

彈無虛發—機器人比賽 圓盤發射器性能之提升

A Study on the Innovation of Disc Dispenser in the VEX Competition

李尚元

LEE, SHUNG-YUAN

宜蘭縣立復興國中

Fu-Hsing Junior High School Student

E-mail : sean7777@smail.ilc.edu.tw

摘要

我們今年參加的機器人比賽，主題是要將類似冰上曲棍球的圓盤發射到規定的得分區，在賽季初練習時發現，我們的發射器得分「時高時低」，尚有相當的進步空間，於是我們針對最常見的兩種發射器、打擊發射器與飛輪發射器，分別進行硬體與軟體上的討論及改進，同時由準確性(平均)與穩定性(平均差)經標準化後的綜合評分(得分效率)作為比較之標準。經探究後，打擊發射器部分，得分效率由原先的 12.76，提升 62.1%至 20.68，飛輪發射器部分，得分效率由原先的 16.86，提升 27.1%至 21.2。

最後，雖然兩發射器性能上並無顯著差異，但在考量比賽時機構簡保養難易度後，我們選擇了飛輪發射器來進行比賽。

另外在研究中，打擊發射器分別經過調整橡皮筋強度、增加機組數和增加自動控制後性能有著不少的進步值得，深入探討。

關鍵字：得分效率、比例控制、機器人

Abstract

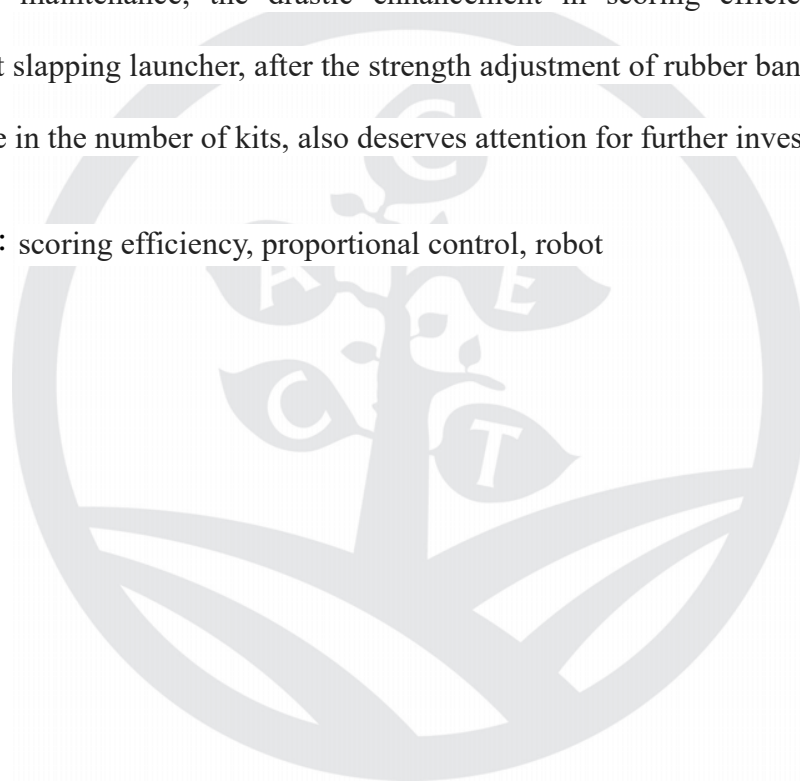
This study aims to reveal the key to consistent high scoring in launching scoring discs into the goal zones as required in the Vex IQ 2022-2023 competition. In the early stage, the fluctuation in scoring induces the authors' investigation for innovation, not only in hardware, but also in software, to improve the disc dispensers of the most prevalent

types, both the intermittent slapping launcher and the slapshot flywheel launcher, correspondingly. The summarized scoring after the standardization from accuracy (mean value) and stability (standard deviation) are the criterions for comparison.

The investigation reveals that the scoring efficiency for the intermittent slapping launcher is increased by 62.1% from 12.76 to 20.68, while that the scoring efficiency for slapshot flywheel launcher is increased by 27.1% from 16.86 to 21.2

Despite the option for the slapshot flywheel launcher in competition due to easier mechanical maintenance, the drastic enhancement in scoring efficiency for the intermittent slapping launcher, after the strength adjustment of rubber bands as well as the increase in the number of kits, also deserves attention for further investigation.

Keywords : scoring efficiency, proportional control, robot



壹、前言

參加機器人比賽已經第二年了，今年的比賽主題為 Slapshot，得分的方式是要將類似冰上曲棍球的圓盤發射到規定的得分區，由於得分區依照距離遠近區分不同的得分標準，除了發射距離近分數低，如果太遠靠近場地圍牆分數會更低，發射圓盤的結構就非常重要。經過組裝不同的發射結構，發現此次得分裝置(圓盤發射器)，穩定度不高，準確性不高，所以希望能夠藉由探究實驗來系統性的研究解決此問題。

本次研究的主要目的為，藉由硬體與軟體的調整提升發射器性能，經過整理本次的研究目的可細分為八點：

- 一、討論打擊發射器內橡皮筋強度對得分之影響
- 二、討論打擊發射器內機組數目對得分之影響
- 三、討論打擊發射器增加感測器和自動控制程式對得分之影響
- 四、討論飛輪發射器內馬達轉速對得分之影響
- 五、討論飛輪發射器內力矩大小對得分之影響
- 六、討論飛輪發射器內底板材質對得分之影響
- 七、討論飛輪發射器增加自動控制對得分之影響
- 八、比較打擊發射器與飛輪發射器改進過程性能之提升、及比賽發射器選擇

貳、研究實施與設計

本次研究的設備與器材眾多，以下將針對研究工具與研究方法兩部分進行介紹。

一、研究工具

在研究工具方面可以分成三類，分別為：比賽場地與設備、發射結構、程式編成設備進行介紹。

(一) 比賽場地與設備

機器人比賽需要在規定的場地來進行，本次使用的場地為長 8 英尺，寬 6 英尺的長方形材質為塑膠具有邊牆的場地來進行(圖 1 所示)。比賽所使用的得分工具為橘色圓盤(圖 1 所示)規格為:直徑 2.5 英吋 (63.5 毫米)高度 0.5 英吋 (12.7 毫米)，圖 1 中綠色框所顯示的即為一個圓盤，此次研究會使用 25 個。

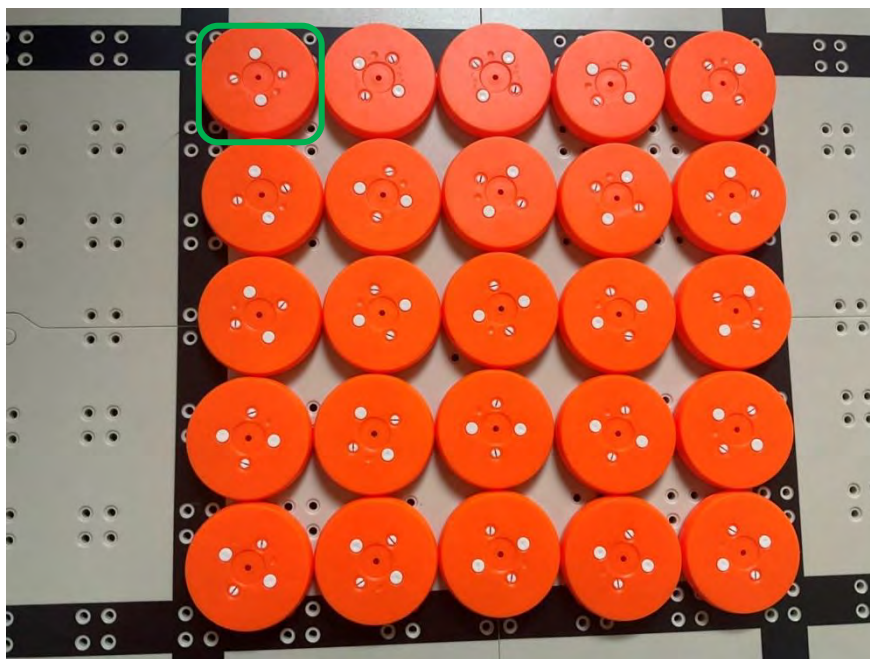


圖 1.比賽場地與得分圓盤

(二) 發射結構

本次研究主要探討不同發射結構的表現，經過初步的討論與組裝，我們歸納並設計出兩種常用的發射結構，分別為 1.飛輪發射器與 2.打擊發射器。以下將針對這兩種發射器進行說明與比較。

1. 飛輪發射器

飛輪發射器主要是利用輪胎快速轉動的方式來進行圓盤發射，其動力傳輸方式為馬達—齒輪組(增加轉速)—車輪，我們將飛輪結構進行組裝，為了調高輪胎轉速我們裝上齒輪比為 15 的齒輪組，換句話說馬達輸出的轉速如果為 10rpm，最後在車輪的輸出可以達到 150rpm 的轉速。完成的飛輪發射器結構如圖 2 所示。從圖 2 來看，紅色框中顯示為馬達，綠色框顯示的為齒輪組，在黃色框中則是輪胎。

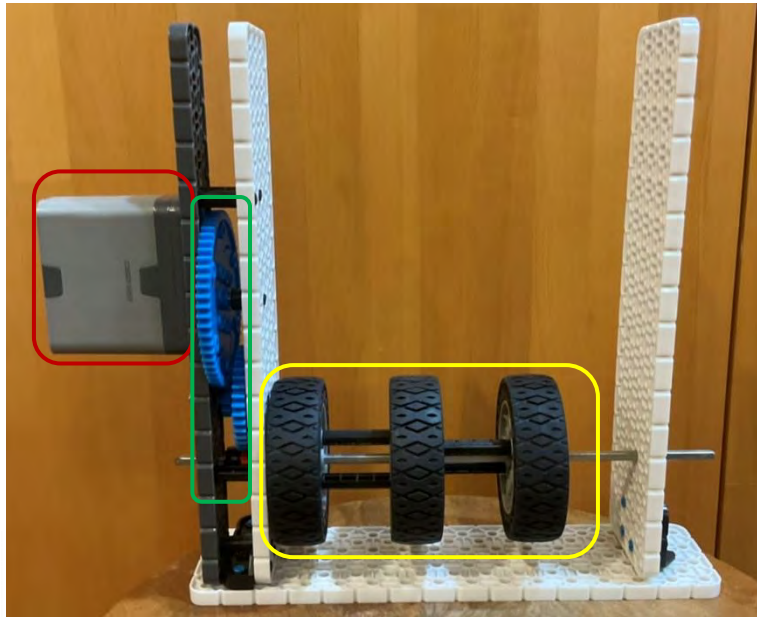


圖 2.飛輪發射器

2. 打擊發射器

另外一種發射器為打擊發射器，動力來源是利用馬達旋轉間歇齒輪帶動齒條，拉動橡皮筋，然後利用橡皮筋回彈的特性將圓盤撞擊出去，圖 3 為這次研究所設計並組裝的打擊發射器，從圖 3 可以看到紅框內為馬達。黃色框所顯示的為齒條。藍色框內的則為間歇齒輪。



圖 3.打擊發射器側面圖

在打擊發射器結構中採用橡皮筋的彈力完成發射圓盤的任務，在圖 4 中橘色的結構便是所使用的橡皮筋(橘色框所示)。

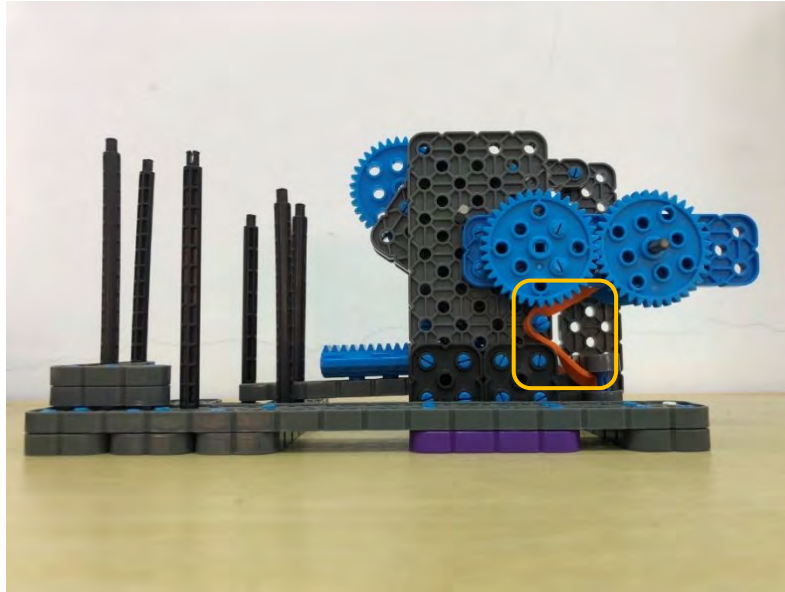


圖 4.打擊發射器橡皮筋位置圖

在打擊發射器中我們利用一個滑輪結構(圖 5 綠色框所示)方便我們針對橡皮筋的鬆緊度進行調整，這個結構可以讓我們方便進行橡皮筋彈力調整。

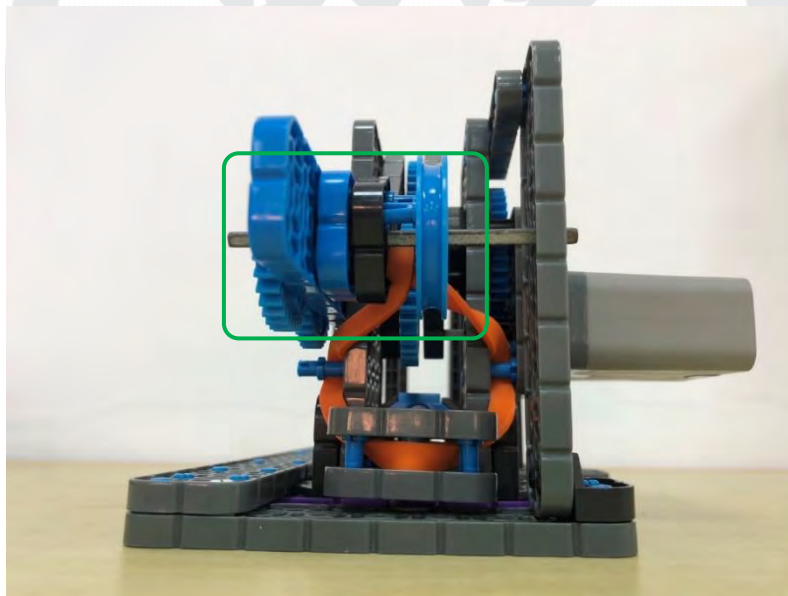
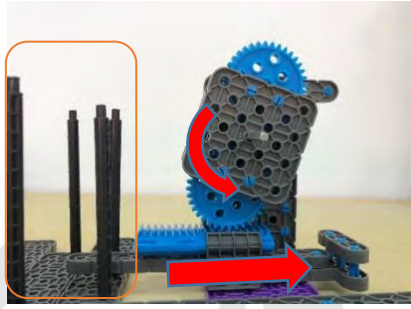
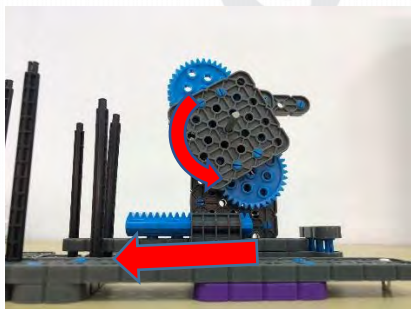




圖 5.打擊發射器彈力調整器

表 1.打擊發射器與飛輪發射器比較表

	橡皮筋打擊發射器	飛輪發射器
圓盤放置位置	匣子(橋框)	斜坡
所用機構	間歇齒輪、齒條、滑軌	齒輪組、輪軸
發射直接動力來源	橡皮筋之彈性能	快速旋轉的輪胎
工作示意圖	 	 

(三) 程式編成設備

本次研究我們會針對馬達的輸出進行調整，這些電子零件功能設定需要透過程式編程的方式來完成，這個部分將針對軟體與編程設備(硬體)部分說明。

1. 編程軟體

本次所使用的編成軟體為官方指定使用的 VEX codeIQ 程式編輯軟體。圖 6 為軟體操作畫面，右邊為編程區，左邊則是功能模塊區(Block)。

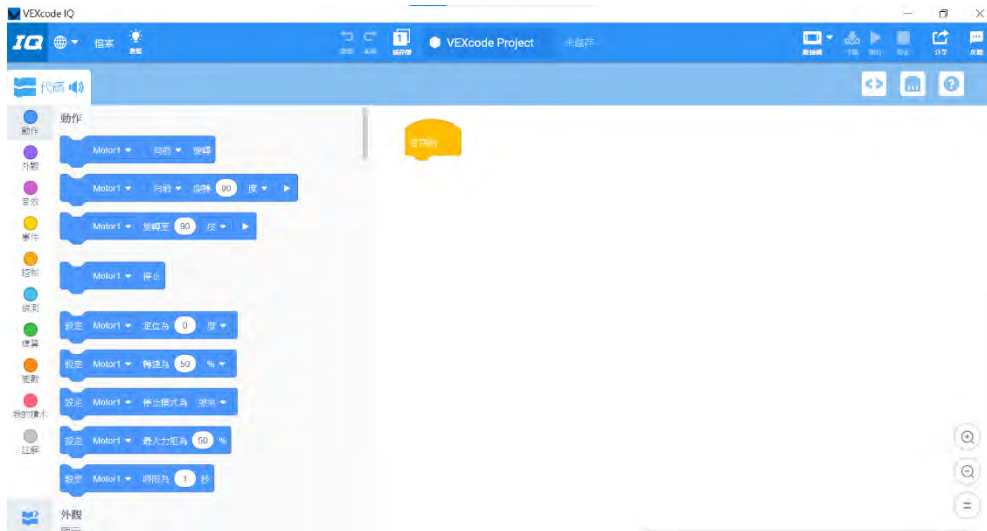


圖 6.VEXcode IQ 軟體操作畫面示意圖

2. 編程設備

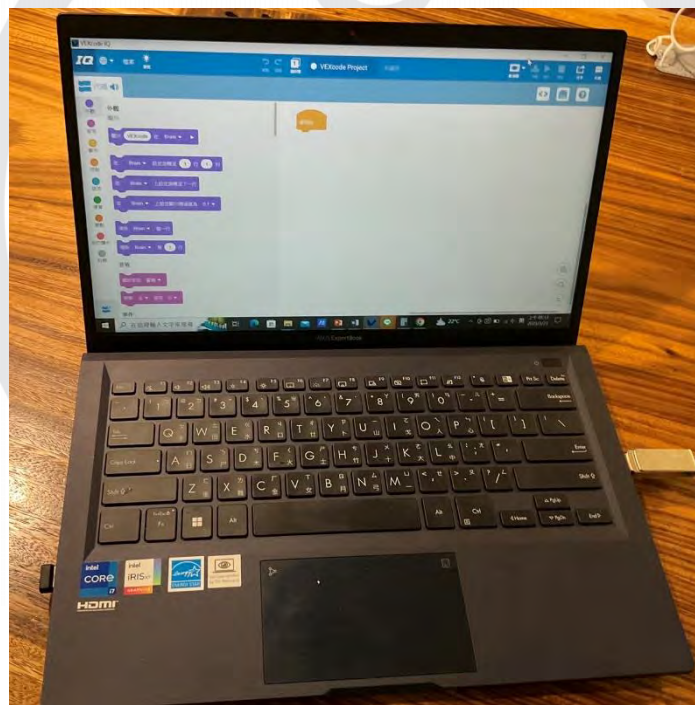


圖 7. LAPTOP-GPTH50GM 編程電腦

二、 研究方法

此次賽局的目標是透過，將圓盤放入得分區取得盡可能高的得分。計分方式如圖 7 說明，紫色區為 2 分區、藍色區為 3 分區、綠色區為 4 分區，黃色區為 1 分區，紅色框則是圓盤發射區。



圖 8.得分區示意圖

從圖 8 可以看到如圓盤發射後停止的位置如果離發射區越靠近，分數越低，如果發射力量過大碰到圍牆(圖 8 橘色框所示)停止在黃色區則只能獲得 1 分。換言之比賽的關鍵強調發射器的準確性及穩定性。

為了方便探究，我們將如何把盡可能多(準確性)、且穩定(穩定性)的發射圓盤進入四分區定為此次研究的方向。因一格 4 分區最多只能擺放 25 個圓盤，所以此次研究會使用 25 個，每次實驗均發射 25 個圓盤，共 5 次。如下圖 9 所示，圖中一格 4 分區(紫色)，最多只能擺放 25 個圓盤。

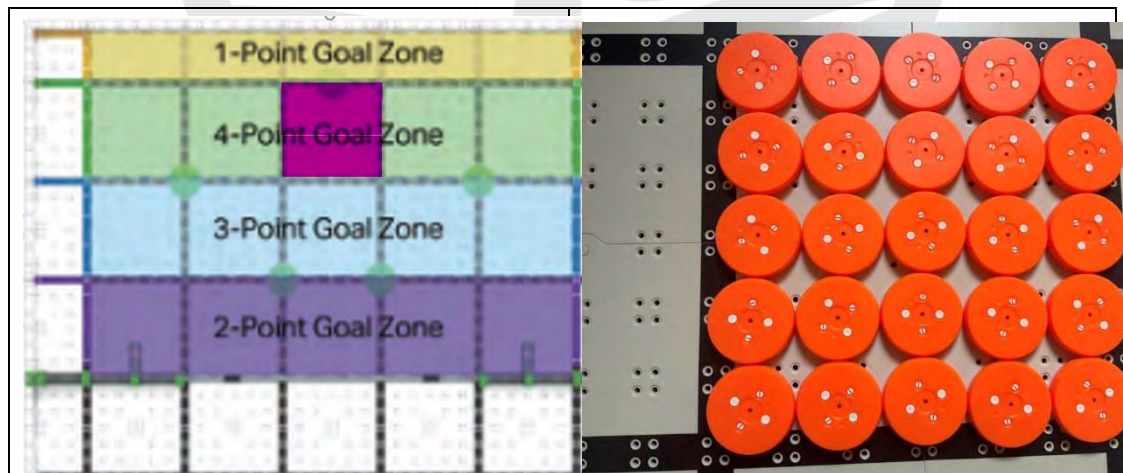
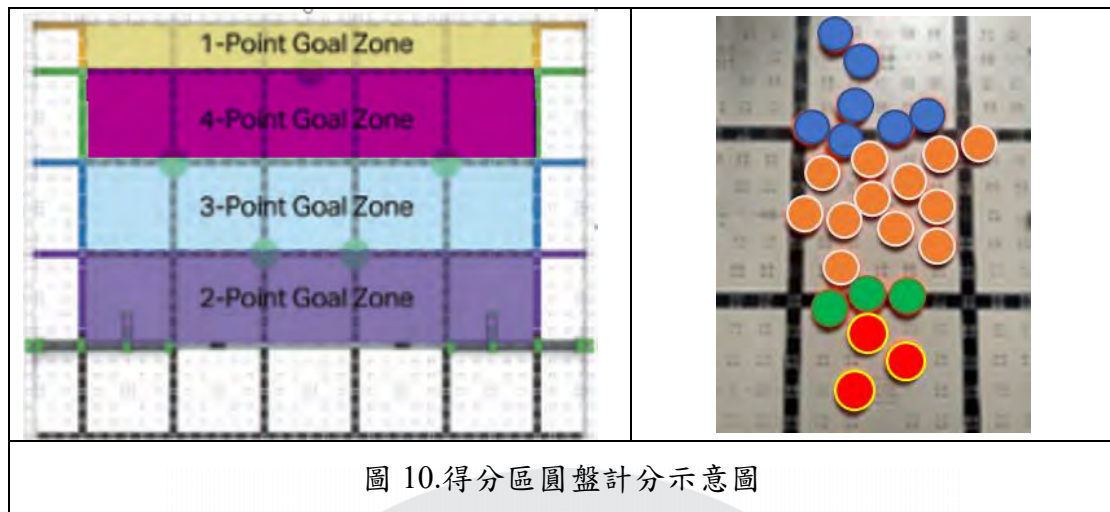


圖 9.得分區圓盤容量示意圖

得分計算方式以圖 10 為例，全部 4 分區(紫色)的圓盤(橘色)，其中，由 3 分區進入 4 分區算分(綠色)、由 4 分區進 1 分區不算分(藍色)、未進入 4 分區不

算分(紅色)



為了同時兼顧準確性及穩定性，因此我們訂定得分效率定義為：

5 次實驗平均(準確性)- 5 次實驗平均差又稱:平均絕對離差(穩定性)¹

平均差計算方式：
$$\frac{|第1次得分-平均|+|第2次得分-平均|+\dots+|第5次得分-平均|}{5}$$

(一) 實驗一、討論打擊發射器內橡皮筋強度對得分之影響

步驟：

1. 裝置如圖 11 所示
2. 調整橡皮筋強度(將調節齒輪順時針旋轉至 0 度)
3. 啟動裝置觀察
4. 改變橡皮筋強度(將調節齒輪順時針旋轉 90 度)
5. 重複步驟 3. 4.(兩次)

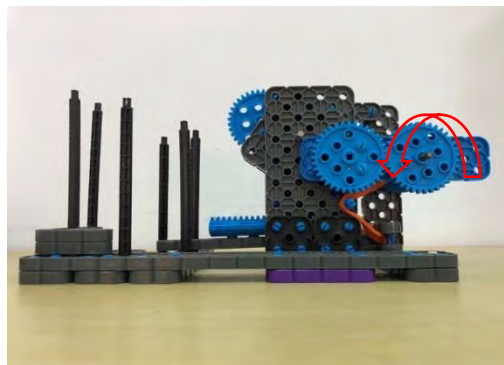


圖 11.橡皮筋調整示意圖

¹本文將以平均差表分數的離散程度，同時相較於使用標準差，平均差較不易失真。

(二) 實驗二、討論打擊發射器內機組數目對得分之影響

步驟:

1. 增加機具數，兩具並列排放(圓盤平分)
2. 啟動裝置觀察

(三) 實驗三、討論打擊發射器增加感測器和自動控制程式對得分之影響

步驟:

1. 裝置如圖 12 所示
2. 增加自動控
3. 啟動裝置觀察

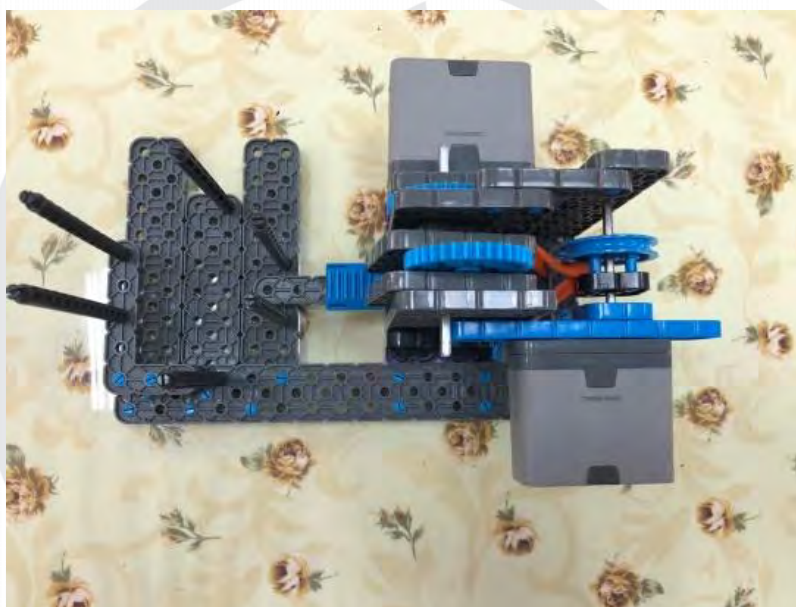


圖 12. 打擊發射器

(四) 實驗四、討論飛輪發射器內馬達轉速對得分之影響

步驟:

1. 裝置如圖 13 所示
2. 設定馬達轉速為 120rpm
3. 啟動裝置觀察
4. 改變轉速(減 20rpm)
5. 重複步驟 3. 4.



圖 13. 飛輪發射器

(五) 實驗五、討論飛輪發射器內力矩對得分之影響

步驟:

1. 裝置如圖 14 所示
2. 調整力矩
3. 啟動裝置觀察
4. 改變力矩(減 25%)
5. 重複步驟 3. 4.



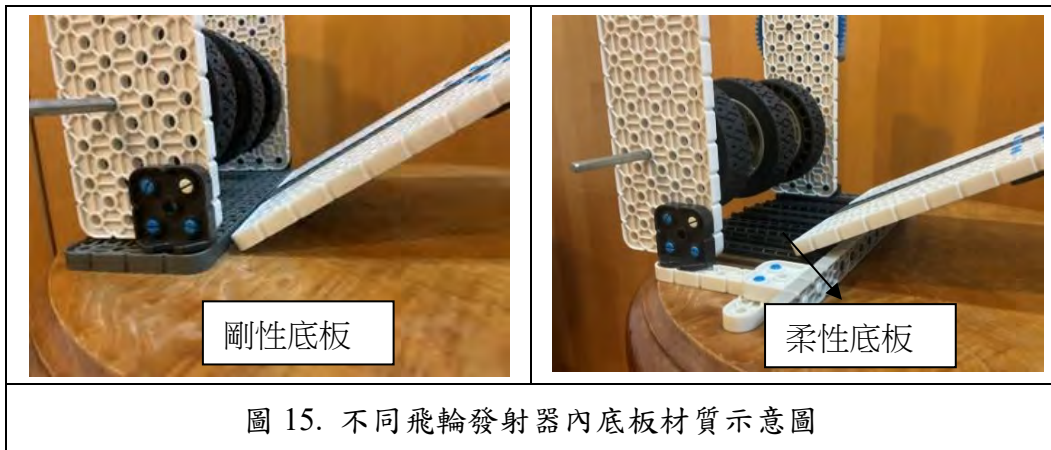
圖 14. 調整力矩示意圖

(六) 實驗六、討論飛輪發射器內底板材質對得分之影響

步驟:

1. 裝置如圖所示
2. 將底板更換成柔性

3. 啟動裝置觀察



(七) 實驗七、討論飛輪發射器增加自動控制與得分之關係

步驟:

1. 裝置如圖所示
2. 增加自動控制程式
3. 啟動裝置觀察

(八) 比較打擊發射器與飛輪發射器改進過程性能之提升、及比賽發射器選擇

參、結果與討論

本章節將針對研究結果分成 8 個部分加以說明，1.討論打擊發射器橡皮筋強度與得分之關係、2.討論打擊發射器機組數與得分之關係、3.討論打擊發射器增加自動控制與得分之關係、4.討論飛輪發射器轉數與得分之關係、5.討論飛輪發射器力矩與得分之關係、6. 討論飛輪發射器底板材質與得分效率之關係、7. 討論飛輪發射器增加自動控制與得分之關係、8. 兩發射器改進過程性能之提升、及比賽發射器選擇。

一、討論打擊發射器橡皮筋強度與得分之關係

經過實驗數據收集，將打擊發射器橡皮筋強度與得分的結果製作成表 2 與圖 16，透過表 2 可以得知不同橡皮筋的強度與得分的關係。

表 2.橡皮筋強度與得分關係一覽表

調節器轉至度數\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
0	10	12	6	7	8	8.6	1.92	6.68
90	16	14	14	12	13	13.8	1.04	12.76
180	9	12	10	9	9	9.8	0.96	8.84

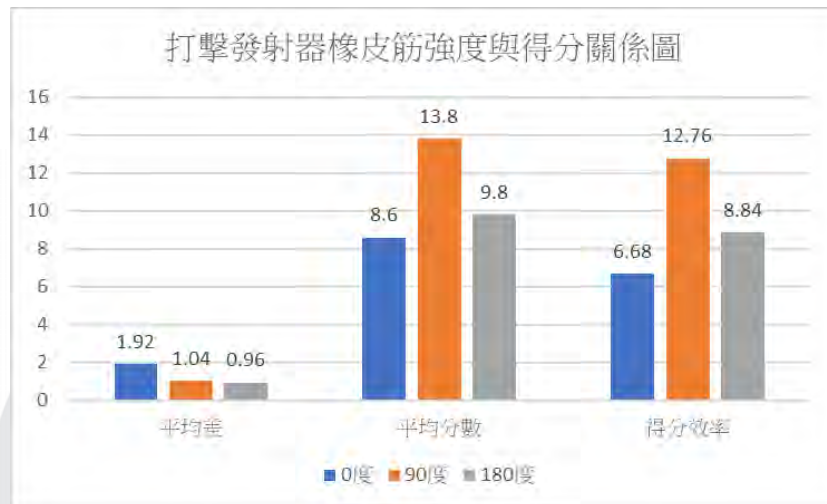


圖 16.打擊發射器橡皮筋強度與得分關係圖

從圖 16 中顯示藉由改變橡皮筋的強度可得知

得分效率:橡皮筋強度(橡皮筋調節齒輪度數) $90 > 180 > 0$

圓盤間距:橡皮筋強度橡皮筋調節齒輪度數) $180 > 90 > 0$

我們還發現:

- (一) 打擊發射器，橡皮筋強度越強距離越遠，且相同強度下每次首發停止位置大致相同。
- (二) 但因為此性質(上一點即使前一發在目標區內，後續發射的圓盤極有可能將前發推出，又或者前發擋住後發使其無法進入目標區，導致打擊發射器縱向分布高、水平分布低，而決定推出或阻擋因素則與橡皮筋強度有關。
- (三) 橡皮筋強度較大時圓盤有足夠的動能將前發圓盤打散，因此在上述情況下密集度較低，橡皮筋強度較低時反之。

綜上所述打擊發射器橡皮筋強度會影響圓盤密集度，但受限於打擊發射器水平分布低的缺點，所以橡皮筋強度的改變，在得分效率的提升有限

二、討論打擊發射器機組數與得分之關係

為了改善上個實驗，水平分布低的缺點，我們將機組數增至兩台，觀察是否可藉由兩不同機組所發射的圓盤在移動過程中相互碰撞，從而增加水平分布、大幅提升得分效率，針對打擊發射器機組數與得分之關係將結果製作成表 3 與圖 17，透過表 2 可以得知打擊發射器組數與得分的關係。

表 3. 打擊發射器機組數與得分關係一覽表

機組具數\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
一具	16	14	14	12	13	13.8	1.04	12.76
兩具	16	20	21	18	19	18.8	1.44	17.36

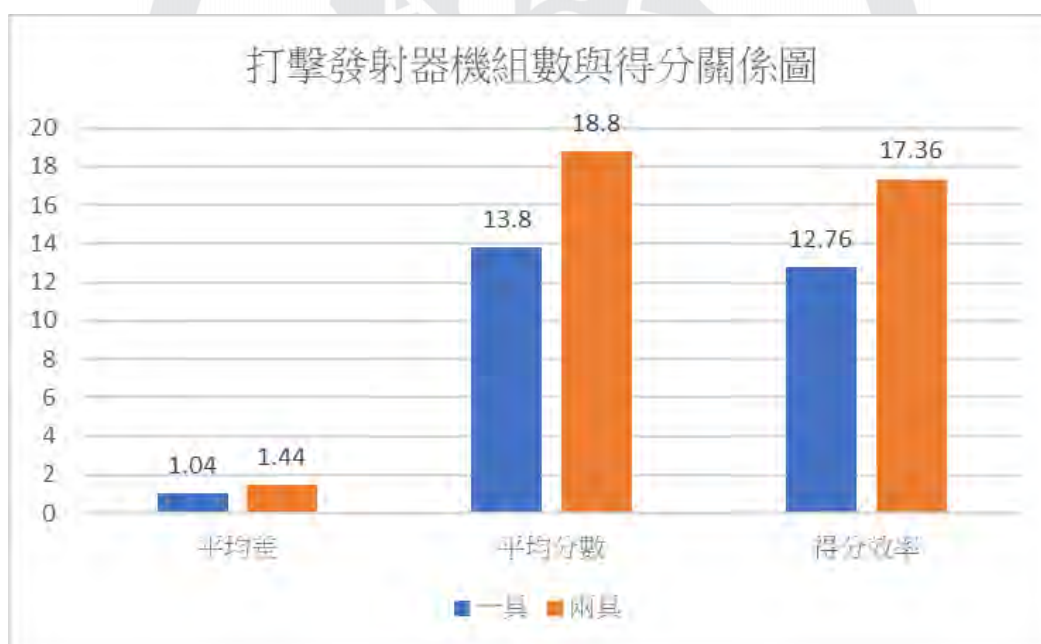


圖 17.打擊發射器機組與得分關係圖

由表 3 與圖 17 中可發現:

- (一) 藉由增加機組數，得分效率有著顯著的提升
- (二) 水平分布有明顯的提升
- (三) 圓盤推出或擋住的問題仍然存在，導致圓盤之間排列不夠緊密。

三、 討論打擊發射器增加自動控制與得分之關係

為了改善上個實驗，圓盤之間排列不夠緊密的缺點，我們將機組增設一個馬達和雷射測距儀，藉由測距儀反饋出圓盤與發射器的距離，以類似比例控制控制馬達調整橡皮筋的強度進而控制距離(由實驗一可得知)，使圓盤密集的排列在目標區內、幅提升得分效率，程式如圖 18 所示。

$$P_{out} = K_p e(t) + p_0$$

P_{out} : 比例控制器的輸出，在此為 a 方塊

p_0 : 沒有誤差時的控制器輸出，在此為 b 方塊，此數值由實驗一得出

K_p : 比例增益，在此為 c 方塊

$e(t)$: 時間 t 時的瞬時誤差 (目標值-反饋值)

目標值，在此為 d 方塊

反饋值在，此為 e 方塊

紅框內為執行 a 方塊之判定條件，其中為了避免測距儀反饋正在移動中的圓盤距離，所以將條件定為圓盤移動速度小於 1.25m/s 且距離小於 55cm。

藍框內方塊作用為，當感測器測得圓盤距離未小於 55cm，馬達將會將橡皮筋強度減弱(轉至 0 度)

圖 18 比例控制說明圖

透過比例控制的協助將結果製作成表 4 與圖 19，從表 3 與圖 19 中可以發現透過比例控制協助可以提高得分表現。

表 3. 打擊發射器機組數與得分關係一覽表

自動控制有無\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
無	16	20	21	18	19	18.8	1.44	17.36
有	22	22	24	22	19	21.8	1.12	20.68



圖 19.打擊發射器有無自動控制與得分關係圖

四、討論飛輪發射器轉數與得分之關係

飛輪發射器，並不像打擊發射器每次獲得的動能皆是相當的，而是受到輪胎轉速的影響，所以我們調整馬達輸出轉速，觀察轉速與得分效率與性質。針對飛輪發射器的轉速與得分關係製作成表 4 與圖 20。

表 4. 飛輪發射器的轉速與得分關係一覽表

馬達 rpm\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
40	10	11	10	11	10	10.4	0.48	9.92
60	18	18	20	15	18	17.8	1.12	16.68
80	12	12	15	13	15	15.8	1.28	14.52
100	14	13	9	7	4	9.4	3.28	6.12
120	4	5	5	4	5	4.6	0.48	4.12

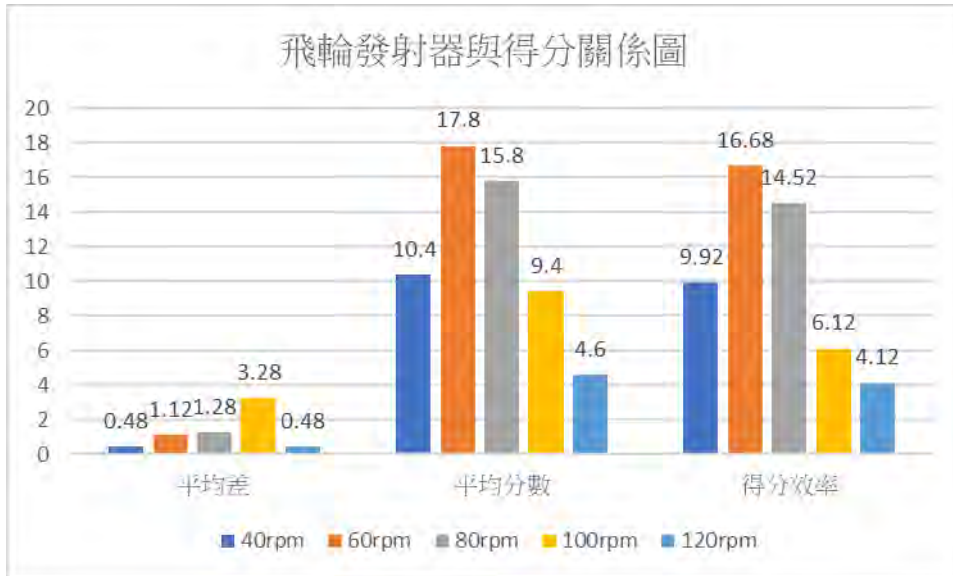


圖 20.飛輪發射器轉速與得分關係圖

透過表 4 與圖 20 結果顯示藉由改變馬達轉速可得知

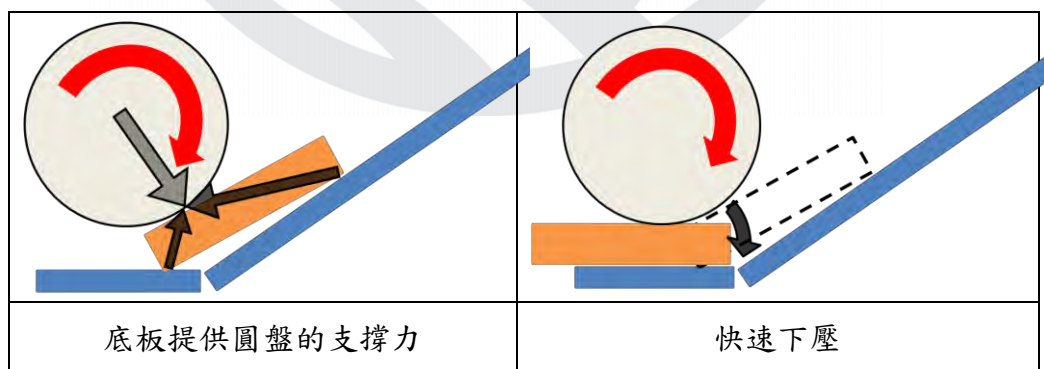
得分效率: $60 > 80 > 100 > 40 > 120(\text{rpm})$

圓盤間距: $120 > 100 > 80 > 40 = 60(\text{rpm})$

距離: $100 > 120 > 80 > 60 > 40(\text{rpm})$

同時我們還發現:

- (一) 飛輪發射器轉速超過 60rpm 發射時，會有大概率發出類似打擊發射器的敲擊聲，透過觀察得出是因為當圓盤經過斜坡與輪胎交界處時，輪胎將圓盤快速下壓所發出的。



- (二) 這個現象的出現會伴隨著，馬達轉速大幅的下降，導致圓盤發射距離忽遠忽近(不穩定)，是因為底板提供圓盤的支撐力，增加了圓盤與輪胎之間摩擦力，使圓盤獲得較大的動能，導致發射距離增

加，也同時使輪胎損失了相當的動能，導致轉下降。

(三) 其他時間發出的是滑行聲。

(四) 飛輪發射器有著較高的水平分布，

綜上所述飛輪發射器轉速會影響圓盤距離和間距，隨著轉速越快距離與間距將會越大。

五、討論飛輪發射器力矩與得分之關係

針對飛輪發射器力矩與得分之關係將結果製作成表 5 與圖 21。

表 5. 飛輪發射器力矩與得分關係一覽表

力矩\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
50(%)	9	8	8	6	8	7.8	0.72	7.08
75	11	11	12	10	11	11	0.4	10.6
100	18	18	20	15	18	17.8	1.12	16.68

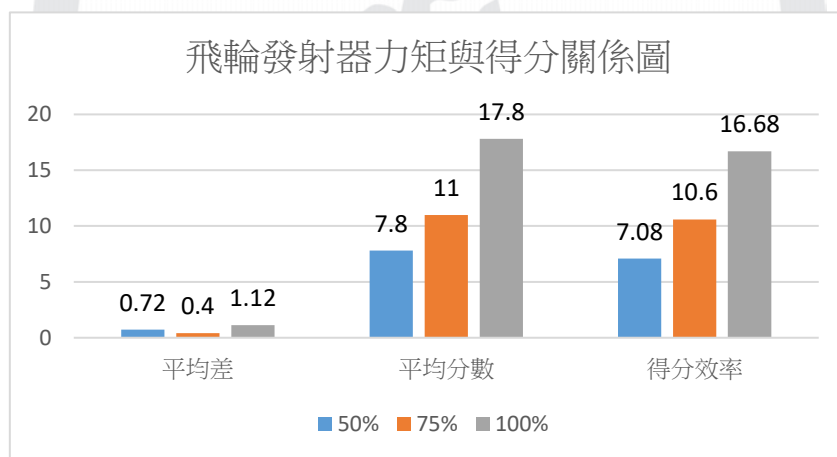


圖 21.飛輪發射器力矩與得分關係圖

從表 5 與圖 21 發現得分效率:力矩(%) 100>75>40

經實驗發現，力矩越大時轉速衰減越慢，所以分布較短，力矩越小時轉速衰減越快，所以分布較長。

六、討論飛輪發射器底板材質與得分效率之關係

為了改善實驗六所提到的現象，於是我們把飛輪發射器板材質換成柔性的，希望可藉由此改動，減少底板對圓盤的支撐力，解決實驗六中遇到的問

題。結果如表 6 與圖 22 所示。

表 6. 飛輪發射器底板材質與得分關係一覽表

底板材質\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
剛性	18	18	20	15	18	17.8	1.12	16.68
柔性	22	21	22	20	23	21.6	0.88	20.72
底板材質\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率

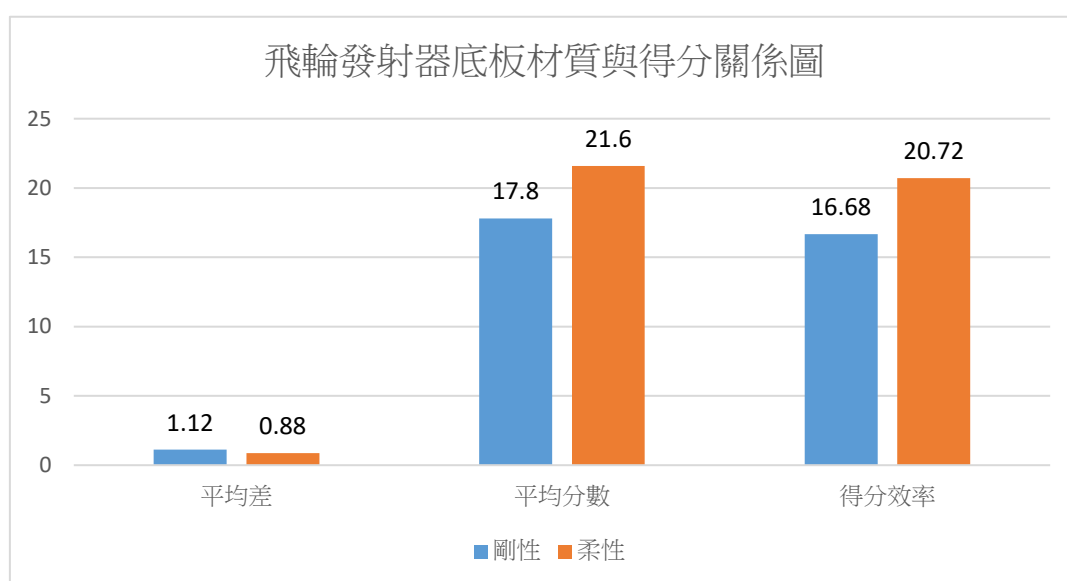


圖 22. 飛輪發射器底板材質與得分關係圖

從表 6 與圖 22 發現針對飛輪發射器底板材質與得分效率：柔性 > 剛性。經實驗發現，柔性底板確實因其所提供的支撐力較小（圖 23 所示），所以相較於剛性底板有著較好的得分效率與較慢的轉速衰減，同時擊打聲也隨之消失了。

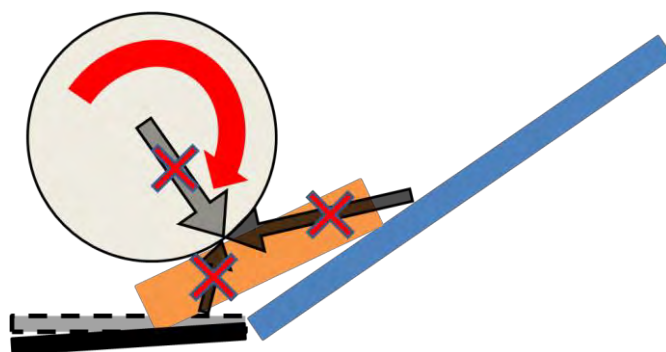
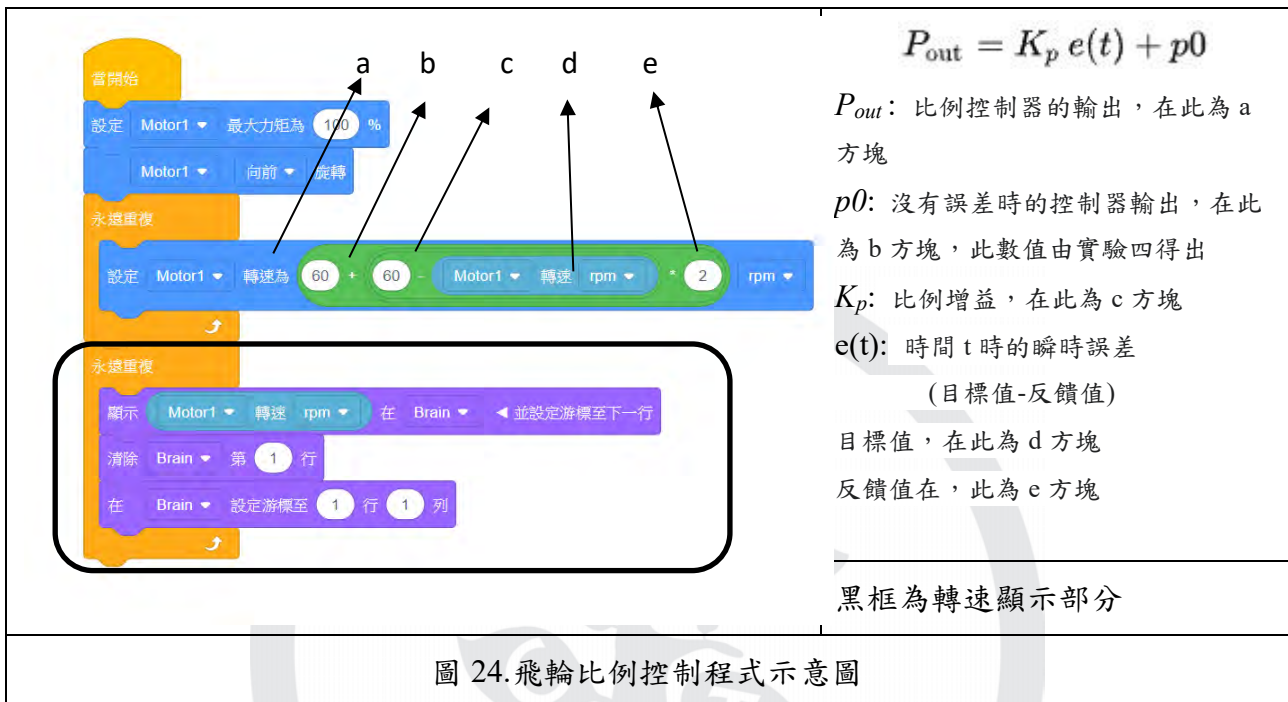


圖 23. 底板支撐力示意圖

七、討論飛輪發射器增加自動控制與得分之關係

雖然實驗六中，飛輪發射器各方面性能都有所提升，但仍有進步空間，於是
以比例控制的概念，增加了控制轉速之程式，對發射器進行優化，程式圖 24 所
示。



針對飛輪發射器在比例控制協助下結果如表 7 與圖 25 所示。

表 7. 飛輪發射器與自動控制得分關係一覽表

自動控制\次數	1	2	3	4	5	平均	平均差	得分效率
無	22	21	22	20	23	21.6	0.88	20.72
有	23	22	23	21	21	22	0.8	21.2

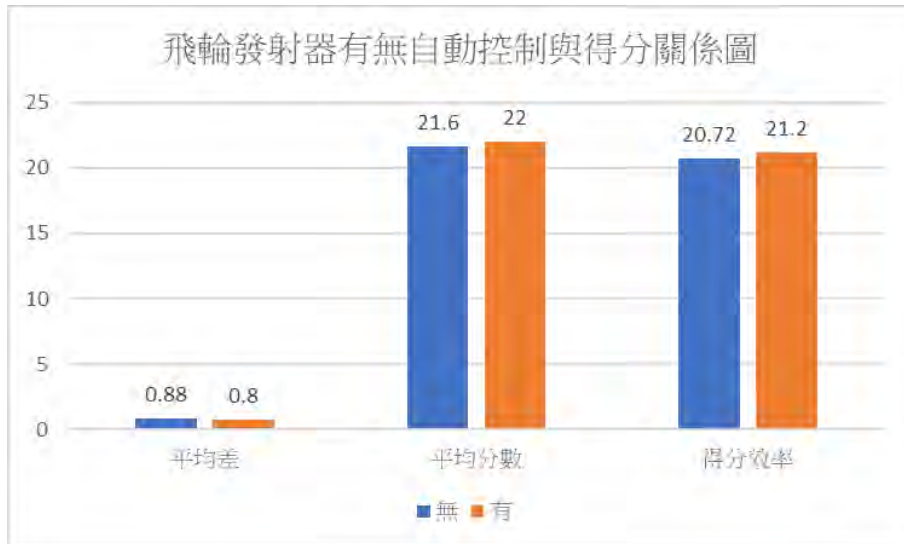


圖 24. 飛輪發射器與自動控制得分關係一覽表

八、兩發射器改進過程性能之提升、及比賽發射器選擇

(一) 改進過程部分

本研究先後對兩發射器，進行硬體及軟體上的優化，使其相較於初始的成績有著相當大提升。(如圖 25 所示)

打擊發射器得分效率由初始(實驗一的最優組)12.76 分提升至 20.68 分，

飛輪發射器得分效率由初始(實驗四的最優組)16.68 分提升至 21.2 分

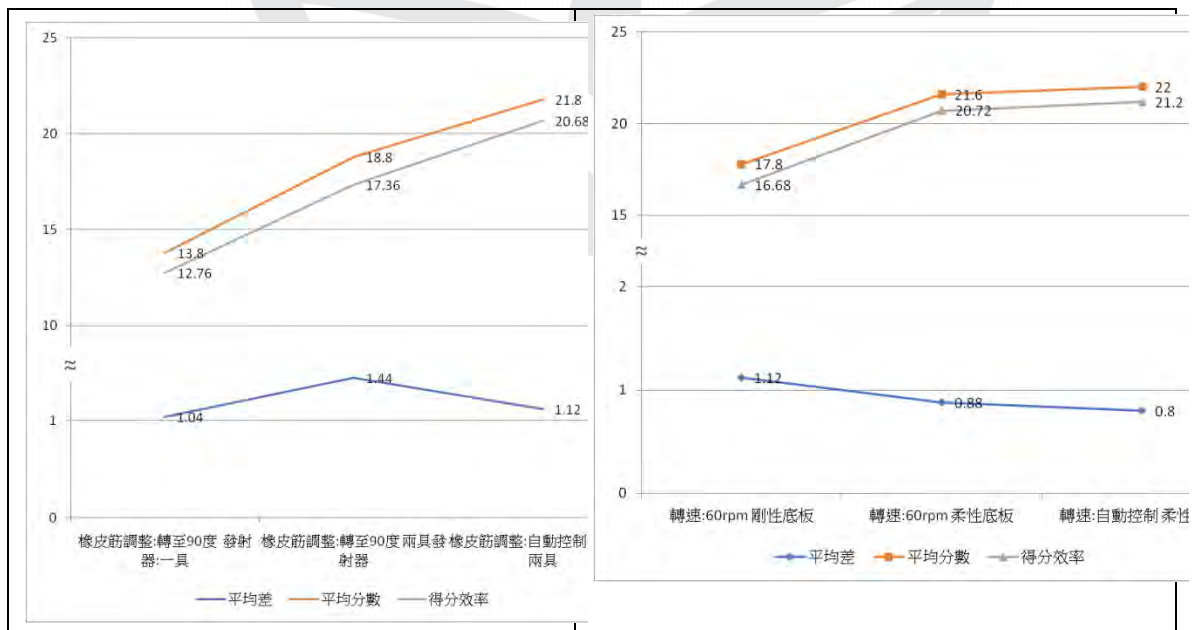


圖 25. 各次改動與得分關係圖

針對圖 25 的資料會製成打擊發射器與飛輪發射器雷達分析圖，然後進行整體評估，最後製成表 8 綜合評估比較表。

打擊發射器與飛輪發射器雷達分析圖

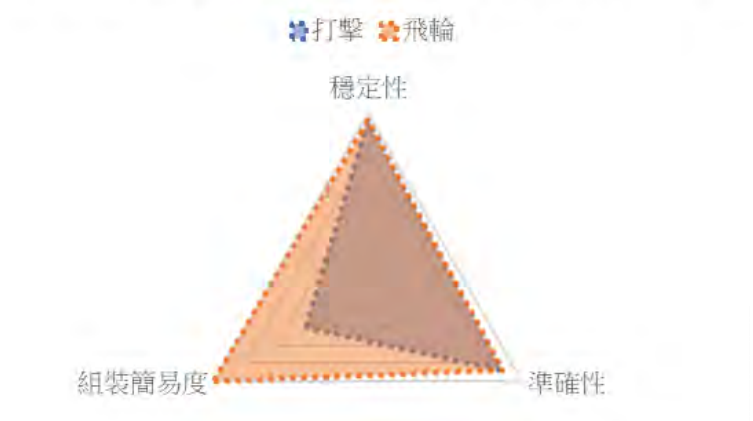


圖 26.打擊發射器與飛輪發射器雷達分析圖

表 8.不同發射器綜合評估比較表

	打擊發射器	飛輪發射器	勝者
穩定性(平均差)	1.12	0.96	無顯著差異
準確性(平均)	21.8	22	無顯著差異
得分效率	20.68	21.04	無顯著差異
	組裝簡易度		飛輪發射器
電機數量	3	電機數量	3
齒輪、齒條數量	5	齒輪、齒條數量	5

綜合上述資料，雖然飛輪發射器穩定性(平均差)、準確性(均差)、得分效率皆略高於打擊發射器，但並無顯著差異，於是考慮在比賽時機構需簡易以便於保養後，我們選擇了飛輪發射器來進行比賽。

肆、結論與未來展望

針對本次研究歸納出三個結論：

- 一、打擊發射器部分，將各項探究實驗所得的最佳數值導入打擊發射器機組，可讓整體得分提升約 62.1%(表 9 所示)

二、飛輪射器部分，將各項探究實驗所得的最佳數值導入飛輪發射器機組，
可讓整體得分提升約 27.1%

表 9.不同發射器優化後得分表現比較表

	原始分數	優化後分數	增加%
打擊發射器	12.76	20.68	62.1%
飛輪發射器	16.68	21.2	27.1%

三、考量比賽時機構簡保養難易度後，由表格及雷達圖分析後，我們選擇了
飛輪發射器來進行比賽。

本次探究實驗模組，可融入國中資訊與生活科技課程，並因其簡單易懂的
設備，能提起學生高度興趣，建議推廣至國中。

本次為了提升兩發射器在比賽中的得分，所設計出來的探究實驗，其模組
架構可應用於未來各種不同的比賽，並提升解決問題的效率，希望在未來的比
賽能夠有更好的成績。

參考文獻

中文部分

中華資訊與科技教育學會. (2023 0). VIQC 競賽手冊. Retrieved April 26, 2023,
from

<https://drive.google.com/file/d/12NiJ8N6oM68iiucbTitcakKyFgYX2613/view>

英文部分

Nicholas, T. N. (2014, January 15). WHAT SCIENTIFIC IDEA IS READY FOR
RETIREMENT? Retrieved April 26, 2023, from
[https://web.archive.org/web/20140116031136/http://www.edge.org/response-
detail/25401](https://web.archive.org/web/20140116031136/http://www.edge.org/response-detail/25401)