

# 中華民國第 53 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

080811

圓走高飛

學校名稱：新竹縣立光明國民小學

作者： 小六 余皓維 小六 洪彥文	指導老師： 姜欣潔
-------------------------	--------------

關鍵詞：飛行器、紙飛機、圓

# 圓走高飛

## 摘要

本實驗主要藉由改變圓環飛行器的圓周長、長度、材質及尾翼形狀，尋找圓環飛行器飛行距離最遠的最佳組合。我們將發射方式分為以自製發射器發射及以手擲方式發射兩種，手擲的部分是為了因應平時一般人在玩都是以手擲方式發射的緣故。由實驗結果可以發現，圓周長 30 公分、長度 10 公分並外加三角形尾翼的雲彩紙圓環飛行器飛行距離最遠。同時我們也發現，無論是哪一種材質的飛行器，都是以圓周長 30 公分、長度 10 公分飛行距離最遠，在改變尾翼的部分，則以三角形和直角三角形飛行距離最遠。由於手擲與發射器發射的方式不同，所以兩者的飛行距離會有所差異，由實驗數據可明顯看出，發射器發射圓環飛行器飛行距離大部分都比手擲發射圓環飛行器飛行距離近。

## 壹、研究動機

偶然的情況下，我們在網路上看到有人拿著圓環飛行器拋擲，結果飛越了一整個美式足球場，這件事讓我們感到很驚艷，想要了解甚麼大小的圓環飛行器最適合飛行，所以決定要探討這個主題，也許以後可以利用圓環飛行器飛行或是參加日本的「鳥人」節目比賽。

## 貳、研究目的

- 一、同材質不同長度的圓環飛行器對飛行距離的影響。
- 二、同材質不同圓周長的圓環飛行器對飛行距離的影響。
- 三、不同材質圓環飛行器的長度、圓周長對飛行距離影響的比較。
- 四、改變尾翼形狀對圓環飛行器飛行距離影響的比較。
- 五、不同發射方式對圓環飛行器飛行距離影響的比較。

## 參、研究設備及器材

- 一、雲彩紙(規格：A4、B4、4 開)。白紙(規格：A4、B4、A3)。投影片(規格：A4)。
- 二、雙面膠、剪刀、美工刀、尺(60cm、50cm、30cm)、50m 手提捲尺、切割墊、電子天平。
- 三、鬆緊帶(規格：2 分，寬約 0.7cm)。
- 四、壓克力圓盤(0.2 公分厚，直徑 10 公分)。
- 五、竹籤(質量 3.8 公克)，竹筷(3 公克)，膠狀瞬間接著劑。
- 六、自製發射器及發射台：

### (一)發射器

- 1.取內徑 10.7 公分、長 50 公分的水管。於水管兩側切出兩道互相平行的直線，長約 30 公分，距離水管底部 14.5 公分，距離水管頂端 5.5 公分。在離水管頂端 1.5 公分處鑽一個直徑約 0.6 公分的洞。(圖一)
- 2.取總長度 37 公分的鬆緊帶，於距離兩端點 1.5 公分處畫線，將畫線處交疊縫起來。以相同的步驟製作兩條鬆緊帶。將鬆緊帶穿入步驟 1.所鑽的直徑 0.6 公分的洞，拉緊鬆緊帶，使鬆緊帶長 12.5 公分。(圖二)

- 3.於厚 0.2 公分、直徑 10 公分的壓克力圓盤上鑽 28 個洞。將已削好的竹筷，用膠狀瞬間接著劑固定於壓克力圓盤上，做為推進器，如圖四。並將竹籤依飛行器圓周長的大小插在壓克力圓盤上，以微量的熱熔膠固定，如圖五。
- 4.將推進器放入水管內，以鬆緊帶套在推進器的竹筷上，並將竹筷拉至軌道底部，放入飛行器即可發射。

			
<p>圖一 水管外觀</p>	<p>圖二 鬆緊帶穿過水管後的長度</p>	<p>圖三 發射器水管部分完成圖</p>	<p>圖四 竹筷固定於壓克力圓盤上</p>
			
<p>圖五 推進器完成圖</p>	<p>圖六 發射台俯視圖</p>	<p>圖七 發射台側面圖</p>	

(二)發射台(圖六為發射台俯視圖，圖七為發射台側面圖)

- 1.將三張小板凳疊高，最上層的板凳倒置，以膠帶固定。
- 2.最上層的板凳內放置 L 形書架，將其倒置成  $\triangle$  與水平面成 30 度角，並架上發射器以絕緣膠帶固定。

(三)架好的發射器及發射台：

左圖為發射器和發射台，右圖為水管內圈。



## 肆、研究過程或方法

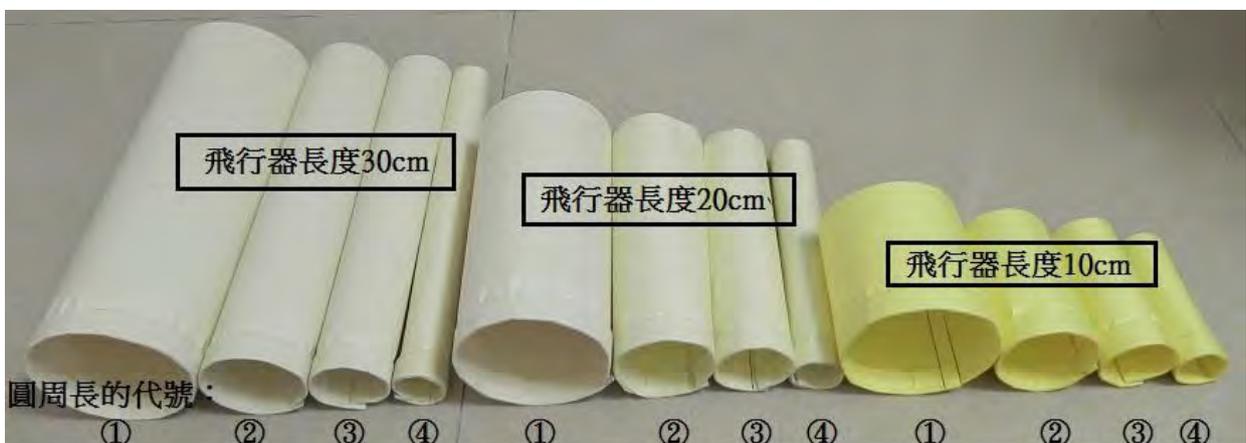
### 一、圓環飛行器的製作：

#### (一)雲彩紙

- 1.先在雲彩紙上畫出寬度（即飛行器圓周長），分別為 11(10+1)公分、16(15+1)、21(20+1)公分、31(30+1)公分並裁切。（預留一公分為貼雙面膠用。）
- 2.於上述雲彩紙上，由寬邊界開始每隔間距 1.5 公分畫一條橫線，共畫出七條，形成七條長格。
- 3.在七條長格內貼上雙面膠，並用美工刀在線上輕劃(方便摺疊)，將長格按順序摺疊黏起來。
- 4.量出飛行器的長度，即飛行器機身長度，分別為 10 公分、20 公分、30 公分，並裁切。
- 5.於圓周長預留的一公分處貼上雙面膠，將紙繞成圓環狀黏住即可。
- 6.以下為圓周長 30cm、長度 10cm 的雲彩紙圓環飛行器的製作流程照片，順序為 A→B→C→D→E→F。

		
A.畫出寬度(即圓周長 31 cm)，並裁切。	B.每隔 1.5cm 畫一條線，共畫 7 條，形成七條長格。	C.於長格內貼上雙面膠，將長格按順序摺疊黏起來。
		
D.畫出長度(即飛行器長度 10cm)，裁切。	E.於圓周長上預留的 1cm 貼上雙面膠。	F.將紙繞成圓環狀，即為圓環飛行器完成圖。

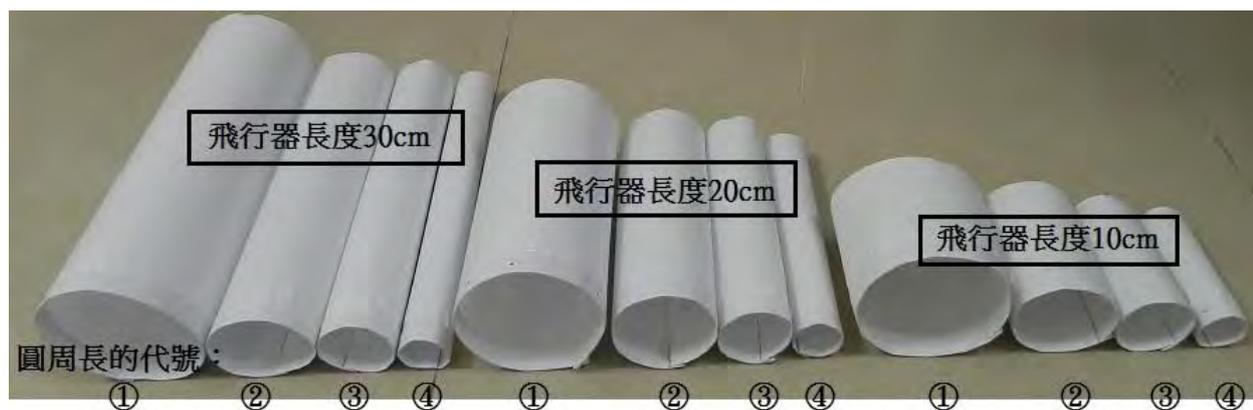
7.雲彩紙飛行器完成圖如下圖。



(①代表圓周長30cm；②代表圓周長20cm；③代表圓周長15cm；④代表圓周長10cm。)

## (二)白紙

- 1.先在白紙上畫出寬度(即飛行器圓周長),分別為  $11(10+1)$ 公分、 $16(15+1)$ 、 $21(20+1)$ 公分、 $31(30+1)$ 公分並裁切。(預留一公分為貼雙面膠用。)
  - 2.於上述白紙上,由寬邊界開始每隔間距 1.5 公分劃一條橫線,共畫出七條,形成七條長格。
  - 3.在七條長格內貼上雙面膠,並用美工刀在線上輕劃(方便摺疊),將長格按順序摺疊黏起來。
  - 4.量出飛行器的長度,即飛行器機身長,分別為 10 公分、20 公分、30 公分,並裁切。
  - 5.於圓周長預留的一公分處貼上雙面膠,將紙繞成圓環狀黏住即可。
  - 6.因為材料的限制,因此圓周長 30 公分、機身長 30 公分的飛行器製作方法如下:
    - (1)先在白紙上畫出寬度(即飛行器圓周長)為  $31(30+1)$ 公分,裁切兩份。(預留一公分為貼雙面膠用。)
    - (2)於上述其中一張白紙上,由寬邊界開始每隔間距 1.5 公分劃一條橫線,共畫出七條,並將其按照橫線裁切。
    - (3)將上一步驟所裁的長條分別貼上雙面膠,將其重疊黏貼起來,並貼於(1)的另一張白紙上。
    - (4)於圓周長預留的一公分處貼上雙面膠,將紙繞成圓環狀黏住即可。
- 7.白紙飛行器完成圖如下圖。



(①代表圓周長30cm; ②代表圓周長20cm; ③代表圓周長15cm; ④代表圓周長10cm。)

## (三)投影片

- 1.先在投影片上畫出寬度(即飛行器圓周長),分別為  $16(15+1)$ 公分、 $21(20+1)$ 公分、 $29.5(28.5+1)$ 公分,並分別裁切兩份。(預留一公分為貼雙面膠用。)
- 2.於上述其中一張投影片上,由寬邊界開始每隔間距 1.5 公分劃一條橫線,共畫出七條,並將其按照橫線裁切。
- 3.於裁下的投影片長條上貼上雙面膠,將其重疊黏貼起來,並貼於 1.的另一張投影片。
- 4.量出飛行器的長度,即飛行器機身長,分別為 10 公分、20 公分、29.5 公分,並裁切。
- 5.於圓周長預留的一公分處貼上雙面膠,將投影片繞成圓環狀黏住即可。
- 6.因投影片只有 A4 大小規格,所以無法做出圓周長 28.5 公分機身長 29.5 的飛行器。

7.投影片飛行器完成圖如下圖。



四、於無風的室內廣場進行實驗。(發射器發射與手擲皆在同一場地)

(一)以發射器發射圓環飛行器：

- 1.以發射台做為圓心，利用繩子在距離圓心 225 公分的地方畫一條圓弧，並標記為第 1 區；接下來每隔 25 公分，都畫一條圓弧，並依序標記，標至第 30 區(離發射台 950 公分)。
- 2.每一個圓環飛行器發射 5 次，紀錄飛行器的落點區域，取其平均值，並將其換算為公分數。

(二)以手擲圓環飛行器：固定發射點，由兩位組員和兩位同學分別以手擲拋投圓環飛行器各 5 次，目測飛行器的落點位置，以手提捲尺測量發射點到落點的距離並紀錄，將個人投擲的五次數據，去掉最大值及最小值後計算平均數，再求四人平均值的總平均，用以表示該飛行器的飛行距離。



發射器發射圓環飛行器的場地。



手擲圓環飛行器的場地。

五、改變尾翼形狀對飛行器飛行距離的影響：

(一)取飛行距離最遠的飛行器，改變尾翼形狀，以發射器及手擲發射飛行器，研究尾翼形狀對飛行器飛行距離有無影響。

(二)改變尾翼的飛行器編號、名稱如下：

					
1 波浪形	2 圓弧形	3 城堡形			
					
4 三角形	5 鬚狀	6 直角三角形			
					
7 外加三角形	8 外加梯形	9 外加半圓形			
無	有	無	有	無	有

(三)外加尾翼下方的無代表發射時沒有夾夾子，有則代表發射時有夾夾子。

(四)編號7號至9號外加尾翼之飛行器，因無法以發射器發射，因此僅以手擲發射。

## 伍、研究結果

一、各個飛行器的質量紀錄於表 1-1、表 1-2、表 1-3。

表 1-1 雲彩紙圓環飛行器的質量(質量單位：g)

質 量 長 度 圓 周 長	10cm	20cm	30cm
10cm	4.01	5.98	7.4
15cm	6.14	8.14	11
20cm	7.61	11.19	15.31
30cm	10.92	16.98	21.41

表 1-2 白紙圓環飛行器的質量(質量單位：g)

質 量 長 度 圓 周 長	10cm	20cm	30cm
10cm	2.78	3.37	4.27
15cm	3.49	5.09	6.45
20cm	4.96	6.3	7.77
30cm	7.15	8.91	11.14

表 1-3 投影片圓環飛行器的質量(質量單位：g)

質 量 長 度 圓 周 長	10cm	20cm	30cm
15cm	5.07	7.18	9.29
20cm	6.73	9.41	12.21
28.5cm	9.92	13.56	

二、發射器發射圓環飛行器的實驗結果平均值。(詳細資料請參閱附件一)

(一) 雲彩紙圓環飛行器飛行的落點區域平均值紀錄表。(括號內數字為將落點區域平均值換算成公分)

落 點 區 域 長 度 圓 周 長	10cm	20 cm	30 cm
10 cm	10.8 (470cm)	18.6 (665cm)	15.6 (590cm)
15 cm	15 (575cm)	12 (500cm)	9.2 (430cm)
20 cm	18.8 (670cm)	15.2 (580cm)	10.2 (455cm)
30 cm	16.4 (610cm)	9.2 (430cm)	10.8 (470cm)

(二) 白紙圓環飛行器飛行的落點區域平均值紀錄表。(括號內數字為將落點區域平均值換算成公分)

落 點 區 域 長 度 圓 周 長	10cm	20 cm	30 cm
10 cm	13 (525cm)	12.6 (515cm)	17 (625cm)
15 cm	11 (475cm)	14 (550cm)	12.8 (520cm)
20 cm	14.8 (570cm)	11.2 (480cm)	11.6 (490cm)
30 cm	15 (575cm)	11.2 (480cm)	7.8 (395cm)

(三) 投影片圓環飛行器飛行的落點區域平均值紀錄表。(括號內數字為將落點區域平均值換算成公分)

落點區域 圓周長	長度	10cm	20 cm	29.5cm
15 cm		11.4 (485cm)	8.6 (415cm)	16.4 (610cm)
20 cm		14.4 (560cm)	8.8 (420cm)	12 (500cm)
28.5cm		18.8 (670cm)	7.6 (390cm)	

三、手擲圓環飛行器的實驗結果平均值。(詳細資料請參閱附件二)

(一) 手擲雲彩紙圓環飛行器的飛行距離平均值紀錄表(飛行距離單位：cm)。

飛行距離 圓周長	長度	10cm	20 cm	30 cm
10 cm		1240.83	527.09	416.67
15 cm		1217.08	701.67	366.25
20 cm		1285.83	635.42	457.08
30 cm		1854.17	592.50	366.25

(二) 手擲白紙圓環飛行器的飛行距離平均值紀錄表(飛行距離單位：cm)。

飛行距離 圓周長	長度	10cm	20 cm	30 cm
10 cm		1039.58	659.58	546.25
15 cm		1025.38	735.42	730.42
20 cm		1033.34	668.34	505.42
30 cm		1630.00	400.00	353.34

(三) 手擲投影片圓環飛行器的飛行距離平均值紀錄表(飛行距離單位：cm)。

飛行距離 圓周長	長度	10cm	20 cm	29.5 cm
15 cm		1088.34	583.75	432.50
20 cm		1158.75	555.50	393.75
28.5 cm		1267.08	472.84	

#### 四、改變圓環飛行器尾翼飛行距離平均值

(一) 以發射器發射改變尾翼圓環飛行器飛行距離平均值。

改變尾翼飛行平均值：發射器發射						
編號	1 波浪形	2 圓弧形	3 城堡形	4 三角形	5 鬚狀	6 直角三角形
平均落點區域	19.2	18	13	14.2	9.4	11.8
平均飛行距離(cm)	680	650	525	555	435	495

(二) 以手擲發射改變尾翼圓環飛行器飛行距離平均值。

改變尾翼飛行平均值：手擲發射						
編號	1 波浪形	2 圓弧形	3 城堡形	4 三角形	5 鬚狀	6 直角三角形
平均飛行距離(cm)	1911.67	2012.92	1940.00	2376.25	1724.17	2402.09
編號	7 外加三角形		8 外加梯形		9 外加半圓形	
平均飛行	沒有夾夾子	2001.67	1585.00	1640.00		
距離(cm)	有夾夾子	2308.34	2329.17	2070.42		

#### 陸、結果與討論

一、發射器發射圓環飛行器：

(一) 雲彩紙圓環飛行器

### 雲彩紙圓環飛行器

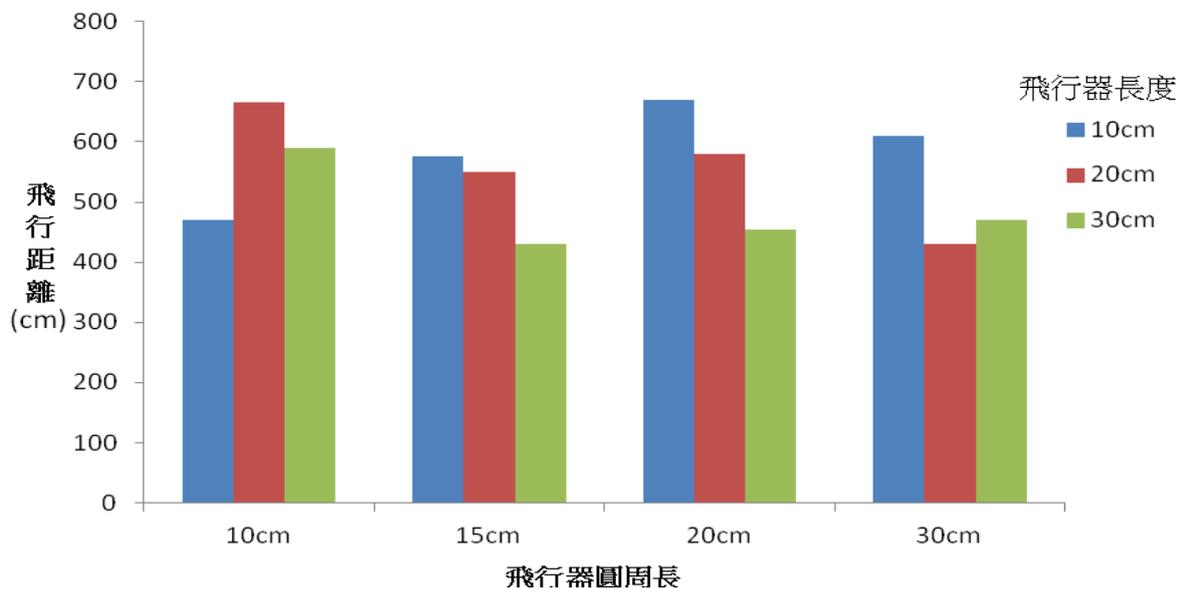


圖 1-1 以發射器發射雲彩紙圓環飛行器，不同圓周長與飛行器長度飛行距離的長條圖。

1. 不同長度對雲彩紙圓環飛行器飛行距離的影響：

- (1) 圓周長 10cm 的飛行器：以長度 20cm 的飛行器飛得最遠，長度 10cm 的飛行器飛得最近。
- (2) 圓周長 15cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。
- (3) 圓周長 20cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。
- (4) 圓周長 30cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm 的飛行器飛得最近。

2.不同圓周長對雲彩紙圓環飛行器飛行距離的影響：

(1)長度 10cm 的飛行器：以圓周長 20cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 10cm 的飛行器飛得最近。

(2)長度 20cm 的飛行器：以圓周長 10cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 30cm 的飛行器飛得最近。

(3)長度 30cm 的飛行器：以圓周長 10cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm 的飛行器飛得最近。

3.所有雲彩紙圓環飛行器中，以圓周長 20cm、長度 10cm 的飛行器飛行距離最遠，和圓周長 10cm、長度 20cm 的飛行器飛行距離差不多。

4.由圖 1-1 可知，雲彩紙圓環飛行器的長度和圓周長與飛行距離的遠近並無絕對的關係，但可發現在不同圓周長的雲彩紙圓環飛行器中，大多以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。

5.由圖 1-1 可知，雲彩紙圓環飛行器在較大圓周長與較小長度的搭配下，有較遠飛行距離的趨勢。

## (二) 白紙圓環飛行器

### 白紙圓環飛行器

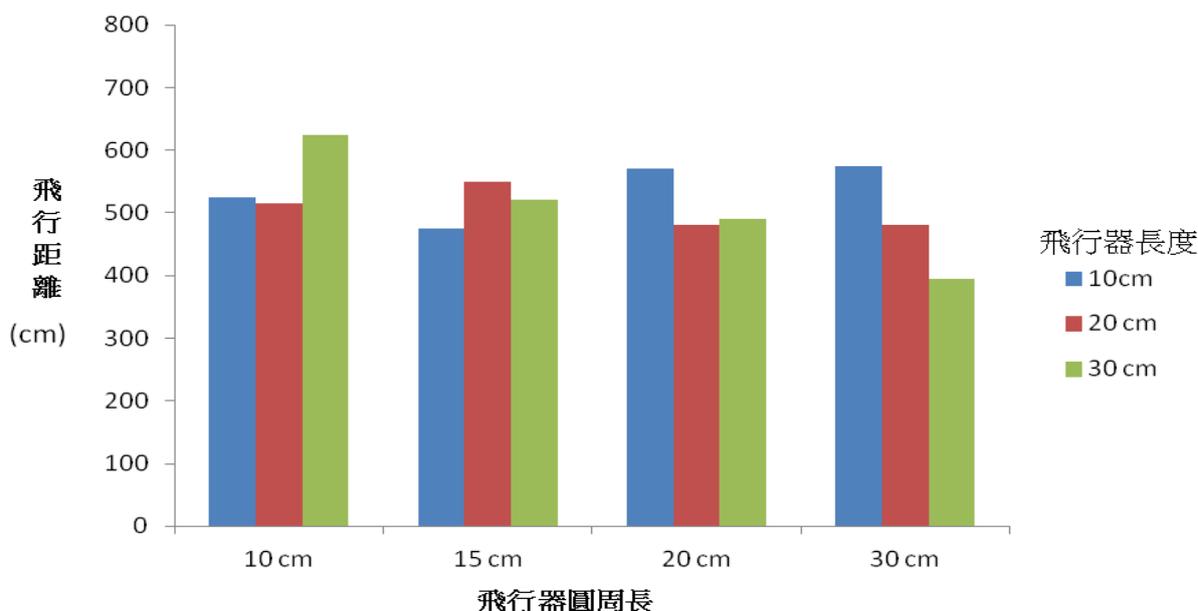


圖 1-2 以發射器發射白紙圓環飛行器，不同圓周長與飛行器長度飛行距離的長條圖。

1.不同長度對白紙圓環飛行器飛行距離的影響：

(1)圓周長 10cm 的飛行器：以長度 30cm 的飛行器飛得最遠，長度 10cm、20cm 飛得較近。

(2)圓周長 15cm 的飛行器：以長度 20cm 的飛行器飛得最遠，長度 10cm 飛行器飛得最近。

(3)圓周長 20cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm、30cm 飛行器飛得較近。

(4)圓周長 30cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 飛行器飛得最近。

2.不同圓周長對白紙圓環飛行器飛行距離的影響：

(1)長度 10cm 的飛行器：圓周長 30cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm 飛行器飛得最近。

(2)長度 20cm 的飛行器：圓周長 15cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 20cm、30cm 飛行器飛得較近。

(3)長度 30cm 的飛行器：圓周長 10cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 30cm 飛行器飛得最近。

3.所有的白紙圓環飛行器中，以圓周長 10cm、長度 30cm 的飛行器飛行距離最遠。

4.扣掉白紙圓環飛行器最遠和最近的兩個飛行距離，其餘的飛行距離差異並不大，我們認為是因為白紙重量太輕，於發射時有飄移的現象，所以把飄移最嚴重的兩台飛行器(圓周長 30cm、長度 20cm 和圓周長 30cm、長度 30cm)各夾上 2 支長尾夾(共計增加質量 2.1g)，重新發射，紀錄於下表並與原飛行距離比較，發現飛行器前端增加重量後，飛行距離比原來更遠。

圓周長 30cm、長度 20cm(夾 2 支長尾夾)								未夾長尾夾
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均	飛行距離平均	飛行距離平均
落點區域	12	14	15	15	16	14.4	560cm	480cm
圓周長 30cm、長度 30cm(夾 2 支長尾夾)								未夾長尾夾
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均	飛行距離平均	飛行距離平均
落點區域	10	11	13	13	15	12.4	510cm	395cm

5.白紙圓環飛行器飛行時常有漂浮現象，但從圖 1-2 中也可以觀察到，在較大圓周長與較小長度的搭配下，有較遠飛行距離的趨勢。

### (三) 投影片圓環飛行器

## 投影片圓環飛行器

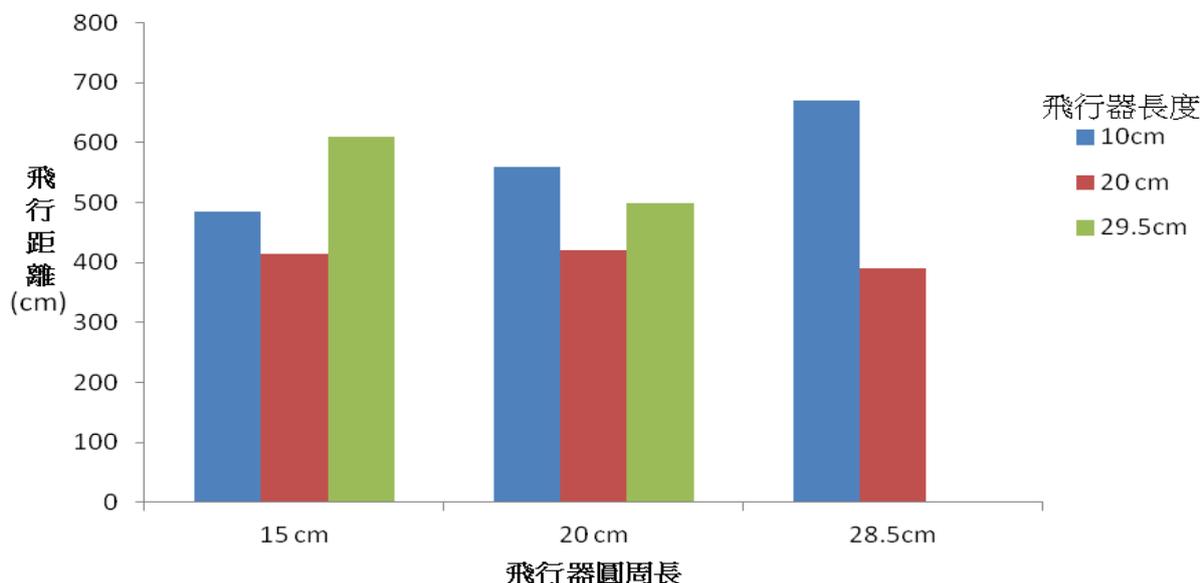


圖 1-3 以發射器發射投影片圓環飛行器，不同圓周長與飛行器長度飛行距離的長條圖。

1.不同長度對投影片圓環飛行器飛行距離的影響：

(1)圓周長 15cm 的飛行器，以長度 29.5cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm 的飛行器飛得最近。

(2)圓周長 20cm 的飛行器，以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm 的飛行器飛得最近。

(3)圓周長 28.5cm 的飛行器，以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm 的飛行器飛得最近。

2.不同圓周長對投影片圓環飛行器飛行的距離影響：

(1)長度 10cm 的飛行器，以圓周長 28.5cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm 的飛行器飛得最近。

(2)長度 20cm 的飛行器，以圓周長 15cm 及 20cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 28.5cm 的飛行器飛得最近。

(3)長度 29.5cm 的飛行器，以圓周長 15cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 20cm 的飛行器飛得最近。

3.所有的投影片圓環飛行器中，以圓周長 28.5cm、長度 10cm 的飛行器飛行距離最遠。

4.由圖 1-3 可知，在所有的投影片圓環飛行器中，大多以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm 的飛行器飛的最近。

5.圖 1-3 中可知，投影片圓環飛行器在較大圓周長與較小長度的搭配下，有較遠飛行趨勢。

(四)綜合討論：由圖 1-1、圖 1-2、圖 1-3 的比較可得知。

1.不同材質的飛行器會影響飛行距離的遠近。

2.在圓周長 20cm、30cm(28.5cm)中，長度 10cm 的飛行器都是飛行距離最遠的；圓周長 10cm、15cm 的數據則較沒有規律性。

3.由表 1-1、表 1-2、表 1-3 的飛行器質量表中，可以發現同圓周長、同長度的飛行器以雲彩紙的質量最大，投影片次之，白紙最小，但飛行距離卻沒有呈現雲彩紙>投影片>白紙或雲彩紙<投影片<白紙的關係，由此可知，影響圓環飛行器飛行距離的遠近與長度和圓周長的大小有關，但在同圓周長與長度下，其飛行距離和質量沒有絕對的關係。

## 二、手擲圓環飛行器：

### (一) 手擲雲彩紙圓環飛行器

## 手擲雲彩紙圓環飛行器

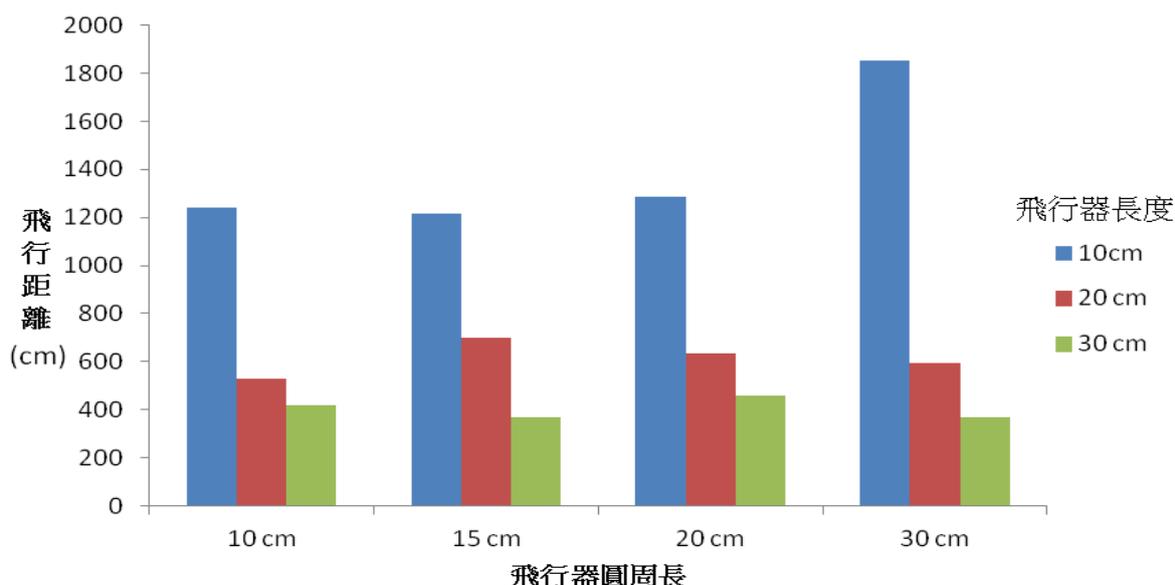


圖 2-1 以手擲雲彩紙圓環飛行器，不同圓周長與飛行器長度飛行距離的長條圖。

1.以手擲雲彩紙圓環飛行器，不同長度對飛行距離的影響：

- (1)圓周長 10cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。
- (2)圓周長 15cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。
- (3)圓周長 20cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。
- (4)圓周長 30cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。

2.以手擲雲彩紙圓環飛行器，不同圓周長對飛行距離的影響：

- (1)長度 10cm 的飛行器：以圓周長 30cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm 的飛行器飛得最近。
- (2)長度 20cm 的飛行器：以圓周長 15cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 10cm 的飛行器飛得最近。
- (3)長度 30cm 的飛行器：以圓周長 20cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm、30cm 的飛行器飛得最近。

3.所有雲彩紙圓環飛行器中，以手擲圓周長 30cm、長度 10cm 的飛行器飛行距離最遠，且明顯優於其他圓周長和長度的組合。

4.由圖 2-1 可知，在所有的雲彩紙圓環飛行器中，皆以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。

## (二) 手擲白紙圓環飛行器

### 手擲白紙圓環飛行器

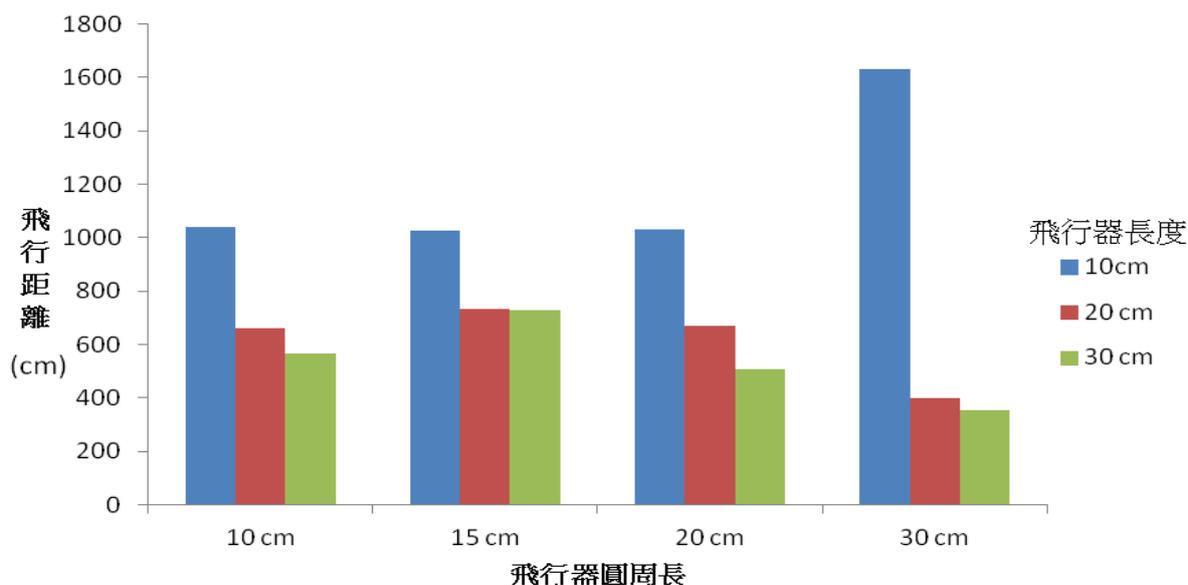


圖 2-2 以手擲白紙圓環飛行器，不同圓周長與飛行器長度飛行距離的長條圖。

1.以手擲白紙圓環飛行器，不同長度對飛行距離的影響：

- (1)圓周長 10cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 飛得最近。
- (2)圓周長 15cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm、30cm 飛行器飛得較近（兩者飛行距離差不多）。
- (3)圓周長 20cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 飛行器飛得最近。
- (4)圓周長 30cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 30cm 飛行器飛得較近。

2.以手擲白紙圓環飛行器，不同圓周長對飛行距離的影響：

- (1)長度 10cm 的飛行器：以圓周長 30cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm 飛行器飛得最近。

- (2)長度 20cm 的飛行器：以圓周長 15cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 30cm 飛行器飛得最近。
  - (3)長度 30cm 的飛行器：以圓周長 15cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 30cm 飛行器飛得最近。
- 3.所有白紙圓環飛行器中，以手擲圓周長 30cm、長度 10cm 的飛行器飛得最遠，且明顯優於其他圓周長和長度的組合。
- 4.由圖 2-2 可知，在所有手擲白紙圓環飛行器中，皆以長度 10cm 的飛行器，飛行距離最遠，長度 30cm 的飛行器飛得最近。

### (三) 手擲投影片圓環飛行器

## 手擲投影片圓環飛行器

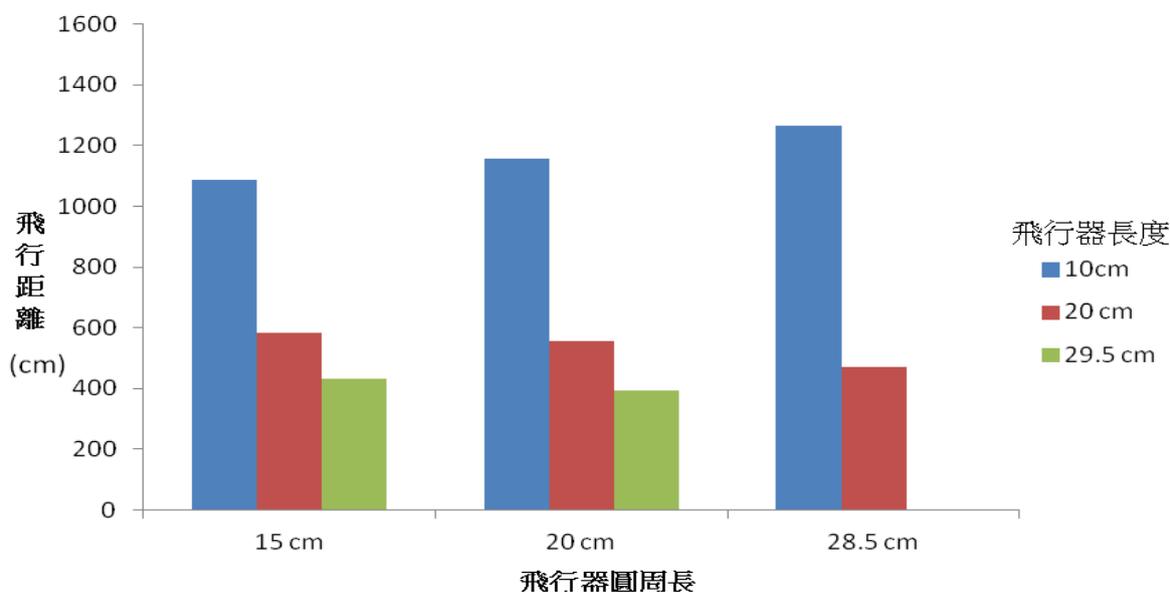


圖 2-3 以手擲投影片圓環飛行器，不同圓周長與飛行器長度飛行距離的長條圖。

- 1.以手擲投影片圓環飛行器，不同長度對飛行距離的影響：
    - (1)圓周長 15cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 29.5cm 飛得最近。
    - (2)圓周長 20cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 29.5cm 飛行器飛得最近。
    - (3)圓周長 28.5cm 的飛行器：以長度 10cm 的飛行器飛得最遠，長度 20cm 飛行器飛得最近。
  - 2.以手擲投影片圓環飛行器，不同圓周長對飛行距離的影響：
    - (1)長度 10cm 的飛行器：以圓周長 28.5cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 15cm 飛行器飛得最近。
    - (2)長度 20cm 的飛行器：以圓周長 15cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 28.5cm 飛行器飛得最近。
    - (3)長度 29.5cm 的飛行器：以圓周長 10cm 的飛行器飛得最遠，圓周長 20cm 飛行器飛得最近。
  - 3.所有投影片圓環飛行器中，以手擲圓周長 28.5cm、長度 10cm 的飛行器飛得最遠。
  - 4.由圖 2-3 可知，在所有手擲投影片圓環飛行器中，皆以長度 10cm 的飛行器，飛行距離最遠，長度 29.5cm 的飛行器飛得最近。
  - 5.由圖 2-3 可知，手擲投影片圓環飛行器以較大圓周長、較小長度的組合飛行距離較遠。
- (四) 綜合討論：由圖 2-1、圖 2-2、圖 2-3 的比較可得知。

- 1.不同材質的飛行器會影響飛行距離的遠近。
- 2.所有手擲發射飛行器皆以圓周長 30cm(28.5cm)，長度 10cm 飛行距離最遠；不管何種圓周

長，皆以長度 30cm(29.5cm)飛行器飛行距離最近。

3.由表 1-1、表 1-2、表 1-3 的飛行器質量表中，可以發現同圓周長、同長度的飛行器以雲彩紙的質量最大，投影片次之，白紙最小，但飛行距離卻沒有呈現雲彩紙>投影片>白紙或雲彩紙<投影片<白紙的關係，由此可知，影響圓環飛行器飛行距離的遠近與長度和圓周長的大小有關，但在同圓周長與長度下，其飛行距離和質量沒有絕對的關係。

三、以發射器發射飛行器與手擲飛行器之比較：

表一 雲彩紙圓環飛行器以發射器發射與手擲發射飛行距離表。(飛行距離單位：cm)

飛行距離 圓周長	10cm		20 cm		30 cm	
	發射器	手擲	發射器	手擲	發射器	手擲
10 cm	470	1240.83	665	527.09	590	416.67
15 cm	575	1217.08	500	701.67	430	366.25
20 cm	670	1285.83	580	635.42	455	457.08
30 cm	610	1854.17	430	592.50	470	366.25

表二 白紙圓環飛行器以發射器發射與手擲發射飛行距離表。(飛行距離單位：cm)

飛行距離 圓周長	10cm		20 cm		30 cm	
	發射器	手擲	發射器	手擲	發射器	手擲
10 cm	525	1039.58	515	659.58	625	546.25
15 cm	475	1025.83	550	732.54	520	730.42
20 cm	570	1033.34	480	668.34	490	505.42
30 cm	575	1630.00	480	400.00	395	353.34

表三 投影片圓環飛行器以發射器發射與手擲發射飛行距離表。(飛行距離單位：cm)

飛行距離 圓周長	10cm		20 cm		29.5 cm	
	發射器	手擲	發射器	手擲	發射器	手擲
15 cm	485	1088.34	415	583.75	610	432.50
20 cm	560	1158.75	420	555.00	500	393.75
28.5cm	670	1267.08	390	472.84		

(紅色字體為飛行距離最遠的數據，綠色字體為飛行距離最近的數據。)

- (一)發射器發射飛行器與手擲飛行器的差異：發射器是由鬆緊帶拉住推進器，由後向前推，將飛行器推出的力量相同；但手擲飛行器是用手握住飛行器前端，以全身最大的力氣去投擲，兩個組員及兩個同學的力氣大小不同，投擲飛行器時角度也不同。
- (二)由表一、表二、表三上的紅色數字可以發現手擲飛行器的最遠飛行距離明顯優於發射器，這是因為發射器力量固定，角度固定，但手擲發射力量及角度皆可調整，因此能有更好的飛行距離；但最近的飛行距離，手擲發射和發射器發射則無明顯差別。
- (三)手擲發射因為是用手握住飛行器前端，因此長度 20cm 和 30cm 的飛行器離手時容易偏向，飛行狀況不佳，所以飛行距離皆較近。發射器發射飛行器，因為是由後向前推，所以長度長的飛行器有機會飛出最遠距離。
- (四)若要以手擲方式發射，建議製作飛行器圓周長 30cm、長度 10cm。若要製作較長的飛行器，則建議用發射器發射。

#### 四、改變飛行器尾翼對飛行器飛行有無影響：

##### (一) 發射器發射改變尾翼圓環飛行器

### 發射器發射改變尾翼圓環飛行器

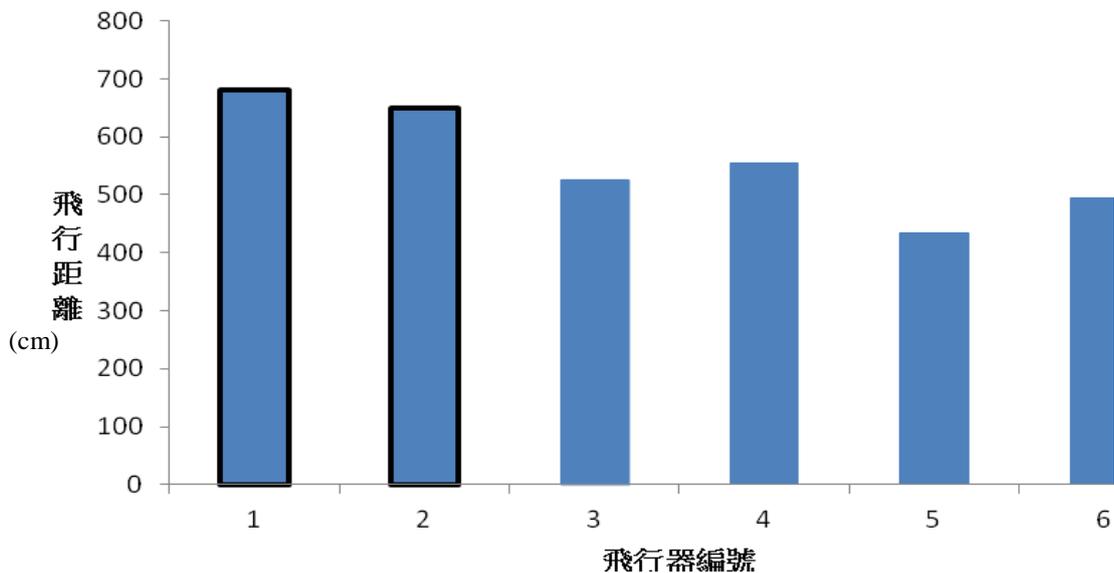


圖 3-1 以發射器發射改變尾翼圓環飛行器飛行距離長條圖

- 1.未改變尾翼前，原飛行器以發射器發射飛行距離為 610cm。
- 2.由圖 3-1 可知，改變尾翼後，以編號 1 的飛行器飛行距離最遠，其次為編號 2 的飛行器，其飛行距離皆比未改變尾翼還遠，但編號 3~編號 6 飛行器的飛行距離則沒有增加。
- 3.由圖 3-1 可知，改變尾翼形狀對飛行距離的確有影響，但不一定會增加飛行距離。

##### (二) 手擲發射改變尾翼圓環飛行器

### 手擲發射改變尾翼圓環飛行器

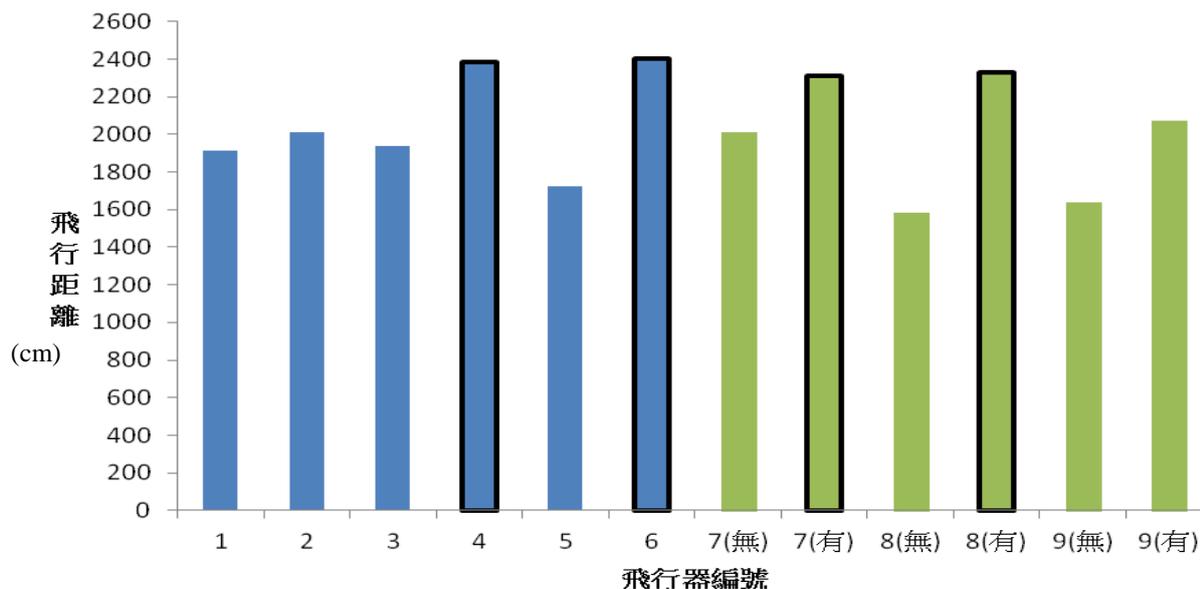


圖 3-2 以手擲發射改變尾翼圓環飛行器飛行距離長條圖

(上表括號無為無夾夾子的外加尾翼圓環飛行器，上表括號有為有夾夾子的外加尾翼圓環飛行器)

- 1.未改變尾翼前，原飛行器以手擲發射飛行距離為 1857.14cm。
  - 2.飛行器編號 1~6 號中，改變尾翼後飛行距離有明顯增加的飛行器為編號 4、6 號；5 號飛行器飛行距離低於原飛行器。由此可知，改變尾翼對飛行器飛行距離的確有影響，但不是所有的尾翼形狀都可以增加飛行距離。
  - 3.飛行器編號 7~9 號外加尾翼的部分，於飛行時發現飛行器會往上飛到最高點後直接落下，我們認為是因為外加尾翼導致飛行器後方重量增加，因此於飛行器前端夾上兩支長尾夾(質量 2.1g)後重新測量。由數據可發現，增加重量後的 8 號飛行器飛行距離大幅增加，7 號、9 號飛行器飛行距離也增加不少。由此可知，外加尾翼部分，以外加梯形尾翼飛行距離最遠，但需於雲彩紙圓環飛行器前端增加重量。
- (三)以手擲發射改變尾翼圓環飛行器的飛行距離明顯遠於以發射器發射，這是因為發射方式不同造成。

## 柒、結論

綜合以上的實驗結果，可以得到以下幾點：

### 一、同材質、同圓周長但不同長度的飛行器：

(一)以發射器發射：在圓周長 20cm、30cm(28.5cm)中，長度 10cm 的飛行器都是飛行距離最遠的；圓周長 10cm、15cm 的數據則較沒有規律性。

(二)以手擲發射：皆以長度 10cm 飛行距離最遠。

### 二、同材質、同長度但不同圓周長的飛行器：

(一)以發射器發射：長度 10cm，以圓周長 20cm、30cm(28.5cm)飛行距離較遠；長度 20cm，以圓周長 10cm、15cm 飛行距離較遠；長度 30cm，以圓周長 10cm、15cm 飛行距離較遠。

(二)以手擲發射：皆以圓周長 30cm 飛行距離最遠。

三、不同材質的飛行器飛行距離不同，以手擲發射都以圓周長 30cm、長度 10cm 的飛行器飛得最遠；以發射器發射圓周長 30cm、長度 10cm 的飛行器雖不一定是飛行距離最遠的，但皆有較遠的飛行距離。

四、發射器發射改變尾翼形狀，以波浪形、圓弧形飛行距離較遠；手擲發射則是以三角形、直角三角形飛行距離較遠，外加尾翼部分則是以有夾夾子外加三角形、外加梯形飛行距離較遠。

五、若要以手擲方式發射，建議製作飛行器圓周長 30cm、長度 10cm。若要製作較長的飛行器，則建議用發射器發射。

## 捌、參考資料及其他

1.<http://www.youtube.com/watch?v=OgjiLDx4eyk>。

2. 作者：張仁甫、張仁昌。新觀念高中物理 建宏出版社 第九章 流體力學 9-81 頁

3. 作者：尤芳恣。國立成功大學航空太空工程學系中華民國高中實驗火箭設計大賽設計手冊 第一章 空氣動力學

附件一：發射器發射圓環飛行器的實驗結果。

(一) 雲彩紙圓環飛行器飛行的落點區域紀錄表。

雲彩紙：圓周長 10cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	10	12	10	10	12	10.8
雲彩紙：圓周長 10cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	18	20	17	18	20	18.6
雲彩紙：圓周長 10cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	14	14	17	16	17	15.6
雲彩紙：圓周長 15cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	13	15	17	16	14	15
雲彩紙：圓周長 15cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	11	11	13	12	13	12
雲彩紙：圓周長 15cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	10	8	8	10	10	9.2
雲彩紙：圓周長 20cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	20	18	19	18	19	18.8
雲彩紙：圓周長 20cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	14	14	15	16	17	15.2
雲彩紙：圓周長 20cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	9	10	10	10	12	10.2
雲彩紙：圓周長 30cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	15	16	16	17	18	16.4
雲彩紙：圓周長 30cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	8	9	9	10	10	9.2
雲彩紙：圓周長 30cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	10	10	11	11	12	10.8

(二)白紙圓環飛行器飛行的落點區域紀錄表。

白紙：圓周長 10cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	11	13	13	14	14	13
白紙：圓周長 10cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	11	12	13	13	14	12.6
白紙：圓周長 10cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	16	16	17	18	18	17
白紙：圓周長 15cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	10	10	11	11	13	11
白紙：圓周長 15cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	13	14	14	14	15	14
白紙：圓周長 15cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	12	12	12	14	14	12.8
白紙：圓周長 20cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	14	14	15	15	16	14.8
白紙：圓周長 20cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	10	11	11	12	12	11.2
白紙：圓周長 20cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	11	11	11	12	13	11.6
白紙：圓周長 30cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	14	14	15	15	17	15
白紙：圓周長 30cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	10	10	10	13	13	11.2
白紙：圓周長 30cm，長度 30cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	7	7	8	8	9	7.8

(三) 投影片圓環飛行器飛行的落點區域紀錄表。

投影片：圓周長 15cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	11	11	11	12	12	11.4
投影片：圓周長 15cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	8	8	9	9	9	8.6
投影片：圓周長 15cm，長度 29.5cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	14	16	17	17	18	16.4
投影片：圓周長 20cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	13	14	15	15	15	14.4
投影片：圓周長 20cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	8	8	9	9	10	8.8
投影片：圓周長 20cm，長度 29.5cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	11	11	12	13	13	12
投影片：圓周長 28.5cm，長度 10cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	17	17	19	20	21	18.8
投影片：圓周長 28.5cm，長度 20cm						
次數	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	平均
落點區域	6	7	8	8	9	7.6

(四) 改變尾翼後圓環飛行器飛行的落點區域紀錄表。

1.波浪形	次數	一	二	三	四	五	平均
	落點區域	27	18	20	16	15	19.2
2.圓弧形	次數	一	二	三	四	五	平均
	落點區域	18	15	19	20	18	18
3.城堡形	次數	一	二	三	四	五	平均
	落點區域	15	15	12	12	11	13
4.三角形	次數	一	二	三	四	五	平均
	落點區域	13	18	14	11	15	14.2
5 鬚狀	次數	一	二	三	四	五	平均
	落點區域	11	9	8	9	10	9.4
6 直角三角形	次數	一	二	三	四	五	平均
	落點區域	16	12	12	9	10	11.8

附件二：手擲圓環飛行器的實驗結果。

(一) 手擲雲彩紙圓環飛行器的飛行距離紀錄表及個人平均值。

雲彩紙：圓周長 10cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1040	1285	1050	1080	1300	1350	1370	1380	1180	1060
個人平均	1138.33					1300.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1310	1280	1300	1140	1200	1060	1130	1335	1470	1330
個人平均	1260.00					1265.00				
雲彩紙：圓周長 10m，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	660	560	450	485	475	690	695	600	590	790
個人平均	506.67					661.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	430	420	510	530	500	430	480	450	450	490
個人平均	480.00					460.00				
雲彩紙：圓周長 10cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	440	450	460	620	490	480	400	470	450	630
個人平均	466.67					466.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	370	410	350	350	300	360	410	300	360	560
個人平均	356.67					376.67				
雲彩紙：圓周長 15cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1330	1440	1470	1390	1080	1230	1240	1500	1180	1380
個人平均	1386.67					1283.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1100	990	1010	1010	1180	1050	1000	1300	1295	1130
個人平均	1040.00					1158.33				
雲彩紙：圓周長 15cm，長度 20cm										

	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	660	700	720	890	770	960	890	870	770	710
個人平均	730.00					843.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	530	670	610	630	710	600	765	620	570	530
個人平均	636.67					596.67				
雲彩紙：圓周長 15cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	410	350	310	425	360	340	420	370	360	390
個人平均	373.33					373.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	325	330	350	400	370	350	365	425	370	370
個人平均	350.00					368.33				
雲彩紙：圓周長 20cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1640	1130	1510	1430	1630	1580	1690	1450	1480	1580
個人平均	1523.33					1546.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	970	940	1010	1080	1280	1010	990	1010	1300	1140
個人平均	1020.00					1053.33				
雲彩紙：圓周長 20cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	730	660	655	690	700	610	650	670	620	665
個人平均	683.33					645.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	630	520	495	560	500	730	610	690	720	650
個人平均	526.67					686.67				
雲彩紙：圓周長 20cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	560	435	620	435	550	350	490	430	430	540

個人平均	515.00					450.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	480	550	530	430	340	375	395	360	380	395
個人平均	480					383.33				
雲彩紙：圓周長 30cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1730	2110	1765	1650	1800	2100	2375	2150	2290	2475
個人平均	1765.00					2271.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1470	1480	1430	1490	1450	2050	1990	1670	2160	1700
個人平均	1466.67					1913.33				
雲彩紙：圓周長 30cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	690	635	650	685	590	590	565	600	575	650
個人平均	656.67					588.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	635	530	520	635	570	495	590	600	510	540
個人平均	578.33					546.67				
雲彩紙：圓周長 30cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	290	340	420	375	410	340	400	350	400	360
個人平均	375.00					370.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	325	330	430	385	330	400	325	405	340	375
個人平均	348.33					371.67				

(二) 手擲白紙圓環飛行器的飛行距離紀錄表及個人平均值。

白紙：圓周長 10cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1000	1100	1090	995	1090	1090	1140	1040	1370	1080
個人平均	1060.00					1090.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	950	940	1110	1030	1080	1200	960	1010	990	965
個人平均	1020.00					988.33				
白紙：圓周長 10cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	760	685	690	495	500	650	715	795	890	710
個人平均	625.00					740.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	510	840	630	580	840	650	520	540	680	580
個人平均	683.33					590.00				
白紙：圓周長 10cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	630	630	580	610	500	625	545	640	520	580
個人平均	606.67					583.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	400	580	530	450	500	570	505	410	470	530
個人平均	493.33					501.67				
白紙：圓周長 15cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1260	1070	1200	925	1150	1070	965	1290	1080	880
個人平均	1140.00					1038.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	960	860	850	880	990	880	960	1210	920	1195
個人平均	900.00					1025				
白紙：圓周長 15cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				

次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	730	740	740	720	730	875	740	775	730	720
個人平均	733.33					748.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	680	755	690	620	660	770	820	790	790	730
個人平均	676.67					783.33				
白紙：圓周長 15cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	600	840	750	760	840	710	850	835	740	620
個人平均	783.33					761.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	560	590	670	650	630	720	820	880	720	720
個人平均	623.33					753.33				
白紙：圓周長 20cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1140	1190	1140	980	1210	950	1140	1000	830	1110
個人平均	1156.67					1020.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1070	970	790	760	850	1070	1210	925	980	1370
個人平均	870.00					1086.67				
白紙：圓周長 20cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	670	660	700	700	670	630	760	710	650	650
個人平均	680.00					670.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	615	590	620	645	660	690	700	620	700	760
個人平均	626.67					696.67				
白紙：圓周長 20cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	500	570	555	730	590	515	510	750	565	550
個人平均	571.67					543.33				

	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	410	430	470	430	400	510	420	470	470	580
個人平均	423.33					483.33				
白紙：圓周長 30cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1770	1630	1715	1710	2270	1770	2000	1970	1820	2200
個人平均	1731.67					1930.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1390	1400	1500	1365	1310	1310	1480	1400	1600	1540
個人平均	1385.00					1473.33				
白紙：圓周長 30cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	370	380	440	320	260	310	410	480	415	625
個人平均	356.67					435.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	300	340	480	530	455	360	290	410	380	410
個人平均	425.00					383.33				
白紙：圓周長 30cm，長度 30cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	385	300	440	365	380	380	235	380	315	310
個人平均	376.67					335.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	365	380	300	460	320	280	330	390	470	320
個人平均	355.00					346.67				

(三) 手擲投影片圓環飛行器的飛行距離紀錄表及個人平均值。

投影片：圓周長 15cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1150	1160	1090	970	1020	1060	1140	1010	1020	1070
個人平均	1086.67					1050.00				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1110	1070	1060	1000	1080	1140	1130	1250	1170	920
個人平均	1070.00					1146.67				
投影片：圓周長 15cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	610	560	560	620	615	620	710	580	520	580
個人平均	595.00					593.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	480	500	540	490	500	610	660	670	620	720
個人平均	496.67					650.00				
投影片：圓周長 15cm，長度 29.5cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	470	370	340	470	420	410	430	430	540	420
個人平均	420.00					426.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	360	450	390	390	340	420	540	510	480	520
個人平均	380.00					503.33				
投影片：圓周長 20cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1210	1050	1200	1170	1120	1360	1110	1250	1310	1230
個人平均	1163.33					1263.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1140	1150	1080	1160	1170	930	1180	1045	950	1355
個人平均	1150.00					1058.33				
投影片：圓周長 20cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				

次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	615	615	535	535	530	630	510	530	590	630
個人平均	561.67					583.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	500	510	495	525	555	540	570	580	530	670
個人平均	511.67					563.33				
投影片：圓周長 20cm，長度 29.5cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	580	350	310	430	335	370	515	390	390	470
個人平均	371.67					416.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	385	320	340	310	330	380	410	420	540	570
個人平均	330.00					456.67				
投影片：圓周長 28.5cm，長度 10cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1325	1035	1440	980	1240	1340	1740	1540	1450	1295
個人平均	1200.00					1443.33				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	1330	1140	1250	940	940	1305	1230	1590	1410	1100
個人平均	1110.00					1315.00				
投影片：圓周長 28.5cm，長度 20cm										
	組員一					組員二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	460	400	500	500	530	390	445	405	400	430
個人平均	486.67					411.67				
	同學一					同學二				
次數	一	二	三	四	五	一	二	三	四	五
飛行距離	470	570	450	445	530	530	490	480	570	510
個人平均	483.00					510.00				

(四) 手擲改變尾翼後圓環飛行器的飛行距離紀錄表，五組數據去除最大值與最小值，取其三組（以紅字表示）平均值。（單位：cm）

1. 波浪形 	次數	組員一					組員二				
	飛行距離	2310	1840	1710	2180	2100	2290	2220	2620	2230	1980
	個人平均	2040.00					2246.67				
	次數	同學一					同學二				
	飛行距離	1720	1290	1450	1700	1510	1760	2090	1660	1830	1830
2. 圓弧形 	次數	組員一					組員二				
	飛行距離	2100	1715	2295	2290	1880	2590	2290	2140	2270	2450
	個人平均	2090.00					2336.67				
	次數	同學一					同學二				
	飛行距離	1635	2500	1665	1890	1850	1540	1360	1900	2030	2060
3. 城堡形 	次數	組員一					組員二				
	飛行距離	1620	2230	1720	1980	1710	2520	2200	2400	1900	2010
	個人平均	1803.33					2203.33				
	次數	同學一					同學二				
	飛行距離	1400	1390	1310	2055	1740	2290	2390	2050	2500	1980
4. 三角形 	次數	組員一					組員二				
	飛行距離	2660	2410	2450	2800	2430	3010	3000	2740	3130	2600
	個人平均	2513.33					2916.67				
	次數	同學一					同學二				
	飛行距離	1540	1540	2090	1970	1925	2360	2080	2580	2420	2010
5. 鬚狀 	次數	組員一					組員二				
	飛行距離	1910	1980	1690	1860	2120	2580	1490	1490	1480	1920
	個人平均	1916.67					1633.33				
	次數	同學一					同學二				
	飛行距離	1340	1370	1330	1600	1370	1640	1870	2000	2090	2280
6. 直角三角形 	次數	組員一					組員二				
	飛行距離	2630	2670	2260	2225	2180	2880	2200	3500	3860	2180
	個人平均	2371.67					2860.00				
	次數	同學一					同學二				
	飛行距離	1960	1930	1975	2410	2340	1930	2065	2550	2720	2240
	個人平均	2091.67					2285.00				
因編號 7~9 飛行器飛行時會向上衝，並於最高點落下，為了增加其重量，在飛行器的前端夾上兩											

支長尾夾(長尾夾質量：2.1g)，因此編號 7~9 飛行器有兩種飛行數據。(無：代表沒有長尾夾，有：代表有長尾夾。)

7. 外加 三角形		無	次數	組員一					組員二				
		飛行距離	1950	1970	1850	1710	2480	2040	2050	2690	2210	2730	
		個人平均	1923.33					2316.67					
		次數	同學一					同學二					
		飛行距離	1500	1830	1170	1470	1770	2410	1800	1740	2350	2450	
		個人平均	1580.00					2186.67					
		有	次數	組員一					組員二				
		飛行距離	2340	2010	2370	2210	2050	2530	2860	2360	2425	2820	
		個人平均	2200.00					2591.67					
		次數	同學一					同學二					
		飛行距離	1805	2210	1615	1690	2070	2750	2460	2700	2600	2360	
		個人平均	1855.00					2586.67					
8. 外加 梯形		無	次數	組員一					組員二				
		飛行距離	1310	1770	1310	1610	1360	1710	1900	1960	1590	2000	
		個人平均	1426.67					1856.67					
		次數	同學一					同學二					
		飛行距離	1070	1070	1370	1260	1300	1790	1600	1950	1800	2150	
		個人平均	1210.00					1846.67					
		有	次數	組員一					組員二				
		飛行距離	2410	2620	2100	2365	2490	2700	2740	2210	3220	2310	
		個人平均	2421.67					2583.33					
		次數	同學一					同學二					
		飛行距離	1820	1680	1775	1830	1830	2580	1930	2510	2420	2620	
		個人平均	1808.33					2503.33					
9. 外加 半圓形		無	次數	組員一					組員二				
		飛行距離	1500	1350	1320	1350	1840	1090	2080	2480	1910	2330	
		個人平均	1400.00					2106.67					
		次數	同學一					同學二					
		飛行距離	1150	1380	1140	1340	1390	1930	2300	1730	1630	1510	
		個人平均	1290.00					1763.33					
		有	次數	組員一					組員二				
		飛行距離	2470	2200	2210	1985	2040	2200	2000	1840	1975	2100	
		個人平均	2150.00					2025.00					
		次數	同學一					同學二					
		飛行距離	1720	1840	1790	1650	1620	1990	2650	2200	2350	2610	
		個人平均	1720.00					2386.67					

## 【評語】 080811

研究主題頗有創意，但是在研究設計可再改進：

研究前的資料蒐集，例如：圓環飛行器被稱為 X-zylo，網路上有大小尺寸、投擲方法、原理之相關資料可參考。

宜多注意“控制變因”及其說明，例如為何頭部要摺七摺、手擲時手的力道如何控制。