

自製發球機

研究者：廖培捷單位：新北市新店區中正國小創意中心

通訊處：新北市新店區三民路 36 號電話：(02) 29125432 #865 指導老師：葉依培老師

摘要

本研究以可投出變化球的小型發球機為構想，進行了三次改良。第一代是二輪的，球路很單調；第二代改為三輪，利用三個輪子的轉速差讓球轉彎，發現馬達轉太快，機器會抖動；第三代加強固定，解決機身搖晃的問題。實驗發現，發球時塑膠球已經有呈現彎曲的軌跡。研究建議，發球機要夠穩才能測試球路，未來可從調整準度來繼續研究發球機的球路變化。

壹、研究動機

棒球是一項非常熱門的運動，我很喜歡棒球這個運動，當我看到棒球發球機可以投出變化球的影片時，就對它產生了興趣和好奇心。所以我開始了簡易發球機製作的研究。

貳、研究目的

- 一、 用常見的器材做出發球機
- 二、 研究自製發球機的投球路線

參、變化球介紹

一、變化球：變化球是棒球中，指球投手投出後，其速度或方向會改變的球種，與直球（快速球）相對，目的是為了擾亂打者判斷。這類球種多半透過球的旋轉產生不同的軌跡和速度變化，常見的變化球包括曲球、滑球、變速球、伸卡球和指叉球等。

三、 變化球的運作原理

- (一) 球的旋轉：投手藉由改變握球方式和出手角度，讓球產生不同的旋轉，造成球體周圍氣流的壓力差，根據「白努利定律」(Bernoulli's Effect)，氣流速度快的地方壓力較小，反之壓力較大，這股壓力差會迫使球產生偏向，而非直線前進。
- (二) 改變軌跡：不同的旋轉方向會讓球產生不同的軌跡變化，例如讓球下墜、上飄或橫移，使打者無法預測球的實際落點。
- (三) 干擾擊球節奏：變化球的球速通常比直球慢，這種速度上的差異能有效破壞打者的擊球節奏，使打者難以準確擊中球。

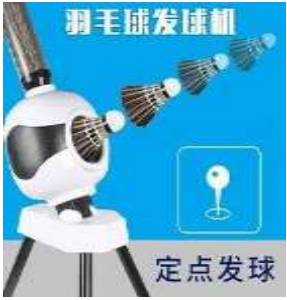
三、常見的變化球種類

- (一) 曲球(Curveball)：：球速較慢，軌跡像拋物線一樣下墜。
- (二) 滑球(Slider)：：球速介於直球與曲球之間，軌跡向外角下墜並帶有明顯的橫移。
- (三) 變速球(Changeup)：：外觀酷似快速球，但接近本壘板時速度會明顯變慢，並產生下墜感。
- (四) 伸卡球(Sinker)：：球速與快速球接近，但軌跡往內角下墜。
- (五) 指叉球(Forkball)：：球速比變速球更慢，下墜幅度更為明顯，是投手解決打者的利器之一。

總之，變化球是投手展現技巧、進行心理戰的關鍵武器，能讓打者無法準確判斷球的運動軌跡和速度，進而達成三振出局或迫使打者揮出不好的擊球效果。

肆、發球機種類介紹一、發球機種類

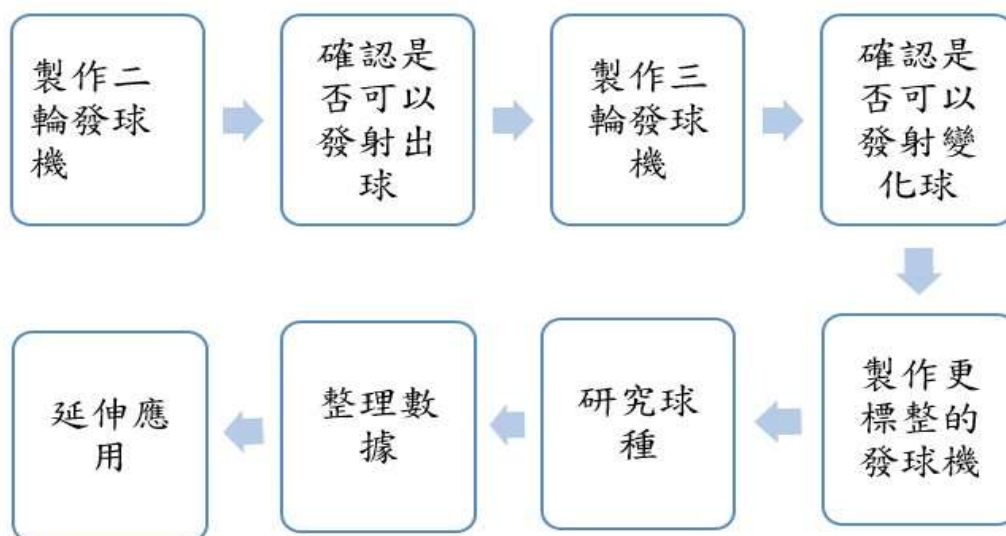


1. 棒球揮臂式	2. 棒球滾輪發球機	3. 桌球發球機
		
4. 網球發球機	5. 羽球發球機	6. 二輪發球機

二、說明

- (一)揮臂式發球揮臂式發球機無法投出變化球。
- (二)非棒球類的發球機這次沒有研究，圖片僅供參考。
- (三)圖二為正規練習用發球機模型。
- (四)圖六為第一代發球機參考模型。

伍、研究流程一、研究流程



二、研究甘特圖

月份研究程序	114 年九月	114 年十月	114 年十一月	114 年十二月	115 年一月	115 年二月	115 年三月	115 年四月	115 年五月
決定主題									
蒐集資料									
設計實驗									
製作									
初審會									
整理實驗結果									
文獻整理									
延伸想法									
結果發表									

三、研究設備與器材

名稱	小馬達	電池*12	玩具小輪子	紙版
----	-----	-------	-------	----

圖片				
數量	3	無限制	3	2
費用	已配妥	必備	橡膠輪 32\$購買	製作參考之一
名稱	電池盒	熱熔膠槍	尼龍球	美工刀
圖片				
數量	無限制	1	5	1
費用	已備妥	製作參考之一	直徑 3cm161\$購買	製作參考之二
名稱	好球袋 1	好球袋 2	石頭	*
圖片				*
數量	1	1	1	*

費用	自製	自製	已備妥	*
----	----	----	-----	---

四、研究步驟

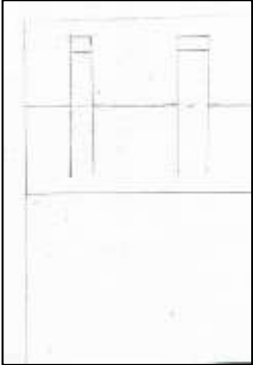
步驟順序	說明
一、選定材料	1. 用小馬達做出簡易的發球機模型，測量球旋轉角度和旋轉速度。 2. 以小塑膠球來代替棒球。 3. 以教室內取得的厚紙板當發球機的底板。
二、製作發球機	1. 底板測試：確認厚紙板當底板的支撐度是否好用，硬紙板切割是否適當，所以先製作簡單的二輪發球機底板測試，再進行調整。 2. 設計圖繪製：正常可以投出變化球的發球機都是三輪，所以我如果要做出可以投出變化球的縮小版發球機的話，我就要做出三輪的發球機。 3. 調整發球機
三、球路分析	錄影設備：紀錄發球路線，錄影器材擺放的方式與位置

四、研究困境與限制

1. 尋找材料價格的網站突然無法進入
2. 攝影器材不夠好
3. 無法顯示慢動作

陸、研究結果

一、一代發球機：二輪發球機

底板設計圖	軌道設計圖	作品完成圖
		

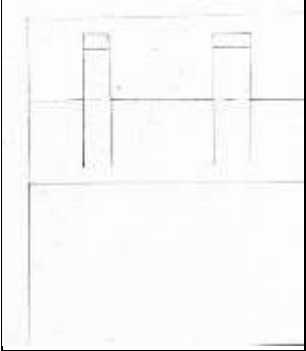
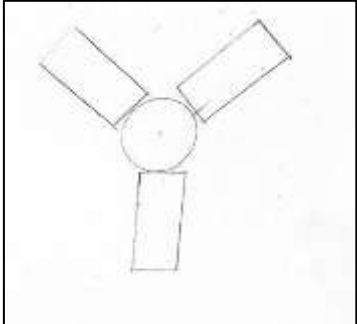
(一) 成功組裝

說明	實驗照片
使用厚紙板手工裁切出底板並使用熱熔膠將小馬達黏上發球機	

(二) 球路說明

球路分析	實驗照片
直球無變化	

(二)三輪發球機 1__細部設計圖

底板設計圖	面板
	

(三) 三輪發球機 1：第一次組裝

步驟	1. 先放輪子	2. 裝馬達	3. 上底板	4. 裝電池
照片				

照片	 二代發球機成品（三輪發球機1）
----	---

(四)測試發球機 1

1. 球路說明：有一點點變化。
2. 調整方向：要設計實驗三個輪子的發球搭配與好球袋的位置的關係。決定製作好球袋。

1. 第一版好球袋 (8 開圖畫紙製作)	2. 加上好球袋後進行發球測試
	

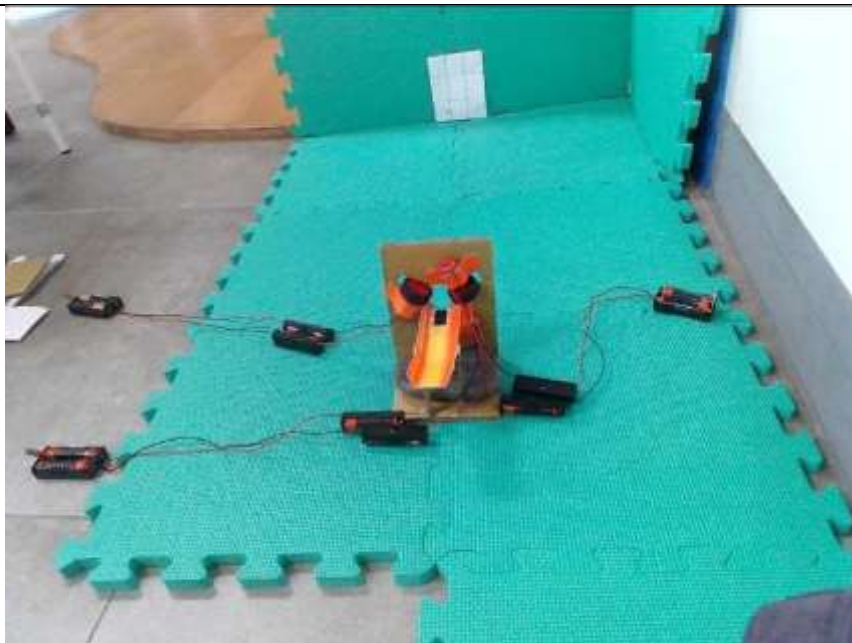
3. 小結：發現好球袋過大，需要調小。發球還是需要跟第一代一樣，有軌道才能控制出球。因此進行第三代發球機改良。三、三代發球機：三輪發球機 2

(一)作品照片

1. 最終實驗作品照片	2. 好球袋照片
-------------	----------



3. 實驗場景



(二)球路測試結果

1. 總共統計發球 21 次，次數紀錄如下：

左上次數 0	中上次數 0	右上次數 1
左中次數 6	正中次數 8	右中次數 1
左下次數 3	中下次數 2	右下次數 0

2. 總結：發球機位置微調後，準度成一直線。

3. 計算好球袋位置機率

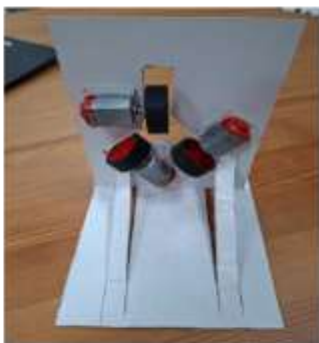
下機率以四捨五入為計算		
左上機率 0%	中上機率 0%	右上機率 4.76%
左中機率 28.57%	正中機率 38.1%	右中機率 4.76%
左下機率 14.3%	中下機率 9.52%	右下機率 0%

4. 實驗發現：

(1) 正中機率最高，為 38.1%；第二為左中機率 28.57%；第三為左下機率 14.3%。左上、中上、右下都沒有中。

(2) 發球馬達，開一個、開兩個、開三個會有差別，一個無法投球力太小，兩個則會產生些微變化導致發射出變化球，三個為直球。

二、三代發球機之成品分析總表

版本	一代	二代	三代
製作方法	小馬達上放玩具小輪子再貼到底板上	小馬達上放玩具小輪子在把底板中間裁切並裝上去	小馬達上放玩具小輪子在把底板中間裁切並裝上去
結構	二輪	三輪	三輪
材料	厚紙版	厚紙板	厚、薄瓦楞紙版
結果	底板*1 加軌道 二輪	底板*1 加固 三輪 	底板*2 1. 薄瓦楞紙版 2. 厚瓦楞紙版 加軌道 三輪
成品照片			
球路分析	直球	稍微偏移	稍微偏移

柒、研究結論

一、用常見的器材做出發球機

（一）材料特性與製作精度的限制

雖然厚紙板可以快速做出模型，但在製作精密結構時，有幾個問題：

1. 尺寸難以精準：用美工刀手工裁切厚紙板，很難精確控制到 1 公釐以內的誤差。在設計發球軌道與輪胎間距時，只要有一點歪掉，球射出的力量就會不平均，甚至發生卡球的情況。
2. 黏合處不夠穩固：使用熱熔膠固定紙板時，表面容易凹凸不平，強度也不太夠。這會導致機器運作久了，接縫處就容易產生位移，影響整體發球的可靠性。

（二）震動對穩定性的影響

實驗中觀察到，馬達運轉時產生的微小震動，是影響發球準確度的關鍵：

1. 紙板容易傳導震動：因為紙板很輕，馬達轉動的震動會被放大，導致整個發球路徑偏移。
2. 增加重量可以增加穩定：我發現如果用重物壓住底座，增加整體的重量（配重），就可以抵消馬達轉動的反作用力，讓發球的方向變得更固定。

二、研究自製發球機的投球路線

（一） 使用常見的厚紙板和自然課使用到的小馬達和電池盒，可以做出簡易的小型發球機。使用 A4 紙張折出一點厚度，並用馬克筆畫出九宮格作為好球袋，來進行實驗。

（二） 三輪發球機投出後球路有變化，比二輪發球更有可能投出變化球。

三、未來的改良方向

（一） 低重心設計： 之後設計時，要把笨重的零件往下放，降低重心，並加強底座重量，從物理結構上減少震動的干擾。

（二） 更換局部材料： 在最關鍵的部位（例如馬達固定座、發球軌道），改用木板或壓克力板等更硬的材料，這樣結構才不會因為高頻震動而鬆動，也會更耐用。

捌、研究心得

我在這個研究中，我發現我的發球機的穩定性不夠好，因為我是選用厚紙板，而且我的熱熔膠沒半法很平整的黏住厚紙板，手工裁剪厚紙板難以達到毫米級的準確度，而發球機的發球軌道與輪胎間距只要有微小誤差，就會導致發球力量不均或卡球。第三版做好之後我有測試過，但是我發現發球機需要有重物壓住，不然小馬達產生的微小震動，在輕量化的厚紙板結構上會被放大，導致發球機在運作過程中產生路徑偏移，我發現「配重」的在製作發球機的重要性。增加底座重量（使用重物壓住）可以提高整體的慣性，抵消馬達帶來的反作用力與震動，這樣可維持發球方向一致，我發現馬達運轉時的震動是影響穩定性的最大變因。若底座重量不足，震動會導致發球機位移。未來若要改進，應優先考慮使用低重心設計或增加配重，以維持發球路徑的一致性。厚紙板雖利於快速建模，但在面對高頻震動的機械結構時顯不夠堅固。如果有時間可以嘗試的話我會使用木板或壓克力板，來提升關鍵支撐部位的穩定度。