中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生活與應用科學科

第三名

080808

轉動吧!羅馬競技場

-影響自製遊戲機臺進球機率之因素探討

學校名稱：臺北市大同區太平國民小學

作者：	指導老師：
小六 張庭瑋	王錦銘
小六 劉炤輝	陳彥妤
小六 莊絜晰	
小六 李浩揚	
小六 陳瑞瑩	
小六 陳維盛	

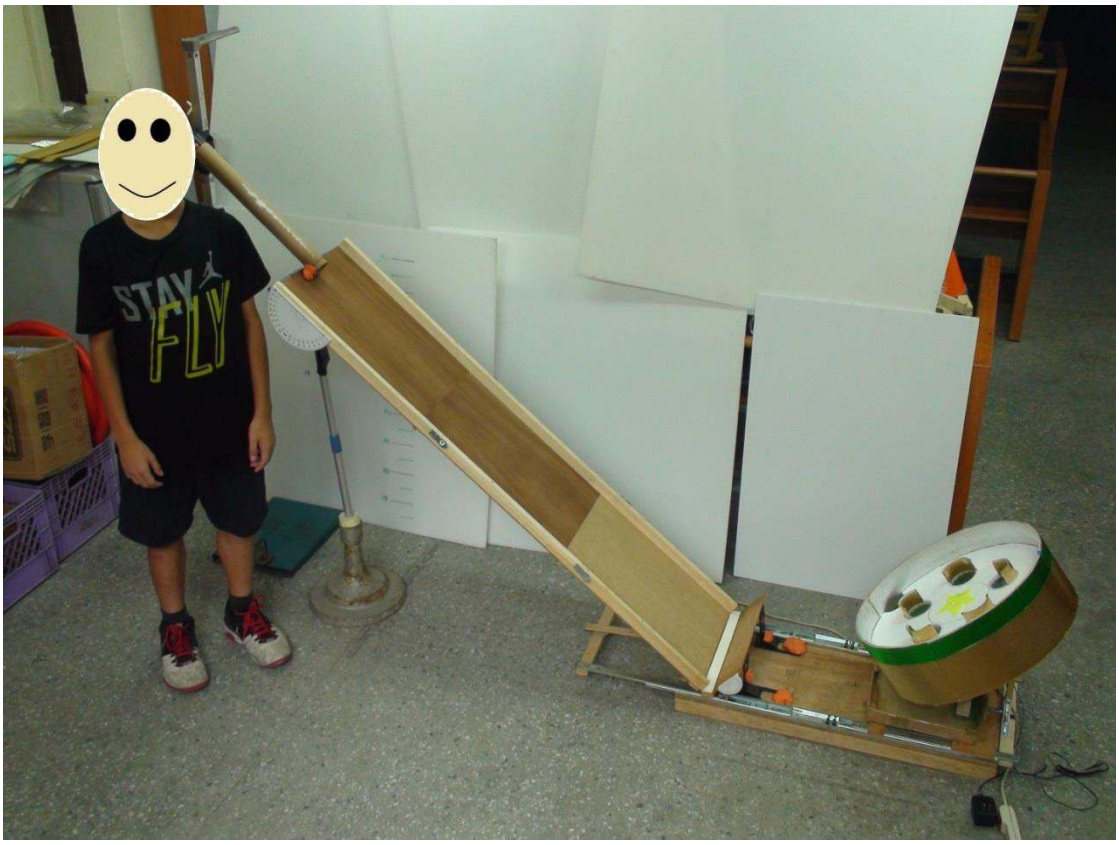
關鍵詞：火焰球、進球機率、遊戲機臺

摘要

針對學校舉辦的園遊會，我們決定設計一個吸引人又可獲利的攤位。經過實地觀察遊樂場裡球類的遊戲機臺、上網蒐集資料及下載有關的遊戲軟體，設計了一個遊戲機臺並做了以下實驗：

實驗分六方面來實施：1 探討哪一種球較適合做為遊戲機臺的用球 2 不同出球斜板及得分面板角度的進球機率 3 得分孔的排列形狀、位置、大小及疏密程度的進球機率 4 瞄準區域位置的進球機率 5 加上裝飾物的進球機率 6 邀請測試員進行實測，並改良遊戲機臺。

實驗發現：以彈力球投擲結果較穩定，出球斜板角度、得分孔的排列方式、孔徑大小、疏密程度、瞄準區域位置、得分筒的轉速，對進球機率皆有影響。特別是加上裝飾物及瓦楞紙對改變進球機率有較大的影響。



壹、研究動機

園遊會快到了，我們正煩惱該擺什麼攤位。回想起有一次到湯姆熊玩時，見到了一臺稱為「火焰球」的遊戲機臺，看起來十分新奇，所以就試著玩玩看，沒想到它竟然如此困難，因此激起我們的好奇心，決定以此當做園遊會的攤位及科展的研究主題。我們思考了許多問題，如何做出既環保，成本又低的遊戲機臺？如何設計出引人注目的遊戲機臺？如何調整遊戲機臺的進球機率？如何設計得分面板，才能讓顧客願意花錢玩且不會感到無趣乏味？因此我們決定對此展開研究！

貳、研究目的

一、研究哪一種球種較適合作為遊戲機臺的用球。

二、測試自製遊戲機臺較適合的入、出球斜板及得分面板角度。

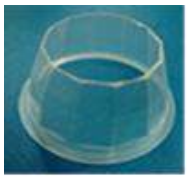
三、研究得分孔在得分面板上的排列形狀、孔徑大小、排列疏密程度……等因素，對進球機率的影響。

四、探討瞄準區域位置與進球機率之關係。

五、測試得分面板上加裝不同裝飾物之進球機率。

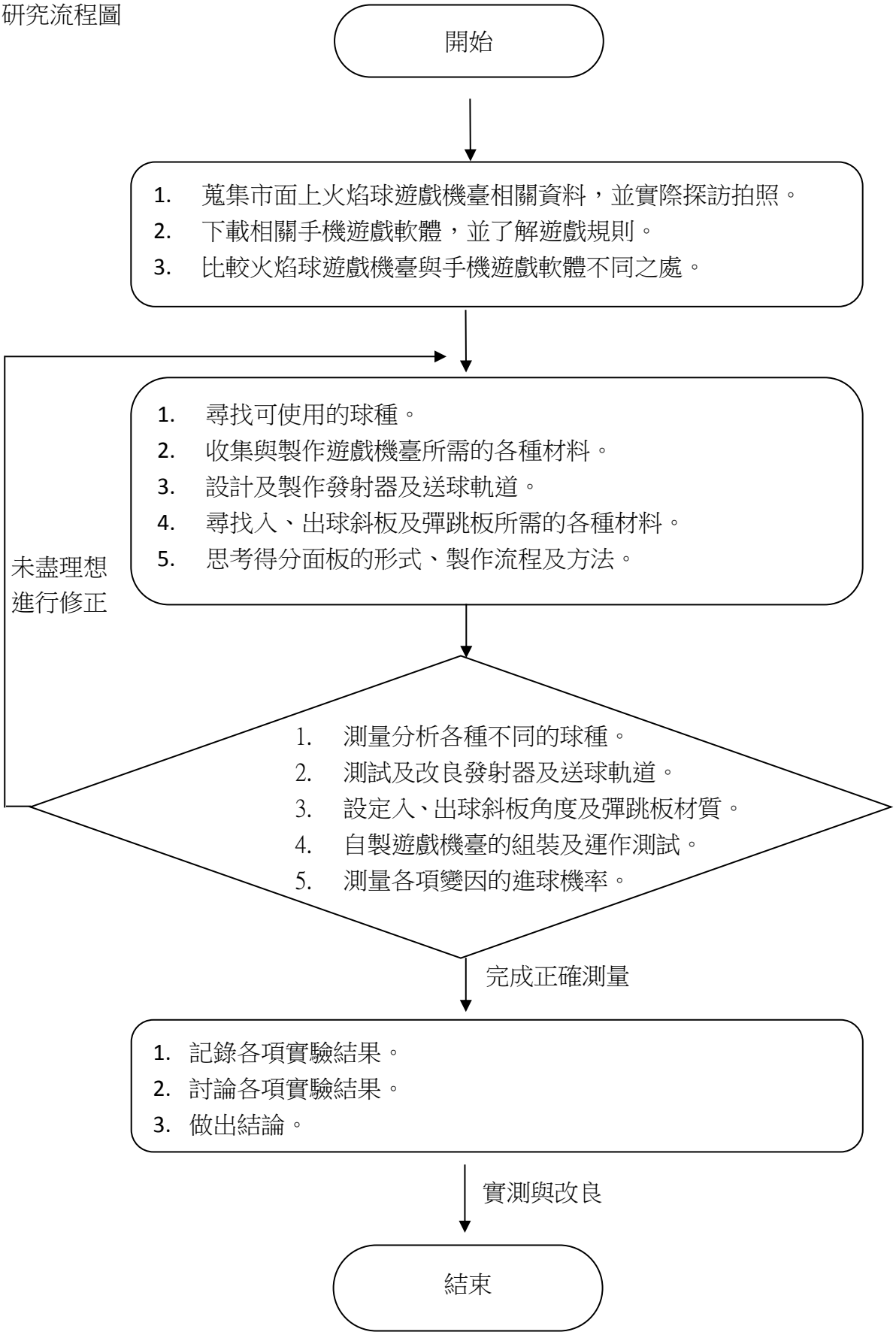
六、邀請測試員進行實測並填寫問卷調查表，再依據測試員的建議，調整得分筒的轉速。

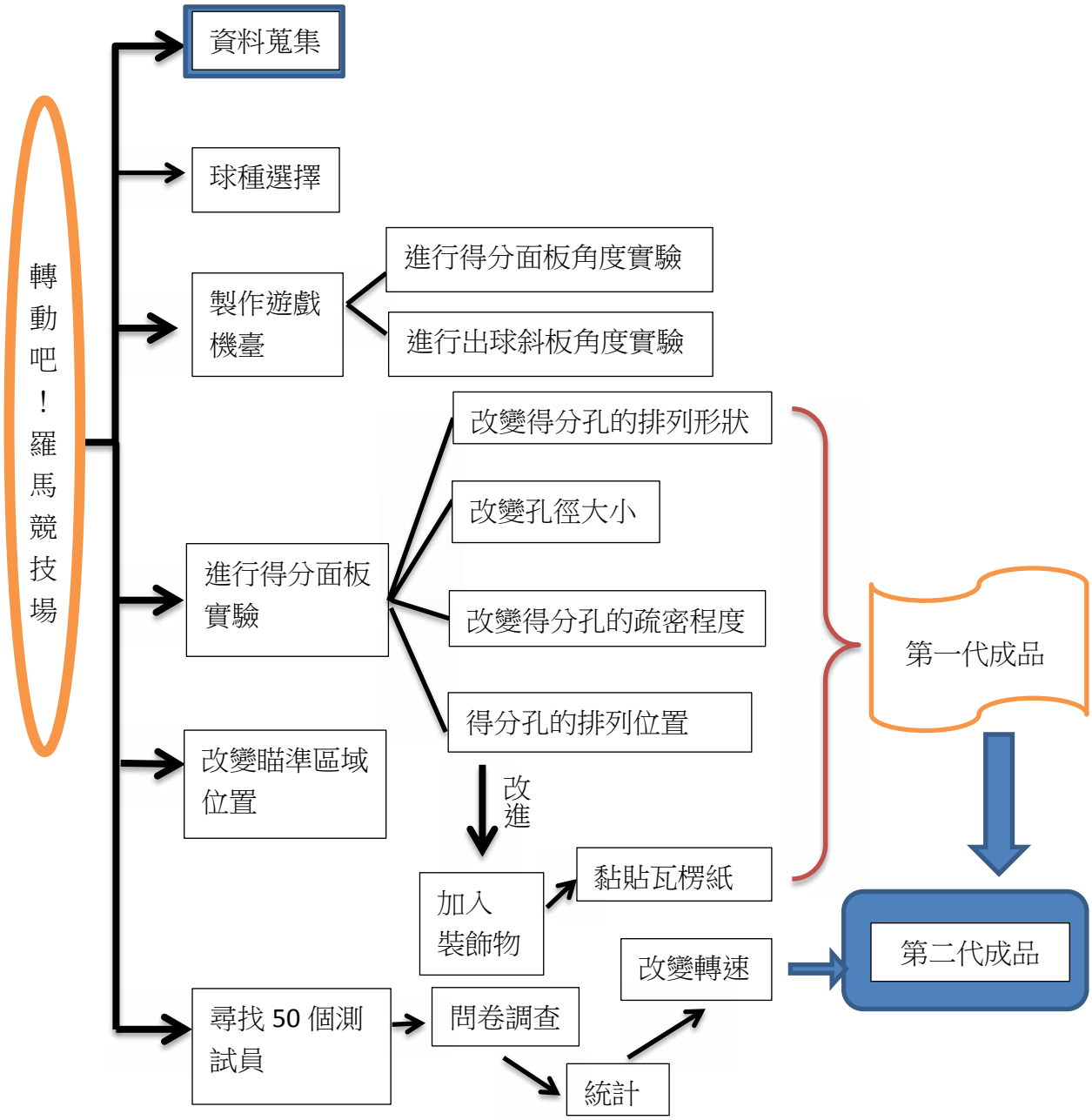
叁、研究設備器材

各種球種	乒乓球	塑膠球	彈力球	EVA 彩虹球	
裝飾物	星形裝飾物	盾形玩具模型	愛心形鐵蓋	茶業罐的蓋子	古錢幣的玩具
其他	石蕊試紙罐	手機架	果凍盒	LED 大轉臺	水平儀
					
	游標卡尺	滑軌	壞掉的拖把	DC 馬達	直流變壓器
	風扣板	旗桿座	量身高器	扣環	瓦楞紙

肆、研究過程、方法

一、研究流程圖




轉動吧！羅馬競技場
資料蒐集
球種選擇
製作遊戲機臺
進行得分面板角度實驗
進行出球斜板角度實驗
進行得分面板實驗
改變得分孔的排列形狀
改變孔徑大小
改變得分孔的疏密程度
得分孔的排列位置
改進
加入裝飾物
黏貼瓦楞紙
第一代成品
改變瞄準區域位置
尋找 50 個測試員
問卷調查
統計
改變轉速
第二代成品

實驗流程圖

二、資料的收集與分析：

（一）實際到遊樂場進行觀察及下載相關遊戲軟體，瞭解機臺及相關遊戲軟體的資料。

1. 火焰球遊戲機臺及相關遊戲軟體介紹：

探訪遊樂場的火焰球遊戲機臺(圖一)和下載手機遊戲做比較(圖二~圖四)，圖一的遊戲機臺分別在兩處遊樂場中看見。因此，經大家討論後決定以圖一為本研究遊戲機臺的範本，稍做修改後製作出新的遊戲機臺。

圖一(火焰球)	圖二(Ball-Hop Bowling)	圖三(AE Gun Ball)	圖四(Hop The Ball)
不同種類的火焰球遊戲機臺			

2. 遊樂場火焰球遊戲機臺規則介紹：

在時間限制內，不限制球數，瞄準得分面板，用力滾出小球，依據各個孔進球的難易度不同，給予不同的分數。當球落入孔內，電腦會自動累計玩家所得的分數，玩家可以依據所得的分數兌換相對應的獎品。

3. 手機版遊戲軟體規則介紹：

不限制時間，球數限制 8~10 球，手指滑動螢幕發球，依據各個孔進球的難易度不同，給予不同的分數。此外，手機版遊戲軟體有附加特殊球，例如：若打中指定孔內，可增加球數，或者分數加倍；亦可購買特殊道具。

（二）新遊戲機臺設計構想：

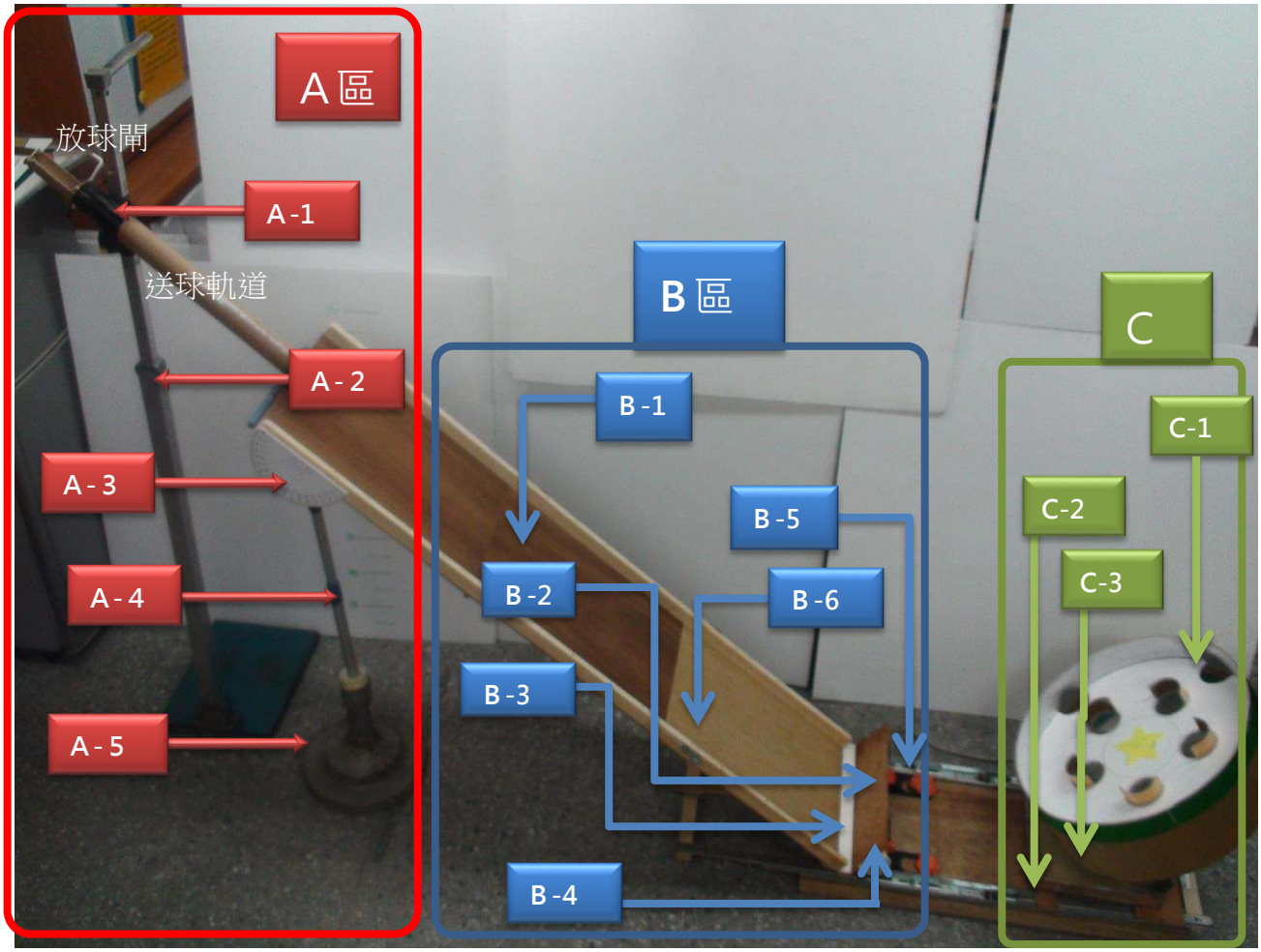
經網路查詢歷屆科展與遊樂場相關的作品，只發現以乒乓球遊戲與投籃機為主題的研究，並未發現有關火焰球的作品，因此選定做為此次科展研究的主題。

經大家討論後，遊戲機臺採用由簡而繁的設計方式，逐步增加得分面板的裝飾物或障礙物。而以得分面板角度、得分孔的大小、得分面板上黏貼星型裝飾物、得分孔邊緣黏貼瓦楞紙、改變瞄準區域位置等變因，作為研究的主要方向。

我們做的遊戲機臺主要在園遊會使用，所以是以經營者的角度來設計這些實驗。而做生意不能虧錢，因此我們要利用許多方法降低進球機率，但是又不能太低，否則會沒有人想玩。

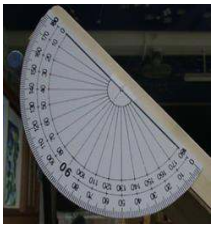
三、自製遊戲機臺簡介：

（一）自製遊戲機臺構造說明：

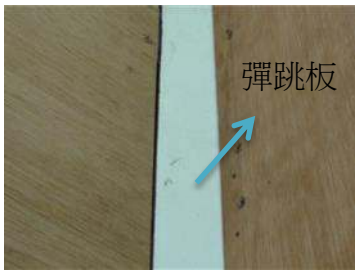


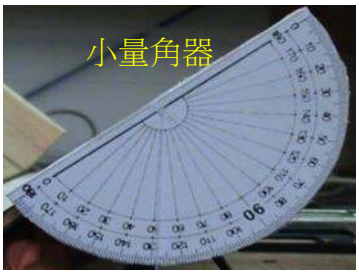
裝置構造說明如下：

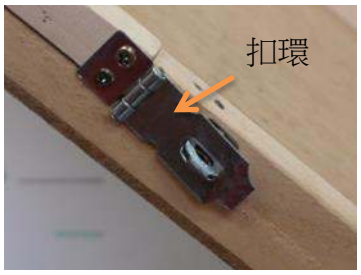
A區名稱	說　明
A-1.發射器(放球閘及送球軌道)	輕壓放球閘，讓球由送球軌道滾下，避免用手放球，影響實驗的穩定性。
A-2.量身高器	上方架著發射器，可調整高低。
A-3.大量角器	測量入球斜板的角度。
A-4.膠棉拖把	放置於旗竿座上方，用來固定及調整入球斜板角度。
A-5.旗竿座	支撐膠棉拖把。

發射器	量身高器	膠棉拖把	大量角器	旗竿座
				

B 區名稱	說　明
B-1.入球斜板	入球斜板角度可調整，球可透過入球斜板下滑並加速。
B-2.出球斜板	可調整角度，改變球撞擊彈跳板後的出球角度。
B-3.彈跳板	球撞擊彈跳板後，可使球彈起。
B-4.小量角器	測量出球斜板角度。
B-5.手機架	支撐出球斜板，並固定角度。
B-6.扣環	固定 3 片入球斜板。







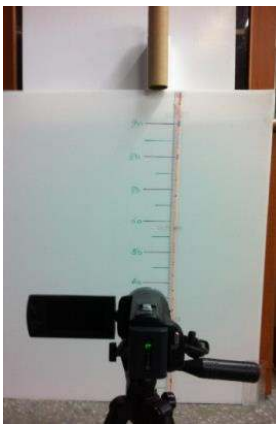
C 區名稱	說　明
C-1.得分筒	固定及方便更換得分面板。
C-2.滑軌	可調整得分筒與出球斜板間的距離。
C-3.集球箱	方便回收實驗所使用的球，減少撿球時所耗費的時間與精力。
LED 大轉臺	黏貼於得分筒下，帶動得分面板旋轉。

得分筒	滑軌	集球箱	LED 大轉臺

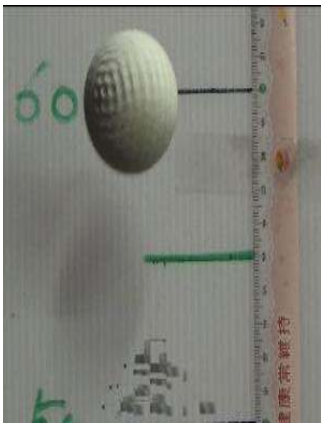
四、測量方法：

(一)不同球種的反彈高度測量：

第一次反彈高度:是指球第一次撞擊地面反彈後,球下緣的最低點與地面間的距離。



圖一



圖二

實驗裝置（如圖一），利用 DV 拍攝不同球種由 100cm 落下的第一次反彈高度，各球種進行五次實驗，並計算五次平均作為各球種的第一次反彈高度。拍攝前先觀察各球種由 100cm 落下後第一次反彈高度，並將 DV 架設至其反彈高度拍攝，減少拍攝角度所造成的誤差。拍攝完成後，將其影片於電腦中使用 Windows Live Movie Maker 軟體定格播放，觀察各球種反彈至最高點時，呈現靜止狀態（如圖二），記錄各球種於此點實際高度。

(二)球落點測量：

1.球落點測量方法：

固定發射器的高度及角度，利用發射器控制球的發射，球沿著送球軌道前進，離開送球軌道後撞擊彈跳板並沿著出球斜板彈出，再彈跳落入目標區域。

在間隔 1 公分，最大直徑 19 公分的同心圓上鋪上鐵砂，並在其上方架設 DV，拍攝球撞擊彈跳板後，碰撞同心圓的落點分佈。若壓線則算進直徑較小的範圍內。進行球的落點分析時，用簽字筆記錄每球落點位置，丟完十球後鋪平鐵砂，共實驗一百球。完成後，用簽字筆紀錄在同心圓上的位置，完成球的落點分布圖(如附件一)。

2.球落點範圍分析表：

直徑(公分)	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	19 以上
球數(顆)	6	5	18	5	8	15	15	9	8	11
累積球數(顆)	6	11	29	34	42	57	72	81	89	100
百分比(%)	6%	11%	29%	34%	42%	57%	72%	81%	89%	100%

(三)瞄準區域大小與實驗球數的設定：

1. 我們從球的落點分布中，發現有 81%的球落點集中在直徑 16 公分的區域內，並參考得分面板的大小後，我們設定瞄準區域在直徑 16 公分的圓形內為有效範圍，落在有效範圍內為「有效球」，進行後續實驗。而落在瞄準區域外的球則不予採計。此外，由附件一的落點分布圖，發現球的落點偏左側，於是我們利用水平儀及在入球斜板標示定位點來進行校正，修正彈力球的落點。
2. 考量實際進行遊戲時的需求及遊戲機臺可負荷的球數，每次實驗以 10 顆球為基準，共計 10 次，合計 100 顆球。

伍、研究結果與討論

【實驗 1】：測試哪一種球較適合做為遊戲機臺的用球？

（一）、研究過程：

1. 測量乒乓球、塑膠球、彈力球、EVA 彩虹球四種球的重量及球徑。
2. 進行乒乓球、塑膠球、彈力球、EVA 彩虹球四種球的彈力測試。

（二）、研究結果：

1. 不同球種的相關資料，如下表所示：

球種 項目	乒乓球	塑膠球	彈力球	EVA 彩虹球
相片				
重量(gw)	2.4	3.1	19.2	3.4
直徑(cm)	3.960	3.830	3.780	4.025

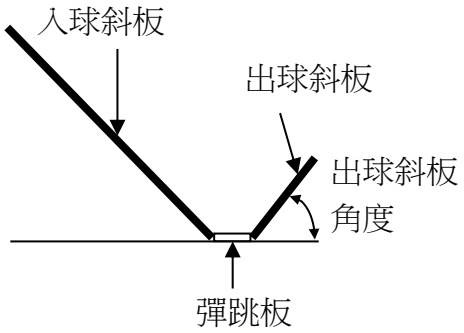
2. 不同球種平均第一次反彈高度統計表，如下表所示：

次數 球種	1	2	3	4	5	平均第一次反彈高度(cm)
乒乓球	64.0	65.0	66.0	66.1	66.3	65.5
塑膠球	57.3	56.7	57.8	56.8	57.0	57.1
彈力球	57.5	56.5	57.7	57.3	58.0	57.4
EVA 彩虹球	32.0	31.7	30.5	30.5	31.2	31.2

（三）、討論：

挑選四種球徑相近的球進行實驗，乒乓球、塑膠球、彈力球、EVA 彩虹球之平均第一次反彈高度，分別為 65.5、57.1、57.4 及 31.2 公分。雖然乒乓球的平均第一次反彈高度最高，但彈力球表面有凹凸的紋路，丟球時較易控制，手握球時不易打滑，所以選為實驗用球。

【實驗 2-1】：測試自製遊戲機臺較適合的出球斜板角度。



(一)、研究過程：

1. 調整出球斜板角度，依序為 30°、35°、40°、45° 及 50° 進行測試，觀察及記錄實驗結果。

(二)、研究結果：

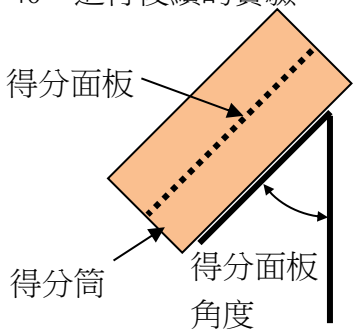
角度＼次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30°	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X
35°	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X
40°	○	○	○	○	○	○	○	∨	○	○
45°	○	∨	○	○	○	○	○	∨	○	○
50°	○	∨	∨	∨	∨	○	∨	X	∨	∨

註：1.球未彈出得分筒：球命中得分面板的瞄準區域，打○；球未命中得分面板的瞄準區域，打∨。
2.球彈出得分筒：球碰撞得分面板後，彈出得分筒之外，打 X。

(三)、討論：

1. 當出球斜板角度為 30° 及 35° 時，球撞到得分面板後會彈出得分筒，不予採用。
2. 當出球斜板角度為 50° 時，球的落點不易控制，不利於進行實驗。
3. 當出球斜板角度為 40° 落入瞄準區域的機率較高。因此選用 40° 進行後續的實驗。

【實驗 2-2-1】：測試自製遊戲機臺較適合的得分面板角度



(一)、研究過程：

1. 依據手機架上的格子調整得分面板角度，依序為 72°、65°、60°、45° 及 40°。
2. 不同得分面板角度分別利用彈力球測試 10 次，共 10 顆球，觀察及記錄實驗結果。

(二)、研究結果：

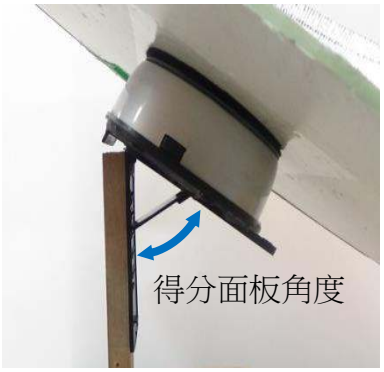
角度＼次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
72°	X	X	X	∨	∨	∨	∨	X	∨	X
65°	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨
60°	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨
45°	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨
40°	得分筒會卡到集球箱，無法測試									

註：球撞擊得分面板後，不會彈出得分筒之外，打∨；球撞擊後，彈出得分筒之外，打 X。

（三）、討論：

1. 當得分面板角度為 72° 時，球撞擊得分面板後彈出得分筒的機率為 50%，因此不予採用。
2. 當得分面板角度為 40° 時，得分筒會卡到集球箱，無法進行實驗。
3. 本實驗採用 45° 、60° 及 65° 三種角度進行實驗。

【實驗 2-2-2】：研究得分面板角度與進球機率之關係

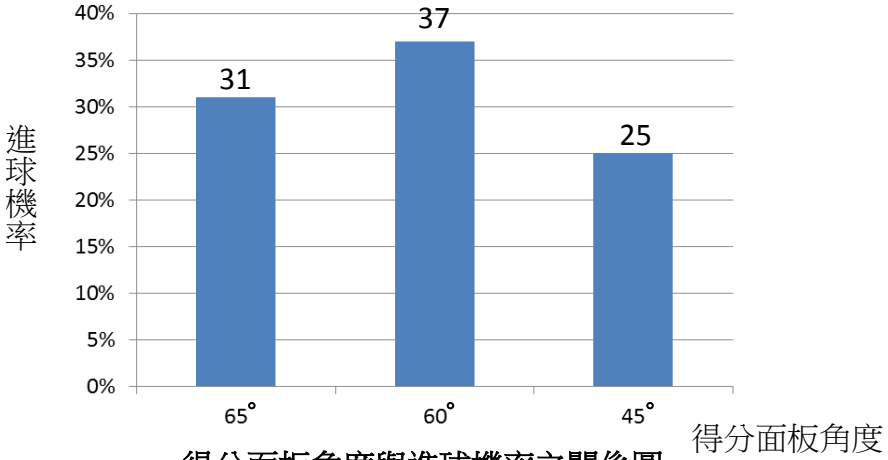


（一）、研究過程：

1. 依據手機架上的格子調整得分面板角度，依序為 65° 、60° 及 45° 。
2. 每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。

（二）、研究結果：

次數 / 得分板角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總進球數(顆)	進球機率(%)
65°	3	4	3	3	4	2	3	3	3	3	31	31%
60°	2	5	6	4	6	4	1	1	4	4	37	37%
45°	3	6	5	1	2	2	1	3	0	2	25	25%



得分面板角度與進球機率之關係圖

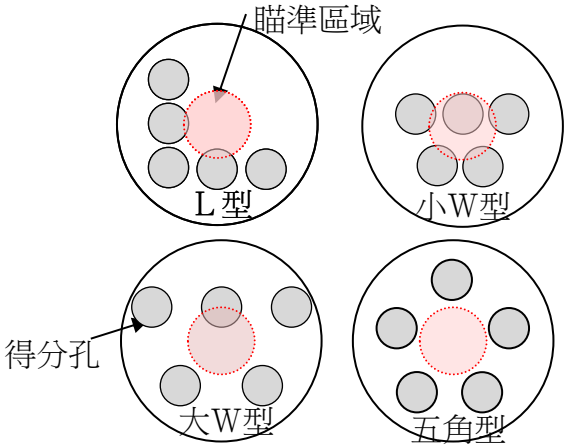
（三）、討論：

1. 依得分面板角度大小，65° 、60° 、45° 的進球機率依序為 31%、37%及 25%，當得分面板角度為 60° 時，進球機率最高。
2. 我們先選擇最方便調整的 60° 來進行後續的實驗，再透過其他變因，來改變遊戲機臺的進球機率。

【實驗 3-1】：研究得分孔的排列形狀與進球機率之關係

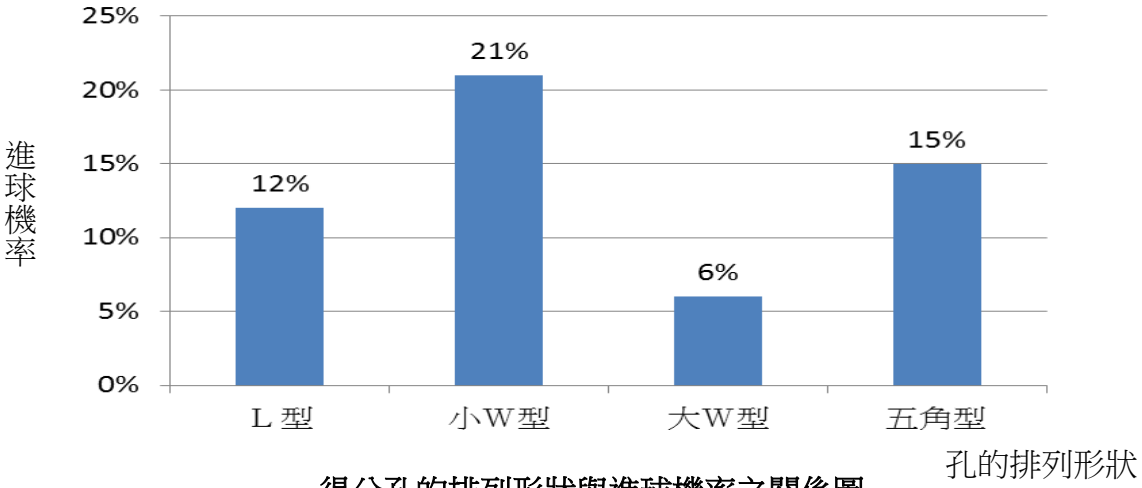
（一）、研究過程：

1. 將得分孔排列成 L 型、小W型、大W型及五角型。
2. 以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。



（二）、研究結果：

次數 / 孔的排列形狀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總進球數(顆)	進球機率(%)
L 型	3	1	2	1	0	1	1	0	3	0	12	12%
小W型	3	1	3	4	2	2	1	3	0	2	21	21%
大W型	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	6	6%
五角型	3	2	0	0	0	3	1	1	1	4	15	15%



得分孔的排列形狀與進球機率之關係圖

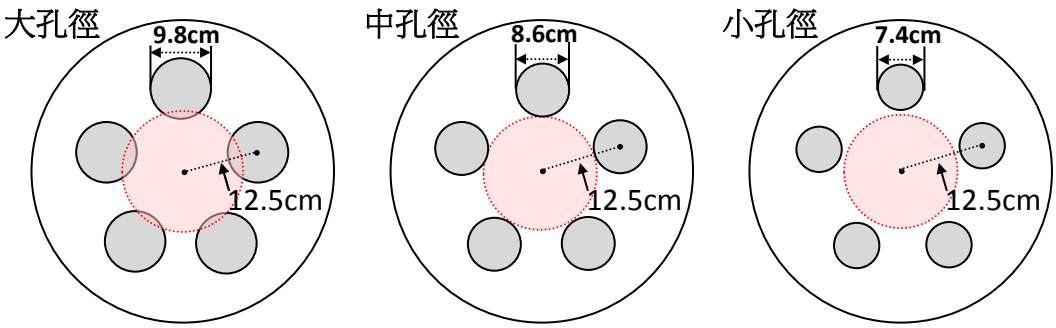
（三）、討論：

1. L 型、小W型、大W型及五角型，進球機率分別為 12%、21%、6%及 15%。
2. 分析實驗結果推測可能影響進球機率的因素有：瞄準區域涵蓋的得分孔面積多寡、得分孔與瞄準區域間的距離、得分孔在得分板上的位置……等因素。
3. 因為五角型的得分板中心與每個得分孔圓心的距離都相同，方便計分，因此採用五角型的排列方式進行後續實驗。

【實驗 3-2】：探討孔徑大小與進球機率之關係

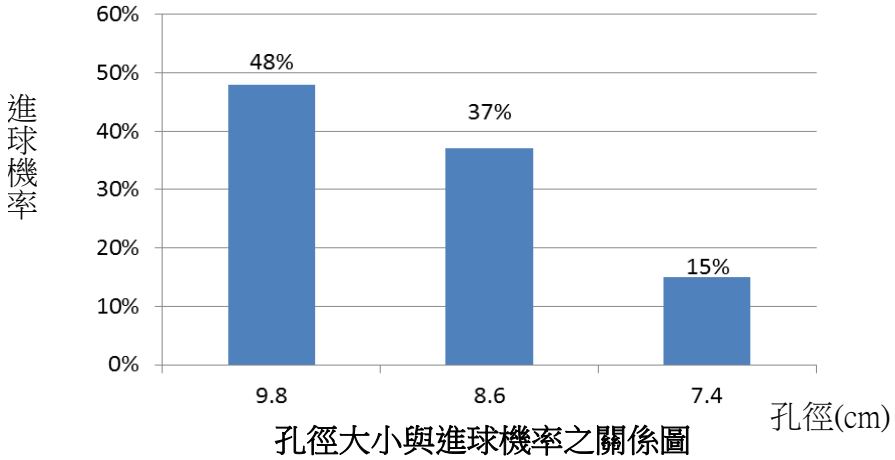
（一）、研究過程：

1. 如下圖，將 5 個得分孔分別依直徑大小不同排成下列三種模式。
2. 以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。



（二）、研究結果：

孔徑大小(cm) \ 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總進球數(顆)	進球機率(%)
9.8	6	5	4	5	5	4	7	5	4	3	48	48%
8.6	1	3	1	3	3	4	6	5	6	5	37	37%
7.4	3	2	0	0	0	3	1	1	1	4	15	15%



孔徑大小與進球機率之關係圖

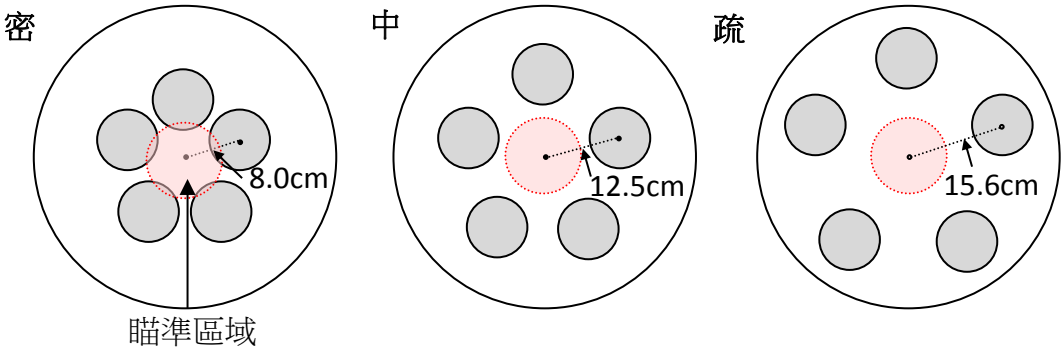
（三）、討論：

1. 孔徑越大，進球機率越高：孔徑越小，進球機率越低。
2. 7.4、8.6、9.8 公分三種孔徑的得分孔，其面積比為 1.00：1.35：1.75，相對進球機率比為 1.00：2.47：3.20。其相對進球機率比高於面積比，分析可能原因為彈力球碰撞得分筒邊緣後造成第二次進球的機會、大孔徑的得分孔距離瞄準區域較近等因素所造成。因此，設計後續的實驗來驗證我們的想法。

【實驗 3-3】：探討得分孔的疏密程度與進球機率之關係

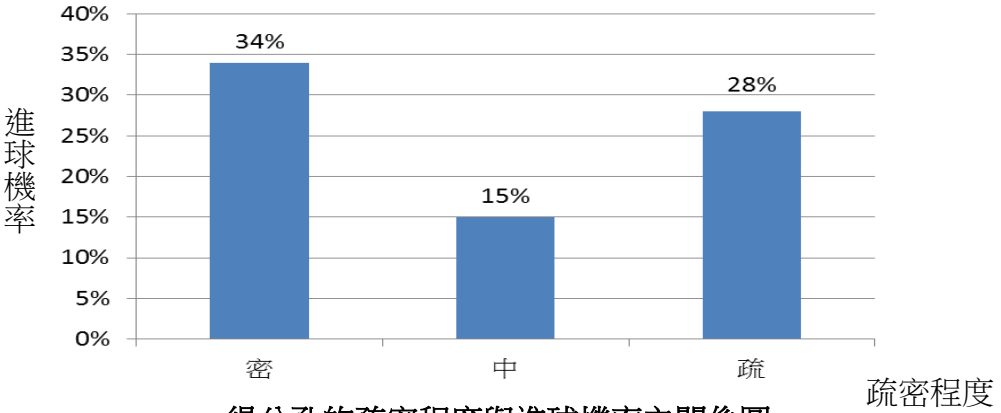
（一）、研究過程：

1. 如下圖，將 5 個孔依疏密程度排成下列三種模式。
2. 以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。



（二）、研究結果：

排列疏密＼次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總進球數(顆)	進球機率(%)
密	5	3	0	4	2	6	3	4	3	4	34	34%
中	3	2	0	0	0	3	1	1	1	4	15	15%
疏	2	4	2	4	3	3	1	1	4	4	28	28%



得分孔的疏密程度與進球機率之關係圖

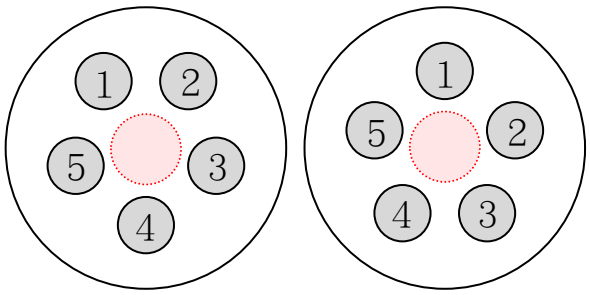
（三）、討論：

1. 依得分孔的疏密程度，由密到疏的進球機率依序為 34%、15%及 28%。
2. 透過影片分析，發現當得分孔靠近得分筒外圍，會因為碰撞邊緣而反彈進球。反彈進球數為 23 球，使排列疏密程度較疏時，進球機率反而提升至 28%。
3. 瞄準區域越靠近得分孔時，進球機率增加；得分孔離瞄準區域越遠時，進球機率降低。

【實驗 3-4】：研究得分孔的排列位置之進球機率

（一）、研究過程：

1. 將五個得分孔排列如右圖中的兩種方式。
2. 以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球，分析進球機率與落點。



排列方式 1-1　　排列方式 1-2

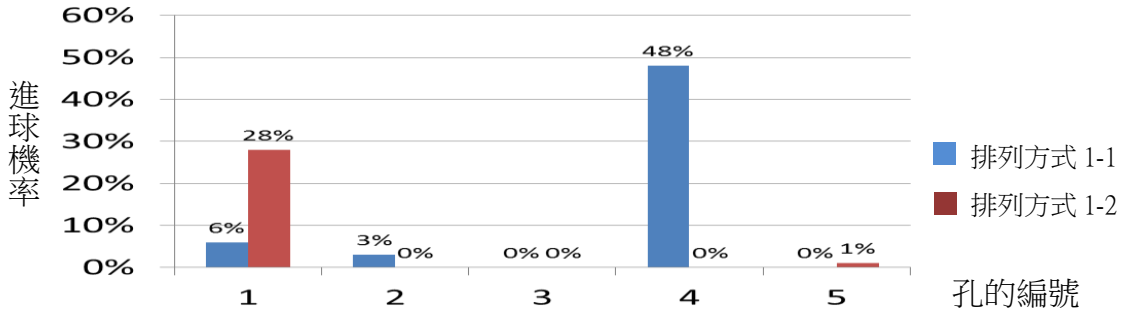
（二）、研究結果：

孔的排列方式 1-1：

孔的編號＼次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數(顆)	進球機率(%)
1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	6	6%
2	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3	3%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	6	5	6	6	4	8	6	4	0	3	48	48%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
進球數(顆)	6	7	6	7	4	10	7	5	1	4	57	57%

孔的排列方式 1-2：

孔的編號＼次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數(顆)	進球機率(%)
1	4	3	3	4	0	2	3	3	3	3	28	28%
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1%
進球數(顆)	4	3	3	4	1	2	3	3	3	3	29	29%

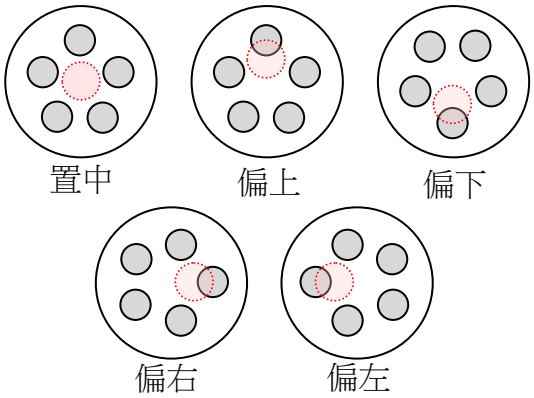


得分孔的排列位置與進球機率之關係圖

（三）、討論：

兩種排列方式，進球機率最高的孔（排列方式 1-1，4 號孔的進球機率為 48%；排列方式 1-2，1 號孔的進球機率為 28%），均位在有效球經過的直線路徑上，分析其原因為球撞擊得分板後，因慣性向上及受重力向下滾動，使得進球機率較高。

【實驗 4】：研究瞄準區域位置與進球機率之關係

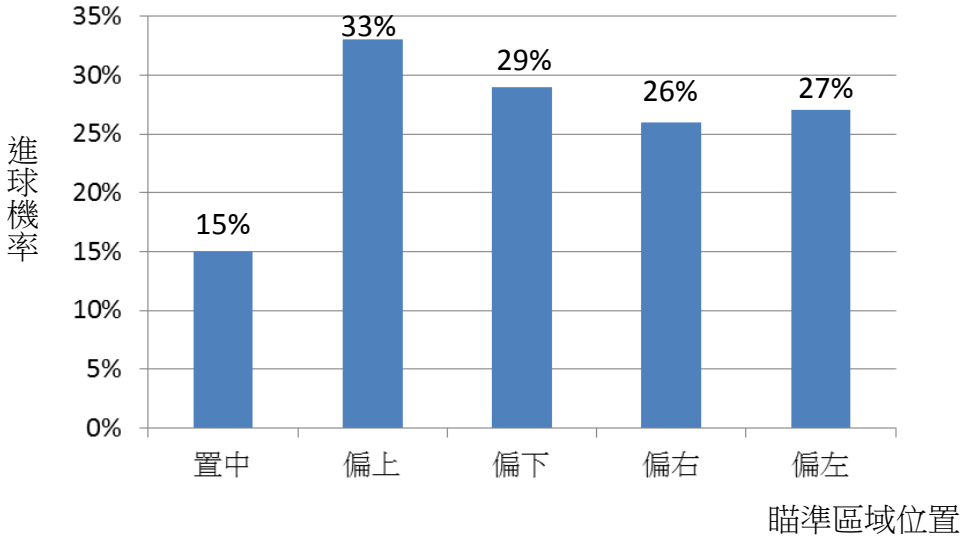


（一）、研究過程：

1. 在得分面板上訂出五個瞄準區域，分別為置中、偏上、偏下、偏右以及偏左。
2. 每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。

（二）、研究結果：

瞄準區域＼次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總進球數(顆)	進球機率(%)
置中	3	2	0	0	0	3	1	1	1	4	15	15%
偏上	4	4	2	3	4	1	4	5	3	3	33	33%
偏下	3	5	0	5	3	3	3	3	1	3	29	29%
偏右	3	2	2	4	6	4	2	1	2	0	26	26%
偏左	1	3	4	4	3	2	1	3	4	2	27	27%

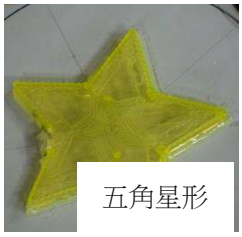


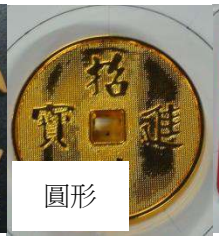
瞄準區域位置與進球機率之關係圖

（三）、討論：

1. 當瞄準區域置中時進球機率為 15%，偏上、偏下、偏右及偏左的進球機率分別為 33%、29%、26%及 27%，置中的進球機率明顯低於瞄準區域往旁偏移。
2. 置中的進球機率之所以低於其他瞄準區域，是因為置中時，瞄準區域內沒有覆蓋到任何洞口，造成進球機率降低。

【實驗 5-1-1】：探討加入不同裝飾物與進球機率的變化



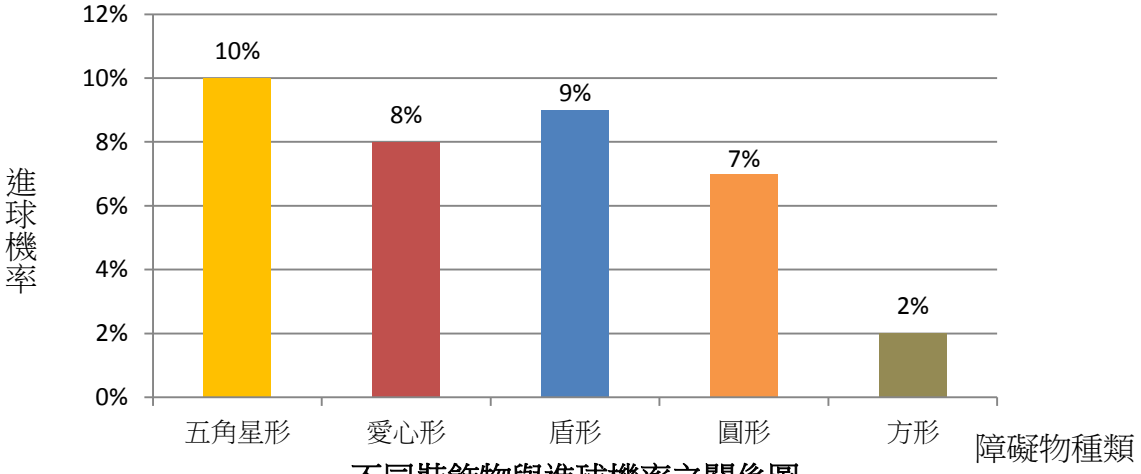


（一）、研究過程：

1. 在得分面板中間分別黏上不同裝飾物(如圖)。
2. 以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。

（二）、研究結果：

次數 / 障礙物	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數(顆)	進球機率(%)
五角星形	1	2	1	2	1	1	1	0	1	0	10	10%
愛心形	0	0	1	0	1	1	1	0	3	1	8	8%
盾形	2	0	0	3	1	2	0	0	0	1	9	9%
圓形	2	0	1	1	0	1	1	0	1	0	7	7%
方形	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2%



不同裝飾物與進球機率之關係圖

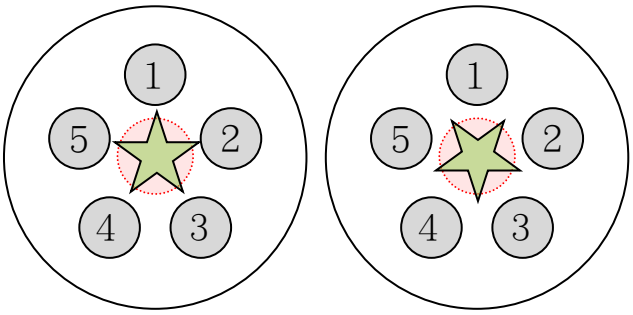
（三）、討論：

1. 實驗結果顯示，五角星形、愛心形、盾形、圓形及方形進球機率分別為 10%、8%、9%、7%及 2%。
2. 根據實驗發現，加裝五角星形的進球機率是 10%，比起其他裝飾物是最高的，因為五角星形有五個角，剛好對應得分面板上得分孔，所以我們選用五角星形進行後續的實驗。

【實驗 5-1-2】：探討加入五角星形(不旋轉)進球機率的變化

（一）、研究過程：

1. 在得分面板中間黏上五角星形裝飾物。
2. 以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。



排列方式 2-1　　排列方式 2-2

（二）、研究結果：

排列方式 2-1：

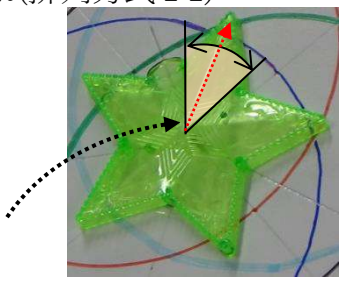
次數 / 孔的編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數(顆)	進球機率(%)
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	4	4%
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1%
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	4	4%
進球數(顆)	0	1	1	1	0	3	0	0	1	3	10	10%

排列方式 2-2：

次數 / 孔的編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數(顆)	進球機率(%)
1	0	0	1	3	1	0	0	1	0	0	6	6%
2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	3	3%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	2	0	0	1	0	2	3	2	4	2	16	16%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
進球數(顆)	2	0	2	5	1	2	4	3	4	2	25	25%

（三）、討論：

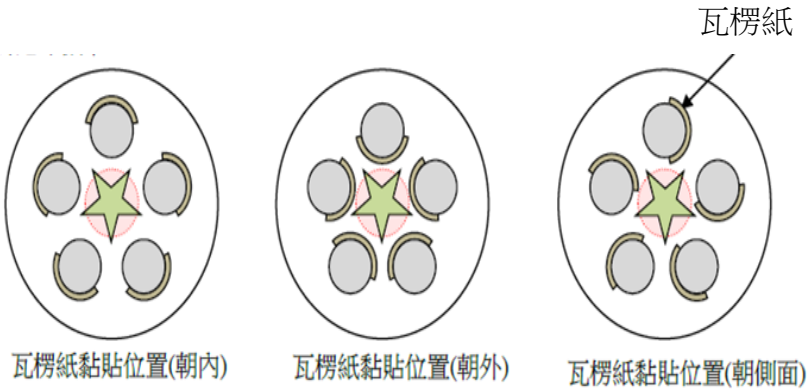
1. 我們在得分面板中央加入星型裝飾物，對照【實驗 3-4】排列方式 1-2 的實驗結果，發現進球機率由 29%降低至 10%(排列方式 2-1)以及 25%(排列方式 2-2)。
2. 未加五角星形，球會往紅色虛線的方向滾動；加裝五角星形後，球則可能會因為五角星形上的凹痕，造成路徑的偏移，使得進球機率降低。



【實驗 5-2】：探討得分孔黏貼瓦楞紙與進球機率之關係

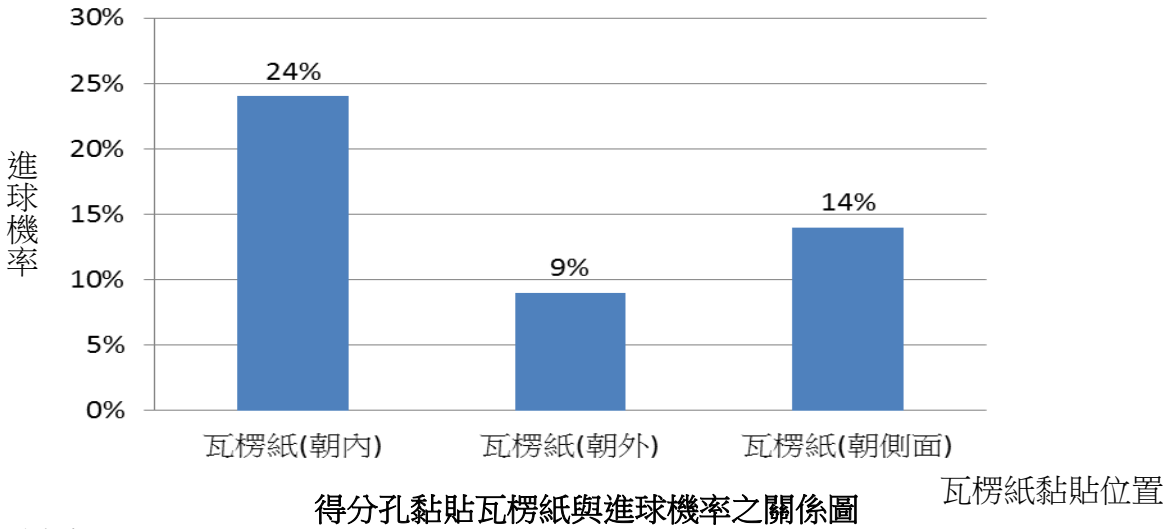
（一）、研究過程：

1. 如下圖，在得分孔的邊緣黏貼瓦楞紙，區分為瓦楞紙開口朝內、開口朝外及朝向側邊三種排列方式進行測試。
2. 每種排列方式均以得分面板中心點為圓心，半徑 8 公分的圓為瞄準區域，每次取 10 顆有效球，共投擲 10 次，合計 100 顆球。



（二）、研究結果：

次數 / 瓦楞紙黏貼位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數(顆)	進球機率(%)
黏貼位置(朝內)	3	1	4	5	2	1	3	0	3	2	24	24%
黏貼位置(朝外)	1	2	1	1	2	1	0	0	1	0	9	9%
黏貼位置(朝側面)	1	1	2	3	2	1	1	0	2	1	14	14%



得分孔黏貼瓦楞紙與進球機率之關係圖

（三）、討論：

1. 加上瓦楞紙朝內、朝外及朝側面，分別為 24%、9%及 14%。
2. 瓦楞紙朝外時會擋住進球路線，進球機率最低；瓦楞紙朝內時，會將打到瓦楞紙的球彈回洞中，進球機率最高；瓦楞紙朝側面時，遮住一半的路線，進球機率介於兩者間。

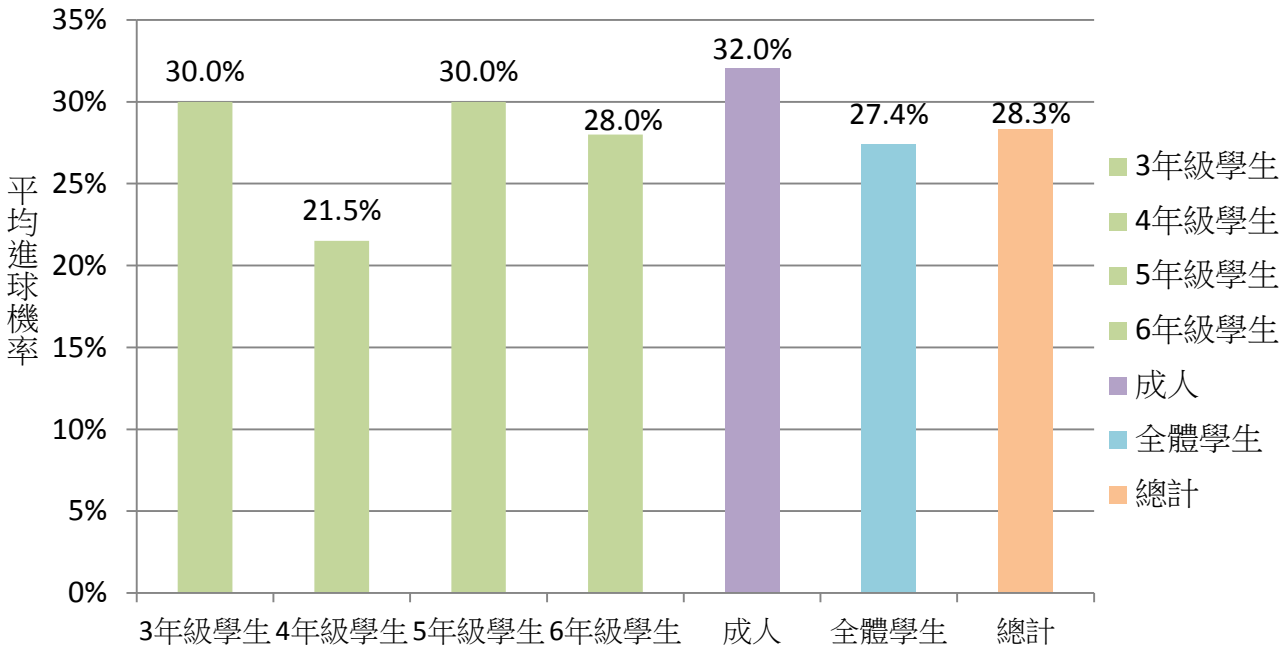
【實驗 6-1】：測試員實測之進球機率

(一)、研究過程：

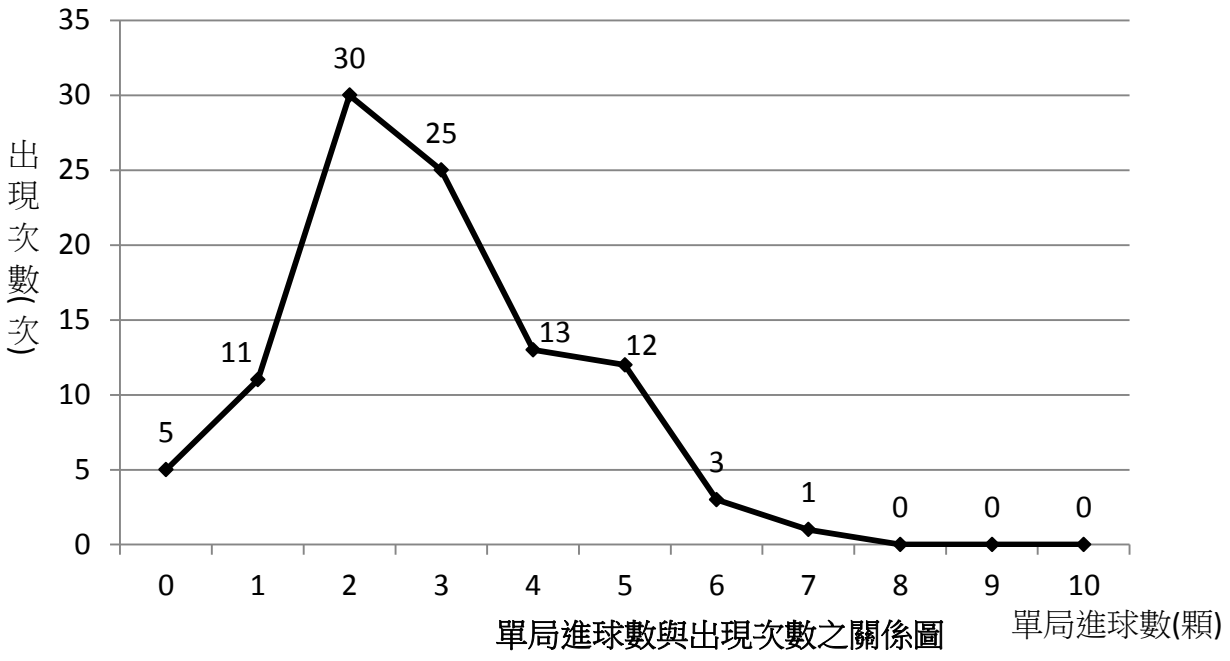
1. 邀請國小三、四、五、六年級學生及成人各 10 位測試員，共 50 位測試員，每人每局 10 顆球，共丟兩局。
2. 請測試員填寫問卷(附件二)，並統計分析問卷。

(二)、研究結果：

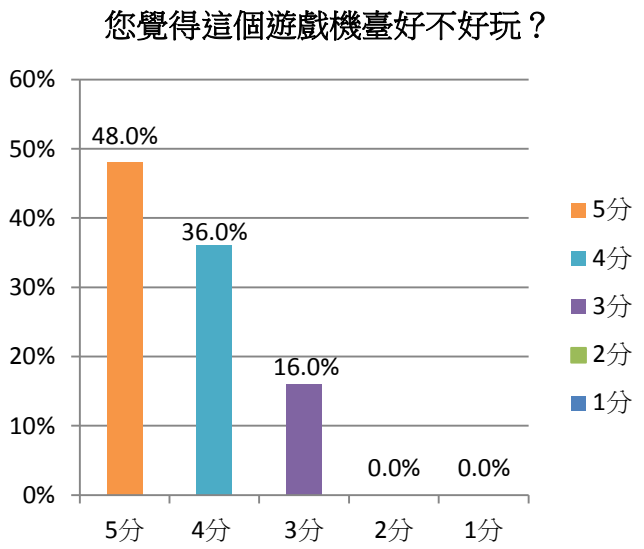
編號 / 身分	測試員1	測試員2	測試員3	測試員4	測試員5	測試員6	測試員7	測試員8	測試員9	測試員10	總進球數(顆)	平均進球機率(%)		總計(%)
3 年級學生	2	6	5	2	2	3	1	3	3	4	31	30.0%	27.4%	28.3%
	5	3	3	1	0	3	5	4	2	3	29			
4 年級學生	1	3	0	4	5	5	2	0	0	1	21	21.5%		
	3	2	2	1	2	2	3	1	4	2	22			
5 年級學生	1	3	2	2	2	1	5	4	4	2	26	30.0%		
	6	6	4	2	3	3	2	0	3	5	34			
6 年級學生	2	2	4	5	2	1	1	2	5	5	29	28.0%		
	2	4	4	3	3	3	2	2	3	1	27			
成人	3	3	7	2	2	4	5	5	3	3	37	32.0%		
	3	3	2	3	4	2	4	2	2	2	27			

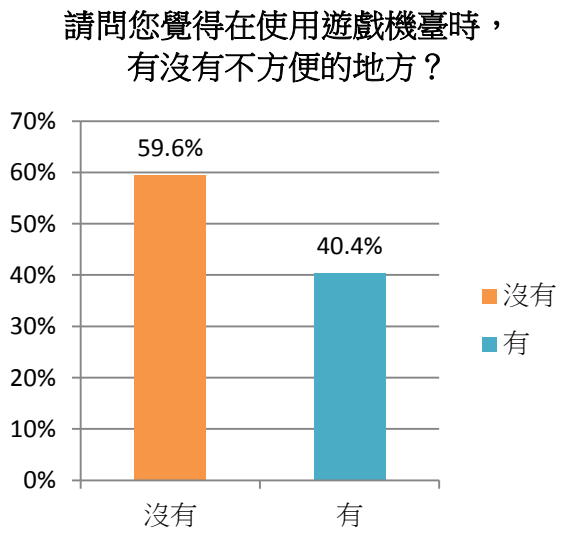


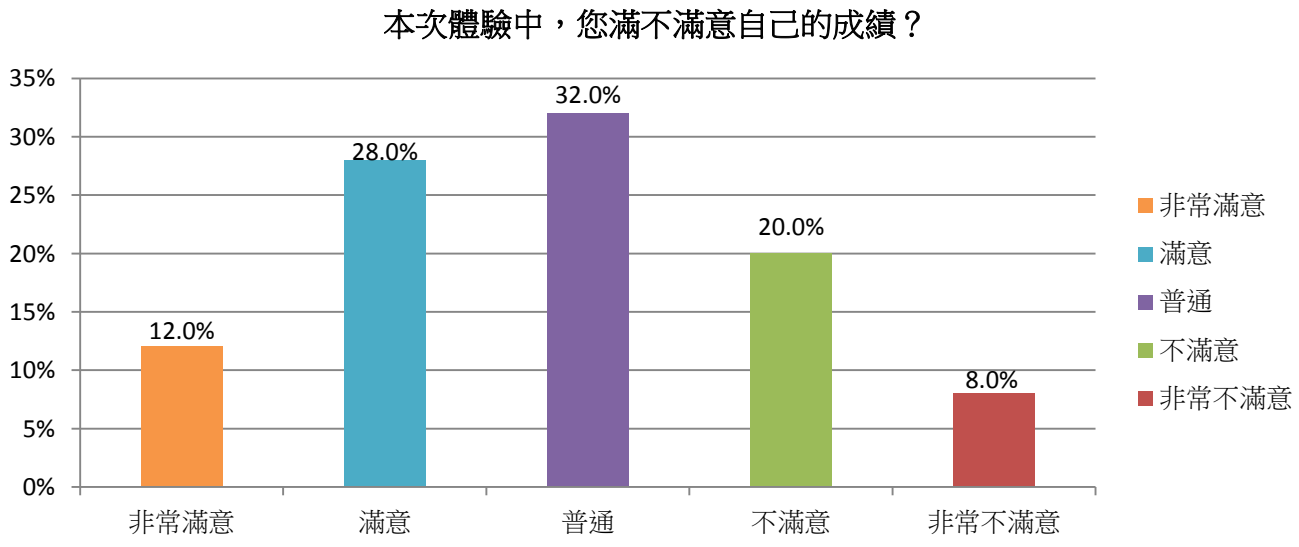
測試員身分與平均進球率之關係圖

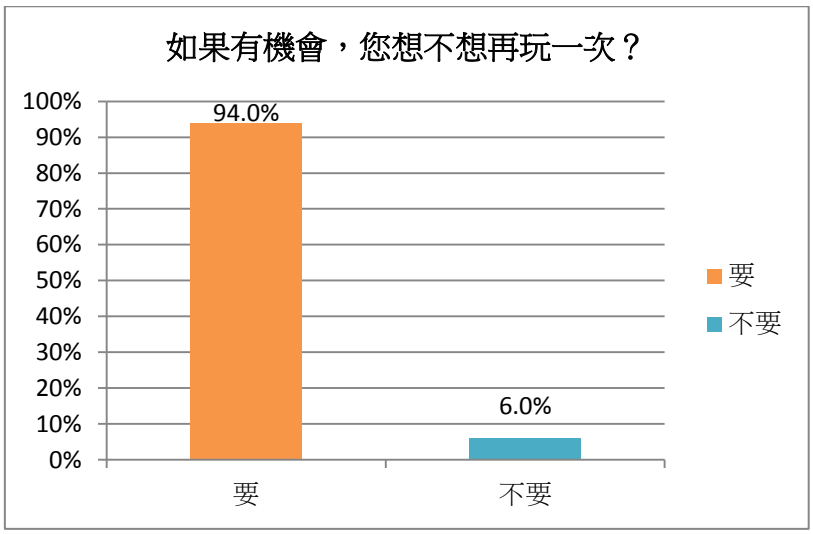


單局進球數與出現次數之關係圖









（三）、討論：

1. 測試員每 10 球的進球數在 0~7 球之間，所以在訂定遊戲規則時，我們決定以 6 球當作一個分界點。
2. 測試員的總平均進球機率 28.3%，略高於【實驗 5-2】的瓦楞紙黏貼位置朝內 24%，分析可能原因為測試員會在球沒進時進行微調，所以我們設計成多種可更換式的得分面板，讓玩家抓不到規律，降低進球機率。
3. 雖然我們遊戲機臺評價不錯，但是許多測試員仍覺得分面板轉速過慢，所以我們決定嘗試改變得分面板(得分筒)轉速。

【實驗 6-2】：探討得分筒轉速與進球機率之關係

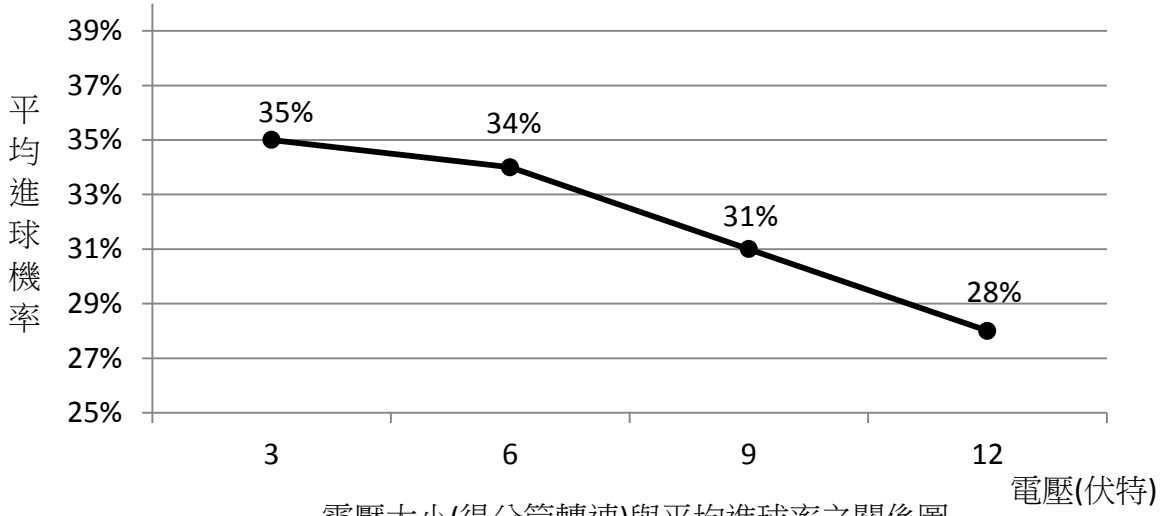
（一）、研究過程：

1. 使用電源供應器調整電壓，分別為 3V、6V、9V 及 12V，測量得分筒的平均轉速。
2. 測量不同電壓（得分筒轉速）下的進球機率。

（二）、研究結果：

次數 電壓	1 (秒/十圈)	2 (秒/十圈)	3 (秒/十圈)	平均 (秒/十圈)	平均 (秒/圈)	平均轉速 (圈/秒)
3V	535.34	527.61	533.19	532.05	53.20	0.019
6V	244.75	238.99	238.44	240.73	24.07	0.042
9V	152.45	155.37	153.05	153.62	15.36	0.065
12V	111.00	111.52	111.78	111.43	11.14	0.090

次數 電壓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	進球數 (顆)	進球機率 (%)
3V	4	3	3	3	3	4	4	3	3	5	35	35%
6V	4	3	2	3	4	3	7	2	2	4	34	34%
9V	3	4	3	4	3	2	4	1	2	5	31	31%
12V	3	4	2	1	4	2	2	3	4	3	28	28%



電壓大小(得分筒轉速)與平均進球率之關係圖

（三）、討論：

根據實驗結果發現得分筒轉速越快，進球機率有下降的趨勢。

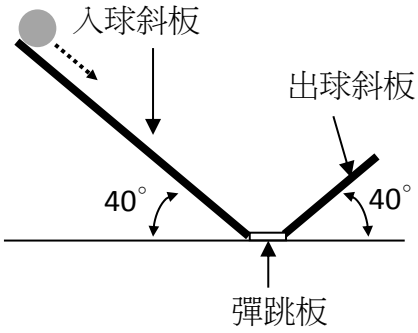
陸、結論

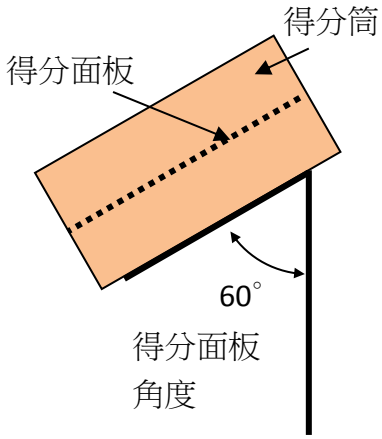
一、針對影響自製遊戲機臺進球機率的因素，我們將研究結果整理如下：

(一) 在球種的選擇方面：本研究針對 EVA 彩虹球、乒乓球、彈力球、塑膠球等四種球進行測試，彈力球在彈力及表面上有凹凸的紋路，較易掌控擲球方向，較符合我們的需求。

(二) 在入球、出球斜板及得分面板角度方面：

根據實驗結果，入球斜板的角度為 40°、出球斜板的角度為 40°，得分面板角度為 60°，較符合我們遊戲機臺的需求。

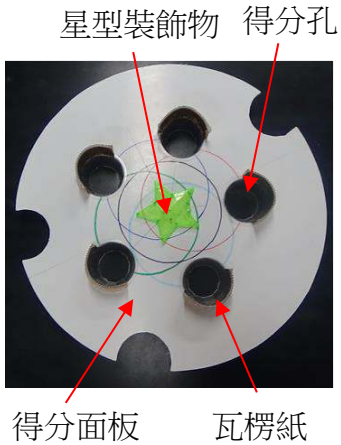




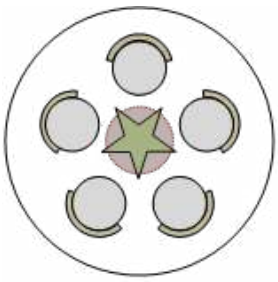
(三) 得分面板設計的形式方面。

我們將各實驗中影響進球機率的因素歸納如下：

1. 當瞄準區域越靠近得分孔時，進球機率增加；當得分孔離瞄準區域越遠時，進球機率降低。
2. 當瞄準區域內涵蓋的得分孔面積越多，該排列方式的進球機率越高。
3. 得分孔孔徑越大，進球機率越高：孔徑越小，進球機率越低。
4. 得分孔位在有效球經過的直線路徑上，進球機率較高。
5. 當得分孔靠近得分筒外圍，會因為碰撞邊緣而反彈進球。
6. 在得分孔邊緣的一半，黏貼瓦楞紙，當瓦楞紙朝外時會擋住進球路線，進球機率最低；瓦楞紙朝內時，會將打到瓦楞紙的球彈回得分孔中，進球機率最高；瓦楞紙朝側面時，遮住得分孔一半的進球路線，進球機率介於兩者間。
7. 加上裝飾物，會造成路徑的偏移，影響進球機率。
8. 得分板轉速越快，進球機率有下降的趨勢。



二、我們所設計的遊戲機臺得分面板最後成品（如右圖），得分面板上有五個孔徑7.4公分的得分孔，中間黏貼星型裝飾物，得分孔邊緣的一半黏貼瓦楞紙（朝內），並讓總進球機率控制在 25%~30%。



10 球的得獎方式說明如下表：				
進球數(顆)	0~3	4~5	6~8	9~10
獎 項	小獎	叁獎	貳獎	頭獎

三、 在遊戲機臺的應用與創新方面：

(一) 加入其他種玩法，例如：讓球分別進入全部的得分孔，藉此獲得高分；讓特定的球，進入相對應的得分孔，可獲得較高分。

(二) 加入燈光效果及音效，讓遊戲更加有趣。

(三) 可設置於遊樂場、夜市、園遊會。

(四) 設計成手機遊戲，可以自行改變轉速、角度、球種、得分面板，甚至可以用手機自行設計自己喜愛的得分面板。

柒、參考資料及其他

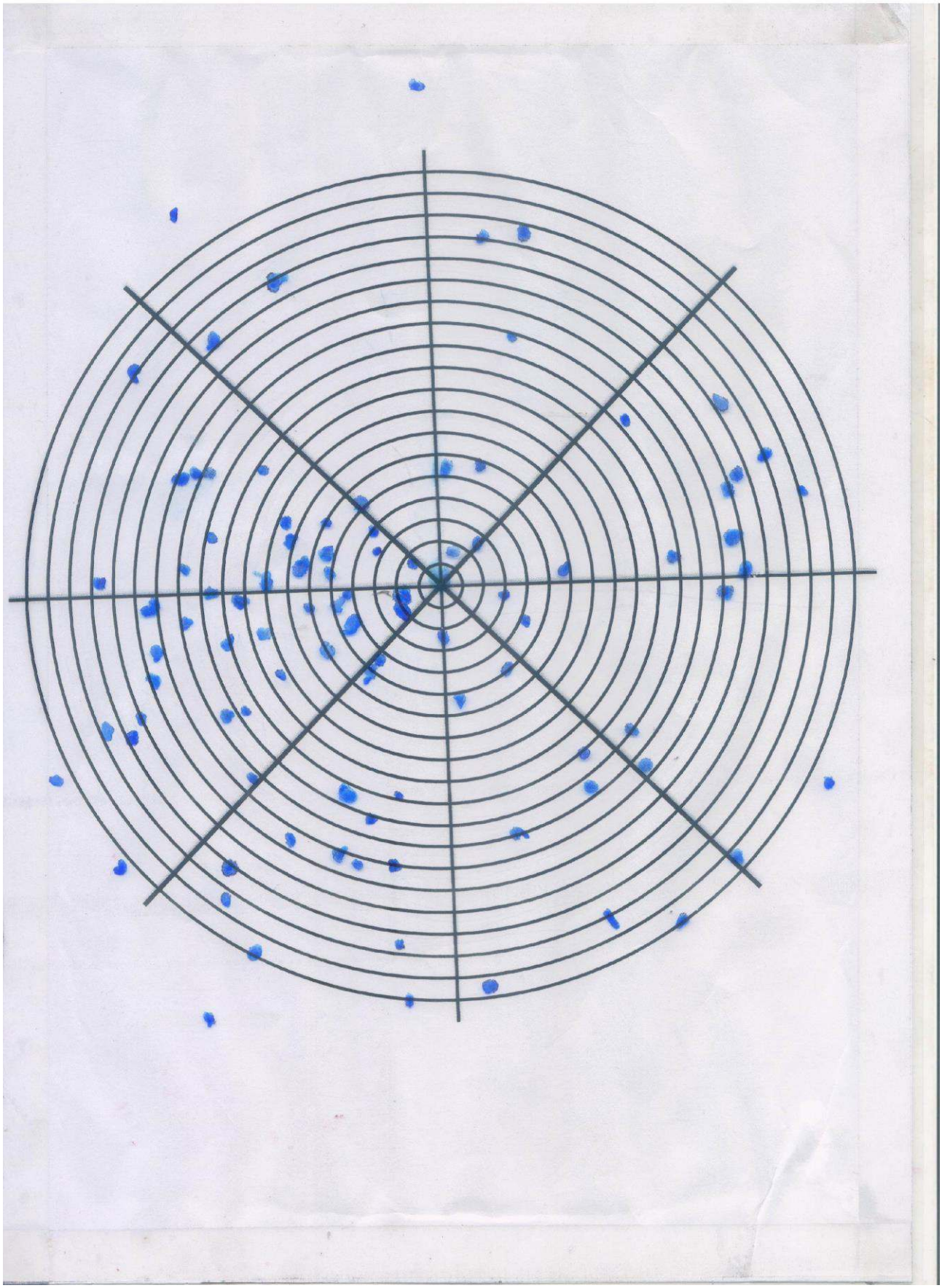
一、湯姆熊歡樂世界。取自：http://www.tomsworld.com.tw/tw/02_products01_01_01.php?ID=77

二、Androidgames。取自：http://androidgames.com/ball-hop-bowling

三、AE 滑雪球。取自：http://www.windowsphone.com/zh-tw/store/app/ae-gun-ball/ac3a8995-489f-44a9-9f46-9f5515cc0a81

四、Google play。取自：https://play.google.com/store/apps/details?id=com.manasa.hoptheball

附件一：彈力球落點範圍分析圖



附件二：「轉動吧！羅馬競技場」問卷

「轉動吧！羅馬競技場！」問卷調查表

體驗者：□三年級學生　□四年級學生　□五年級學生　□六年級學生　□成人

1. 您覺得這個遊戲機臺好不好玩？（5 分最高，1 分最低）。

□ 5 分　□ 4 分　□ 3 分　□ 2 分　□ 1 分

2. 請問您覺得在使用遊戲機臺時，有沒有不方便的地方？

a. □ 沒有

b. □ 有

因為：□遊戲機臺太高　□球使用起來不好握　□得分面板不容易得分

□其他：_____

3. 本次體驗中，您滿不滿意自己的成績？

□非常滿意　□滿意　□普通　□不滿意　□非常不滿意

4. 如果有機會，您想不想再玩一次？ □要　□不要

5. 對於遊戲機臺或遊戲規則有何建議，請提供您寶貴的意見：

_____

_____

_____

【評語】080808

作者們從生活中取材，並可分析不同條件下進球機率，其對有效數據的選取也很謹慎，此態度值得嘉獎。若未來有機會再對遊戲台本身做更精細的的微調，會讓此作品更上層樓。