孔、平均光敏電阻值0.1596）

圖3 不同亮度的通道設計圖



(二) 實驗結果：

在不同光線亮度的通道下，三隻倉鼠各有15次機會選擇通道，其統計次數如下：

表8 倉鼠穿越不同亮度通道實驗統計表

開孔/平均光敏電阻值	通道一	通道二	通道三	通道四
	0孔 平均光敏電阻值0.0100	4孔 平均光敏電阻值0.0415	8孔 平均光敏電阻值0.0774	12孔 平均光敏電阻值0.1596
粉圓	7	1	1	6
珍珠	10	1	3	1
冰棒	11	0	1	3
合計	28	2	5	10

在記錄中顯示三隻倉鼠合計選擇通道一有28次、通道二有2次、通道三有5次、通道四有10次，可知倉鼠在選擇路徑上，有偏好光線較暗通道的情況（通道一，0孔、平均光敏電阻值0.0100）。基於此實驗結果，我們在之後的實驗中皆會考慮實驗時的光線，選擇相對較暗的環境來做實驗。

【實驗四】倉鼠在穿越迷宮時是否有學習經驗而減少其穿越的時間？

(一) 實驗的迷宮設計：

- 1、利用三個洞樂空盒來做迷宮的底部，設計迷宮，並把多餘的部份裁切去除。
- 2、利用塑膠袋製作上蓋，用膠帶固定，在塑膠袋上戳洞讓空氣流動。
- 3、分別在迷宮出口放置食物。
- 4、並在燈光較暗的環境下，輪流把倉鼠放入迷宮一到迷宮三並測量時間，每隻要各跑十次。
- 5、把通過迷宮要花費的時間記錄在筆記本中，時間以秒為單位。

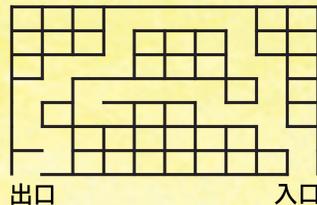


圖4 迷宮一設計圖

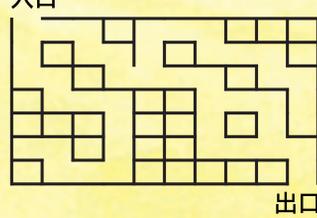


圖5 迷宮二設計圖

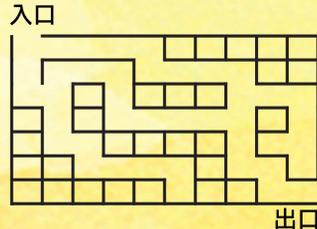


圖6 迷宮三設計圖

(二) 實驗結果：

在不同難度的迷宮下，三隻倉鼠在迷宮一、迷宮二、迷宮三，其穿越迷宮的時間分別統計如下：

表9 倉鼠穿越迷宮一所需時間記錄表

序號	粉圓 (秒)	珍珠 (秒)	冰棒 (秒)
1	54.29	8.82	40.57
2	22.32	35.54	25.89
3	15.92	28.34	296.00
4	18.7	209.01	21.67
5	11.85	32.23	34.33
6	26.01	42.61	69.41
7	19.13	85.76	59.20
8	14.07	110.35	32.08
9	22.28	312.42	35.36
10	40.88	13.00	27.38
平均 (排除頭尾極端數據)	22.41	69.61	40.53

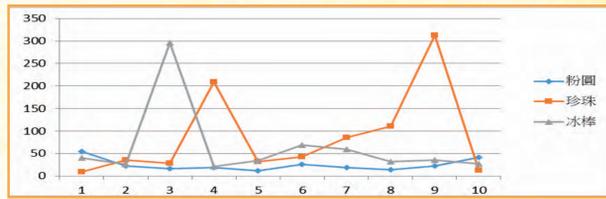


圖7 倉鼠穿越迷宮一所需時間折線圖

在迷宮一的記錄中，各排除頭尾一次極端數據後，顯示個別倉鼠穿越迷宮的平均時間分別為：粉圓22.41秒>冰棒40.53秒>珍珠69.61秒，其中粉圓明顯快過冰棒和珍珠。

再進一步細看三隻倉鼠十次穿越迷宮的數據：可以發現三隻倉鼠在經過十次的穿越經驗後，穿越迷宮所需的時間均有所縮短，但每隻倉鼠所需的學習時間不大相同，粉圓和冰棒兩隻倉鼠很快的便能記住路線，穿越迷宮所花的時間變化不大；而珍珠則需要多次錯誤嘗試，方能記住穿越的路線（如圖7）。

表10 倉鼠穿越迷宮二所需時間記錄表

序號	粉圓 (秒)	珍珠 (秒)	冰棒 (秒)
1	61.00	70.79	67.77
2	11.98	33.92	736.14
3	15.76	18.39	72.44
4	13.73	89.00	250.53
5	168.39	114.35	27.07
6	46.10	96.00	127.10
7	45.58	16.17	13.39
8	17.14	7.41	14.69
9	15.48	69.16	19.63
10	10.20	7.00	13.39
平均 (排除頭尾極端數據)	28.34	50.07	74.08

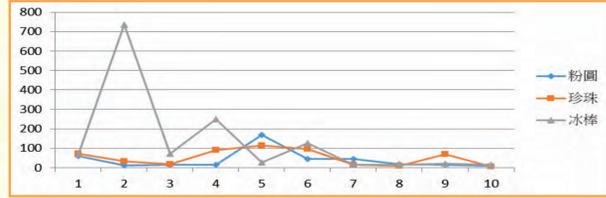


圖8 倉鼠穿越迷宮二所需時間折線圖

在迷宮二的記錄中，各排除一次極端數據後，顯示個別倉鼠穿越迷宮的平均時間分別為：粉圓28.34秒>珍珠50.07秒>冰棒74.08秒，其中可以發現粉圓明顯快過珍珠，而珍珠也明顯快過冰棒。

再進一步細看三隻倉鼠十次穿越迷宮的數據：可以發現三隻倉鼠在經過十次的穿越經驗後，穿越迷宮所需的時間均明顯縮短（如圖8）。

表11 倉鼠穿越迷宮三所需時間記錄表

序號	粉圓 (秒)	珍珠 (秒)	冰棒 (秒)
1	45.82	116.61	164.88
2	170.01	850.55	154.02
3	293.00	39.39	60.00
4	275.86	171.00	281.57
5	131.23	214.54	21.07
6	66.95	69.35	170.23
7	119.69	27.23	297.79
8	96.00	28.16	37.23
9	46.53	48.45	10.73
10	40.69	109.00	12.29
平均 (排除頭尾極端數據)	119.01	99.56	112.66

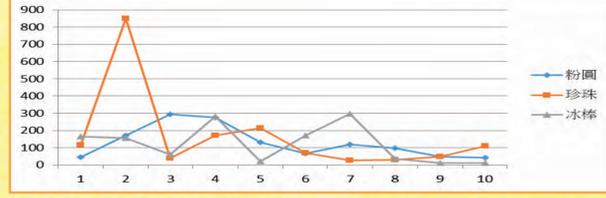


圖9 倉鼠穿越迷宮三所需時間折線圖

在迷宮三的記錄中，各排除頭尾一次極端數據後，顯示倉鼠穿越迷宮的平均時間分別為：珍珠99.56秒>冰棒112.66秒>粉圓119.01秒，其中可以發現珍珠明顯快過冰棒，而冰棒快於粉圓。

再進一步細看三隻倉鼠十次穿越迷宮的數據：可以發現三隻倉鼠在經過十次的穿越經驗後，穿越迷宮所需的時間折線圖均呈現逐步減少的趨勢（如圖9）。

表12 倉鼠穿越三個迷宮平均所需時間彙整表

序號	迷宮一 (秒)	迷宮二 (秒)	迷宮三 (秒)
1	34.56	66.52	109.1
2	27.91	260.68	391.53
3	113.42	35.53	130.76
4	83.12	117.75	242.81
5	26.13	103.27	122.28
6	46.01	89.73	102.18
7	54.70	25.05	148.24
8	52.17	13.08	53.80
9	123.35	34.76	35.23
10	27.09	10.20	54.00

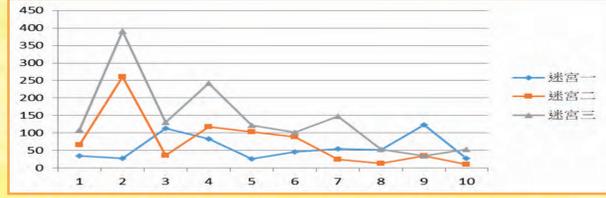


圖10 倉鼠穿越三個迷宮平均所需時間折線圖

圖10為本研究針對倉鼠10次穿越迷宮操作記錄的個別平均數據，根據上圖結果，我們可以看出：倉鼠確實有學習能力，無論在哪一種難度的迷宮中，經過10次迷宮穿越的經驗後，三隻倉鼠在三種不同難度迷宮的平均穿越時間整體均有顯著減少的趨勢。

【實驗五】倉鼠是否可以藉由識得簡易標示來縮短其穿越迷宮的時間？

(一) 實驗設計：

- 1、在迷宮一和迷宮二中的轉角處加註○×簡易標示。
- 2、各別於迷宮出口放置倉鼠最愛的食物 - 高粱，在燈光較暗的環境下輪流把三隻倉鼠放入迷宮，每隻測驗10次，共計40次，把所得的穿越時間記錄在筆記本中。

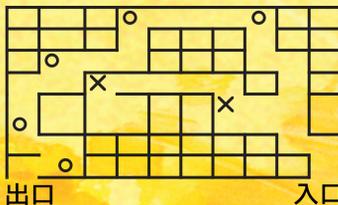


圖11 簡易標示迷宮一設計圖

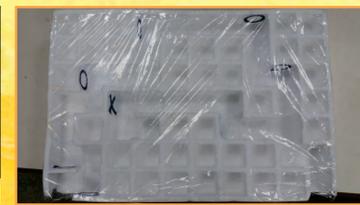




圖12 簡易標示迷宮二設計圖

(二) 實驗結果：

在加入簡易標示的迷宮下，三隻倉鼠在迷宮一、迷宮二，其穿越迷宮的時間分別統計如下，並與實驗四未標示的迷宮一、迷宮二的穿越時間做比較：

表13 倉鼠穿越有簡易標示的迷宮一所需時間記錄表

序號	粉圓(秒) (標示)	粉圓(秒) (未標示)	珍珠(秒) (標示)	珍珠(秒) (未標示)	冰棒(秒) (標示)	冰棒(秒) (未標示)
1	15.86	54.29	36.32	8.82	51.00	40.57
2	9.16	22.32	8.13	35.54	40.72	25.89
3	12.02	15.92	25.70	28.34	37.76	296.00
4	13.54	18.7	14.33	209.01	39.73	21.67
5	8.73	11.85	9.88	32.23	56.20	34.33
6	7.36	26.01	26.22	42.61	25.54	69.41
7	7.98	19.13	36.82	85.76	29.09	59.20
8	11.51	14.07	24.24	110.35	38.39	32.08
9	11.51	22.28	12.32	312.42	26.99	35.36
10	8.63	40.88	25.11	13.00	16.78	27.38
平均 (排除最高和最低極端數據)	10.39	22.41	21.77	69.61	36.15	40.53

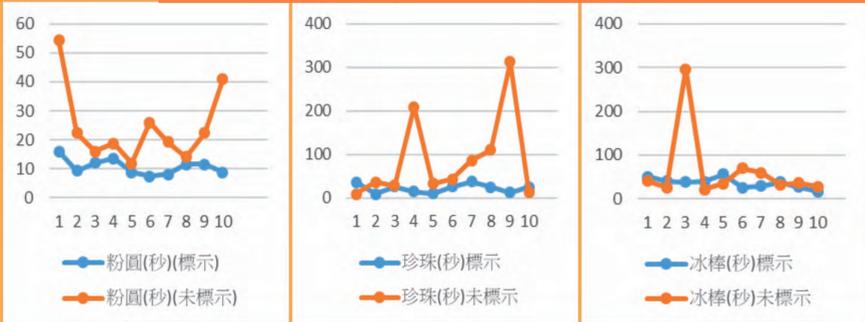


圖13 倉鼠穿越迷宮一有無標示所需時間比較圖

表14 倉鼠穿越有簡易標示的迷宮二所需時間記錄表

序號	粉圓(秒) (標示)	粉圓(秒) (未標示)	珍珠(秒) (標示)	珍珠(秒) (未標示)	冰棒(秒) (標示)	冰棒(秒) (未標示)
1	24.29	61.00	37.10	70.79	34.00	67.77
2	23.29	11.89	12.10	33.92	32.95	736.14
3	30.00	15.76	32.20	18.39	8.67	72.44
4	47.00	13.74	23.95	89.00	17.26	250.53
5	15.17	168.39	43.73	114.35	48.66	27.07
6	28.91	46.10	42.36	96.00	15.07	127.10
7	8.17	45.58	15.07	16.17	59.06	13.39
8	5.95	17.14	59.06	7.14	7.42	14.69
9	6.17	15.48	48.66	69.16	31.61	19.63
10	6.55	10.20	26.79	7.00	73.48	13.39
平均 (排除最高和最低極端數據)	17.82	28.34	33.73	50.07	30.91	74.08



圖14 倉鼠穿越迷宮二有無標示所需時間比較圖

由實驗結果所繪製的折線圖可知，加入簡易標示的迷宮一和迷宮二，三隻倉鼠在穿越時間上的表現，明顯的比未標示時好，且折線圖起伏也比較平穩。因此，藉由此實驗可以合理推測，倉鼠可以經由識得簡單標示來縮短穿越迷宮的時間。

【實驗六】倉鼠能否在多次條件反射學習後習得效果，將聲音和食物建立連結？

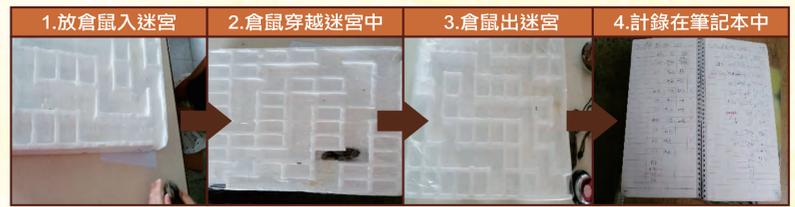
(一) 實驗設計：

- 1、首先輪流訓練三隻倉鼠在吃到食物時會聽到連續的鈴聲。
- 2、利用迷宮三的路徑，終點放置食物-高粱，在燈光較暗的環境下輪流把三隻倉鼠放入迷宮，在倉鼠起跑的同時伴隨著連續鈴聲，每隻測驗10次，共計30次，把所得的穿越時間記錄在筆記本中。
- 3、其次利用迷宮三的路徑，終點不放置食物，在燈光較暗的環境下輪流把三隻倉鼠放入迷宮，在倉鼠起跑的同時伴隨著連續鈴聲，每隻測驗10次，共計30次，把所得的穿越時間記錄在筆記本中。

表15 倉鼠在迷宮三放置食物+鈴聲操作流程圖



表16 倉鼠在迷宮三移除食物只剩下鈴聲操作流程圖



(二) 實驗結果：

先將食物伴隨著鈴聲出現，再將食物移除保留鈴聲獨自出現，三隻倉鼠在迷宮三各自穿越的時間，與實驗四只有食物出現的迷宮三穿越時間做比較，其實驗紀錄如下表：

表17 倉鼠進行條件反射學習穿越迷宮三所需時間記錄表

序號	粉圓(秒) (食物)	粉圓(秒) (食物+鈴聲)	粉圓(秒) (鈴聲)	珍珠(秒) (食物)	珍珠(秒) (食物+鈴聲)	珍珠(秒) (鈴聲)	冰棒(秒) (食物)	冰棒(秒) (食物+鈴聲)	冰棒(秒) (鈴聲)
1	45.82	44.42	17.73	116.61	24.57	26.57	164.88	15.54	31.82
2	170.01	35.52	29.95	850.55	15.39	8.58	154.02	43.82	13.17
3	293.00	12.39	21.32	39.39	53.70	6.54	60.00	12.73	29.06
4	275.86	29.36	11.45	171.00	12.39	8.38	281.57	27.76	17.12
5	131.23	15.19	6.73	214.54	24.88	10.95	21.07	40.41	8.29
6	66.95	39.92	7.62	69.35	15.58	23.98	170.23	23.58	30.53
7	119.69	14.08	8.01	27.23	11.02	7.64	297.79	47.18	18.50
8	96.00	11.61	21.26	28.16	49.79	37.36	37.23	39.62	8.54
9	46.53	11.26	22.91	48.45	34.95	9.82	10.73	11.50	8.29
10	40.69	25.51	50.64	109.00	8.10	24.23	12.29	7.85	18.5
平均	119.01	22.95	17.53	99.56	23.57	15.02	112.66	26.87	17.96

註：平均為排除最高和最低極端數據後的數值

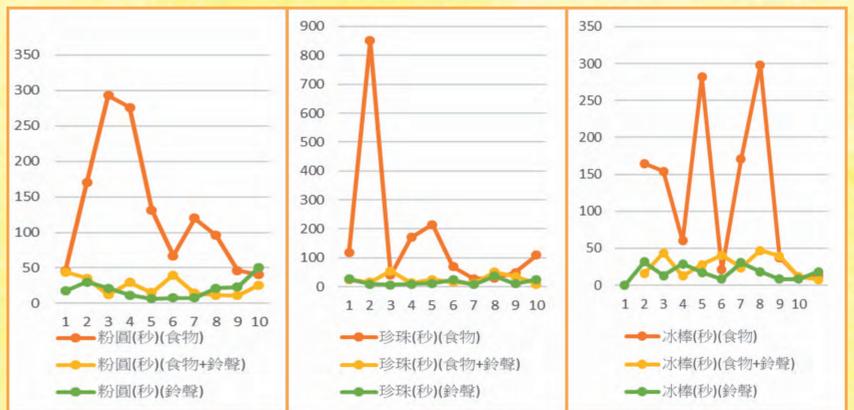


圖15 倉鼠進行條件反射學習穿越迷宮三所需時間折線圖

由實驗結果所繪製的折線圖可知：第一，在食物伴隨鈴聲出現的迷宮三實驗中，三隻倉鼠其穿越時間相較於實驗四的十次穿越時間，均有很明顯的縮短。第二，在條件反射學習後，只有鈴聲出現而沒有伴隨食物的迷宮三實驗，三隻倉鼠在穿越時間上的表現，和食物隨著聲音一起出現時的表現大致一致，因此，可以合理推測倉鼠可藉由條件反射的學習將食物和鈴聲連結起來，認為來自迷宮出口的鈴聲就有牠愛的食物。

陸、研究結果與討論

- 一、我們運用巴夫洛夫的行為主義學習理論於倉鼠身上，探討倉鼠是否如同狗一樣具有學習能力。在實驗二中我們首先探究倉鼠是否有明顯偏好的穀物，研究結果發現：倉鼠個體之間確實有飲食上的偏好，整體上紅高粱為倉鼠最愛的一種穀物，其次為麥片。
- 二、在實驗三中我們探究倉鼠面對不同光線亮度的路徑，倉鼠會如何選擇？在總共45次的記錄中顯示：三隻倉鼠合計選擇亮度最暗的通道一有28次為最多，可知倉鼠在路徑選擇上，有偏好亮度較暗通道的情況。基於這個實驗結果，在之後的實驗設計中我們會選擇相對較暗的環境來做實驗。
- 三、在實驗四中，我們設計三種迷宮來測試探討倉鼠能否在多次穿越迷宮的經驗中，學習、記憶通過迷宮的路線，縮短其穿越的時間。結果顯示：倉鼠確實有學習能力，但個體之間學習能力有差異，在各自10次迷宮穿越中，三隻倉鼠在三種不同難度迷宮的平均穿越時間整體均有顯著的減少。
- 四、在實驗五中，我們在兩種迷宮設計中增加OX簡易標示來探討倉鼠能否藉由識得簡易標示，來縮短其穿越的時間。結果顯示：三隻倉鼠在穿越時間上的表現，明顯的比未標示時好，且折線圖起伏也較未標示時穩定。因此，我們合理的推測，倉鼠可以經由識得簡單標示來縮短穿越迷宮的時間。
- 五、在實驗六中，我們藉由迷宮三配合著食物和鈴聲的出現來探討倉鼠能否在多次條件反射學習後產生習得效果，將聲音和食物作連結，反應在其穿越迷宮的時間？結果顯示：當只有鈴聲出現而沒有伴隨食物時，三隻倉鼠在穿越時間上的表現，和食物隨著聲音一起出現時的表現大致一致，因此，可以合理推測倉鼠可藉由條件反射的學習將食物和鈴聲連結起來，認為來自迷宮出口的鈴聲就有牠愛的食物。
- 六、另外我們也發現，在觀察實驗的過程中，三隻倉鼠會因為個性的差異而影響實驗的進行。有時倉鼠太活潑、太好奇，有時太愛乾淨而在穿越過程中洗臉、清理毛髮或是想睡覺，均會影響實驗進度。

柒、建議與展望

- 一、倉鼠和狗一樣具有學習的能力，但不同的動物之間的學習能力上可能有所差異，因此未來還會想繼續嘗試其他種動物在學習能力上的探討。
- 二、本次實驗我們選擇了「迷宮」、「簡易標示」與「聲音-食物的連結」等三個主題來分別探討倉鼠的「記憶」、「區辨」與「制約」等學習能力。但根據所蒐集的文獻所示，其實還有許多種方式可以探究動物的學習能力，只是因為時間與資源等限制無法在此次實驗中完成。因此，未來我們希望能繼續延伸此一主題，設計更多實驗來探討動物的學習能力。

捌、參考資料及其他

史家瑩等 (2018)。國民小學五下自然與生活科技。台南市：翰林。
 理查·莫里斯(1981)。水迷宮。取自：<http://www.itsfun.com.tw/Morris水迷宮/wiki-5399996-6633876>
 張春興 (2013)。教育心理學-三化取向的理論與實踐。台北市：東華出版社。
 維基百科 (2019年2月22日)。倉鼠。
 取自：<http://zh.m.wikipedia.org>zh-tw>倉鼠>
 維基百科 (2019年2月1日)。巴夫洛夫。
 取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%B4%E7%94%AB%E6%B4%9B%E5%A4%AB>
 維基百科 (2017年10月12日)。愛德華·托爾曼-「認知行為主義」。
 取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%88%B1%E5%BE%B7%E5%8D%8E%C2%B7%E6%89%98%E5%B0%94%E6%9B%BC>
 蘇昕禾、陳子廷、張恩頌、曾亭瑋、葉詠函、羅冠棋(2016)。
 老鼠走迷宮-不同光源環境對倉鼠生活影響之基本探究。中華民國第56屆中小學科學展覽會國小組作品說明書。

