

# 教育部109學年度中小學科學教育專案**期末報告**大綱

計畫名稱：36「泰雅弓箭」的傳承與科學

主持人：陳英傑 電子信箱：ing41ja@tmail.ilc.edu.tw

共同主持人：黃淑惠

執行單位：宜蘭縣羅東鎮北成國民小學

## 一、計畫目的

### (一)研究計畫之背景

#### 1. 「泰雅弓箭」之歷史背景

(1)「狩獵」曾是泰雅原住民族生活中最重要的一環。除了可以獵得足夠的食物，讓族人得以溫飽；而且，弓箭還是項保衛家園的武器，學習射箭和擁有一把自己專屬的弓，是泰雅原住民小朋友跨入成人殿堂的第一步。

(2)「狩獵」，可說是泰雅族中，重要性僅次於農耕工作的「產業」。弓箭一直是泰雅原住民最重要的武器，舉凡狩獵、保護家園、出草…等。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，是不可或缺的武器。

(3)泰雅男孩在約9歲至10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。

(4)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。既然是「文化」，注重的便是「過程」與「傳承」。

#### 2. 「泰雅弓箭」的基本介紹

(1)傳統泰雅的「弓」，必須採用回彈力較佳、韌度較足夠，而且不容易斷裂的植物枝幹來製作，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。「弓弦」，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。

(2)如何選擇適合的弓

a. 如何選擇一把弓，最重要的兩項考量重點：「**拉力**」與「**拉距**」。

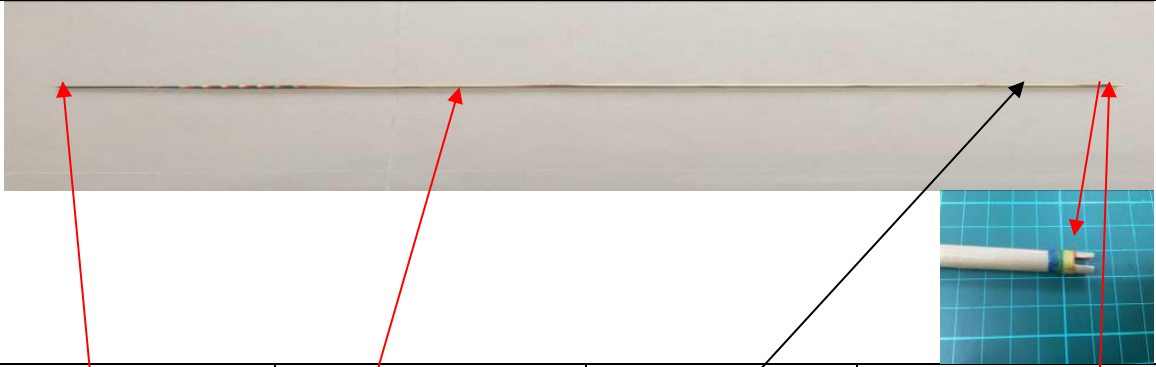

b. 弓的主要構造、功能，我們以圖解方式呈現，如下圖所示。

<p><b>弓重：</b> 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。</p>		<p><b>弓長：(紅色線段)</b> 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。</p>
<p><b>拉力：</b> 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。</p>		<p><b>拉距：(紅色線段)</b> 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。</p> 
<p><b>初速：</b> 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。</p>		<p><b>弓窗：(圓圈處)</b> 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。</p> 
<p><b>弓弦高：(紫色線段)</b> 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。</p>		

### (3)如何選擇適合的箭

a. 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。

b. 箭的主要構造：有「**箭頭**」、「**箭桿**」、「**羽葉**」、「**箭扣**」四個主要部份，如下圖所示。

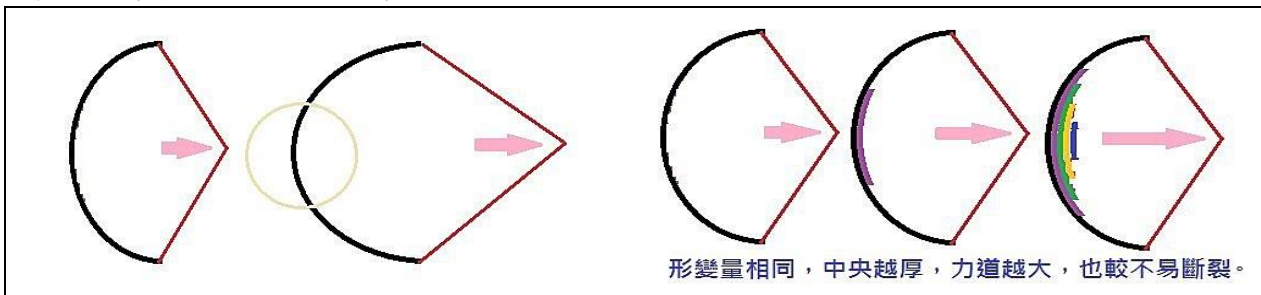
			
<p><b>1. 箭頭：</b> 主要取決於重量及型式，箭頭的重量與箭桿須配合，箭頭太重會使箭桿相對的變軟，因此箭頭與箭桿的匹配很重要。</p>	<p><b>2. 箭桿：</b> 早期的木箭、竹箭，到現在鋁箭、玻纖箭、碳纖箭的碳鋁箭。原住民傳統弓箭，現在大多以竹箭為主。</p>	<p>(泰雅原住民的箭，是沒有羽葉的設計)</p> <p><b>3. 羽葉：</b> 在箭桿尾部，一般來說越重的箭用的羽葉越大。</p>	<p><b>4. 箭扣：</b> 當箭扣搭在弦上若太鬆則在拉弓時易脫落；太緊會因脫離弦線不夠乾脆，造成箭的落點會偏一邊。</p>
		<p>左圖是霧峰林家花園展示的收藏品，是清朝霧峰林家早期軍隊訓練弓箭射擊的箭，箭尾有竹葉編成羽葉(圓圈處)。箭頭有倒鈎(紅色方形處)</p>	

### 3. 探討「泰雅弓箭」的製作過程和方法 《延續傳統文化的價值》

#### (1) 「泰雅弓箭」製作的原理與射擊探討

弓箭的製作技術是泰雅祖先流傳下來的智慧。其實，「弓箭」也富含科學的意義和原理。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。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。如下圖所示：《本圖取自科學小玩意兒-弓的科學》



(2)泰雅弓箭的製作過程如下圖所示：



1. 挑選優質彈木



2. 測量彈木長度



3. 木弓中心定位



4. 弓柄加工削薄



5. 弓窗設計



6. 弓柄細磨



7. 弓弦安裝(窗簾線)



8. 木弓上弦磅數調整



9. 磅數測試器



10. 箭竹挑選



11. 竹箭磨平取直



12. 箭頭(箭簇)裝置



13. 箭尾箭扣設計



14. 射擊技巧教學



15. 射擊技巧練習

(3)我們將傳統原住民的弓和箭分類介紹，如下圖所示。

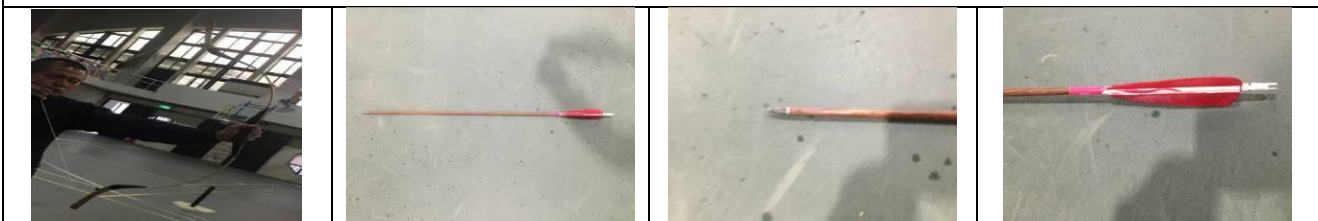
### 一、原住民傳統「狩獵專用」的弓和箭



#### 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。

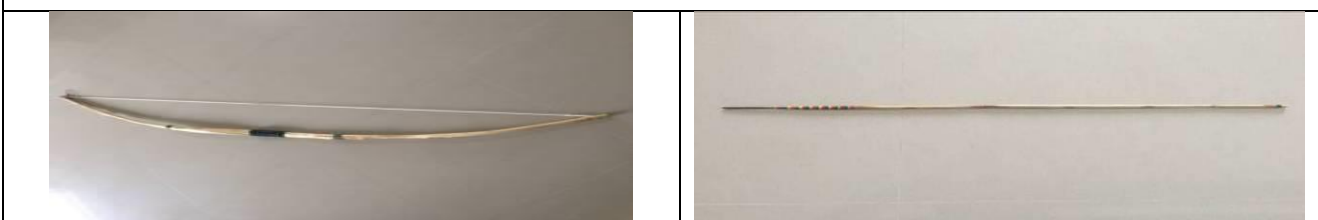
### 二、國際傳統射擊比賽專用弓箭(國際賽專用)



#### 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。

## (二)研究目的

### 1. 北成國小與泰雅原住民的地緣發展

(1)本校地理位置，為最接近泰雅原住民分布較多的南澳鄉、大同鄉之城鎮都會區，生活機能便利，交通運輸上也方便。因此，大多數外移工作或求學之原住民朋友，會以羅東為定居的主要因素，本校原住民學生人數大約有86人，人數算是非常多的。

(2)原住民漢化的問題，在都會區裡，越來越嚴重了。很多原住民孩子，不僅不太會說族語，連基本部落的文化都僅是一知半解。

(3)查訪過學校多數的原住民孩子，都有看過、聽過「泰雅弓箭」，但是卻不曾使用過、練習過，更遑論會製作了。

(4)當然，「泰雅弓箭」所蘊藏的科學原理或是文化意涵，也是一問三不知。如何傳承這項文化？本研究計畫，就是想利用科學研究的方法，延續原住民的價值文化，因此更顯重要。

### 2. 探討弓箭射擊的「科學原理」

(1)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。

(2)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。

### 3. 規劃實驗課程，深入學習泰雅原住民的狩獵文化

(1)設計實驗課程

- a. 探討「拉距」和「拉力」的變化關係
- b. 探討「拉距」和「射程」的變化關係
- c. 探討「弓長」和「射程」的變化關係
- d. 探討「箭長」和「射程」的變化關係
- e. 探討「竹箭重量」「竹箭重心」和「射程」的變化關係
- f. 探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係
- g. 探討弓箭射擊「箭速」的變化關係

- h. 探討弓箭射擊時「箭行進路線」的變化關係
  - i. 探討如何調整拉距、射擊仰角可以讓弓箭「射準」
- (2)以實驗的課程方式，探討「泰雅弓箭」的各項變化關係。

#### **4. 「泰雅弓箭」的課程研討、教材研發與推廣**

- (1)利用科學原理來研究「泰雅弓箭」，不僅可以延續泰雅原住民狩獵文化的價值，更可以利用科學原理的探究，發展成為實驗教材或特色課程。
- (2)可以利用學原理，探討不同弓箭的製作、射擊，不管是不是原住民的孩子，都可以研發變成特色課程和教材。

#### **5. 讓泰雅學童認同、重視並延續原住民本身的文化價值**

- (1)目前，部落裡會使用弓箭的人，已經不多了；而會製作「泰雅弓箭」的耆老，更是少之又少。
- (2)可以給學習製作「泰雅弓箭」的族人，提供參考來製作成需要的參考資料。

### **二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員**

#### **(一)成立學生實驗研究團隊(以三~六年級為主)**

1. 校內原住民學生
2. 校內漢人學生

#### **(二)部落訪查與教學活動**

1. 訪問部落耆老並記錄
2. 學習「泰雅弓箭」製作技巧與方法
3. 深入了解文化意涵

#### **(三)成立課程與教材研發小組**

1. 邀請部落學校(武塔國小)校長、老師；部落的耆老，協同研究
2. 校內教師共同研究課程教材並記錄

### **三、研究方法**

#### **(一)研究對象：**

1. 學校三~六年級學生對科學研究有興趣、成績表現優良之學生。
2. 原住民學生身分者優先。

#### **(二)時間規劃：**

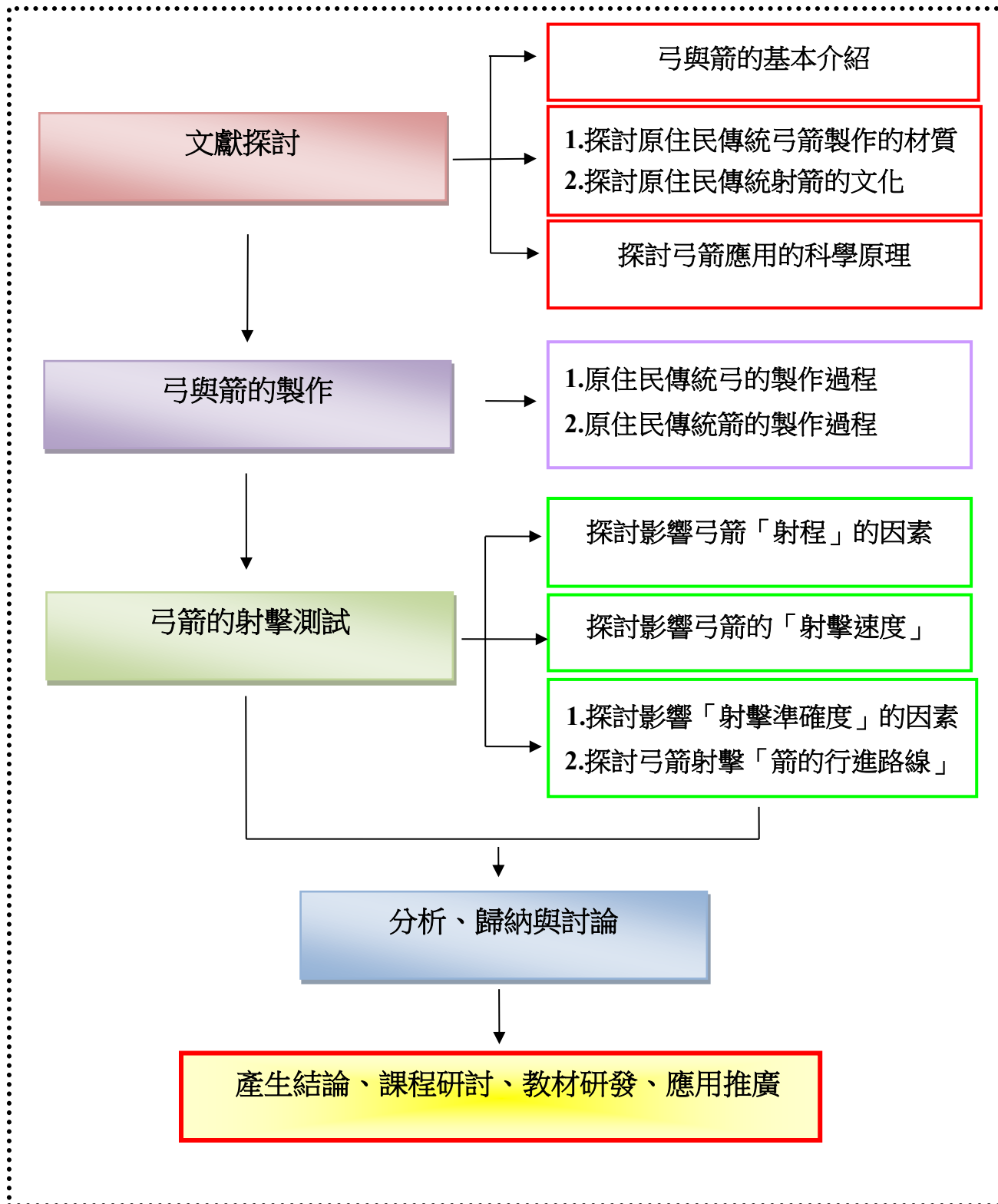
1. 利用假日時間或課餘時段。

#### **(三)實地訪查與文獻探討：**

1. 訪問部落耆老並記錄，了解泰雅原住民「弓箭」的傳說
2. 學習泰雅原住民「弓箭」製做的過程和方法
3. 認識「泰雅弓箭」的「科學原理」並延伸思考與應用

(四)科學實驗與科展研究

1. 擬定研究架構





## 2. 規劃實驗與學習控制變因

### 嚴謹的控制變因

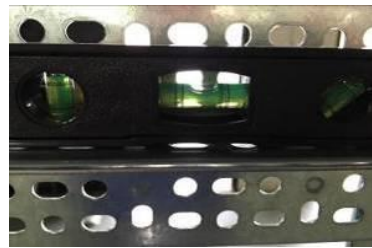
為了控制變因，自行設計「弓箭發射架」將弓固定住。使學生了解控制變因的重要性。

例如：弓箭架設是否垂直、水平，角度是否正確、拉距是否到位。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。

另外，安全性更重要！我們利用學校「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U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



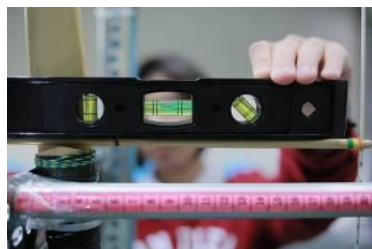
5.弓箭發射架完成



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

### (五)「文化傳承」和部落耆老的討論

1. 依據泰雅原住民耆老的射箭經驗，「**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**」。
2. 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。
3. 「**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。
4. 實際的「**拉距**」，必須扣除「**弓弦高**」，要不然「**拉力**」會產生誤差。

### 四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

1. 目前整體計畫研究進度已達50%以上。
2. 研究時程表如下表：

研究時程 研究步驟	109年度					110年度					
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
準備階段	●										
部落訪查		●	●								
學習泰雅弓箭製作		●	●								
進行各項實驗和教學活動			●	●	●	●	●				
科學原理探討		●	●	●	●						
歸納分析討論				●	●	●	●				
撰寫研究報告				●	●	●	●	●	●	●	●

### 五、研究成果

課程規劃	實施方式	成果與評估
一、了解「泰雅弓箭」的由來？歷史和演進	1. 蒐集資料、文獻探討 2. 訪談耆老、田野踏查 3. 攝影錄影、討論分析	1. 學習並可以獨立資料蒐集 2. 了解泰雅弓箭的歷史緣由 3. 訪問耆老並詳實記錄泰雅弓箭的製作 4. 知道「狩獵」在泰雅原族民文化中重要的地位 5. 理解「泰雅弓箭」文化傳承的重要性

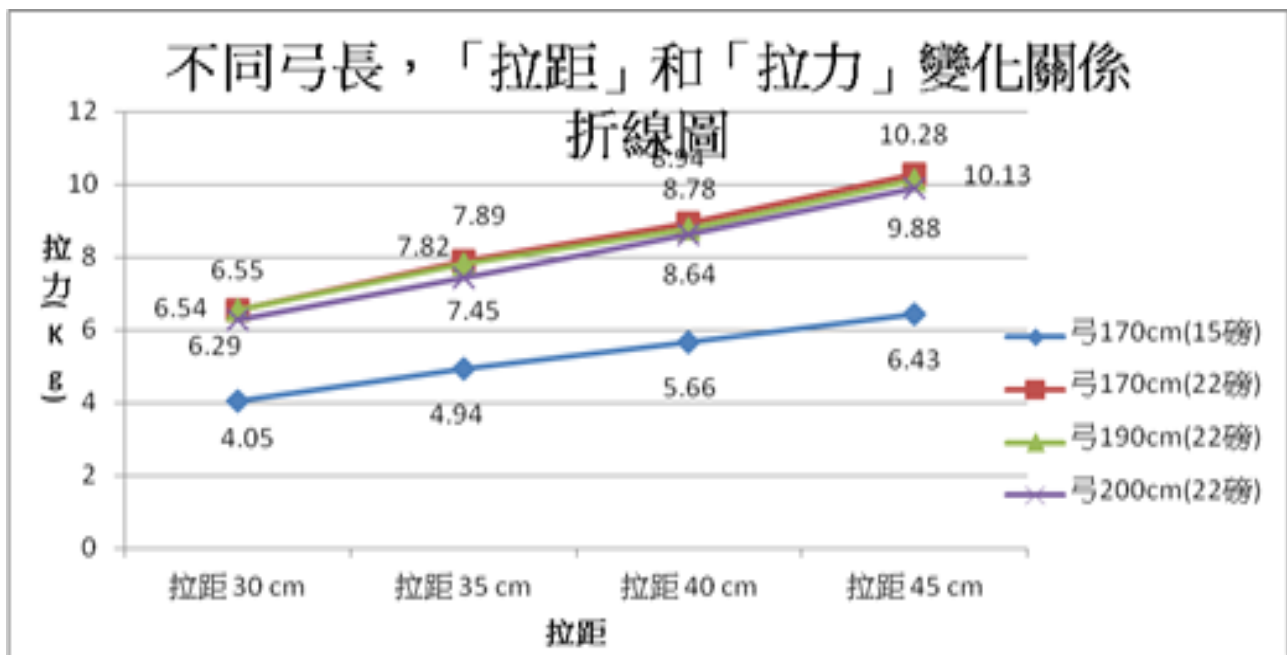
<p>二、 學習「泰雅弓箭」 的製作方法</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耆老製作與教學</li> <li>2. 觀摩與學習</li> <li>3. 實際操作與製作</li> <li>4. 過程紀錄與探究</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 實際製作泰雅弓箭，體驗泰雅弓箭製作的過程</li> <li>2. 知道製作泰雅弓箭的材料和方法</li> <li>3. 學會利用製作泰雅弓箭的工具</li> <li>4. 紀錄泰雅弓箭的製作過程並加以探究</li> </ol>
<p>三、 「泰雅弓箭」的射擊練習</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耆老指導與示範</li> <li>2. 學生實地射擊練習</li> <li>3. 發現問題與討論</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學會弓箭射擊，可以文化傳承</li> <li>2. 練習泰雅弓箭的射擊技巧</li> <li>3. 可以提出問題和討論</li> </ol>
<p>四、 探討「泰雅弓箭」 的科學原理</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 探討「形變」和「量變」的關係</li> <li>2. 探討「泰雅弓箭」的科學原理</li> <li>3. 探討弓箭的各個部位的基本功能</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 知道泰雅弓箭的科學原理</li> <li>2. 理解泰雅弓箭的射擊是能量的儲存和釋放</li> <li>3. 可以解釋弓箭各項構造和功能</li> <li>4. 可以回答泰雅弓箭所應用的科學原理</li> </ol>
<p>五、 「泰雅弓箭」射擊 實驗前的準備</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 和耆老一起討論可能影響「泰雅弓箭」射程的原因？</li> <li>2. 學習控制變因</li> <li>3. 設計弓箭射擊器</li> <li>4. 實驗規劃與討論</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 討論出可能影響泰雅弓箭射程的原因</li> <li>2. 理解操作變因和控制變因</li> <li>3. 可以利用器材控制變因、規劃實驗</li> <li>4. 可以自行設計製作弓箭發射架</li> </ol>
<p style="text-align: center;">~課程研究和討論~</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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」。</li> <li>2. 每個人的拉力、適合的弓長、穩定性、高度、角度…等，都不一樣！這必定會影響實驗的準確度，將會造成實驗的誤差。</li> <li>3. 所以應該由誰來射箭呢？</li> <li>4. 經過討論之後，為了控制變因，我們決定設計一個【<b>弓箭發射架</b>】。</li> <li>5. 自行設計的「<b>弓箭發射架</b>」是否可行？ <ol style="list-style-type: none"> <li>(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。</li> <li>(2)接著我們測試射擊，我們讓不同的同學測試相同的拉距。</li> </ol> <p><b>測試發現：</b>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同一條直線上，箭的落點也非常接近。</p> </li> <li>6. 為什麼要把射擊高度設定為135公分？ <ol style="list-style-type: none"> <li>(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。</li> <li>(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。</li> </ol> </li> </ol>		

## 六、實驗課程

《實驗操作一》  
探討「拉距」和  
「拉力」的變化關係

1. 測試不同拉距和拉力的變化關係
2. 以不同的弓測試，歸納並分析
3. 探討拉距和拉力對弓箭射程的影響

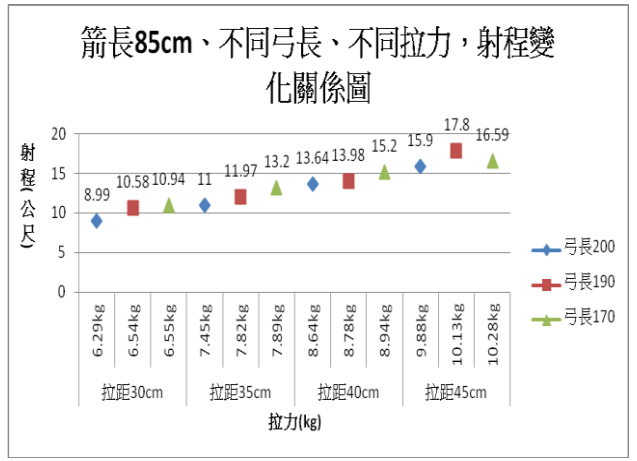
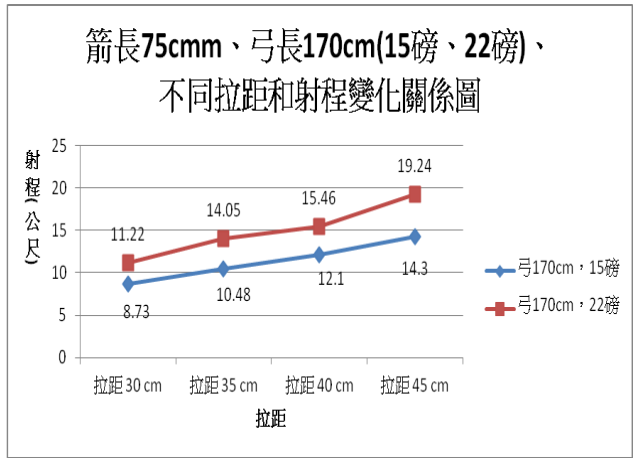
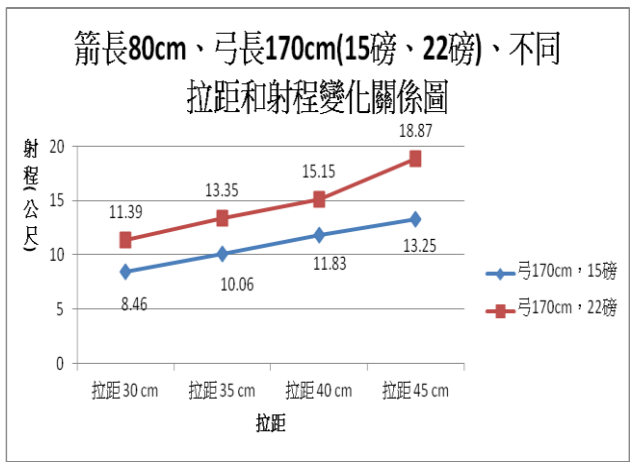
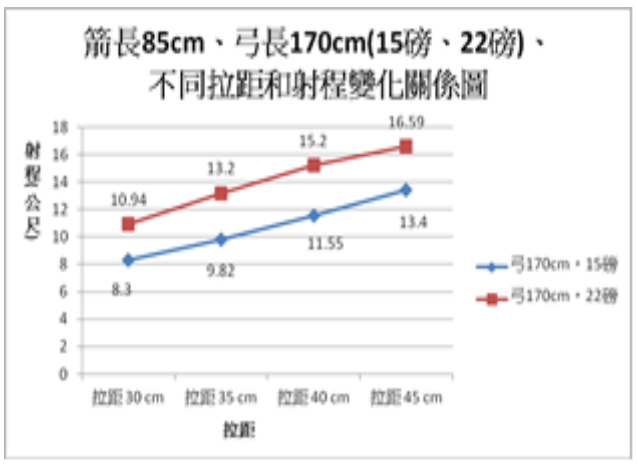
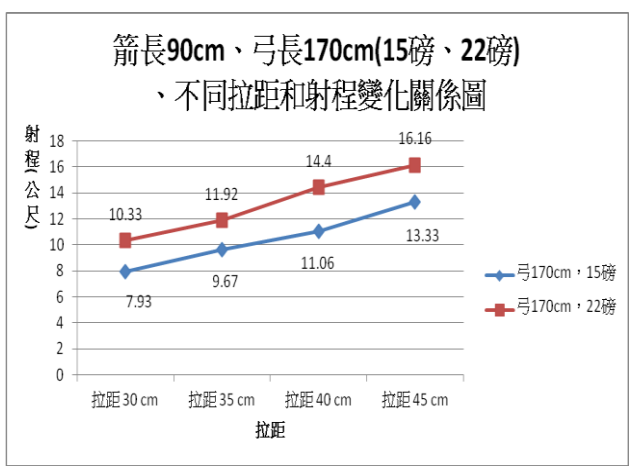
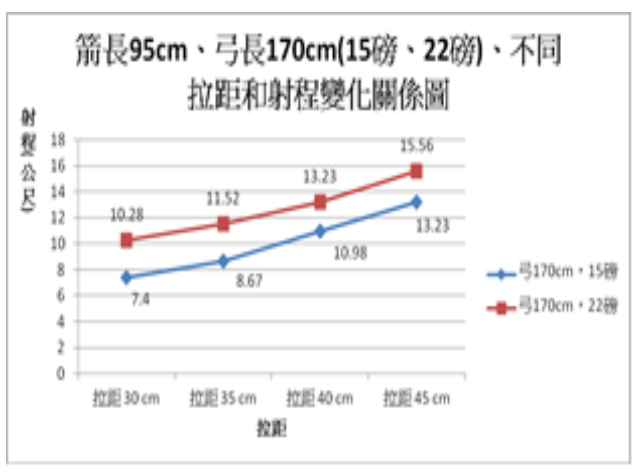
1. 發現拉力越大，拉距越大
2. 學會控制變因並討論
3. 理解拉力可以讓弓產生形狀改變
4. 知道在相同的「拉距」下：弓越短，「拉力」也就會越大
5. 不管箭的長短如何，拉距(拉力)越大，「射程」也會越遠。



《實驗操作二》  
探討「拉距」和  
「射程」的變化關係

1. 利用不同磅數(15磅、22磅)，相同170cm 弓長的二把弓來比較測試
2. 用5支不同長度的箭(95、90、85、80、75)公分，分別測試在這二把弓上發射的「射程」
3. 測試「拉距」和「射程」的變化關係。
4. 探討拉距、射程如何變化？

1. 可以發現不管箭的長短如何，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。
3. 理解拉距和射程之間的變化關係
4. 學會控制變因



《實驗操作三》  
探討「弓長」和「射程」的變化關係

1. 以三把不同弓長(22磅)的弓，搭配五支不同箭長的竹箭來測試。
2. 測試「弓長」和「射程」的變化關係
3. 探討射程如何變化？

1. 可以理解同樣磅數的短弓，在射程上，確實會比較遠。
2. 相同弓長，磅數越大的弓，射程也會比較遠。
3. 知道弓長和射程之間的變化關係
4. 在相同拉距的情況下，短弓的形變量大，「射程」應該會比較遠。

不同弓長、不同箭長、拉距30cm，射程變化關係圖



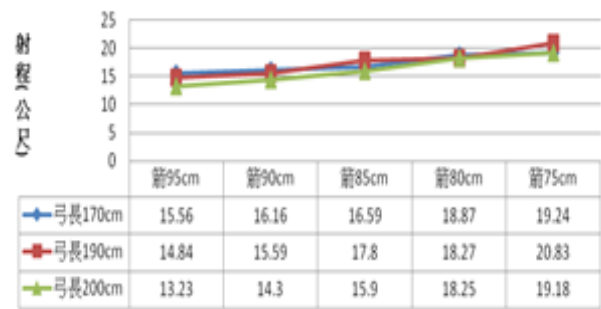
不同弓長、不同箭長、拉距35cm，射程變化關係圖



不同弓長、不同箭長、拉距40cm，射程變化關係圖



不同弓長、不同箭長、拉距45cm，射程變化關係圖

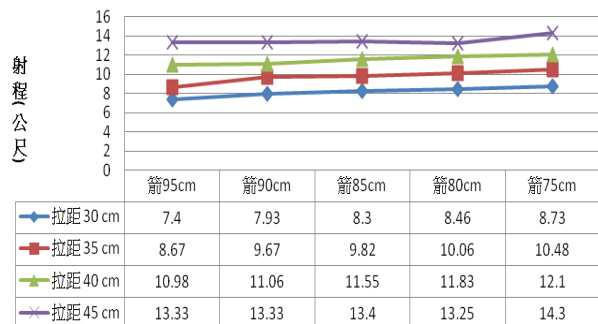


《實驗操作四》  
探討「箭長」和  
「射程」的變化關係

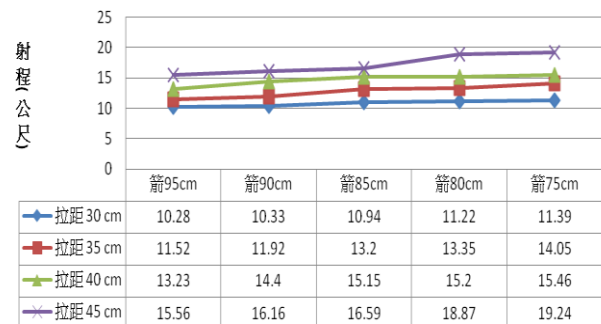
1. 使用四把弓(不同弓長和磅數), 和五支不同箭長的竹箭, 射擊測試
2. 測試在不同拉距的情況下, 「竹箭長短」和「射程」的變化關係。
3. 探討射程如何變化?

1. 可以發現「箭長越短, 射程越遠」; 「箭長越長, 射程越近」。
2. 理解箭的長短和射程的變化關係
3. 可以深入討論箭的重心和重量對射程的影響

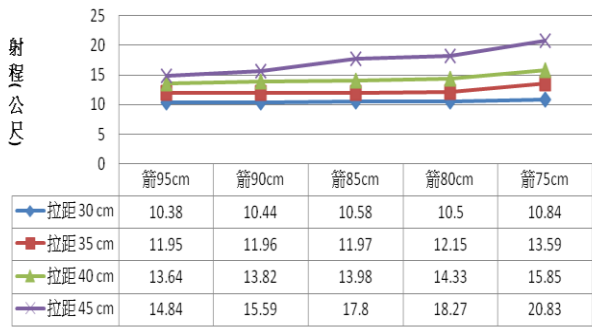
弓長170cm(15磅)、不同箭長、不同拉力，射程變化關係圖



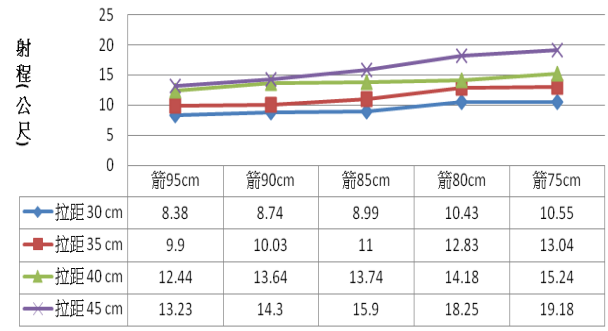
弓長170cm(22磅)、不同箭長、不同拉力，射程變化關係圖



弓長190cm(22磅)、不同箭長、不同拉力，  
射程變化關係圖

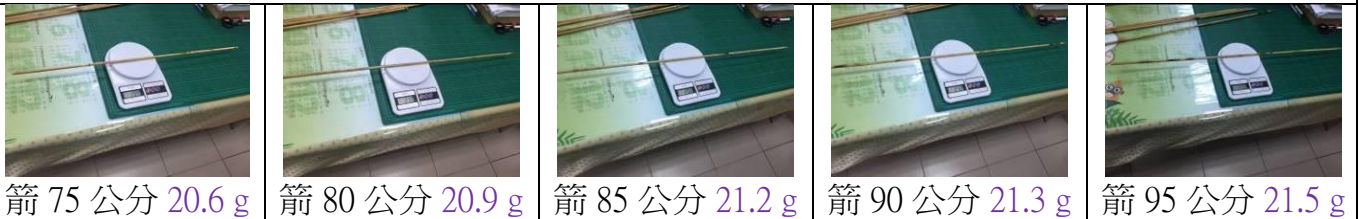


弓長200cm(22磅)、不同箭長、不同拉力，  
射程變化關係圖



### 深入討論「竹箭的重量」，會不會影響「射程」？

1.製作五支長短不一樣但沒有箭簇(箭頭裝鐵釘)的竹箭來測試，如下圖：



2.以不同重量的黏土(5、10、15、20g)當成是箭簇，黏在箭頭上射擊，測試「箭的重量」和「射程」的變化，如下圖：



3.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，對「射程」影響不大。而且，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)利用槓桿原理進行解釋(如下圖)：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。

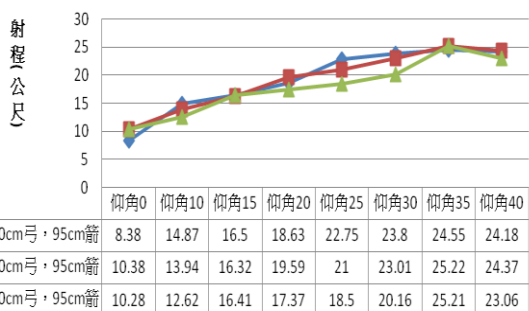


《本圖取自科學小玩意兒-弓的科學》

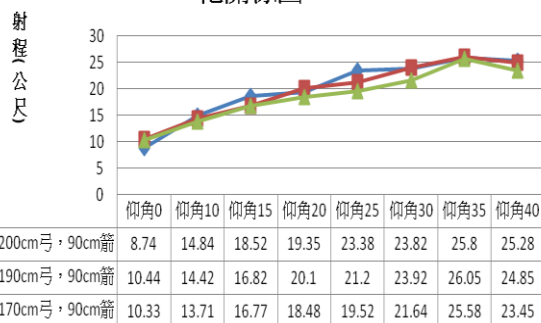
課程規劃	實施方式	成果與評估
<p>《實驗操作五》 探討「射擊仰角」和「射程」的變化關係</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用三把不同弓長，磅數大致相同(22磅)的弓來測試。</li> <li>2. 搭配5支不同箭長的箭，分別測試在「不同仰角」的射擊，「射程」的變化關係。</li> <li>3. 都以「拉距30公分」的力道來測試，射擊仰角設定為：<math>15^{\circ}</math>、<math>20^{\circ}</math>、<math>25^{\circ}</math>、<math>30^{\circ}</math>、<math>35^{\circ}</math>、<math>40^{\circ}</math>。</li> <li>4. 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。</li> </ol>	<p>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<math>35^{\circ}</math>的時候，射程最遠」。</p>



箭長95cm、不同弓長、不同仰角，射程變化關係圖

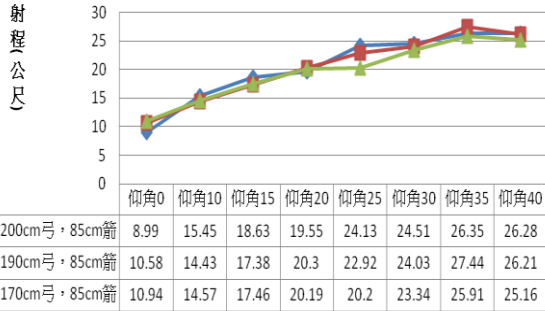


箭長90cm、不同弓長、不同仰角，射程變化關係圖

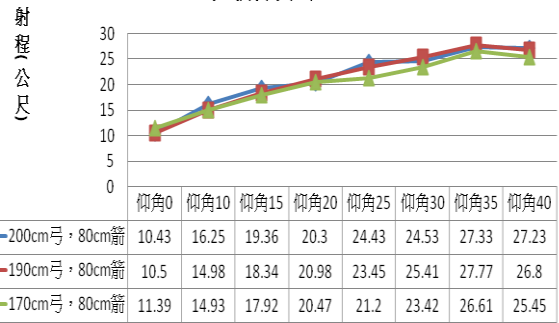




箭長85cm、不同弓長、不同仰角，射程變化關係圖



箭長80cm、不同弓長、不同仰角，射程變化關係圖

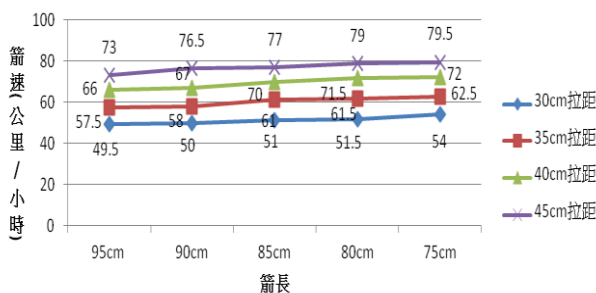


《實驗操作六》  
探討弓箭射擊  
「箭速」的變化  
關係

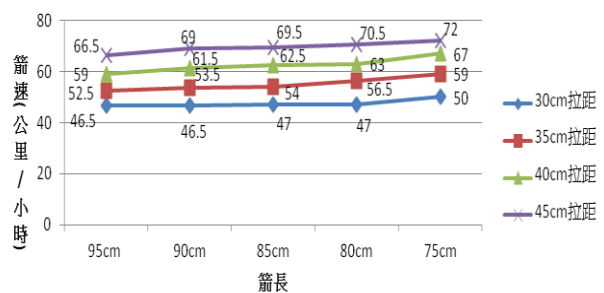
1. 利用相同弓長170cm(15磅、22磅)，二把弓來測試，再利95cm、90cm、85cm、80cm、75cm 五支箭，分別測試弓箭的射擊速度。
2. 我們將測速槍放在準備發射的弓箭旁，測試弓箭射擊出去的瞬間速度。
3. 測速槍的單位為(公里/小時)
4. 射擊點到靶架距離12公尺，總共約0.6秒，計算速度為 $12 \div 0.6 = 20$ (秒速20公尺/秒)， $20 \times 60 \times 60 \div 1000 = 72$ (時速72公里/小時)，與測速槍測得平均速度73公里/小時，非常接近。

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. 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. 長170cm(15磅)的弓，拉距45cm，箭速大約在67~72公里/小時。

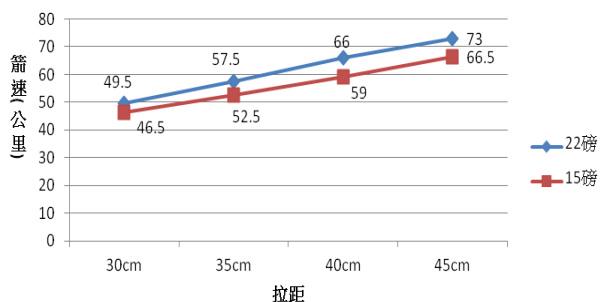
弓長170cm(22磅)，不同拉距、不同箭長，箭速變化關係圖



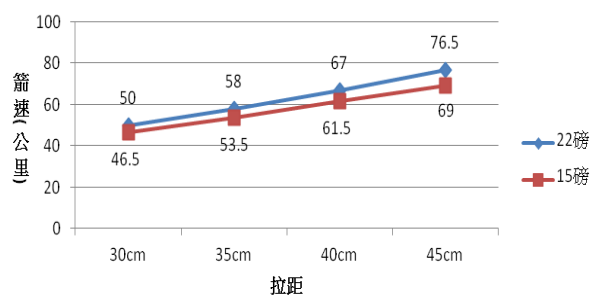
弓長170cm(15磅)，不同拉距、不同箭長，箭速變化關係圖



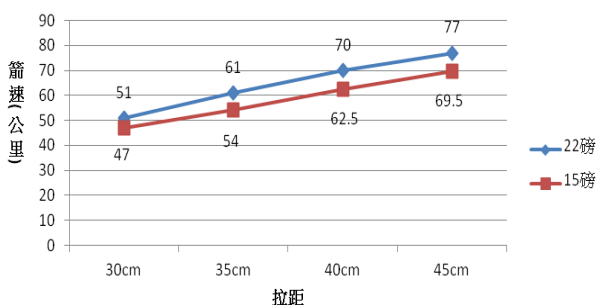
箭長95cm、弓長170cm(15磅、22磅)、  
不同拉距、箭速變化關係圖



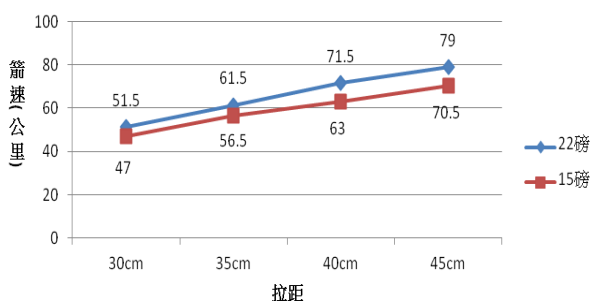
箭長90cm、弓長170cm(15磅、22磅)、  
不同拉距、箭速變化關係圖



箭長85cm、弓長170cm(15磅、22磅)、  
不同拉距、箭速變化關係圖



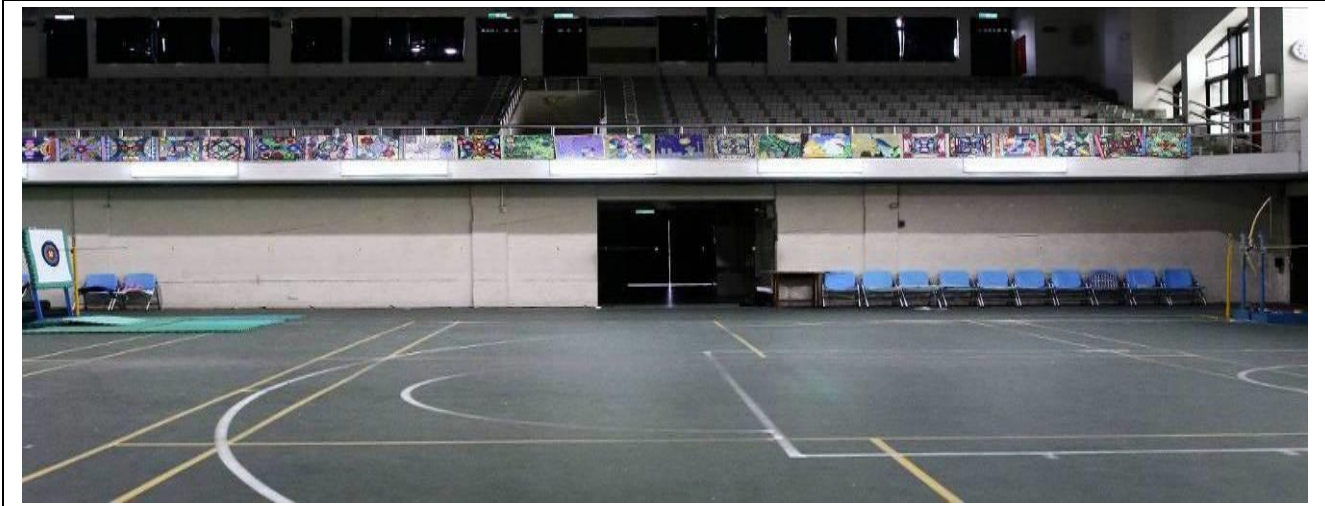
箭長80cm、弓長170cm(15磅、22磅)、  
不同拉距、箭速變化關係圖



《實驗操作七》  
探討如何可以讓弓箭「射準」？

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，在旁邊架設一條釣魚線，再標示距離。

1. 弓箭「射擊仰角 $0^{\circ}$ 、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. 弓箭「射擊仰角 $0^{\circ}$ 、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. 弓箭「射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距45cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。
4. 弓箭「射擊仰角 $5^{\circ}$ 、拉距38cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。





射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距30 cm(拉距不足)



射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距35 cm(拉距不足)



射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距38 cm(拉距不足)



射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距45 cm(拉距適中)



射擊仰角 $10^{\circ}$ 、拉距35 cm(仰角太大)



射擊仰角 $7^{\circ}$ 、拉距35 cm(仰角太大)



射擊仰角 $5^{\circ}$ 、拉距35 cm(仰角適中)



射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距38cm(拉距不足)



射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距40cm(拉距不足)



射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距45cm(拉距適中)



射擊仰角 $5^{\circ}$ 、拉距38cm(仰角、拉距配合)

#### 實驗推測：

- (1)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。
- (2)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。
- (3)「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」。
- (4)當弓箭「射擊仰角 $0^{\circ}$ 、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)
- (5)當弓箭「射擊仰角 $0^{\circ}$ 、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)
- (6)當弓箭「射擊仰角 $0^{\circ}$ 、拉距45cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。
- (7)當弓箭「射擊仰角 $5^{\circ}$ 、拉距38cm」時，箭以拋物線方式行進，「命中靶心」。

## 實驗結論：

### 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. 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 $35^{\circ}$ 的時候，「射程」最遠。

- (1)弓長170cm(22磅)的弓，箭長90cm，射擊仰角 $35^{\circ}$ 時，射程大約25.58公尺。
- (2)弓長190cm(22磅)的弓，箭長90cm，射擊仰角 $35^{\circ}$ 時，射程大約26.05公尺。
- (3)弓長200cm(22磅)的弓，箭長90cm，射擊仰角 $35^{\circ}$ 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.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」。

## 六、檢討與建議

### (一) 玩科學、做實驗，看見泰雅文化的價值

1. 從這次的專案計畫研究中，看見了泰雅原住民傳統弓箭的文化，以原住民狩獵的文化為題材，延續泰雅族的歷史價值。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。
2. 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」。
3. 原住民的孩子們，在動手操作的過程中，學出了興趣，因為來自族人傳統的文化價值，無形中以提升了他們的自信心。

### (二) 在「科學」與「文化」之間搭起橋樑，推廣泰雅文化的特色課程

1. 只要多一些巧思，都可以將蘊含著豐富的科學原理的原住民文化變成課程，讓看似衝突的「文化」和「科學」互相結合。
2. 不管是原民部落裡的孩子們或者一般的漢人孩子，都需要引導、需要有特色的課程來啟發；創意可以使科學更好玩，等著我們來他起橋樑。
3. 「經驗傳承」與「延續價值」是原住民文化課程中，最重要的；讓部落耆老帶領孩子們就地取材，從生活經驗中出發，就是最棒的特色。