

~ 波后尼、波內嚕 ~

原住民傳統弓箭的製作與研究

摘要

古早的原住民部落，每個原住民男子都要有射箭的好身手，因為這項技能可以獵得足夠的食物，讓族人得以溫飽；而且，弓箭還是項保家衛國的武器，學習射箭和擁有一把自己專屬的弓，是原住民小朋友跨入成人殿堂的第一步。

本研究針對原住民傳統弓和箭的製作方法、過程、材質、弓弦材料、射擊方式…等，進行探究；更針對弓長、拉距、拉力、竹箭長短、射擊仰角…等變因和弓箭射擊的「射程」、「準確度」、「箭速」，進一步分析研究。

我們研究發現：「拉距越長，拉力越大」；「拉距(拉力)越大，射程就會越遠」；「箭越短，射程越遠」；「射擊仰角大約 35° 時，射程最遠」；「以 22 磅拉力的弓測試，箭速大約為每小時 79 公里」；「箭的行進路線是以拋物線方式進行的」；「箭的重心，才是影響箭的飛行和穩定性的主要因素」；「我們可以調整《拉力》或《射擊仰角》來使弓箭射擊更準確」。

曾在台灣原住民狩獵文化扮演重要角色的弓箭，不只是獵具，也是工藝品，更是一個民族的文化濃縮。原住民傳統弓箭，雖然造型看似簡單，卻是蘊含著原住民的技藝，也傳承了狩獵文化，彌足珍貴。最後，我們期待以「弓箭」為媒，帶領著大家學習科學，並開始關心原住民族的傳統文化。

壹、研究動機

「一箭之遙」到底是多遠的距離呢？弓箭到底可以射多遠呢？看到水滸傳裡有提到「一箭之地」，於是查了一下成語辭典，是指不遠的距離。另外，「后羿射日」的神話故事，弓箭竟然可以將太陽射下來！子曰：「君子無所爭，必也射乎。揖讓而升、下而飲，其爭也君子。」俠盜「羅賓漢」的故事，數百年來一直是英國文學的一部份；春秋時代「百步穿楊」的射箭技藝高超，形容射箭技法高明準確；古今中外，有關「弓箭」的典故事跡，不勝枚舉。

聽部分原住民同學說：假日必須回到部落，要和部落裡的長輩到山上打獵！現在打獵還有人會使用弓箭嗎？聽耆老說過：「古早以前，射箭在原住民的生活中有重要地位，在我們部落中，年輕人必需要經過打獵這一關，能夠射中獵物才有資格成為部落的勇士。」而且，到目前為止，還繼續辦理著原住民弓箭射箭比賽唷！

到底弓是怎麼製作的呢？是用些什麼材質？箭又是怎麼製作的呢？什麼材質呢？弦的材質又是什麼？到底弓箭可以射多遠？弓箭的射擊是應用什麼原理呢？怎樣才可以射得準？如何可以讓弓箭射得遠？我們新一代的原住民，還真的是不知道呢！

弓箭的泰雅族語：「Bhoni 弓 Bnenu 箭」(波后尼，波內嚕)。這一次，我們請老師協助，和一些同學組成研究團隊，深入我們原住民部落，開始我們原住民傳統弓箭的製作和研究。

貳、研究目的

一、探討原住民傳統弓、箭的製作方式、方法、材質

二、探討影響原住民傳統弓箭「射程」的因素

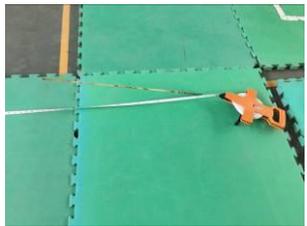
1. 探討「拉距」和「拉力」的變化關係
2. 探討「拉距」和「射程」的變化關係
3. 探討「弓長」和「射程」的變化關係
4. 探討「箭長」和「射程」的變化關係
5. 探討「竹箭重量」、「箭的重心」和「射程」的變化關係
6. 探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係

三、探討弓箭射擊「箭速」的變化關係

四、探討如何可以讓弓箭「射準」

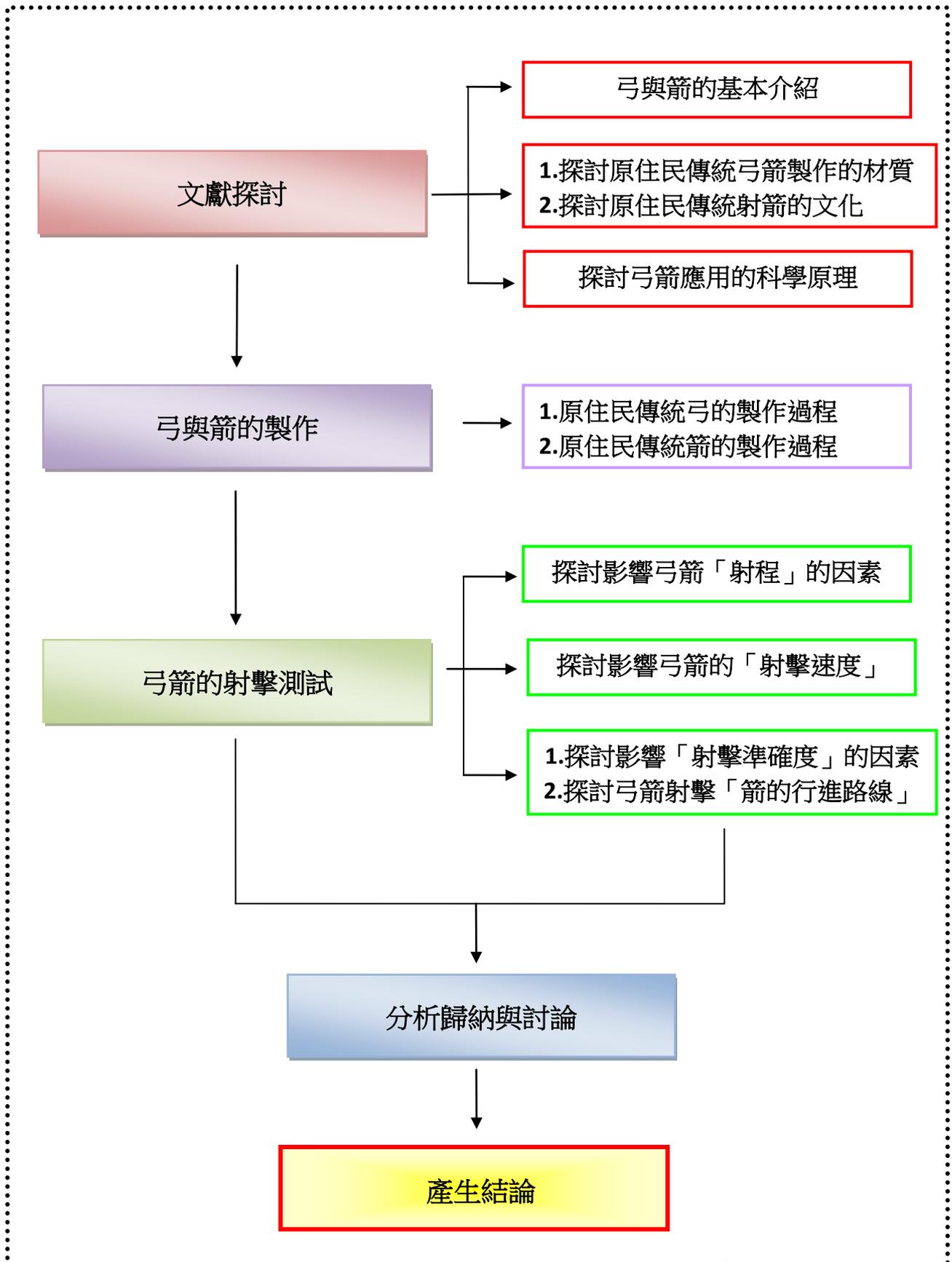
1. 探討弓箭射擊時「箭行進路線」的變化關係
2. 探討如何調整「拉距」、「射擊仰角」可以讓弓箭「射準」

參、研究設備與器材

木弓 	竹箭 	拉力測試器 	電子拉力測試機 
弓箭發射架(自行設計) 	高速攝錄影機 	垂直、水平測試儀 	角度測試儀 
靶紙 	測速槍 	捲尺 	束帶 

肆、研究方法

一、擬定架構



二、文獻探討

(一)弓與箭的基本介紹

射箭，可謂是中國古代體育項目的鼻祖了。據考古發現，它在距今二萬八千多年前就已經出現了。譬如：射箭在周代就被列入當時教育的內容之一，**當時的六藝：禮、樂、射、御、書、數**。其中射箭就是一項很重要的內容。當時的孔子、荀子以及墨子等等，都是射箭愛好者，不僅自己身體力行，同時也鼓勵學生射箭。

遠古時期人類就已知道使用弓箭狩獵，以取得食物，後來演變成戰爭兵器。時至今日，弓箭已逐漸由武器的觀念，轉為運動休閒用品，雖然使用目的漸漸轉變，但人們對於射箭的熱情卻有增無減，顯現出射箭運動的歷久靡新。箭的發展也是隨著弓的材質發展不斷的改良，弓的材質也隨著科技的進步由早期的木材、竹子、籐材轉變為今日的複合材質（玻纖、碳纖、鋁合金）。

(二)如何選擇適合的弓

- 1.如何選擇一把弓，最重要的兩項考量重點：「**拉力**」與「**拉距**」。
- 2.弓的主要構造、功能，我們以圖解方式呈現，如圖 4-2-1 所示。

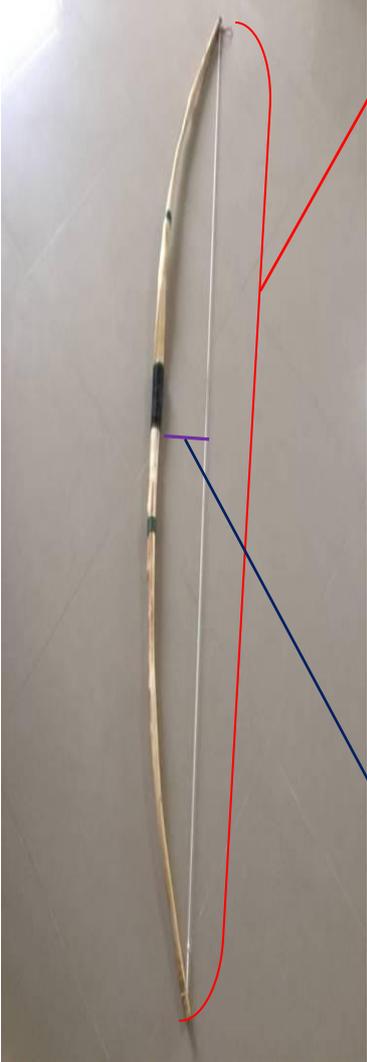
弓重： 指弓未裝上任何配件前的重量。一般傳統弓的重量約在 1~2.5 磅之間，越重的弓較不會震動，比較穩定。		弓長：(紅色線段) 指弓弦線固定在弓臂兩端時弓的長度。越短的弓，其視角也越小，對於搭箭瞄準以手放箭的位置會越窄。
拉力： 拉弓弦所付出的力量。 12~16 歲的青少年約使用 20~30 磅(9~13.6 公斤)拉力的弓；成年人一般是拉 30~60 磅(18~27 公斤)的弓。		 拉距：(紅色線段) 拉弓弦時，弓弦和弓的距離。 通常以拉滿弓所需最大的力量，計算弓的磅數。
初速： 指箭從拉緊的弓弦線釋放出去時所測得的箭速。是箭在離弦後其初始飛行的速度。 箭速快的好處有以下幾點： 1.箭的滯空時間短避免受風力、雨水等外在因素影響箭的準確性。 2.箭的飛行路線較平直，擊中目標的誤差率較低。		 弓窗：(圓圈處) 在弓的握把處上方，會有一個凹陷處，可以搭放竹箭，也可以利用來瞄準。 弓弦高：(紫色線段) 未拉弓弦時，握弓處弓弦線與握把的距離。 一般傳統弓的 弓弦高 約在 17~22 公分間，標準的約在 20 公分左右。

圖 4-2-1 弓的主要構造及功能圖解說明圖

(三)如何選擇適合的箭

箭的選擇須配合弓的**拉距**及**拉力**，這個箭才能飛的穩定，一支太輕的箭對弓來說尤如放空弓弦，對弓的損傷非常大；相對的一支太重的箭，它的有效飛行距離將會縮短，也就無法發揮弓應有的效能。

箭的主要構造：有「**箭頭**」、「**箭桿**」、「**羽葉**」、「**箭扣**」四個主要部份，如圖 4-2-2 所示。

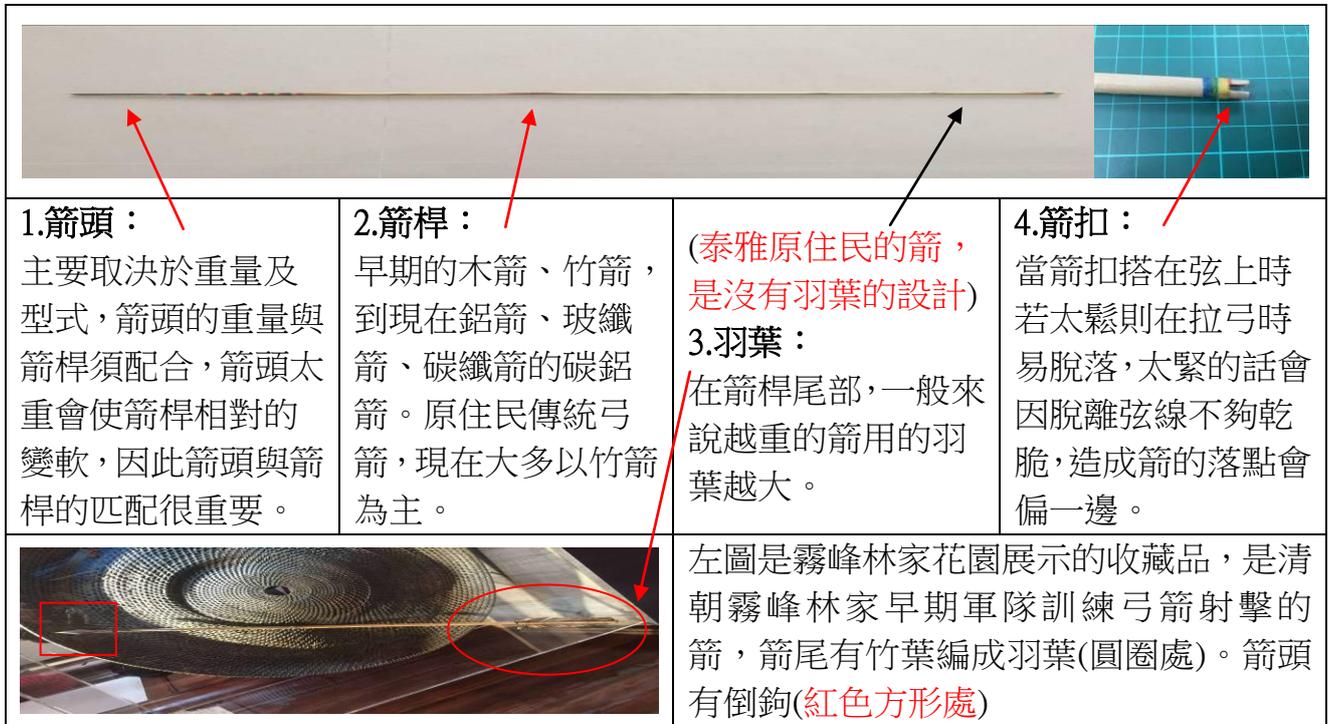


圖 4-2-2 箭的主要構造及功能圖解說明圖

(四)原住民弓箭的探討

「**狩獵**」曾是台灣原住民族生活中最重要的一環，還能延續傳統文化。既然是「**文化**」，注重的便是「**過程**」與「**傳承**」。

弓箭一直是台灣原住民最重要的武器，舉凡狩獵、保護家園、出草…等。狩獵，可說是泰雅族中，重要性僅次於農耕工作的「**產業**」。狩獵所捕獲的獵物，除了供族人及部落所需外，更可以和其他族交換部落所缺乏之物品。弓箭是狩獵中非常重要的武器，尤其是當遇到如山豬或熊等大型猛獸時，**弓箭可以遠距射擊**，是狩獵時不可或缺的武器。

泰雅男孩在約九歲至十歲左右，就會由父親帶領指導如何使用弓箭。在某些部落中年輕人必需要經過打獵這一關，**能夠射中獵物才有資格成為部落的勇士**。因為，打獵獲取獵物及保護部落，是泰雅勇士不可避免的責任。傳統的泰雅弓箭，弓身是採用「**呂宋夾迷**」植物為材料，只是現在的**呂宋夾迷**已不多見，取而代之的是「**七里香**」。箭桿則是以箭竹為材料，**玉山箭竹**是最佳的箭材；通常箭桿的尖端會加上鐵鏃或石鏃，再用硬石琢磨成各種不同的箭尖；至於箭的**末端**，則不加上**羽毛**。弦，以前都是用草藤或黃藤做為材料，現在則是進步到以尼龍繩索為材料了。

我們將傳統原住民的弓和箭分類介紹，如圖 4-2-3 所示。

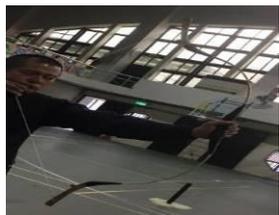
一、原住民傳統「狩獵專用」的弓和箭



特色介紹：

- 1.弓長大約在 140cm~150cm 左右，弓長比一般的弓更短小，主要是方便在叢林中活動，追逐獵物時更方便。
- 2.搭配狩獵的箭，箭桿的材質一樣是竹子製作；最大的差異在於箭頭，箭頭設計有倒鉤，主要在打到獵物時，可以讓獵物放血，攻擊性強大。

二、國際傳統射擊比賽專用弓箭(國際賽專用)



特色介紹：

- 1.弓長大約 160 cm~180cm 左右，弓身為複合材質，部分材質為玻璃纖維製作，為反曲弓造型，拉力磅數高達 40 磅，射程可超過 100 公尺。
- 2.搭配射擊的箭，箭桿為碳纖維材質或木質，箭頭比較短小，箭長比較短，大約 80cm 左右。最大特色是箭尾有三片羽毛，主要是因為射擊比賽距離較遠，箭需要比較穩定的飛行，才能準確命中目標。

三、原住民傳統弓箭(一般練習及原住民射箭比賽專用)



特色介紹：

- 1.主要是平常練習、教學、介紹、體驗或原住民傳統弓箭射擊比賽使用。
- 2.弓長不限，可隨意製作，大多數弓長約 180cm~220cm，目前大多數為七里香材質。
- 3.搭配射擊的箭為竹箭，箭頭以鐵釘嵌入，箭尾沒有羽毛，比賽規格，箭長大約 90cm。
- 4.後續的實驗操作，我們將以此款的弓箭，當成實驗研究器材。

圖 4-2-3 各類原住民傳統弓箭的介紹

(五)原住民弓箭製作的原理與射擊探討

1. 弓箭製作的原理

弓箭的技術是祖先流傳下來的智慧。在科學老師眼中，弓箭也具有科學意義。弓可分為**弓身**及**弓弦**兩部分，弓身利用有彈性的材料才能提供彈性能。選用的材料因地制宜，早期多是使用彈力好的樹枝，例如泰雅族與布農族常用木材製作弓體，木製的弓身以整塊原木削製而成，但竹林多了之後，也可以用竹製。

弓的二側削得又細又薄，容易「形變」，使拉弓的時候更容易彎曲。那麼，為何中央要厚呢？弓體中央粗厚，除了易於掌握，拉弓時二端的形變大，中間的形變小，可使力被分散，使中央不容易斷裂。施力越大彎曲越大，如果是厚薄一致的單層弓，在受外力時，容易在弓的中央處斷裂。弓的製作科學原理說明，如圖 4-2-4 所示。

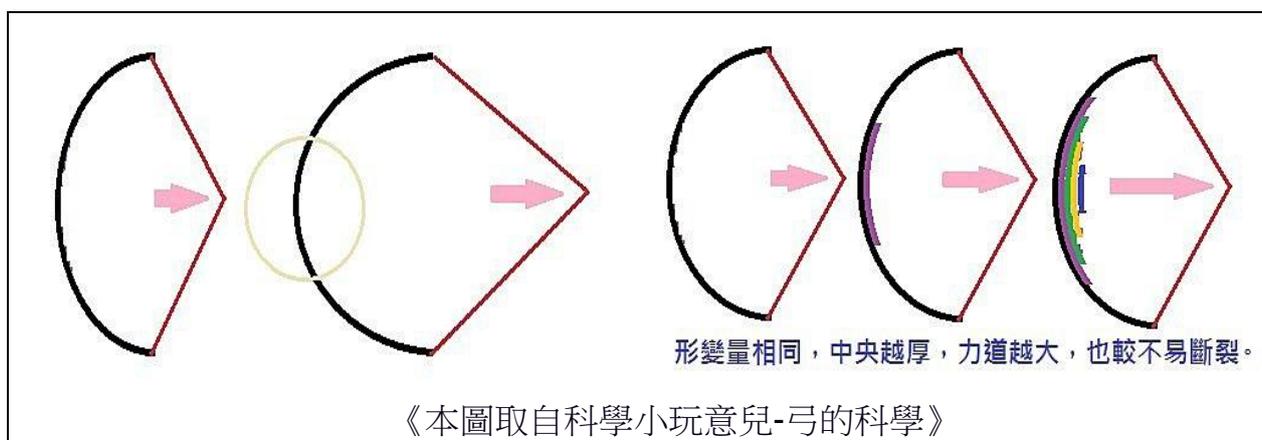


圖 4-2-4 原住民傳統弓的製作原理說明圖

2. 弓箭射擊的原理：

原始弓箭的射擊原理，是透過人力拉緊弓弦，使弓臂彎曲變形，同時儲存彈力，然後鬆開弓弦，弓臂馬上恢復原狀，並迅速釋放能量，把扣在弦上的箭大力地彈射出去。當我們把弓拉開時，就已將拉弓所需的能量貯藏在弓內。放箭時，貯存的能量就釋放出來，使箭在空中以頗高的速度飛射出去。

現在假設將一支箭，以一定能量發射，如不計空氣及風力之影響，則箭在空中飛行，其軌道依牛頓運動定律，必為拋物線。此拋物線之形狀及位置，視箭之質量、發射箭之能量、箭所在空間之位置(箭的高度)、以及箭與水平線所成之角度而定。如果每一支箭的長度、大小、形狀及質量一定，且箭所在空間之位置一定，發射箭的能量一定，則每支箭必沿著同一軌道飛行。如果標靶中心恰好在軌道上，則每支箭必能射中靶心。

如果靶心不在其軌道上，則可藉調整之飛行軌道，以達到每箭都能射中靶心的目的。

如何調整箭之飛行軌道呢？理論上有下列三種方法。

- (1)調整箭之長短、大小及質量。
- (2)調整發射能量。(調整「拉力」或「射擊仰角」)
- (3)調整正待發射時箭在空間的位置。(手握弓的高低)

三、實地訪查

(一)拜訪泰雅族部落長老

1.我們是屬於南澳泰雅族原住民部落，我們請家裡的長輩協助聯絡部落裡原住民的長老，約定時間前往部落，向精於弓箭製作的長老請益，了解原住民傳統弓箭的歷史、演進、材質、製作、文化、傳承等相關問題。

2.原住民傳統弓箭的文化，有各自部落的特色，但是其原理、功能、材質、大小，其實是大同小異的，因為我們是泰雅族，我們這次的研究，以泰雅族的傳統弓箭為主要研究對象。

(二)實地學習弓與箭的製作

1.目前原住民傳統弓的製作，大多分為木製弓和竹製弓二種。木製弓，大多以七里香為材質，我們請部落長老協助製作三把長短不同的木弓。我們這次的研究以七里香木製弓為主要探討項目。

2.目前原住民傳統箭的製作，大多是以箭竹為材質，我們製作 5 支長短不同的竹箭，當成研究探討的項目。

四、規畫實驗

我們將蒐集到的文獻資料和實地訪查的記錄，彙整討論，當成我們實驗設計的方向，並嚴格控制變因。我們這次實驗設計的規劃如下：

- (一)探討「拉距」和「拉力」的變化關係
- (二)探討「拉距」和「射程」的變化關係
- (三)探討「弓長」和「射程」的變化關係
- (四)探討「箭長」和「射程」的變化關係
- (五)探討「竹箭重量」「竹箭重心」和「射程」的變化關係
- (六)探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係
- (七)探討弓箭射擊「箭速」的變化關係
- (八)探討弓箭射擊時「箭行進路線」的變化關係
- (九)探討如何調整拉距、射擊仰角可以讓弓箭「射準」

伍、研究過程、結果和討論

【研究一】原住民傳統弓箭的製作與射擊方法探討

我們這次的研究，主要是以原住民傳統的弓箭為研究方向。我們請部落的親戚協助，連絡曾經多次獲得原住民傳統射箭比賽冠軍，也是目前部落中最專精於弓箭製作的伯父，來指導我們有關弓箭的製作和射擊方法的探討。

(一)研究過程

1.弓的製作

(1)彈木挑選：

- a.原住民傳統弓製作，主要有木弓和竹弓二種，木弓較為牢固耐用，我們這次以木弓為研究方向。
- b.木弓的材質選擇，每個原住民族習慣使用的材質不一定，會依照當地環境來

選擇，通常是以七里香、呂宋夾迷、黑皮樹、檫木、桃花心木等彈力較好的木材來當製作。

c.不管使用什麼材質，必須要挑選長度適中，比較挺直的木料才可以。

d.我們這次選用「七里香」為木弓的製作材質。

(2)定位重心：

a.先找出木材的中心點，做上記號。

b.中心位置必須是比較粗壯的，可以成為整個木弓的支撐中心點才可以。

(3)弓柄加工：

a.以電動刨刀，從中心點往二側刨除木材，兩側較薄。

b.中心點的位置，為木弓的支撐力量，中心點位置不能刨除過薄。

(4)弓窗設計：

a.木弓的中心點會設計凹槽，可以協助射擊時，箭的放置。

b.弓窗設計，相當於準星、瞻孔的設計，可以協助弓箭射擊瞄準。

(5)弓弦安裝：

a.弓弦材質，以一般家庭尼龍製窗簾繩安裝即可。

b.上弦時，必須配合木弓的張力和所需要的磅數調整鬆緊，不可過鬆或太緊。

(6)磅數測試：

a.一般弓箭的設計，是以磅數來衡量弓的強度。原住民傳統木弓的製作，也是以磅數來衡量弓的強度。

b.木工完成後，必須進行磅數測試，一般 12~16 歲青少年所使用的磅數大約 20~30 磅。磅數太重，會拉不動弓弦；磅數過輕，也失去弓箭射擊的效能。

c.我們這次的木弓製作，為了控制變因，就以約 20 磅的木弓為設計方向。

2.箭的製作

(1)箭竹挑選：

a.一般原住民傳統箭會用材質較堅硬的箭竹，約取 90 公分左右。

(2)磨平取直：

a.將竹節磨平，再以多次燒烤方式，慢慢將箭竹取直。

(3)箭頭裝置：

a.鐵釘的粗細大小須和箭竹的粗細配合。

b.竹箭前方鑽洞，鐵釘需沾些許熱熔膠協助固定，再放入鐵釘。接著將竹箭前方磨細，再纏繞細線固定。

(4)箭尾設計：

a.將箭的尾端削成凹槽，形成箭扣，再纏繞細線固定，此為箭可置放的空間。

3.弓箭射擊安全

(1)任何時刻，弓箭絕對不可以對著人！以確保安全！

(2)空弦拉弓時，請勿直接放弦，避免手部受傷，也避免木弓斷裂。

4.弓箭射擊規則

(1)射準比賽

(2)射遠比賽

(二)研究結果

1.我們將原住民傳統弓箭製作過程記錄下來，如圖 5-1-1 所示。

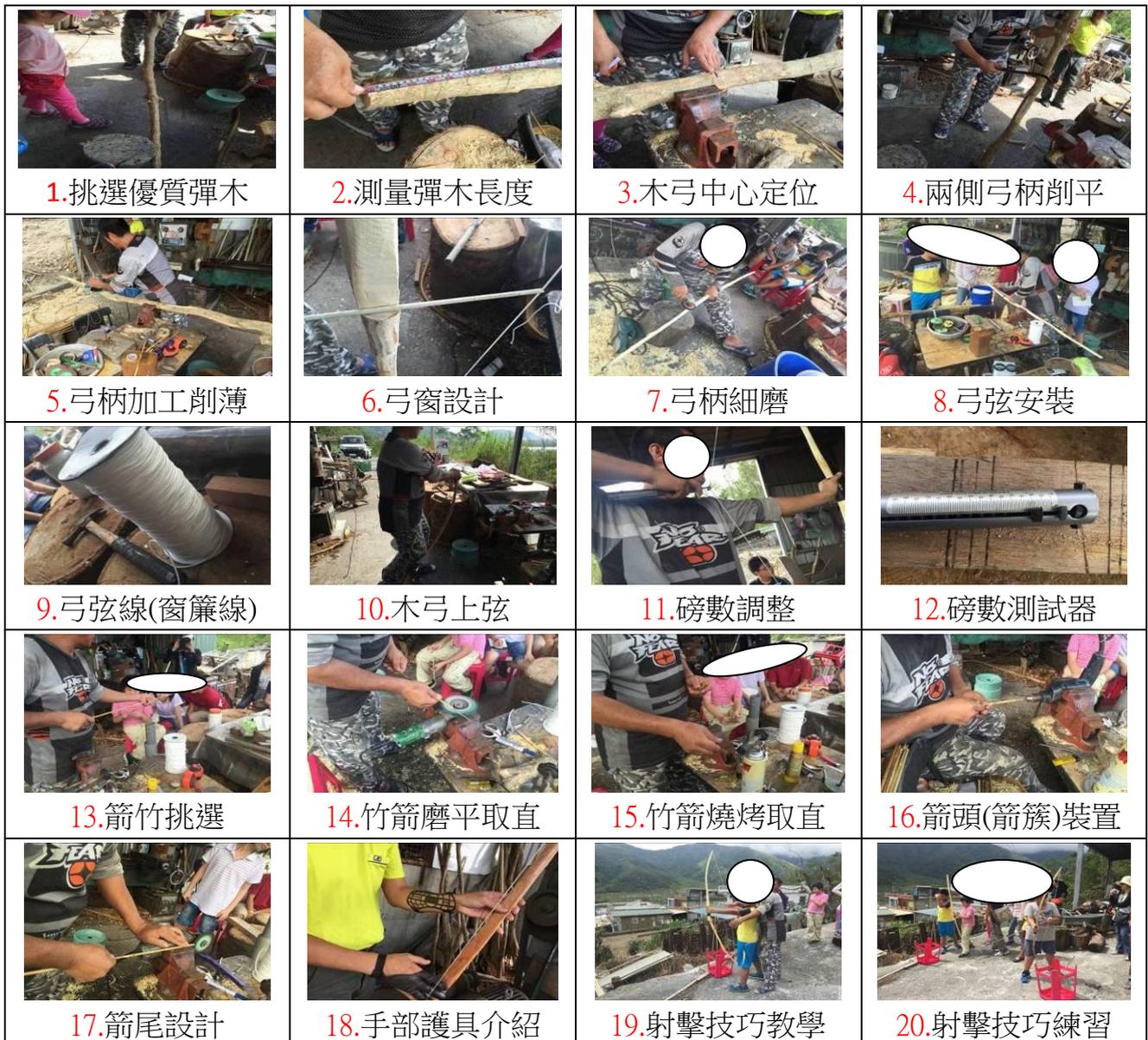


圖 5-1-1 原住民傳統弓箭製作過程說明圖

(三)討論

- 1.製作木弓的七里香木料，從樹上擷取下來，必須先置放一個月以上，讓木材的濕度降低(不易變形)。而且木材不能有蟲蛀、龜裂…等狀況。
- 2.木弓製作完成後，還要再上一層薄薄的亮光漆，可以保養木弓，使木弓的壽命延長。
- 3.向部落長老請益，影響「射程」和「射準」的變因討論：

和部落長老的討論

- a.依據原住民長老的射箭經驗，「射程」是弓箭製作最重要的要素。「射程」，代表的是弓箭的力道、強度、更是準度的依據。有一把適合的弓，才能夠「射準」。
- b.影響「射程」的原因大概有以下幾項：第一是弓的「磅數」，也是最重要的因素。另外，必須要有好的彈木，還要適合個人的力道。磅數不足，射程就不夠；磅數過

大，臂力不足，弓就無法拉開。

c. 「弓長」、「拉距」、「拉力」、「箭的長短」、「射擊仰角」、「射擊高度」，都可能是影響「射程」的因素之一。

d. 實際的「拉距」，必須扣除「弓弦高」，要不然「拉力」會產生誤差。

※我們將以上這些和長老討論的經驗，作為我們測試弓箭「射程」的「重要變因」。

【研究二】應該由誰來射箭？

1. 考量我們的力道，我們總共製作了四把木弓：分別為 200cm、190cm、170 cm 三把弓，拉滿弓約為 22 磅(9.978 公斤)的拉力；另外一把為 170 cm 的弓，拉滿弓約為 15 磅(6.803 公斤)的拉力。

2. 四把弓的介紹說明，如圖 5-2-1 所示。

				
木弓四把 弓長都不一樣	拉滿弓 15 磅 弓長 170cm 弓弦高 15cm	拉滿弓 22 磅 弓長 170cm 弓弦高 23cm	拉滿弓 22 磅 弓長 190cm 弓弦高 20cm	拉滿弓 22 磅 弓長 200cm 弓弦高 18cm

圖 5-2-1 實驗測試的弓長和弓弦高介紹

(一)研究過程

1. 弓箭的射擊，看起來好像很簡單，實際練習之後才知道「真的很難」。

2. 經過幾次的弓箭射擊練習之後，我們的弓箭射擊技巧稍有進步。但是，每個人的拉力、適合的弓長、穩定性、高度、角度…等，都不一樣！這必定會影響我們實驗的準確度，將會造成實驗的誤差。

3. 所以應該由誰來射箭呢？

4. 經過討論之後，為了控制變因，我們決定設計一個【弓箭發射架】。

(二)研究結果

1. 為了要嚴謹的控制變因，我們設計一個【弓箭發射架】，如圖 5-2-2 所示。

嚴謹的控制變因

為了控制變因，我們自行設計「弓箭發射架」將弓固定住。例如：弓箭架設是否垂直、水平，角度是否正確、拉距是否到位。我們利用水平、垂直測試儀、量尺、量角器等器材，來加強射擊前的測試和變因控制。先測試「拉距」和「拉力」的變化關係，再測試不同的「變因」和弓箭「射程」的變化關係，後續相關的實驗，也都是以弓箭發射架來射擊。

另外，我們也利用學校「室內的體育館」，密閉的場地來進行實驗，避免因為風力的強弱，影響實驗的準確性！

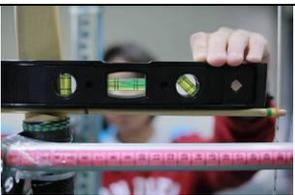
			
1.先利用角鋼和羽球架固定成H字型	2.利用水平儀測試水平	3.將木弓的握把處以束帶固定	4.測量射擊高度為135公分
			
5.弓箭發射架完成	6.發射架側邊固定量尺	7.測試弓弦是否垂直	8.測試竹箭是否水平
			
9.測試拉力和拉距的關係	10.在密閉的體育館準備射擊	11.以固定拉距測試射程	12.準備射擊、測試、實驗

圖 5-2-2 自行設計弓箭發射架製作過程說明圖

(三)討論

1.自行設計的「弓箭發射架」是否可行？

(1)我們將弓箭固定在發射架後，再以水平測量儀、垂直測量儀來協助定位。

(2)接著我們測試射擊，我們讓不同的同學測試相同的拉距。

我們發現：不管由誰來射擊，在相同拉距、相同竹箭的情況下，我們射擊的方向幾乎都在都一條直線上，箭的落點也非常接近。

2.為什麼射擊高度設定為 135 公分？

(1)因為我們手臂握弓平舉的高度，大概在 130~140 公分左右，所以我們將射擊高度固定在 135 公分，以控制變因。

(2)箭靶架設規定，從地面垂直量起傾斜 10 至 15 度之角度，靶心需位於地表上 130 公分處，靶心必須在水平線上。詳細說明，如圖 5-2-3 所示。

		
弓箭射擊測試，落點皆在寬度大約 20 公分以內的紅線範圍	我們手臂握弓平舉的高度，大概在 130~140 公分左右，所以我們將射擊高度固定在 135 公分，以控制變因	

圖 5-2-3 自行設計《弓箭發射架》射擊落點範圍說明圖

【研究三】探討影響「射程」的變因？

《實驗一》探討「拉距」和「拉力」的變化關係

(一)研究過程

- 1.我們以自行設計的弓箭發射架，將弓固定住。
- 2.測量每一把弓的**弓弦高**(如圖 5-2-1 所示)，再加上我們設定的「拉距長度」。
- 3.以電子拉力測量器，測量不同的「拉距」和「拉力」之間的變化關係。
- 4.拉距和拉力的測試過程中，我們避免手的碰觸產生誤差。
- 5.研究的過程，如圖 5-3-1 所示。



圖 5-3-1 弓的「拉距」和「拉力」變化關係測試過程說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將圖 5-3-1 的研究結果記錄下來，結果如圖 5-3-2 所示。

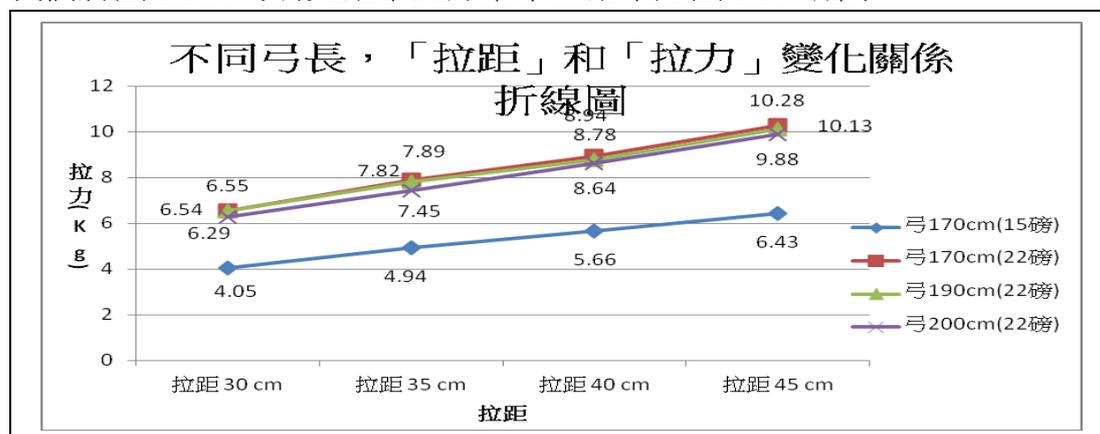


圖 5-3-2 不同弓長的「拉距」和「拉力」變化關係說明圖

- 2.由圖 5-3-2 所示，可以發現：

- (1)弓長 170cm(15 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 6.43 公斤。(約 14.18 磅)
- (2)弓長 170cm(22 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 10.28 公斤。(約 22.66 磅)
- (3)弓長 190cm(22 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 10.13 公斤。(約 22.33 磅)
- (4)弓長 200cm(22 磅)，拉距 45cm 時，拉力約 9.88 公斤。(約 21.79 磅)
- (5)弓的「拉距」越長，「拉力」就會越大。
- (6)在相同的「拉距」下：弓越短，「拉力」也似乎就會越大。

(三)討論

1.我們用二台一般的電子秤，秤量不同的物體再和電子拉力機測試比較，經過不同的驗證和測試，結果是準確的。如圖 5-3-3 所示。

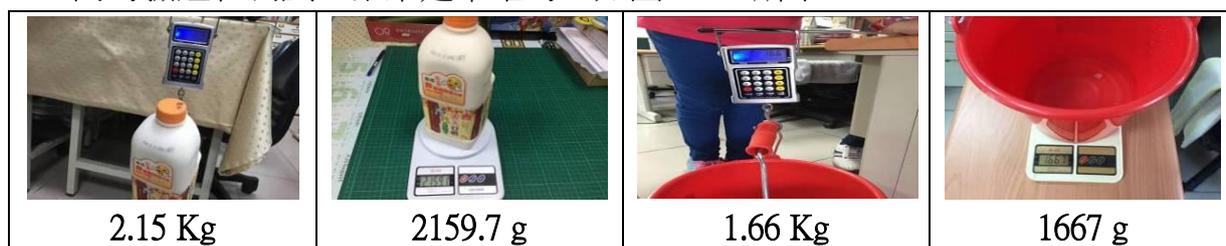


圖 5-3-3 電子拉力機和一般電子秤測試說明圖

2.「拉距」設定為 30cm、35 cm、40 cm、45 cm。是因為我們測試拉滿弓的拉距大約為 60~65cm 之間，再減去「弓弦高」，就得到以上大約的拉距。

另外，拉距如果太小，射程又太短了；拉距太大，箭長無法配合，也有可能弓無法負荷而斷裂。拉滿弓拉距測試過程如圖 5-3-4 所示。

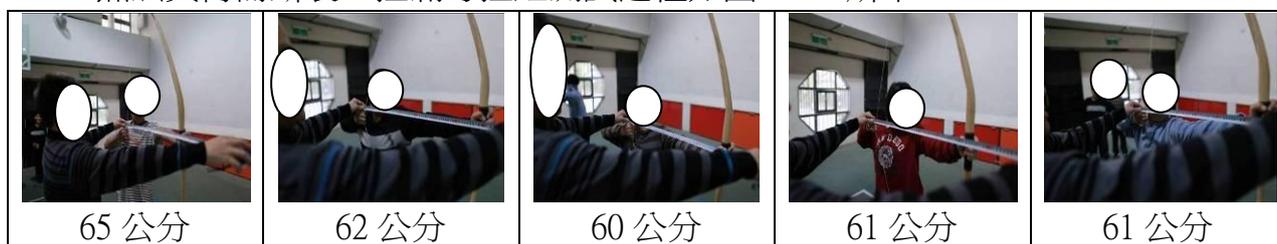


圖 5-3-4 每個同學拉滿弓拉距測試說明圖

3.為何「短弓」拉力，會比「長弓」的拉力還要大？

我們和老師、部落的長老一起討論，推測可能的原因有幾個：

- (1)因為原住民傳統弓箭，每一把都是純手工製造。磅數測試是一個大約值，是以美國進口彈簧拉力測試機來測試，磅數以目測方式判讀，產生些微誤差，以數據來看誤差很小(最大誤差值 0.4kg)，是合理的範圍。
- (2)以部落長老的經驗來看，同樣磅數的弓，短弓的拉力就會比長弓大一些。
- (3)因為弓弦高不一樣，「拉距」必須扣除「弓弦高」才準確。

舉例來說：磅數測試是以拉滿弓來測量，假設「拉滿弓」弓長為 65cm。

- a. 弓(170cm、15 磅、弓弦高 15cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-15=50$ cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，比原來磅數測試 50cm 還小，所以「拉力」比較小。
- b. 弓(170cm、22 磅、弓弦高 23cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-23=42$ cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，比原來磅數測試 42cm 還大，所以「拉力」比較大。
- c. 弓(190cm、22 磅、弓弦高 20cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-20=45$ cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，和原來磅數測試 45cm 一樣，所以「拉力」比較差不多一樣。
- d. 弓(200cm、22 磅、弓弦高 18cm)，磅數測試時的拉滿弓拉距： $65-18=47$ cm。測試「拉距」與「拉力」實驗時，拉距 45cm，比原來磅數測試 47cm 還小，所以「拉力」比較小。

《實驗二》探討「拉距」和「射程」的變化關係

(一)研究過程

- 1.我們使用不同磅數(15 磅、22 磅) ，相同 170cm 弓長的二把弓來比較測試。
- 2.我們用 5 支不同長度的箭(95cm、90cm、85cm、80cm、75cm) ，分別測試在這二把弓上發射的「射程」。
- 3.為了減少誤差，我們每次測試都射擊三次，求其射程的「平均值」。
- 4.實驗過程說明，如圖 5-3-5 所示。



圖 5-3-5 探討「拉距」和「射程」變化關係實驗說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將上述研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-6 所示。

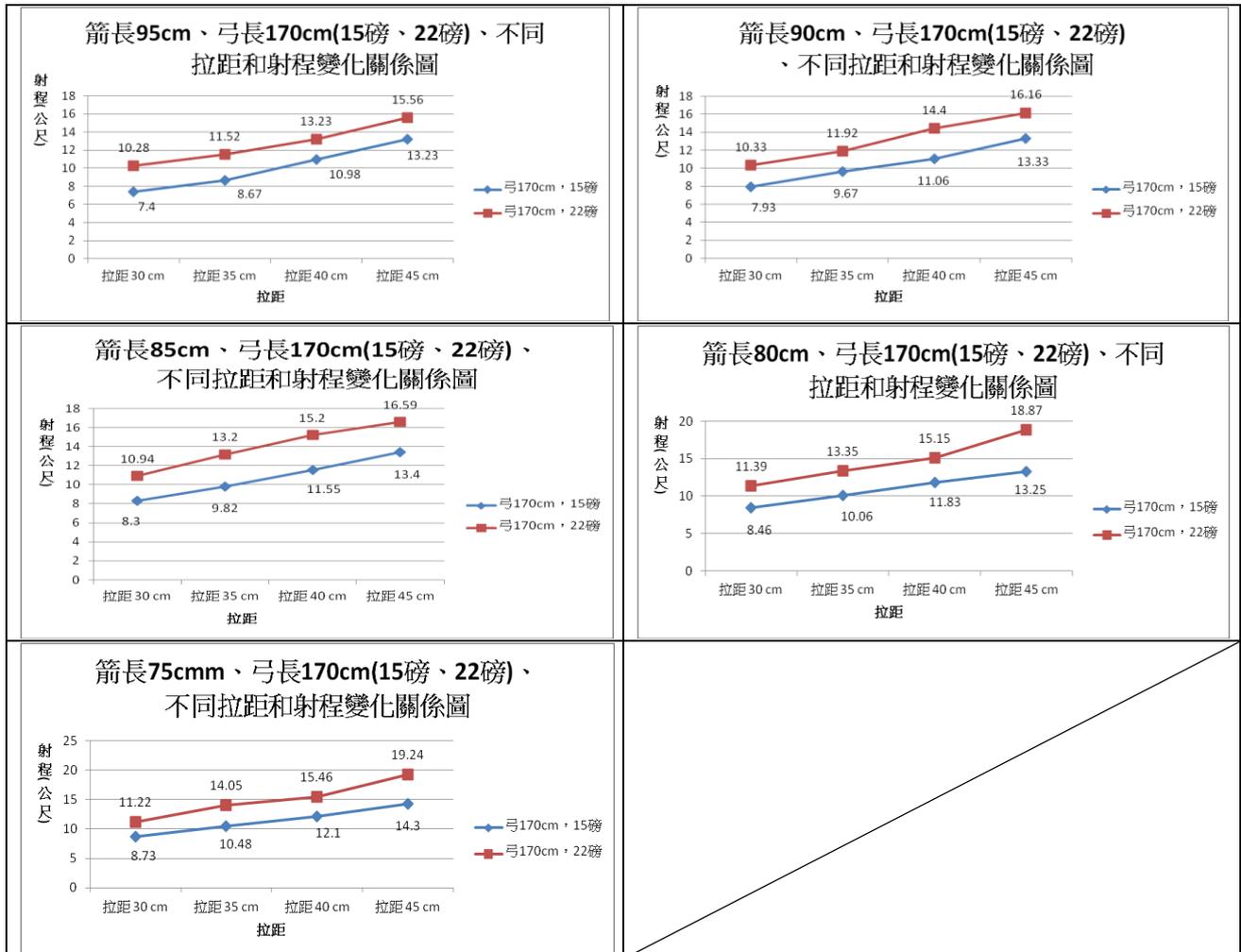


圖 5-3-6 弓的「拉距」和「射程」變化關係結果說明圖

- 由圖 5-3-6 的研究結果，我們可以發現：
 - (1) 不管箭的長短如何，**拉距(拉力)越大**，**「射程」**也會越遠。
 - (2) 相同弓長，**磅數越大的弓**，**射程**也會比較遠。

(三)討論

- 為求精確，我們每次的測試，都**射擊三次**求其平均值。
- 在射擊的過程中，我們也發現：**比較短的竹箭**，**「射程」**好像比較遠。**有關「箭長」和「射程」的變化關係**，將在《實驗四》探討。
- 雖然在同樣拉距下，每把弓的拉力都不相同。我們舉例說明：箭長 85cm、不同弓長、不同拉距的拉力測試。**我們發現：「拉力越大，射程越遠」**。我們將結果以圖表呈現，如圖 5-3-7 所示。

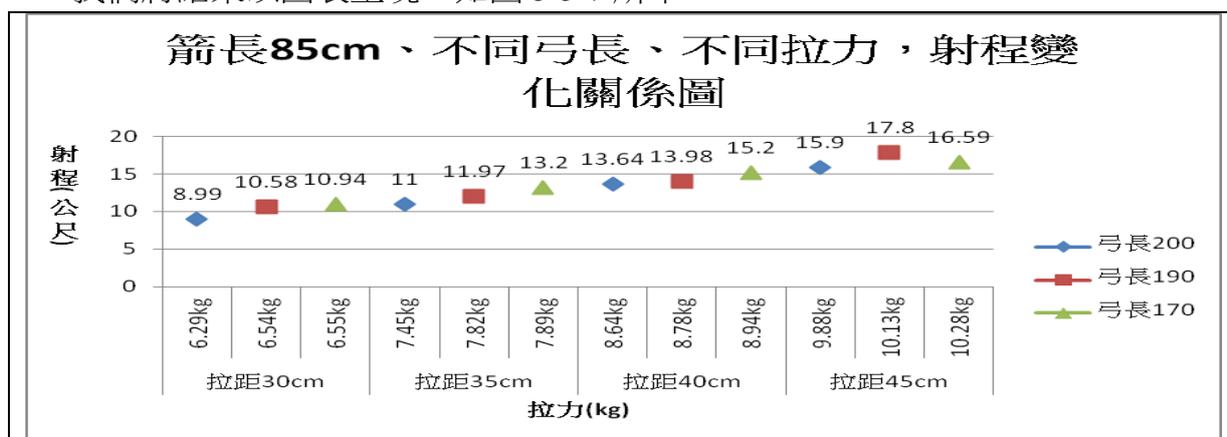


圖 5-3-7 不同拉力和射程變化關係圖

- 因為「電子拉力機」的器材限制，我們無法直接以「拉力」來測試「射程」。因此，後續的實驗測試，我們都以「拉距」來當成測試的變因。

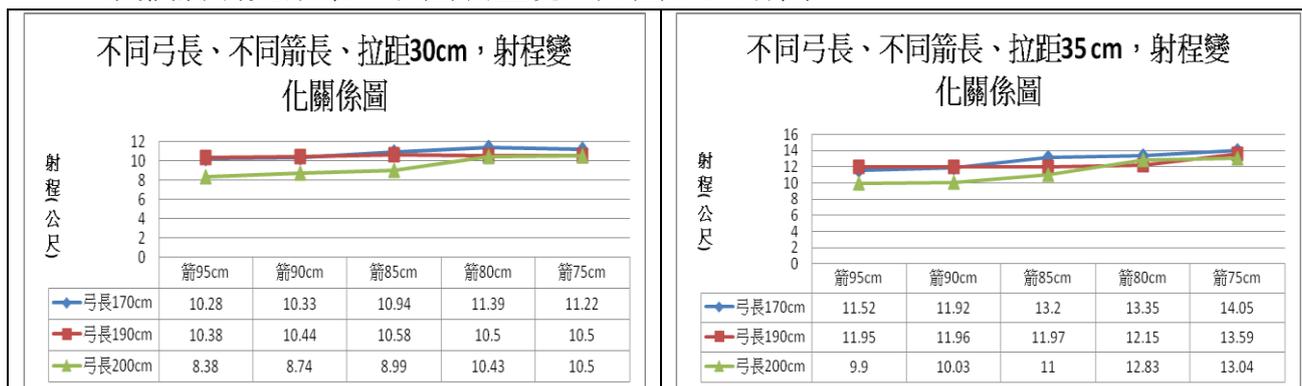
《實驗三》探討「弓長」和「射程」的變化關係

(一)研究過程

- 我們延續上述的實驗，將三把不同弓長、22 磅的弓，再搭配五支不同箭長的竹箭來測試，分別比較不同的「弓長」和「射程」的變化關係。
- 實驗過程、步驟、方式和說明，同(圖 5-3-5)所示。

(二)研究結果

- 我們將研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-8 所示。



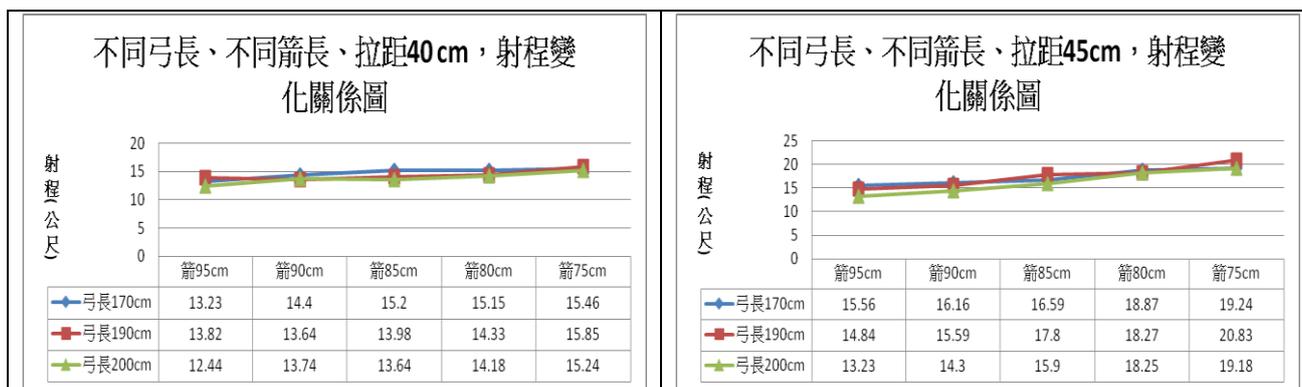


圖 5-3-8 不同「弓長」和「射程」變化關係結果說明圖

2.由圖 5-3-8 顯示的研究結果，可以發現：

- (1)以弓長 170cm 和 200cm 來比較，170cm 弓長的弓，(短弓)射程都比較遠。
- (2)以弓長 190cm 和 200cm 來比較，190cm 弓長的弓，(短弓)射程也比較遠。
- (3)以弓長 170cm 和 190cm 來比較，170cm 弓長的弓，(短弓)射程大多數會比較遠。
- (4)從以上的「弓長」和「射程」的研究結果分析比較：弓長越短，射程比較遠。

3.我們繼續分析：將不同的弓長，平均每每一公斤拉力的射程計算出來，計算結果以折線圖呈現，如圖 5-3-9。

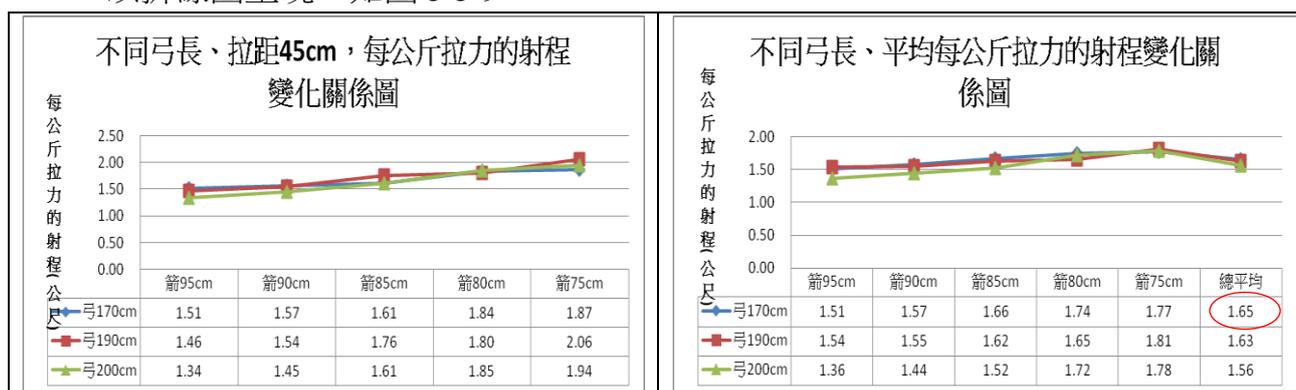


圖 5-3-9 不同弓長、(平均)每公斤拉力的射程變化關係圖

4.由圖 5-3-9 顯示的研究結果，我們發現：

- (1)不同弓長、拉距 45cm，每公斤拉力的射程變化關係圖，和(圖 5-3-8)拉距 45cm 的折線圖的走勢，幾乎相同。(其他拉距 40、35、30cm，和圖 5-3-8 的走勢也幾乎一樣)
- (2)我們再將「相同箭長、不同弓長、不同拉距」，每公斤拉力的「射程平均」，可以發現：弓長 170 cm 每公斤拉力的平均射程 1.65 公尺(紅色圓圈處)最遠，所以，我們判斷短弓的「射擊效能」比較好。

(三)討論

1. 我們找老師、部落的長老一起討論，依據部落長老的經驗分析：

- (1)依部落長老的射擊經驗：同樣磅數的短弓，在射程上，確實會比較遠。
- (2)依實驗數據來看：多數短弓的射程比長弓遠；短弓的「射擊效能」也比較好。
- (3)依據科學原理討論：在「相同拉距」的情況下，短弓的形變量較大，「射程」應該會比較遠。
- (4)有時候「射程的誤差」是來自手指放弦的時間差，放弦時慢 0.1 秒，但「射程」可能就會差一公尺左右。依我們數據來看，大都是正確的，符合射擊經驗。

《實驗四》探討「箭長」和「射程」的變化關係

(一)研究過程

- 1.我們使用上述四把弓，和上述五支不同箭長的竹箭，分別搭配射擊測試。
- 2.我們測試在「不同拉距」的情況下，「竹箭長短」和「射程」的變化關係。
- 3.我們同樣每次測試都射擊三次，求其射程的「平均值」。
- 4.實驗過程、步驟、方式和說明，同(圖 5-3-5)所示。

(二)研究結果

- 1.我們將研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-10 所示。

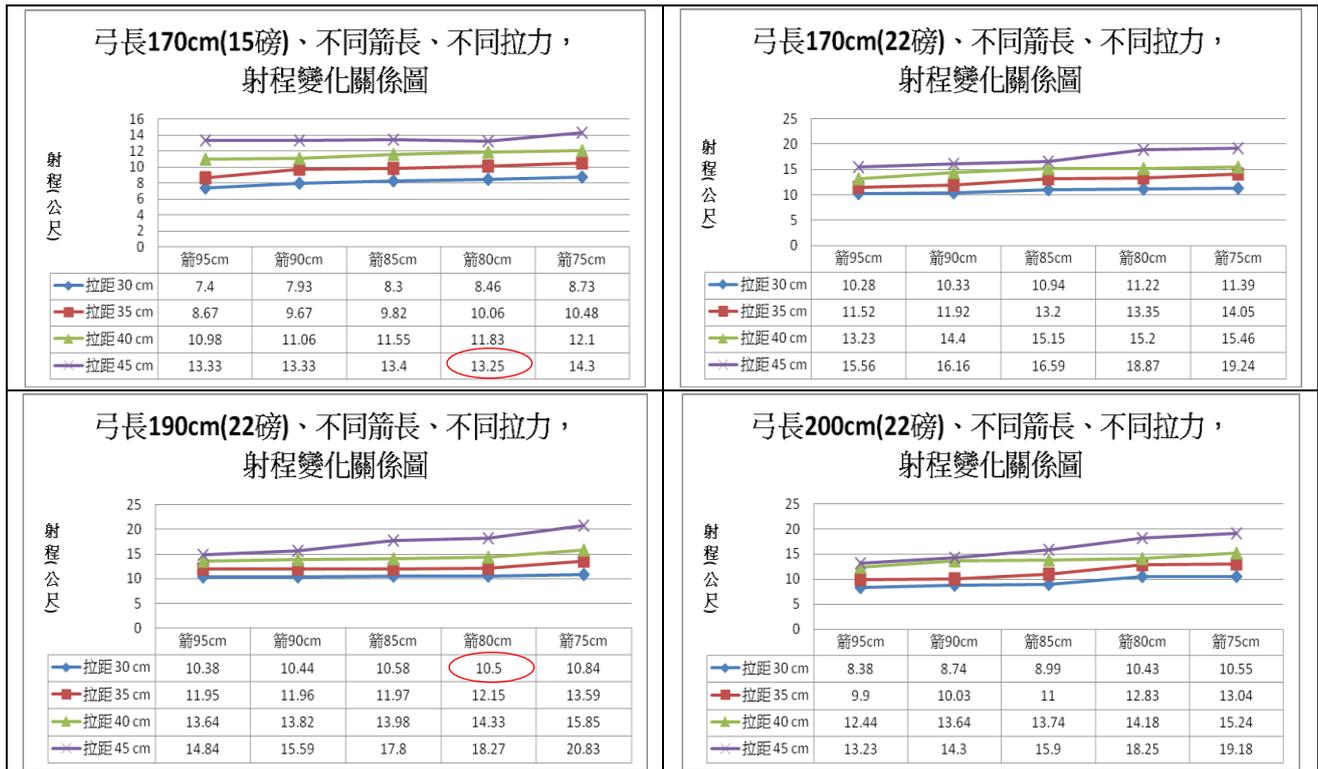


圖 5-3-10 不同「弓長」、不同「箭長」和「射程」變化關係說明圖

- 2.由圖 5-3-10 的研究結果，我們可以發現：

- (1)在弓長 170cm(15 磅)的弓，射擊測試中，除了拉距 45 公分(紅色圓圈處)，80 公分竹箭出現小誤差，其他的結果都是「箭長越短，射程越遠」。
- (2)在弓長 170cm(22 磅)的弓，射擊測試中，結果都是「箭長越短，射程越遠」。
- (3)在弓長 190cm(22 磅)的弓，射擊測試中，除了拉距 30 公分(紅色圓圈處)，80 公分竹箭出現小誤差，其他的結果都是「箭長越短，射程越遠」。
- (4)在弓長 200cm(22 磅)的弓，射擊測試中，結果都是「箭長越短，射程越長」。
- (5)歸納以上，我們發現：「箭長越短，射程越遠」；「箭長越長，射程越近」。

(三)討論

- 1.我們發現：實驗過程中出現一些小誤差，而且都是出現在箭長 80 公分竹箭上，射程比較短。

經過和部落長老、老師一起討論，我們推測可能有以下的原因：

- (1)和「箭的重量」是否有關？我們測量竹箭的重量，確實 80 公分的箭是最輕的。

但是，這五支竹箭的重量，最大差距才 3.8g，測量結果如圖 5-3-11 所示。

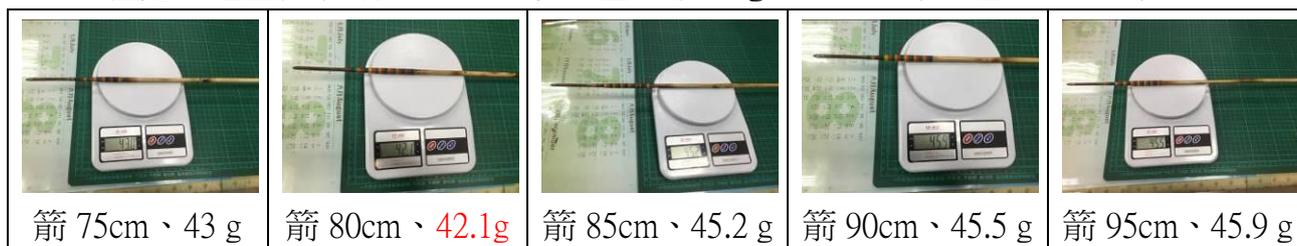


圖 5-3-11 竹箭的重量測量說明圖

(2)部落長老認為：因為誤差很小，也有可能是**放箭時的誤差**，因為手指放箭的時間差，會造成影響。

(3)因為採計三次射擊平均值，其中一次誤差值較大，也可能會影響平均數。

2.雖然出現一些小誤差，但以整體而言：箭長越短，射程是比較遠的。

3.我們繼續深入討論，「竹箭的重量」，會不會影響射程？還是有其他的因素？深入討論說明，如圖 5-3-12 所示。

深入討論「竹箭的重量」，會不會影響「射程」？

1.「竹箭的重量」，會不會影響「射程」？我們請部落長老協助，製作五支長短和之前一樣但**沒有箭簇**(箭頭裝鐵釘)的竹箭來測試。結果下圖所示。



2.接下來，我們以不同重量的黏土當成是箭簇，黏在箭頭上射擊，測試「箭的重量」和「射程」的變化關係。黏土的重量分別為 5、10、15、20g。實驗過程圖片說明，如下圖所示。



3.我們以弓長 170 公分(22 磅)的弓來射擊。

4.結果發現：其實「箭的重量」對「射程」影響不大，26g 和 45g 重量的箭，「射程」都差不多。因此，射擊過 3~5 次後，未再繼續測試。

我們也發現：沒有箭簇(箭頭)的箭，箭的飛行非常不穩定。應該是和箭的「重心」有關？

5.為何箭(箭簇)的重心要在前面？和箭的重心有關係嗎？

- (1)箭的重心影響箭的飛行姿態和穩定性。重心在前則方向不容易偏，飛行較穩定。
- (2)簡單利用槓桿原理進行解釋(如右圖)：將重心視為支點，若支點在中，則高速飛行下，受到空氣與箭身的流體摩擦力作用，或是尾部紊亂氣流影響，容易偏。



《本圖取自科學小玩意兒-弓的科學》

6.實際測試我們「箭的重心」：

- (1)以一根竹箭當成支點，放上竹箭，測試一個可以使竹箭平衡的中心點，此為箭的重心。
- (2)將箭的重心畫上記號，並測量箭頭到箭重心的距離。
- (3)測試過程、說明和結果如下圖所示。(下圖紅色線段，為重心和箭頭的距離，為重心距)

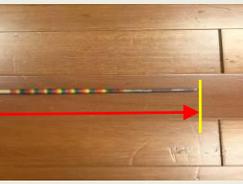
				
箭長 95cm 重心距 28 cm 重心位置 29.4%	箭長 90cm 重心距 28.5 cm 重心位置 31.7%	箭長 85cm 重心距 27cm 重心位置 31.8%	箭長 80cm 重心距 22.5 cm 重心位置 28.1%	箭長 75cm 重心距 23 cm 重心位置 30.6%
※ 我們的箭，重心都在靠近箭頭約 1/3 處，重心在前面。				

圖 5-3-12 「箭的重量」影響「射程」和「箭的飛行」討論說明圖

《實驗五》探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係

(一)研究過程

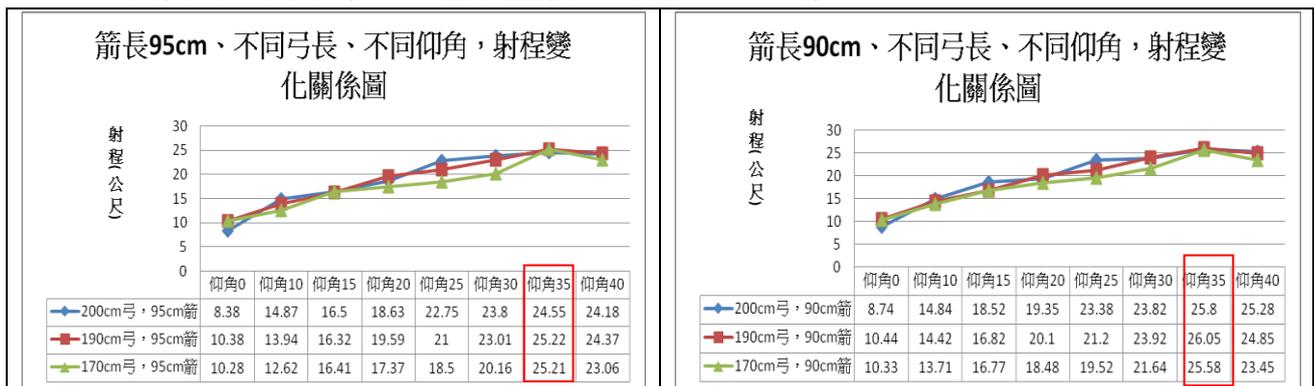
- 1.我們使用三把不同弓長，磅數大致相同(22 磅)的弓來測試，搭配 5 支不同箭長的箭，分別測試在「不同仰角」的射擊，「射程」的變化關係。
- 2.都以「拉距 30 公分」的力道來測試，射擊仰角設定為：10°、15°、20°、25°、30°、35°、40°。
- 3.我們以量角器來測量，且竹箭和弓弦的角度必須保持垂直，避免產生誤差。研究過程，如圖 5-3-13 所示。

			
1.先將弓架設在發射架上	2.同時必須符合設定的仰角	3.老師協助測量箭和弓弦是否垂直	4.準備射擊，老師協助測量拉距

圖 5-3-13 弓箭「射擊仰角」和「射程」的實驗過程說明圖

(二)研究結果

- 1.我們將研究結果，以圖表呈現，如圖 5-3-14 所示。



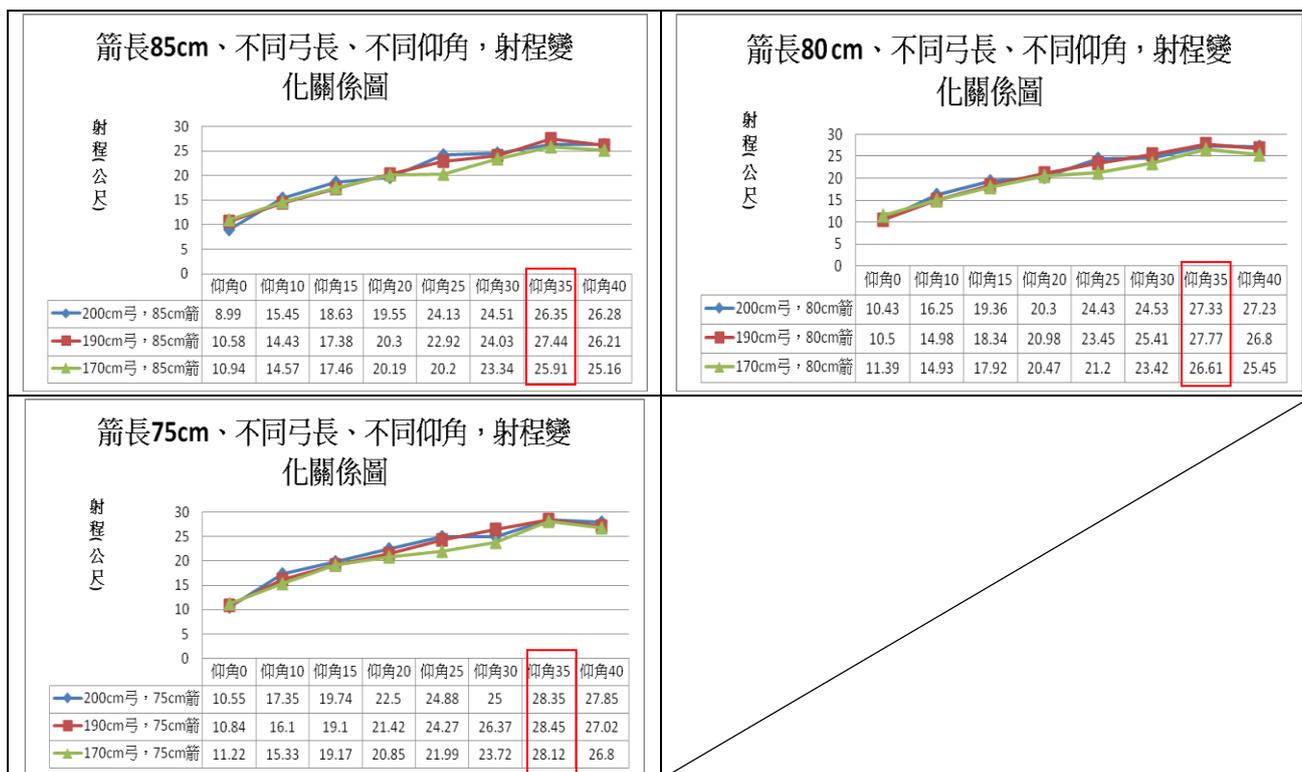


圖 5-3-14 不同「射擊仰角」和「射程」變化關係說明圖

2.由圖 5-3-14 的研究結果，我們可以發現：

- (1)不論弓的長短，也不管箭的長短，射擊仰角越大，射程越遠，當「射擊的仰角在 35° 的時候，射程最遠」。

(三)討論

- 1.在測試的過程，因為拉距 40 公分、35 公分的力道，在射擊仰角超過 25° 時，「射程」就開始超過室內體育館的範圍，因此我們以「拉距 30 公分」的力量來測試。
- 2.我們以為射擊仰角在 45° 時，射程應該會最遠，結果不是。
 - (1)我們有觀察到：之前的實驗射擊過程中，射擊仰角都是和地面平行的，也就是 0°，但是箭的飛行都是先向上再向下，也就是「拋物線」。
 - (2)我們推測：因為箭的射擊飛行，原本就是以拋物線行進，所以「射擊仰角」大概在 35° 時，箭的射程最遠。有關箭的行進路線，我們後續再以高速攝影機輔助探討。

【研究四】探討弓箭射擊「箭速」的變化關係

我們想要知道，弓箭的「箭速」到底有多快？弓的磅數越大，射程會越遠，射擊速度也會越快嗎？和拉距也有關係嗎？箭的長短是否也會影響射擊的速度呢？

(一)研究過程

- 1.我們利用相同弓長 170cm(15 磅、22 磅)，二把弓來測試，再利用 95cm、90cm、85cm、80cm、75cm 五支箭，分別測試弓箭的射擊速度。
- 2.我們將測速槍放在準備發射的弓箭旁，測試弓箭射擊出去的瞬間速度。
- 3.為了更準確測試，每次的射擊都測試二次，再求其平均值。

4.測速槍的單位為(公里/小時)。研究過程說明，如圖 5-4-1 所示。



圖 5-4-1 弓箭射擊「箭速」測試說明圖

(二)研究結果

1.我們將研究結果以圖表呈現出來，如圖 5-4-2 所示。

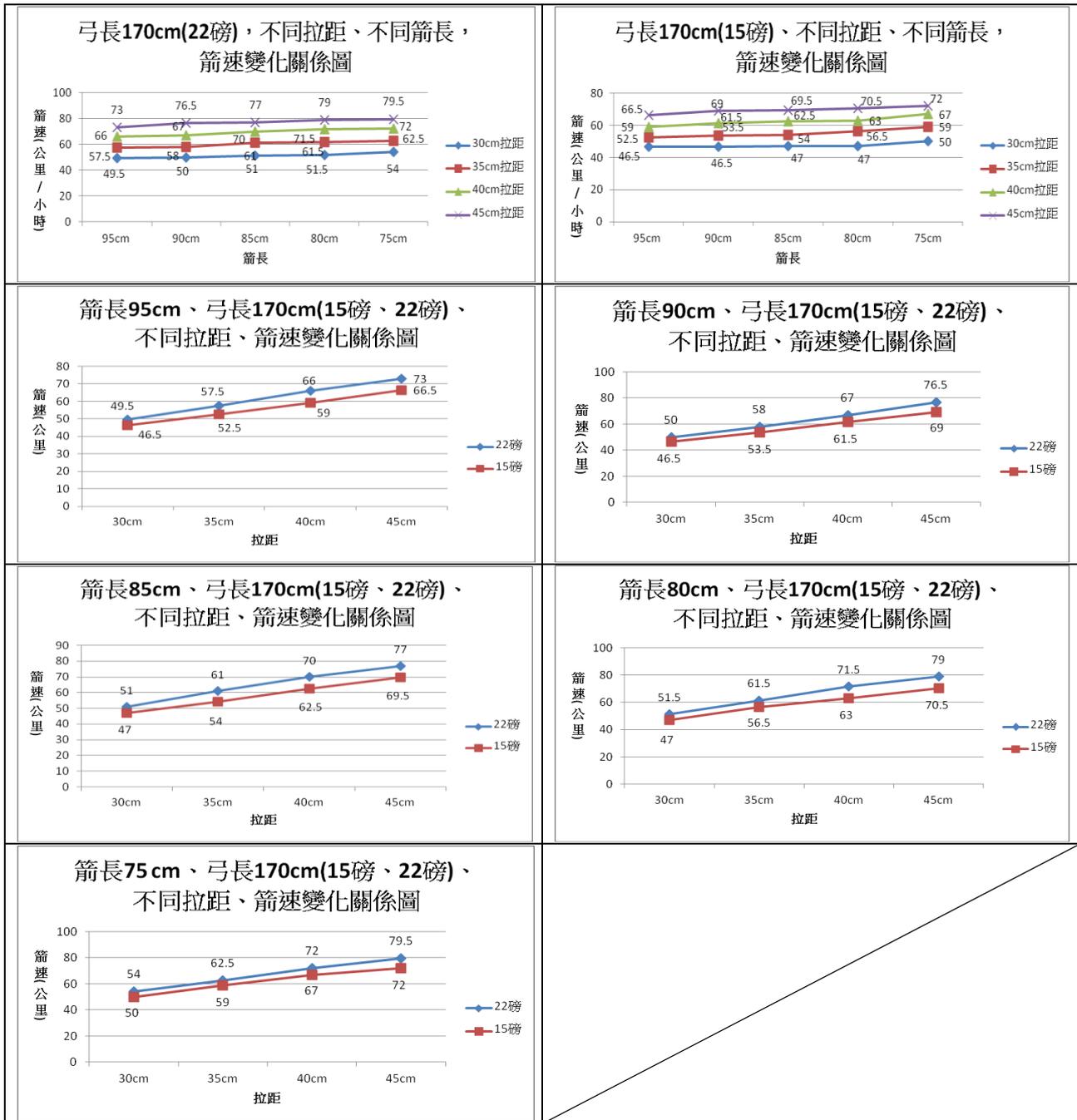


圖 5-4-2 相同弓長(15磅、22磅)、不同「箭長」和「箭速」變化關係說明圖

2.由圖 5-4-2 的研究結果，我們可以發現：

- (1)「拉距」越大，「拉力」越大，「箭速」就越快。
- (2)箭長越短，箭速就會越快。
- (3)弓的磅數越大，箭速就會越快。
- (4)弓長 170cm(22 磅)的弓，拉距 45cm，箭速大約在 73~80 公里/小時。
- (5)弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm，箭速大約在 67~72 公里/小時。

(三)討論

1.我們再以高速射影的照片時間來推算其速度，確認是否正確。

- (1)高速攝影，每秒可以拍攝 10 張，每一張是 0.1 秒。
- (2)我們以弓長 170cm(22 磅)的弓， 搭配箭長 95cm 的箭來計算，從射擊到中靶，共約 0.6 秒，說明如圖 5-4-3 所示。



圖 5-4-3 弓長 170cm(22 磅)的弓和 95cm 的箭射擊連拍說明圖

- (3)弓箭射擊點到靶架距離 12 公尺，總共約 0.6 秒，計算速度為 $12 \div 0.6 = 20$ (秒速 20 公尺/秒)， $20 \times 60 \times 60 \div 1000 = 72$ (時速 72 公里/小時)，與測速槍測得平均速度 73 公里/小時，非常接近。

【研究五】探討如何可以讓弓箭「射準」？

在我們前面的射擊實驗中，我們發現，每次箭射擊出去時，箭都會先往上飛，再掉下來。因此，我們很想要知道，弓箭射擊出去時，箭的行進路線？最後，再藉由箭的行進路線，調整射擊的「拉距」、「射擊仰角」…等其他因素，幫助讓弓箭可以射擊的更準確。

這個研究，我們請老師協助，利用高速攝影機、相機的輔助，將弓箭射擊過程拍攝下來，再進行分析研究。

《實驗一》探討箭的「行進路線」

(一)研究過程

- 1.經過資料查詢，原住民射箭比賽，立靶的規定必須從地面垂直量起，傾斜 10~15 度之角度，靶心需位於地表上 130 公分處，靶心必須在水平線上。
- 2.射擊距離，成人組 18 公尺；**國小組 12 公尺。我們以 12 公尺為測試標準。**
- 3.為了方便拍攝，我們也在旁邊架設一條釣魚線，再標示距離。
- 4.射擊場地架設，研究過程，如圖 5-5-1 所示。

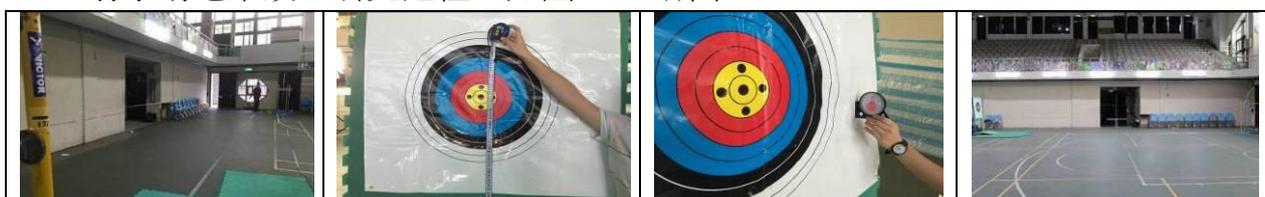


圖 5-5-1 弓箭射擊行進路線場地佈置過程說明圖

(二)研究結果

1.請老師協助將射擊圖片以「Photoshop 電腦軟體」合成一張圖片，如圖 5-5-2 所示。

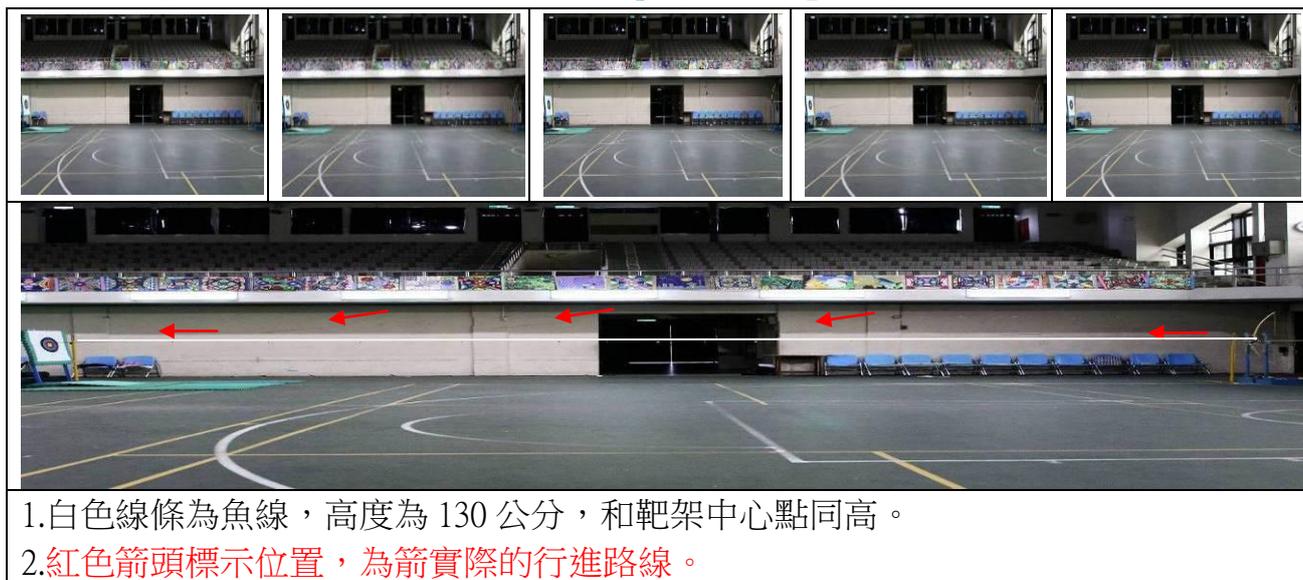
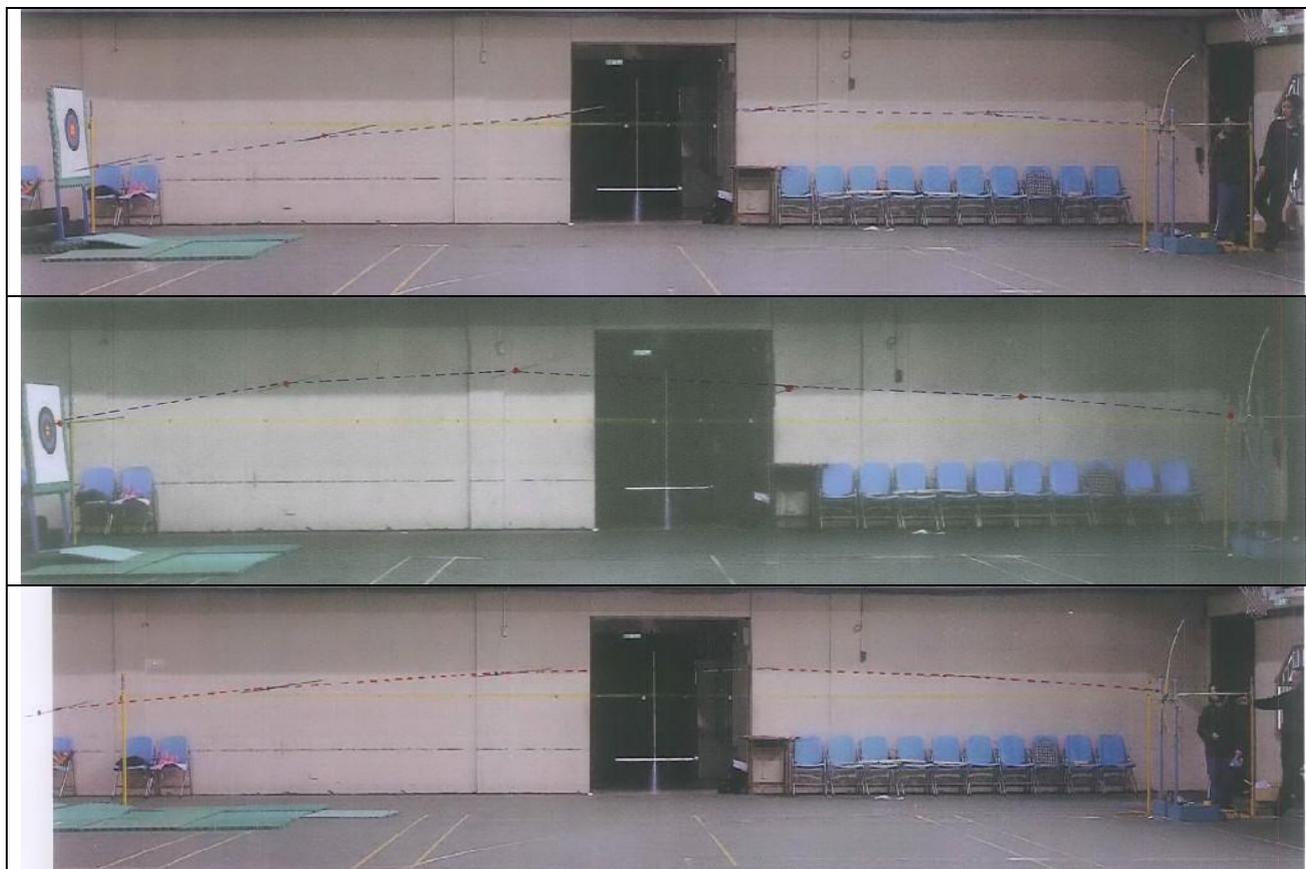


圖 5-5-2 弓箭射擊行進路線說明圖

2.由圖 5-5-2 的研究結果，我們可以發現：

(1)箭離開弓弦時，箭的行進路線是以拋物線的方式行進；和我們之前文獻探討以及《實驗五》的討論推測，相吻合。

3.老師建議：可以試著在合成相片上，將「箭的重心」標示出來，再將「重心」連線，應該可以更清楚看出箭的「拋物線」行進路線。如圖 5-5-3 所示。



(三)討論

- 1.因為「釣魚線」拉直時不會彎曲，而且會反光，用來標示 130 公分高度最恰當。
- 2.「拉力越大，拋物線的角度就會越高」；「拉力越小，拋物線的角度就會越低」。
- 3.我們以弓長 190cm(22 磅)的弓，搭配箭長 90cm 的箭進行測試。將「不同拉力」的射擊過程拍攝下來並將相片合成，分析箭的行進路線，如圖 5-5-4 所示。

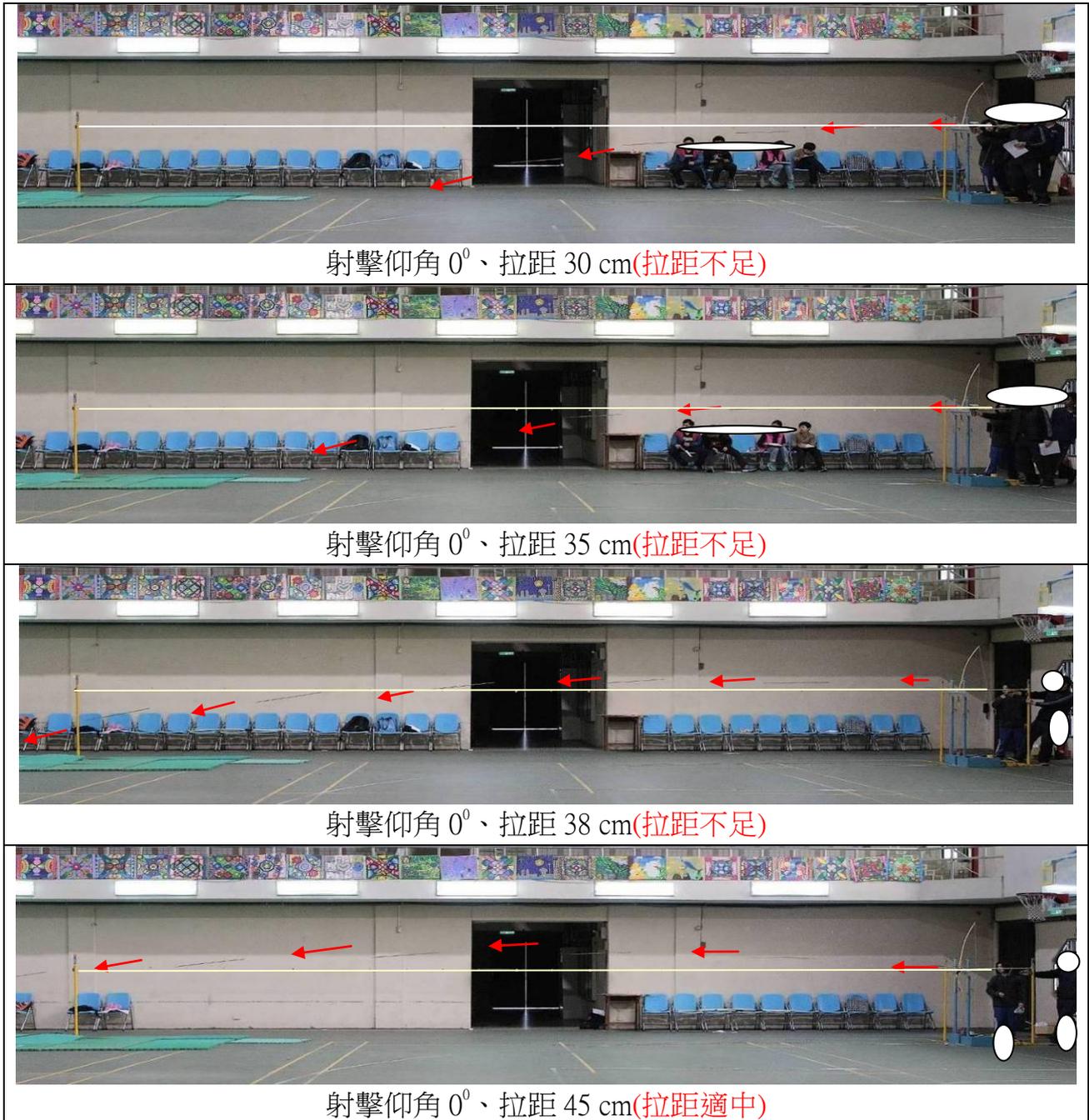


圖 5-5-4 弓長 190cm(22 磅)的弓、箭長 90cm、不同拉力射擊，箭的行進路線圖

- 4.「射擊仰角越大，拋物線的角度就越高」；「射擊仰角越小，拋物線的角度就會越低」。我們以弓長 190cm(22 磅)、90cm 的箭、拉距 35cm，進行測試。將「不同仰角」的射擊過程拍攝下來並將相片合成，分析箭的行進路線，如圖 5-5-5 所示。

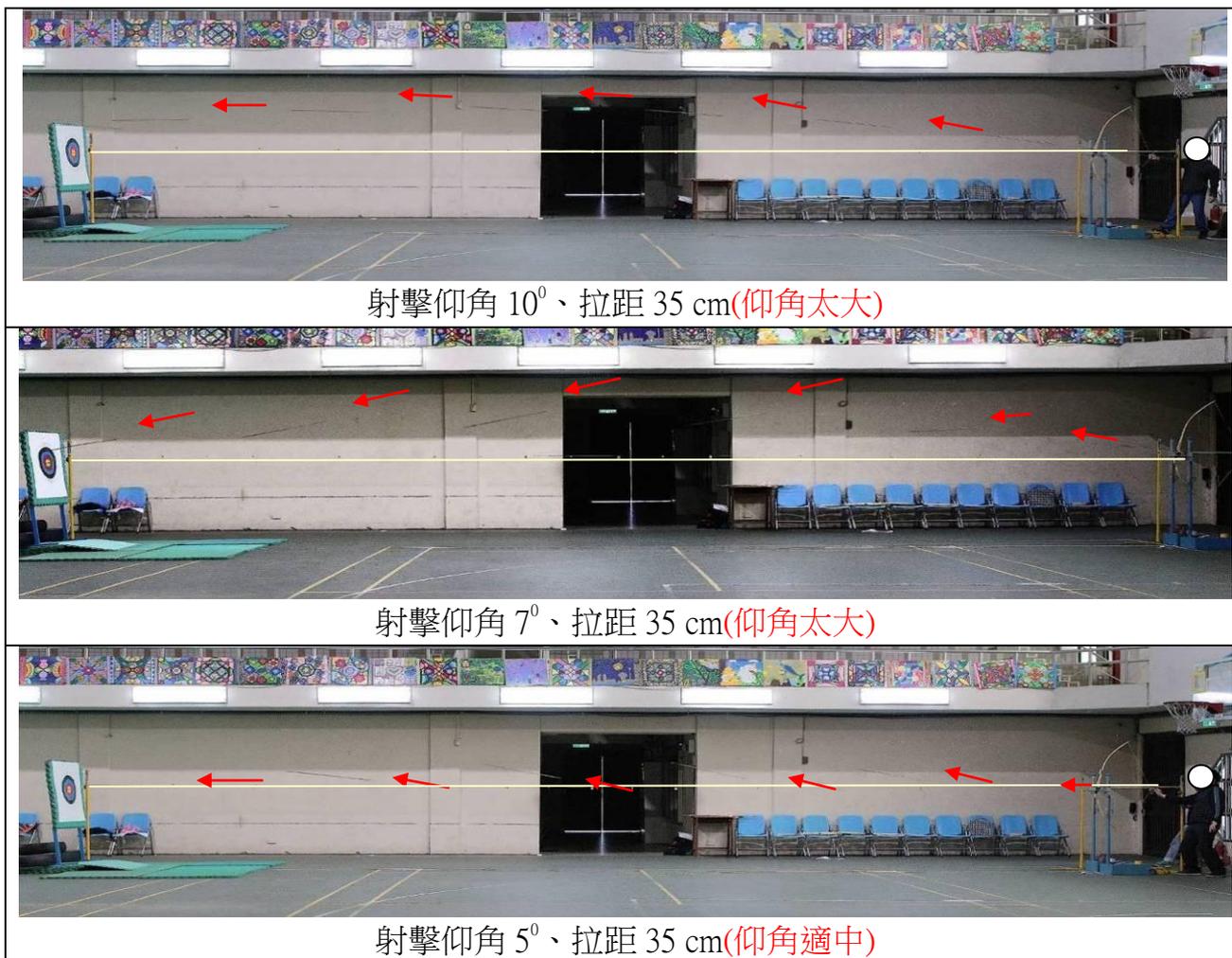


圖 5-5-5 弓長 190cm(22 磅)的弓、箭長 90cm、不同仰角射擊，箭的行進路線圖

5.從以上的討論，我們推測：調整「拉力」、「射擊仰角」的方式，應該都可以協助讓弓箭射擊更準確。

《實驗二》探討如何可以讓「弓箭射得更準」？

(一)研究過程

1.我們以長 190cm、22 磅的弓，搭配 90cm 的箭，再慢慢調整「拉力」的方式；或者以調整「射擊仰角」的方式，將射擊過程記錄下來觀察判斷。就是要讓弓箭射擊「命中目標」。

(二)研究結果

1.我們將研究結果的相片合成，來觀察判斷，如圖 5-5-6 所示。



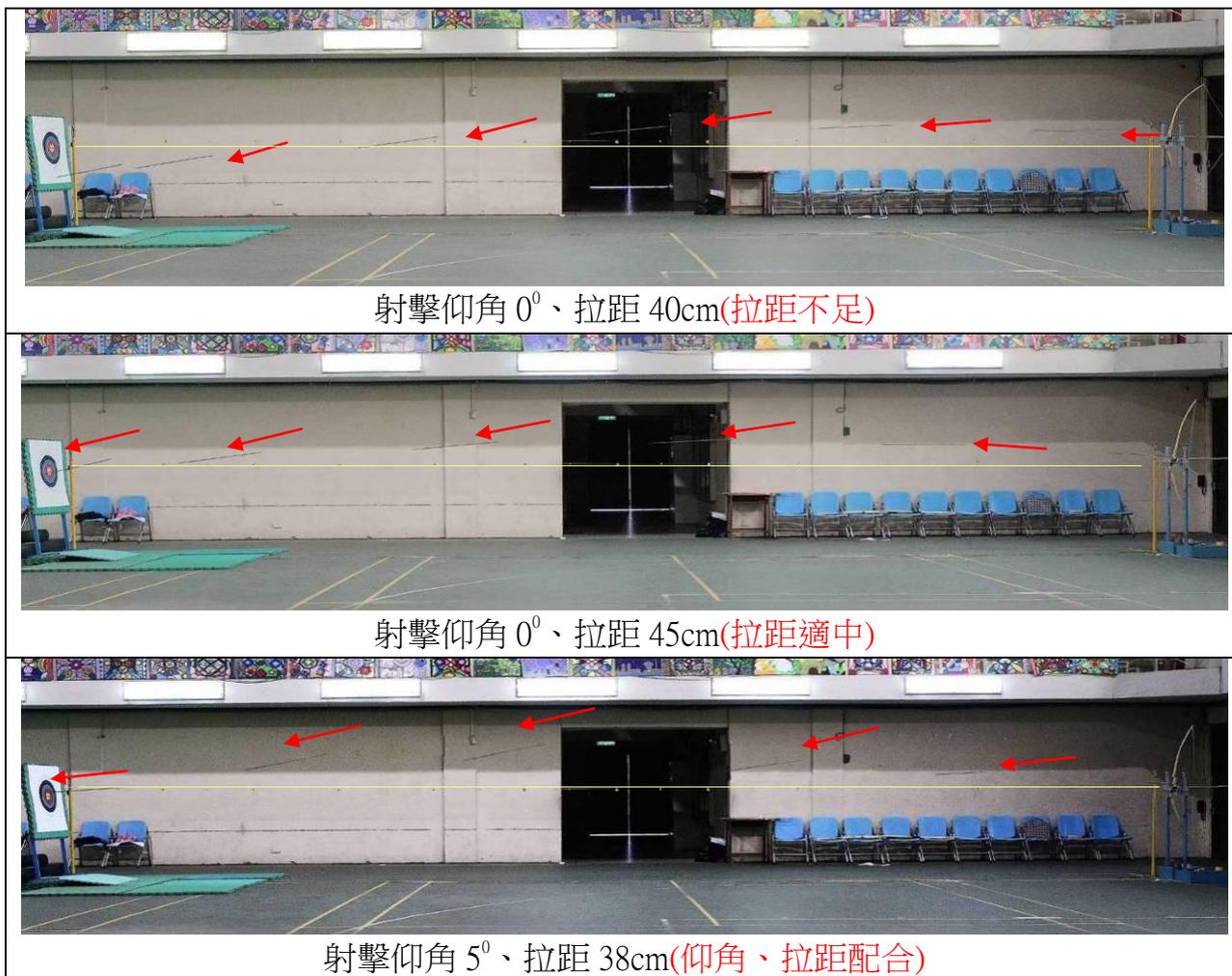


圖 5-5-6 弓長 190cm(22 磅)的弓、箭長 90cm 的箭，箭的行進路線圖

2. 由圖 5-5-6 的研究結果，可以發現：

- (1)當弓箭「射擊仰角 0° 、拉距 38cm」時，箭以拋物線方式行進，箭命中圓心靶的下方。(必須再增加拉力)
- (2)當弓箭「射擊仰角 0° 、拉距 40cm」時，箭以拋物線方式行進，箭命中圓心靶的下方。(必須再增加拉力)
- (3)當弓箭「射擊仰角 0° 、拉距 45cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。
- (4)當弓箭「射擊仰角 5° 、拉距 38cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。

(三)討論

1.將我們拍攝的射擊影片、相片，和部落長老討論：

- (1)部落長老表示：他們都是以「經驗」來教學、傳承，現在以「科學的方法」，錄影、攝影並將箭的飛行路線記錄下來，確實可以幫助弓箭射擊更準確。
- (2)為了讓射擊更準確，弓箭手通常都會調整「拉力」或「射擊仰角」的方式的來改善；或者提高手握弓的高度。
- (3)有更多射擊過程的影片、相片，因為篇幅的關係，將在附錄中呈現。

陸、結論

一、泰雅原住民傳統弓、箭的製作方式、方法、材質：

- (一)弓的製作：目前大多以「七里香」為材質，只要是彈力夠，沒有蟲蛀、腐蝕情況，應該都可以製作，也有部分以竹子當成材料。
- (二)箭的製作：以竹子為箭桿，沒有羽葉，以鐵釘當成箭頭，須配合弓的拉距設計長度，大約 90cm。
- (三)弓和箭必須相互搭配使用。例如：狩獵專用的弓比較短小、箭頭有倒鉤。

二、影響原住民傳統弓箭「射程」的因素：(僅以部分實驗數據呈現說明)

1. 「拉距」越大，「拉力」就會越大。(製作弓箭時，就可以設定弓的最大拉力)

- (1)弓長 170cm~200cm(22 磅)的弓，拉距 45cm，拉力大約 9.88~10.28Kg。
- (2)弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm，拉力大約 6.43Kg。

2. 「拉距」越大，「射程」就會越遠。

- (1)弓長 170cm(22 磅)的弓，拉距 45cm，射程最遠大約為 15.56~19.24 公尺。
- (2)弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm，射程最遠大約為 13.23~14.3 公尺。

3. 在「相同拉距」的情況下：「弓長」越短，「射程」也會越遠。

- (1)弓長 170cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，拉距 45 cm，射程大約 16.16 公尺。
- (2)弓長 190cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，拉距 45 cm，射程大約 15.59 公尺。
- (3)弓長 200cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，拉距 45 cm，射程大約 14.3 公尺。

4. 「箭長」越短，「射程」就會越遠。

- (1)箭長 95cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 15.56 公尺。
- (2)箭長 90cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 16.16 公尺。
- (3)箭長 85cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 16.59 公尺。
- (4)箭長 80cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 18.87 公尺。
- (5)箭長 75cm，弓長 170cm(22 磅)的弓，射程大約 19.24 公尺。

5. 我們實驗中的資料顯示：「竹箭重量」對「射程」，並沒有明顯的變化關係；「箭的重心」，才是影響箭的飛行和穩定性的主要因素。

6. 「射擊仰角」越大，射程越遠；大約為 35° 的時候，「射程」最遠。

- (1)弓長 170cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，射擊仰角 35° 時，射程大約 25.58 公尺。
- (2)弓長 190cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，射擊仰角 35° 時，射程大約 26.05 公尺。
- (3)弓長 200cm(22 磅)的弓，箭長 90cm，射擊仰角 35° 時，射程大約 25.8 公尺。

三、弓箭射擊的「箭速」：

- 1.弓長 170cm(22 磅)的弓，拉距 45cm 時，箭速大約 73~79.5 公里/小時。
- 2.弓長 170cm(15 磅)的弓，拉距 45cm 時，箭速大約 66.5~72 公里/小時。
- 3.「箭長」越短，箭速越快；「拉力」越大，箭速也會越快。

四、我們可以探討箭的「行進路線」、「調整拉力」、「射擊仰角」，使弓箭「射準」。

- 1.箭的「行進路線」，是以「拋物線」的方式行進。
- 2.我們可以藉由觀察箭的行進路線，調整「拉距」或「射擊仰角」，讓弓箭「射準」。

柒、延伸思考與生活應用

我們從這次的科展研究中，看見了原住民傳統弓箭的文化。這一次實驗所有的弓箭器材，都是部落長老「純手工製作」；而這一項手工技藝，據長老表示：在部落裡可以傳承下去的已寥寥無幾了。

如何保存原住民弓箭的傳統工藝和文化呢？射箭有什麼好處優點呢？如何推廣應用呢？弓箭的製作和射箭的方法，是否蘊含一些科學原理呢？

一、弓箭是無聲武器，可祕密擊殺敵人，射程可達 20 到 30 公尺。

國軍有支神祕的部隊，平時無聲無息，戰時卻可迅速集結進行山地戰，這群部落戰士使用的都是無聲武器~弓箭。因為槍是有聲武器，殺傷力強但易暴露位置，這是國軍唯一使用弓箭的部隊，那就是後備指揮部的「山地連」。

二、中國古代，射箭被列入當時教育的內容之一，因為射箭有很多好處：

- (1)可以增加注意力跟集中力。(瞄準時會一直處於精神集中狀態)
- (2)可以增進身體肌肉的運用。(射箭是要用全身的力量去拉弓的)
- (3)可以增加手臂力量。
- (4)可以增加雙手持物的穩定度。(射箭會要求練習這個)
- (5)能讓精神較容易平穩。
- (6)除此之外，「品德教育」更是射箭教育的重心，從日常生活與練習過程中鍛鍊出懂禮貌、守規範、團體合作的美德。

三、根據中華民國射箭協會長期觀察，多數人參與正統訓練後，都能不同程度地改善了「寒背」、「斜視」及「斜立」等不良體姿。

四、當我們開始研究「弓箭」這個主題才知道：原來射箭是很不容易的！「要把弓弦拉開，就已經很吃力了」；「還要把箭搭在弦上；要將箭射中靶上，實在是難上加難」，因為射箭還需要「屏氣凝神、聚精會神」。

如何保存這一項原住民傳統的技藝和文化呢？我們邀請部落長老到學校來擔任講師，辦理一場有關「原住民傳統弓箭的教學、推廣和射擊體驗」。辦理此項活動過程相片，如圖 7-1-1 所示。



圖 7-1-1 原住民傳統弓箭的教學、推廣與射擊體驗活動圖片

五、曾在台灣原住民狩獵文化扮演重要角色的弓箭，其中含有「科學原理」的應用，它不只是獵具，也是工藝品，更是一個民族的文化濃縮。

原住民傳統弓箭，不只是一項「科學」，更是一種「文化」！

期待透過科展的研究，在「科學」與「原住民文化」之間搭起橋梁，多少也能幫助一般的孩子接觸且認識原住民文化，並開始關心原住民族的傳統文化！

捌、參考資料

- 一、怎樣學習射箭 http://ind.ntou.edu.tw/~archery/how_to.txt
- 二、科學小玩意-原住民的狩獵文化與射箭 <http://zfang.tc.edu.tw/677.html>
- 三、射箭百科-弓箭基本常識介紹 <http://zfang.tc.edu.tw/677.html>
- 四、世界新聞網-泰雅族人自製弓箭 <http://www.worldjournal.com/index.html>
- 五、維基百科-射箭 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/>
- 六、射箭知多少 http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2010/vhjh33/new_page_4.htm
- 七、飛鼠部落-原住民科學教育網站 <http://www.yabit.org.tw/index.php>
- 八、科學小玩意-箭簇與重心 <http://zfang.tc.edu.tw/672.html>
- 九、科學小玩意-弓的科學 <http://zfang.tc.edu.tw/675.html>
- 十、弓箭之美-華視新聞 <http://news.cts.com.tw/cts/sports/201011/201011080604295.html>
- 十一、射箭規則 <http://host.jh.jhs.tyc.edu.tw/~sport/arrow/rule/arrowrule.htm>
- 十二、飛鼠部落-原住民教育科學網站 <http://www.yabit.org.tw/>
- 十三、現代賽德克巴萊-國軍山地連 <http://www.ettoday.net/news/20120419/40234.htm>