

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

最佳團隊合作獎

030315

老鼠學看紅綠燈－老鼠們的智商

學校名稱：新北市立永和國民中學

作者： 國一 李心馨 國一 林柔吟 國一 葉冠汝	指導老師： 黃正龍 徐俊龍
---	-----------------------------

關鍵詞：記憶力、學習能力、色覺

老鼠學看紅綠燈—老鼠們的智商

摘要

本次實驗主要是利用迷宮、顏色通道等來了解寵物店常見的三線鼠（加卡利亞倉鼠）（*Phodopus sungorus*）各方面的學習、記憶、推理能力與對顏色的辨識能力。

在測驗記憶及學習能力的實驗中，可從結果中看出三線鼠在未經訓練時幾乎都本能地走一路走到底的路線，而訓練過程中可看出三線鼠愈來愈常選擇「反天性」（碰到叉路就轉彎，也就是我們希望牠們學習的路線）。由此可得知牠們具有記憶能力與學習能力。

得知三線鼠具有記憶能力與學習能力之後，再以各顏色通道測驗他們對顏色的辨識能力，以進一步探討三線鼠的辨色能力。最後從實驗結果得知，三線鼠能分辨人類可見光中波長較長的紅色和波長較短的藍色，對顏色的辨識具有學習能力和記憶力。

壹、研究動機

一、動機

小五時，我們班搬到另一間教室時，聽前一屆的學長學姐說，那裡常會有老鼠出沒。所以我們馬上買了個黏鼠板放在那，準備等他們自投羅網。但萬萬沒想到有隻絕頂聰明「鼠老大」總能躲過黏鼠板、鼠夾，進到教室裡搞破壞。我們的導師使出渾身解數，想出各種方法補捉這隻老是咬破垃圾袋的老鼠，甚至還自製了陷阱想淹死他。但直到我們畢業時那隻老鼠還是逍遙法外，準備折磨下一個班級。

並非所有老鼠都那麼聰明，我阿嬤家只要放一個黏鼠板，過幾天就能抓到一大堆老鼠。我們想知道，為什麼有些老鼠懂得避開陷阱，既可得到食物又不會被抓到，有些老鼠卻無法這樣。老鼠有沒有學習能力？那學習能力又會被什麼因素影響？教室中那隻老鼠是不是因為天天在學校聽老師上課才變得比較聰明呢？

因為一般家鼠不易捕捉、馴養，於是我們選擇了寵物店常見的「三線鼠」作為研究對象。經資料查詢後，得知三線鼠就是屬於倉鼠科（*Cricetidae*）、齧齒目（*Rodentia*）、哺乳綱（*Mammalia*）的加卡利亞倉鼠（*Phodopus sungorus*）。

二、與課程牽涉

- (一) 在生物上學期的學習內容中有提到動物有些行為因學習而來，像人擁有較強的學習能力被視為是因為擁有發達的大腦（神經系統）和雙手（個體構造），但其中卻沒有深入的提到各種生物的學習能力。此次實驗，我們希望能藉由迷宮、顏色通道等來觀察三線鼠在各方面的學習能力。
- (二) 國一生物課本單元 5-1「刺激與反應」提到受器與動器時，提到了眼睛、大腦，和視覺的產生。老師上課時向我們額外補充到眼睛中視網膜構造上的色素細胞，人類有紅、藍、綠三種相互合作，使我們看見彩色的世界。因此我們希望了解三線鼠是否能分辨顏色，決定選擇波長較長的紅和最短的和藍顏色對三線鼠進行測試。

貳、研究目的

- 一、了解三線鼠的學習及記憶能力。
- 二、了解三線鼠對於顏色的辨識能力。

參、研究設備及器材

- 一、三線鼠六隻（三公三母）
- 二、飼養箱及飼養相關材料
- 二、塑膠瓦楞板〔白、紅、黃、綠、藍〕各數片－製作迷宮及通道
- 三、熱融膠、保麗龍膠－黏合塑膠瓦楞板
- 四、拼豆－標示個體的腳環
- 五、酒精－消毒、去除迷宮及通道氣味
- 六、攝錄影器材－輔助記錄實驗過程

肆、研究過程或方法

首先要面對的問題就是如何辨別出不同的三線鼠個體，我們原本想以剪毛的方式，但面臨許多技術上的問題，像是三線鼠太好動了，很難在不傷害牠的狀況下為牠修毛，另外，他們的毛長的速率挺快的，沒過多久就需要重剪毛了。

之後我們想到將不同顏色的拼豆側邊切開一條縫並套在三線鼠的腳踝上（圖一），這個方法較不傷害三線鼠，也比較不影響三線鼠的行動，有助於之後實驗的操作。又因每隻三線鼠都有套，而且所套的腳都相同〔右後腳〕，因此套腳環成了個控制變因。



圖一、標示三線鼠個體的腳環

一、實驗一：本能測試

（一）實驗設計：

此實驗是爲了之後的迷宮實驗而設計的。主要是在測驗三線鼠們心理學方面的「天性」。就如同人類，三線鼠是否也有直覺、下意識等的問題深深影響了我們的實驗。因爲要是他們第一次接觸迷宮就能順利走出，可能是因爲迷宮設計的路線是

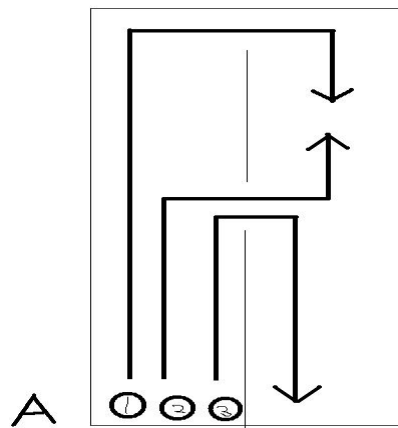
他們「本能」的，而非「學」出來的。

(二) 實驗器材：

1. 三線鼠六隻
2. 自製迷宮一個（如圖二）

(三) 實驗操作：

自製簡易用以測試三線鼠本能的迷宮（圖二），將三線鼠放於 A 處，看他是「一路跑到底再轉彎」（路線 1），「碰到岔路轉彎再直走」（路線 2），還是「碰到岔路就 U turn」（路線 3）



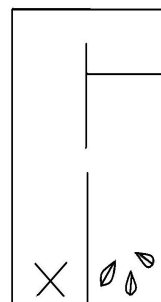
圖二、測試本能迷宮及三線鼠可能行進路線

二、實驗二：學習及記憶能力測試

(一) 實驗設計：

由「天性」的實驗中得知，三線鼠們的直覺是：「不理會岔路，一路跑到底」。我們要設計的迷宮路線，是要違反牠們的天性，因此將實驗一中的迷宮加了個隔板改變一下，再將三線鼠放於×處、獎勵(葵花子)放於迷宮中（如圖三），即可測試三線鼠們的學習能力。希望牠們能領悟這個道理：「一碰到轉角就要轉彎，才有葵花子吃」。

我們要測試三線鼠們的短期及長期的記憶力，因此要密集訓練兩個星期，之後給五天的空檔再測最後兩次〔第 21 和 22 次〕，並記錄每一次三線鼠們走迷宮的結果。



圖三、測驗學習及記憶能力迷宮的設計

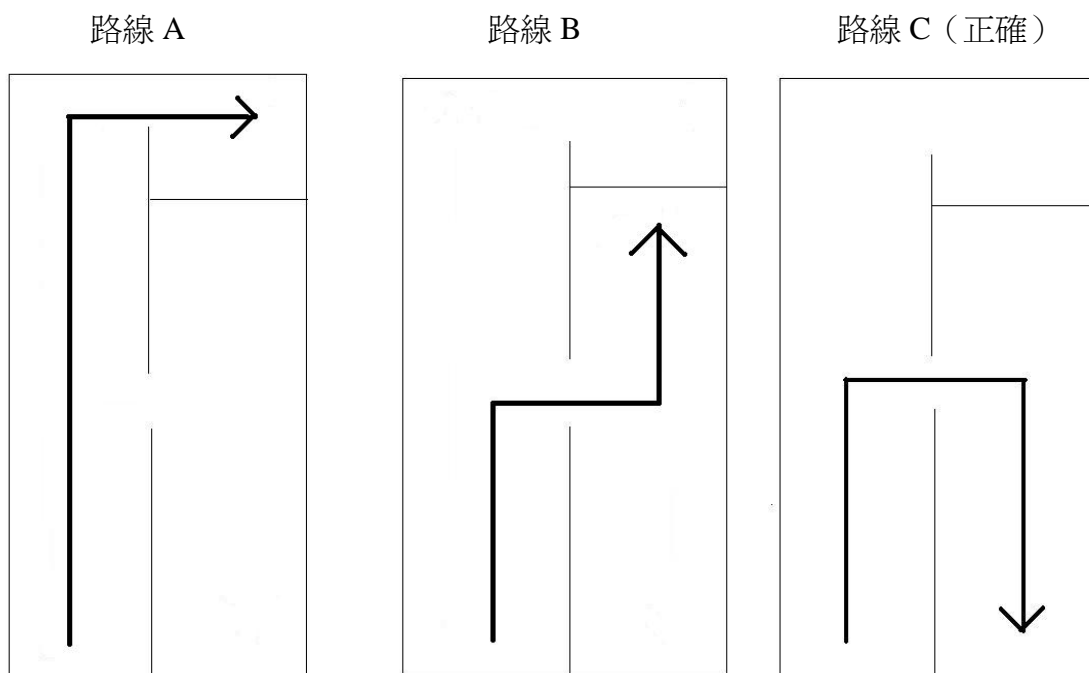
根據參考文獻（科學人雜誌），短期記憶通常發生於學習之初的前幾分鐘到幾小時，其特徵是信息保持時間相當有限。在未經複述的情況下，大部分信息在短期記憶中保持時間很短。但是如果加以複述，可以是即將消失的微弱信息重新強化，變得更加清晰、穩定，在精細復述可轉入長期記憶中加以保持。因此複述是使短期記憶的信息轉入長期記憶的關鍵。這也是我們希望三線鼠能做到的，經過一次又一次的訓練過程，將迷宮的路線轉入長期記憶並保存起來。另外長期記憶是能夠保持幾天到幾年的記憶（工作記憶）而短期記憶只能保持幾秒到幾小時。

(二) 實驗器材：

1. 三線鼠六隻
2. 改變後的迷宮一個（圖三）
3. 少許葵花子

(三) 實驗操作：

三線鼠進入迷宮後常在內打轉許久，我們以牠們進入迷宮後第一個走的路線為記錄（圖四）。



圖四、三線鼠進入迷宮選擇的第一條路線

三、實驗三：辨色能力測試

(一) 實驗設計：

每一種動物能看見的顏色都不一樣。像大部分的哺乳動物，如：牛、羊、馬、貓、狗等，都幾乎不會分辨顏色，他們眼裡的色彩只有黑白灰三種顏色，如同我們看黑白電視一樣單調。某些爬蟲類、魚類、兩生類等都能看見顏色。但有些卻是不

完全色盲，無法像人類一樣分辨那麼多顏色，蜜蜂就是個紅色盲，在他眼裡的紅色和黑色幾乎是一樣的。那三線鼠呢？他能分辨的顏色有哪些？或者它沒有能力辨別顏色？藉由這個實驗，我們想知道三線鼠對顏色的辨別能力與學習能力。

(二) 實驗器材：

1. 自製紅、黃、綠、藍塑膠通道各一（圖五）



圖五、顏色通道與其擺放方式

2. 六隻三線鼠
3. 少許飼料

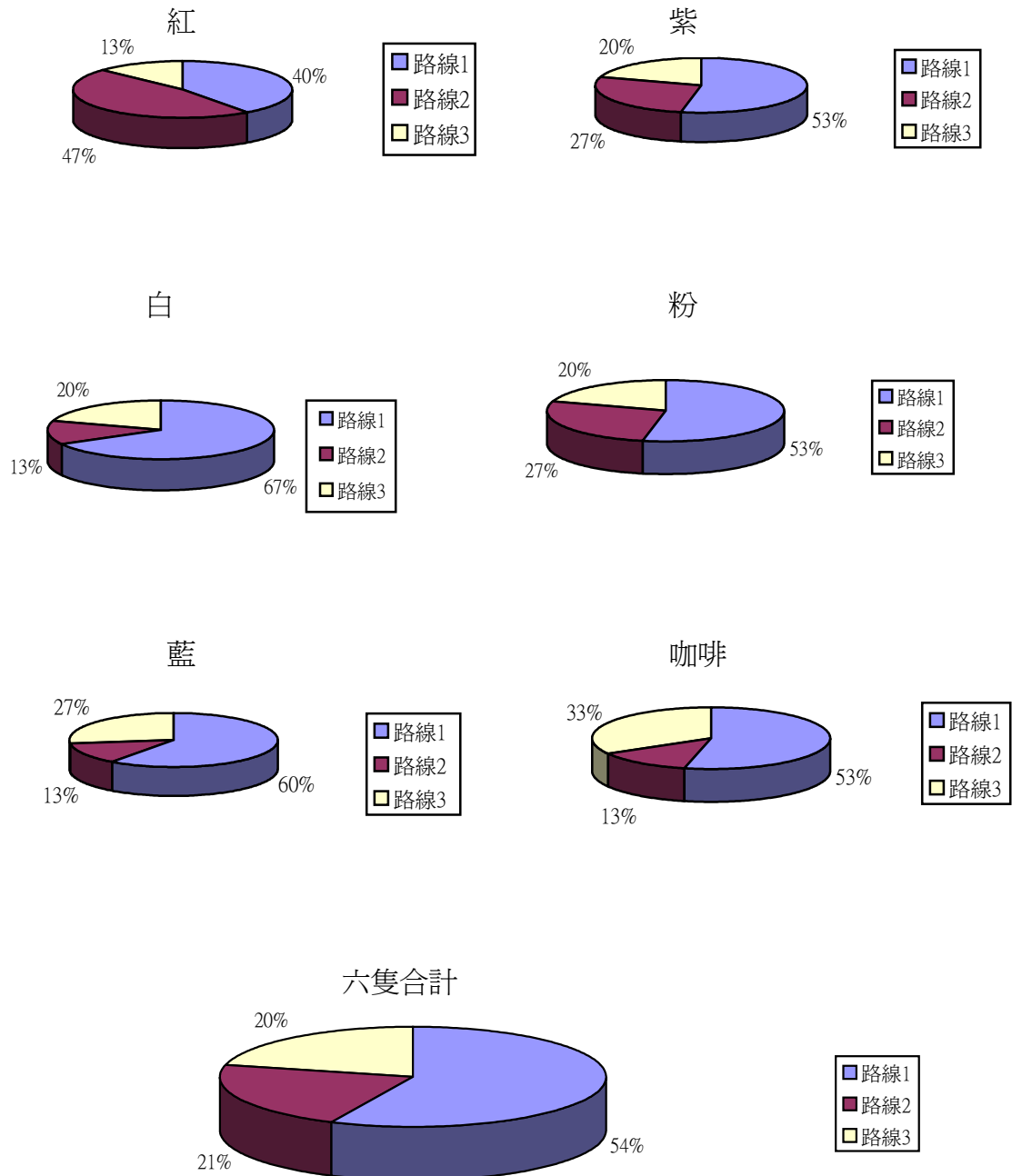
(三) 實驗操作：

1. 將四個顏色的通道從左而右依照紅黃綠藍的順序排好（圖五），並將三線鼠置於四個通道的入口。
2. 我們紀錄三線鼠第一個進入的通道顏色，錯誤的為黃、綠、藍，正確的為紅色。並將實驗結果分成三個階段分別統計正確和錯誤的比率，便可觀察出三線鼠走向的趨勢。
3. 在紅色通道中放少許食物，藍色通道則給予懲罰（以固定頻率搖動：上下上下左右左右），讓三線鼠感覺不適，而不再走藍色通道。

伍、研究結果

一、實驗一：本能測試（圖六）

由圖可知，未經訓練的三線鼠在迷宮中大多會本能地往前直走，直到遇到障礙。



圖六、各老鼠走不同路線比例

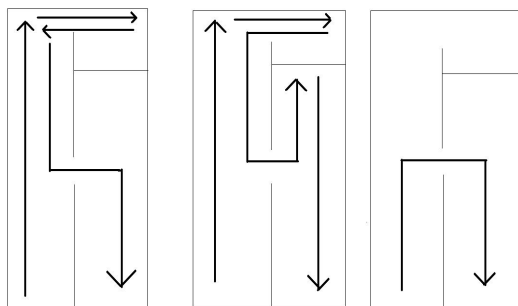
*註 1：圖中上方的紅、紫、白、粉紅、藍、咖啡為三線鼠腳踝上所套拼豆的顏色。

*註 2：路線 1—直走不轉彎；路線 2—為轉彎再直走；路線 3—為 U turn（迴轉）。

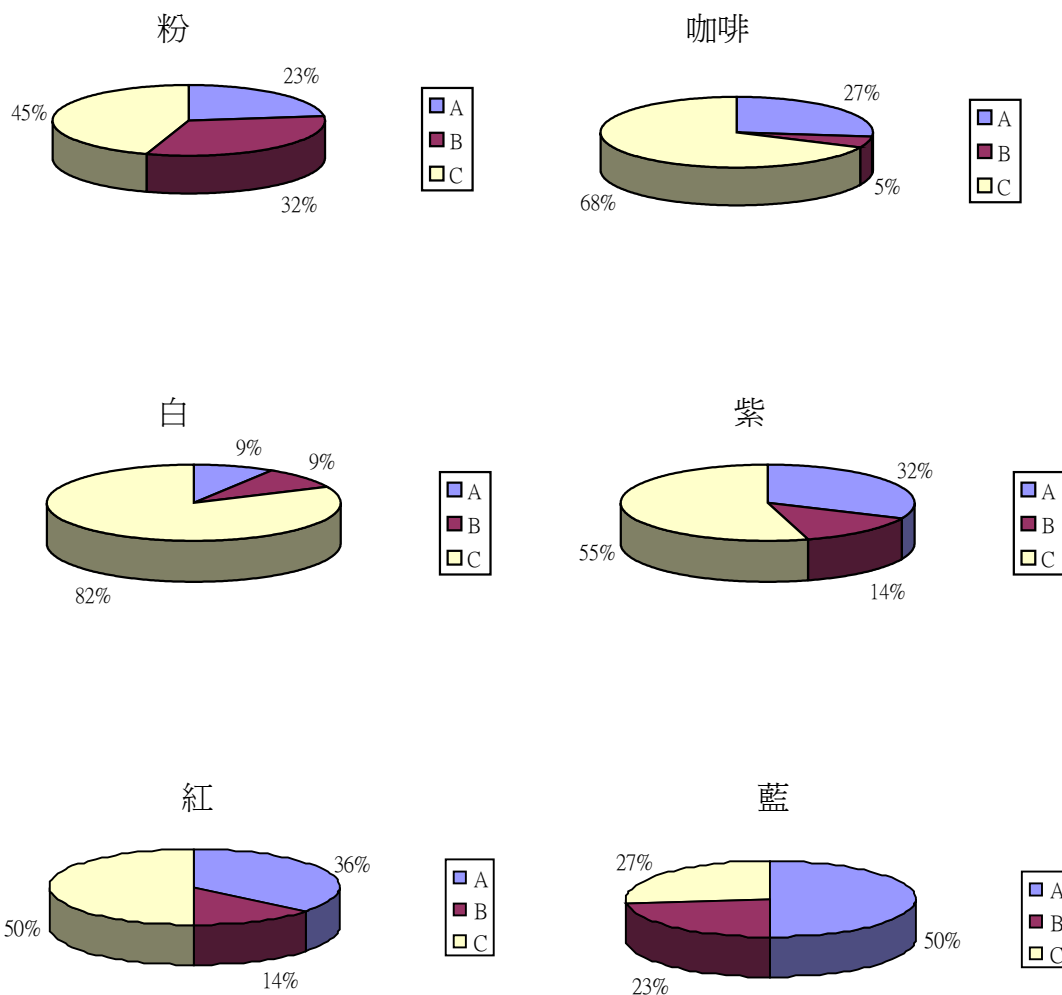
二、實驗二：學習及記憶能力測試（圖七、圖八）

由圖可知，經過訓練的三線鼠大部分會走向正確路線。

路線 A 路線 B 路線 C〔正確路線〕



圖七、實驗二中歸納路線圖



圖八、經過訓練的三線鼠走不同路線的比例

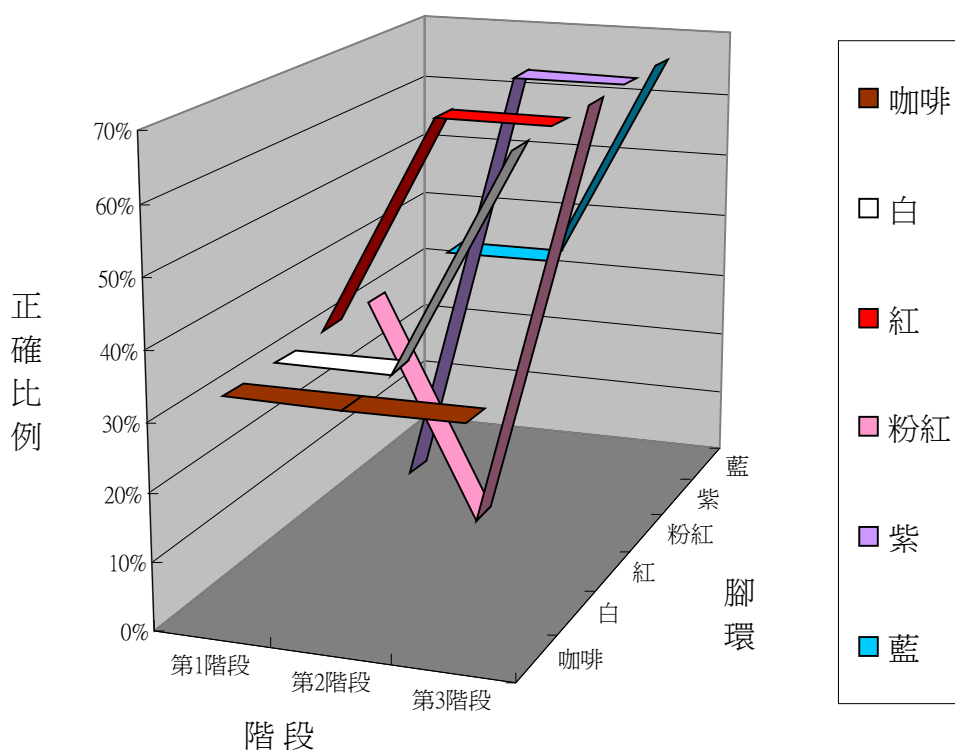
（註：圖中上方的紅、紫、白、粉紅、藍、咖啡為三線鼠腳踝上所套拼豆的顏色）

三、實驗三：辨色能力測試

(一) 結果顯示三線鼠走向對的顏色的機率逐漸提升 (表一、圖九)

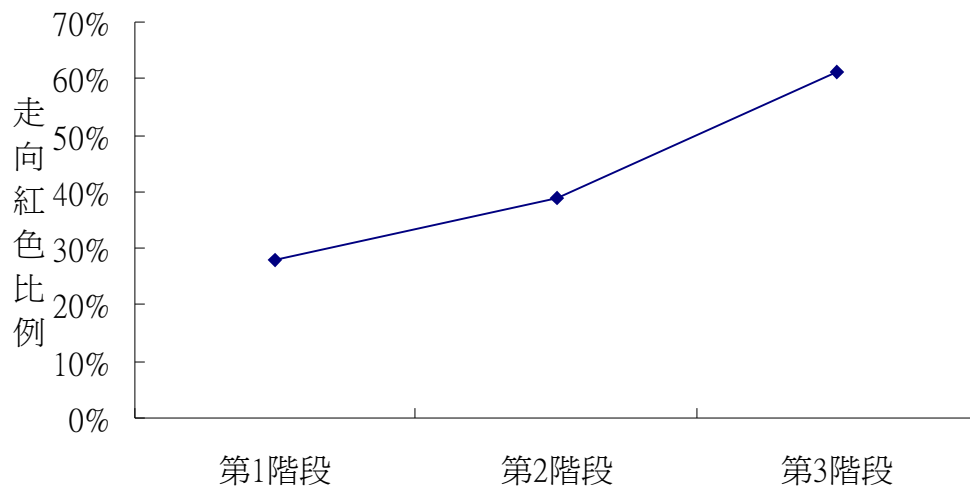
表一、三線鼠在各個階段進入正確通道的次數與比例

	正確次數(比例)		
	第 1 階段	第 2 階段	第 3 階段
咖啡	1 (33%)	1 (33%)	1 (33%)
白	1 (33%)	1 (33%)	2 (66%)
紅	1 (33%)	2 (66%)	2 (66%)
粉紅	1 (33%)	0 (0%)	2 (66%)
紫	0 (0%)	2 (66%)	2 (66%)
藍	1 (33%)	1 (33%)	2 (66%)
合計	5 (28%)	7 (39%)	11 (66%)



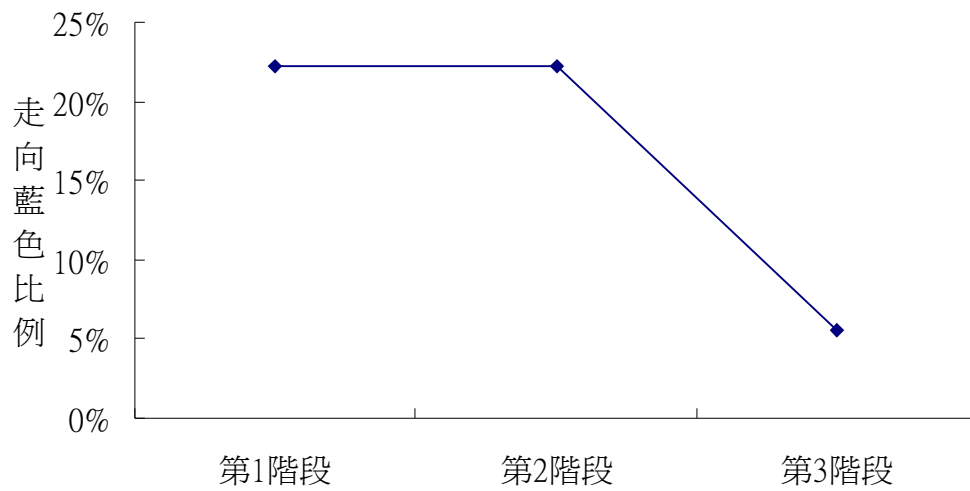
圖九、個別三線鼠在各個階段進入正確通道的比例

(二) 結果顯示三線鼠走向紅色通道的機率逐漸提升 (圖十)



圖十、三線鼠在各個階段進入紅色通道的總比例

(三) 結果顯示三線鼠走向藍色通道的機率逐漸降低 (圖十一)



圖十一、三線鼠在各個階段進入藍色通道的總比例

陸、討論

一、討論一：針對學習能力及記憶力

曾經在報紙上看過一則新聞，其中在介紹兩個天才兒童。其中一位小男孩對於數理方面有極大的興趣和天分，連愛因斯坦的相對論也難不倒他。另一位小男孩則擁有「過目不忘」的本事。看過的東西就不會忘記。

因此，我們將智力分為「記憶力」及「邏輯推理能力」並將兩項分別對三線鼠進行測量。

從三線鼠的行為顯示它漸漸適應迷宮了。第一次接觸迷宮時他們顯得十分緊張，還嘗試翻牆，但走過幾次熟悉後，就會比較放鬆，積極尋找可「走」出去的路線，而不是一味的試著爬牆。

由圖八中得知大部分的三線鼠走向正確路線（路線 C）

二、討論二：針對辨色能力

波士頓麻省理工學院神經科學家摩爾(Christopher Moore)針對老鼠鬚毛做了一連串的實驗後[參考資料三]，提出驚人的結果：老鼠的鬚毛系統作用與人類視覺系統的相似性，勝過老鼠自己的視覺系統。

對於老鼠的視力，許多科學家所做的實驗皆得到不同的結論。有些人認為老鼠們看不見紅色，覺得牠們的視網膜上只有兩種感光細胞，因此牠們看到的世界是灰色的，很少有其他顏色；有群研究人員指出老鼠的世界中只有黃藍灰三色，色盲狀況和有些人無法分辨紅綠的狀況相同[參考資料四到六]。

雖然這些對於老鼠視覺的「學派」各不相同，但大部分圍繞著「老鼠看不見紅色」。因此，我們的實驗三有了新的轉向。我們的結果表示三線鼠知道紅色通道中有食物，再加上以上資料，我們提出兩種推測：

- (一) 三線鼠的視覺與老鼠一樣；眼睛或許真的看不見紅色，但牠們的鬚鬚可能可以感應到不同波長的光波，鬚鬚的震動頻率也許會隨照到色光的不同而有所改變。
- (二) 三線鼠屬於倉鼠科、老鼠屬於鼠科（Muridae），兩物種分屬齧齒目的不同科，視覺能力並不相同。

至於真相為何，則有待進一步進行研究驗證。

三、討論三：針對邏輯推理能力

在前面提到「智力」可分為記憶力和邏輯推理能力。前面的實驗二是為了測驗三線鼠的學習與記憶力，現在這個實驗設計則是為了測定三線鼠的邏輯推理能力。由前面的實驗 3 我們得知三線鼠可感應到紅色光波，因此想看看他們是否在不同狀況下腦中還存在一個「紅色＝獎勵（食物）」的記憶模式。

因此我們希望之後能執行進一步實驗：將一迷宮的正確路線上貼上紅色的色紙，迷宮的底和牆的顏色可做兩種不同的：白色和黑色（要確保他不是看到白色上的暗色區塊，而是確實看到紅色），並看看三線鼠會不會跟著紅色紙走。

柒、結論

- 一、由實驗的統計結果顯示多數三線鼠的直覺是：不理會岔路，一路走到最底端(路線一)。
- 二、三線鼠具有學習能力，並且記憶可以維持五天可視為具有良好長期記憶。
- 二、三線鼠可「感應」到紅色和藍色，並且對它有記憶及邏輯推理能力，能了解到「紅＝食物」和「藍＝懲罰(地震)」

捌、參考資料及其他













一、參考資料

- (一) 大陸快速記憶小神童(2010年12月18日)大紀元。取自 <http://www.epochtimes.com/b5/10/12/18/n3116313.htm>
- (二) 朱立群(2008年5月1日)。植入海藻蛋白，盲鼠見光。中國時報。2012年6月13日，取自：<http://health.chinatimes.com/contents.aspx?cid=1,15&id=1147>
- (三) 美研究拍下老鼠鬚毛動作 驚訝獨特「視覺」系統(2008年2月28日)。REUTERS, 中央社(翻譯)。2012年6月13日,取自 <http://tw.news.yahoo.com/>
- (四) Howard Hughes Medical Institute. (2007, March 23). *APA Genetic studies Endow Mice With New Color Vision* [Research News]. Jeremy Nathans. Retrieved June 13, 2012, from <http://www.hhmi.org/news/nathans20070323.html>
- (五) Howard Hughes Medical Institute. (2007, March 23). *APA A Single Gene Gives Mice a New Dimension of Color Vision* [Research News]. Jeremy Nathans. Retrieved June 13, 2012, from http://www.hhmi.org/news/popups/nathans20070323_pop.html
- (六) Science AAAS. (2007). Gerald H. Jacobs, Gary A. Williams, Hugh Cahill and Jeremy Nathans: An overview [Abstract]. *Emergence of Novel Color Vision in Mice Engineered to Express a Human Cone Photopigment*. Retrieved June 13, 2012, from <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/315/5819/1723>
- (七) 長期記憶。維基百科。2012年6月13日，取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%95%B7%E6%9C%9F%E8%A8%98%E6%86%B6>
- (八) 張永達。動物視覺。2012年6月13日。取自：<http://activity.ntsec.gov.tw/lifeworld/doc/42%E5%8B%95%E7%89%A9%E8%A6%96%E8%A6%BA.pdf>
- (九) 黃榮棋〔翻譯〕。短期記憶如何變成長期記憶 美國德州大學奧斯丁分校學習與技藝中心的普瑞斯頓(Alison Preston)解釋說 科學人雜誌。2012年6月13日，取自：<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=columns&id=1138>
- (十) 短期記憶。維基百科。2012年6月13日，取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%AD%E6%9C%9F%E8%A8%98%E6%86%B6>

二、附錄

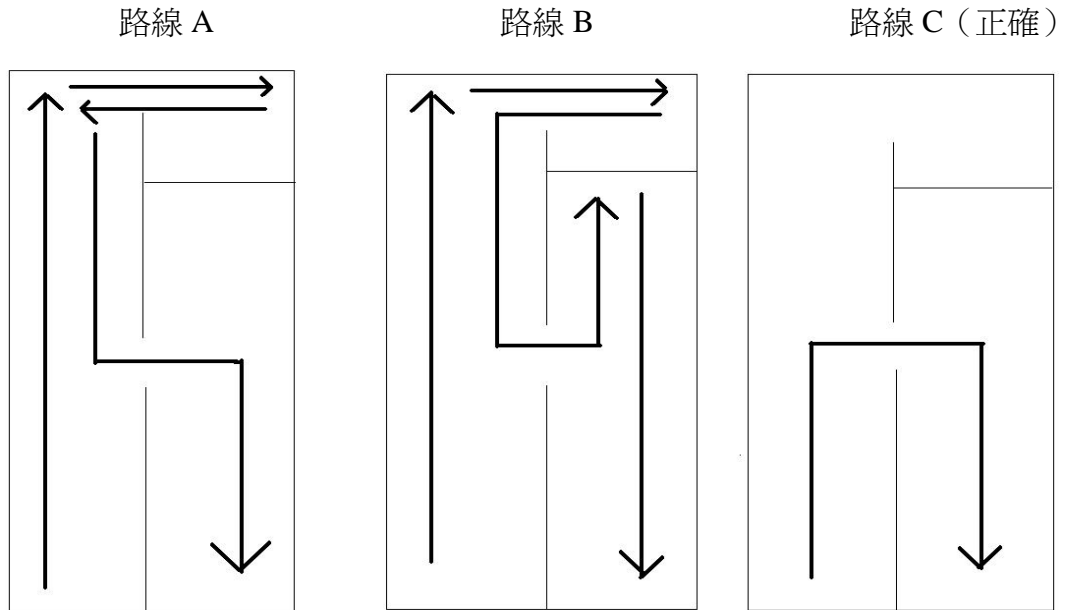
(一) 實驗一數據

天性 測試	紅	紫	白	粉紅	藍	咖啡
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

14						
15						

(註：表格中上方的紅、紫、白、粉紅、藍、咖啡為三線鼠腳踝上所套拼豆的顏色)

(二) 實驗二數據



	粉	咖啡	白	紫	紅	藍
1	路線 C	路線 C	路線 C	路線 B	路線 B	路線 A
2	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 A	路線 A
3	路線 A	路線 C	路線 C	路線 A	路線 C	路線 B
4	路線 C	路線 A	路線 C	路線 B	路線 A	路線 B
5	路線 A	路線 C	路線 C	路線 A	路線 A	路線 B
6	路線 A	路線 C	路線 B	路線 A	路線 A	路線 A
7	路線 C	路線 B	路線 C	路線 C	路線 A	路線 A
8	路線 B	路線 A	路線 B	路線 C	路線 B	路線 A
9	路線 B	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C
10	路線 C	路線 C	路線 C	路線 A	路線 C	路線 C
11	路線 B	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 A
12	路線 A	路線 A	路線 C	路線 B	路線 C	路線 A
13	路線 C	路線 A	路線 C	路線 A	路線 C	路線 C
14	路線 A	路線 C	路線 C	路線 A	路線 C	路線 A
15	路線 C	路線 A	路線 A	路線 C	路線 A	路線 C
16	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 A
17	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 A
18	路線 B	路線 C	路線 C	路線 C	路線 A	路線 A
19	路線 B	路線 C	路線 A	路線 A	路線 C	路線 B
20	路線 C	路線 A	路線 C	路線 C	路線 A	路線 C
21	路線 B	路線 C	路線 C	路線 C	路線 B	路線 C
22	路線 B	路線 C	路線 C	路線 C	路線 C	路線 B

(註：表格中上方的紅、紫、白、粉紅、藍、咖啡為三線鼠腳踝上所套拼豆的顏色)

(三) 實驗三數據

	咖啡	白	紅	粉	紫	藍
1	黃	紅	藍	藍	藍	紅
2	綠	黃	黃	黃	綠	藍
3	紅	黃	紅	紅	黃	黃
4	黃	藍	紅	綠	紅	紅
5	紅	黃	藍	藍	黃	綠
6	藍	紅	紅	黃	紅	黃
7	綠	紅	紅	紅	紅	紅
8	紅	紅	綠	黃	綠	黃
9	藍	黃	紅	紅	紅	紅

(註：表格中上方的紅、紫、白、粉紅、藍、咖啡為三線鼠腳踝上所套拼豆的顏色)

【評語】 030315

1. 作品說明書內容詳實。
2. 現場展示說明有條理，看板安排詳實，且具團隊精神。
3. 未來試驗之老鼠數可以增加。
4. 鬍鬚可以感應不同波長之光波之證據宜進一步證實，對於長期記憶之結論宜再討論。