

中華民國第 63 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(一)

佳作

082810

Do It Myself - 智能射箭訓練系統

學校名稱：彰化縣芬園鄉同安國民小學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 小五 楊淳閔 小五 王宥璇 小五 王泊中 | 指導老師： 許弘睿 邱家正 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：射箭、智能、訓練

摘要

為了精進射箭的能力，我們開始研發「智能射箭訓練系統」，並透過該裝置判斷舉弓、拉弓、放箭速度等數值，讓使用者能清楚地知道現在的姿勢是否有達到射箭時的標準動作。本實驗分為四個大方向進行操作：穩定、力量、精準度、以及計分靶。為了找出符合選手最合適的射箭動作，我們另外以一名選手的舉弓高度（130cm）及拉弓距離(57cm)，做出固定射箭模擬器。透過該裝置發現：該選手於 10 公尺距離時，傾角 $-1.2 \sim -0.2$ 度能夠命中九分的範圍。除此之外，我們用紅外線感應框、投影機與 scratch 程式製做出互動計分靶。透過裝置，便可以快速紀錄下射箭時的分數和落點。我們將整個設備整合為成完整的智能射箭訓練系統，供使用者能夠快速且精確的矯正自己錯誤的射箭姿勢及方向。

壹、研究動機

自從我們加入學校的射箭隊後，就情不自禁愛上這項運動。每當看到自己的箭矢命中靶心，內心都有一種難以言喻的興奮感，但想要精準射擊並非輕而易舉的事情。射箭時必須保持全身的連貫性，不可各自分開(沈連魁，中華體育第十七卷第一期)。想要射出精度高、力度夠的箭矢，必定與身體的姿勢有著密不可分的關係。由於我們的社團指導教練因為時間上的因素、以及學校的經費有限，所以每周只能來到學校進行一次教學。為了讓射箭隊的夥伴也能夠更多自主練習的時間與方法，我們決定收集並了解射箭時須遵守的基本要件數據，如：平衡、力道、準度…等，再透過分析研究，製作出一個容易操作且正確性高的「智能射箭訓練系統」。

貳、研究目的









- 一、 透過詢問教練、翻閱文獻，了解射箭時需要的基本條件及正確姿勢。
- 二、 以文獻中穩定度的重要性，設計出平衡訓練器，訓練保持最佳的平衡位置。
- 三、 以文獻中力道的重要性，設計出能偵測拉弓力道的訓練器。
- 四、 固定射箭變因，按選手數值製作射箭模擬裝置，收集選手精準度的射擊數據。
- 五、 互動計分器標靶的設計與製作，透過電子化的方式，讓使用者能即時知道分數。
- 六、 將實驗結果交由射箭校隊測試使用，並收集心得回饋。

參、研究設備及器材

一、 材料：

用於製作訓練系統之平衡訓練器、力道偵測器、固定射箭模擬器、及互動計分靶。以下為所需的硬體設備與製作材料（圖一）。

| 所需設備與材料 | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| micro:bit v2 | 紅外線感測模組 | 視訊鏡頭 | 紅外線感應框 |
|  |  |  |  |
| 反曲木弓(SIRIUS) | 箭矢(5.5mm) | 七段顯示器 | 木板及螺釘 |
|  |  |  |  |
| 白色絕緣膠布 | 複合弓放箭器 | 圓形標靶 | 單槍投影機 |

（圖一）裝置所需的主要感測設備

二、 應用程式：

以程式積木撰寫器材的功能。透過 MakeCode 驅動 mirco:bit、以及利用 Scartch3 製作出計分程式，完成感測數據與圖像的回饋與計算（圖二）。



（圖二）本次實驗所使用的兩個主要軟體

肆、研究過程或方法

為了提升射箭能力，我們透過搜尋網站上的文章、觀看比賽時的錄像、以及和教練的訪談，理解了射箭時的要點並加以歸納（圖三），最後將其區分為三項自主練習時最需要注意的事情，和一項射箭可以改善的問題。分別為：穩定度、力道、準度、及計分靶。



（圖三）與教練的訪談

● 穩定度：

射箭比賽中選手的穩定度及動作的一致性於比賽中扮演重要的腳色(張小吉、張怡潔、吳聰義、何金山，2016)。在日常練習射箭時抓到身體的感覺十分重要。如果練習時找錯了平衡感，往後的訓練將造成難以改變的射箭習慣。所以我們將射箭時的平衡穩定性，列入本次製作訓練系統的主要條件之一。



● 力道：

在〈反曲弓改變拉距長度與弦高位置對放箭後速度變化之探討中〉一文中，可以得知箭矢的速度與拉弓時的力道有著正相關。在射箭比賽中，每一趟的箭數有六支，一場下來共要射 12 趟，也就是共 72 支箭。射箭者會隨著比賽的進行逐漸沒有力氣拉弓，使弓無法保持該有的拉弓距離，導致箭矢飛行路徑也跟著改變。因此我們將射箭的力道偵測納入考量範圍，讓射箭的人能時刻注意自己拉弓時的力氣變化。

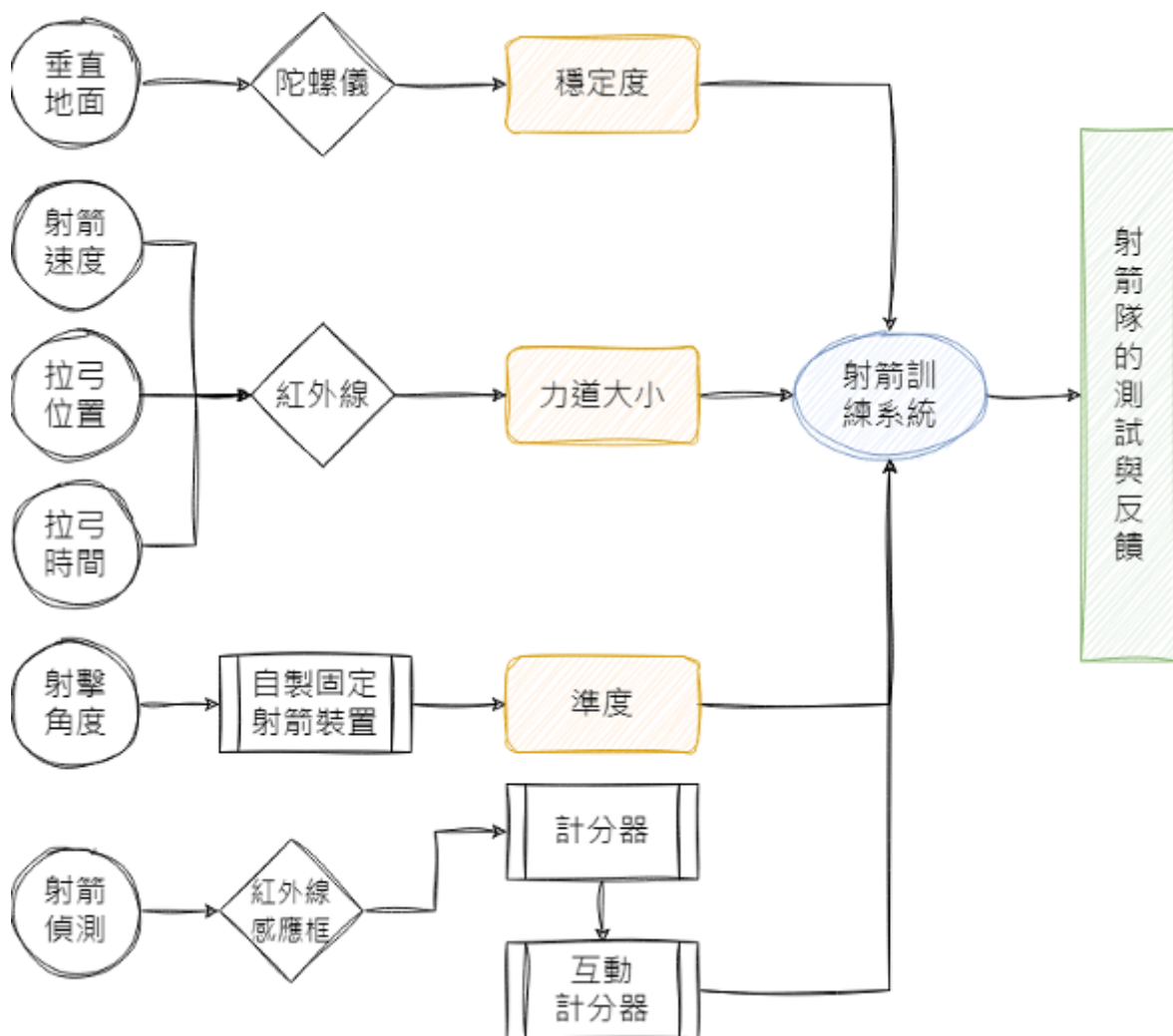
- 準度：

教練曾說：「想要命中紅心，射箭時的身體要保持穩定。」我們在射箭時，反曲弓必須垂直地面。通常只要站的位置夠正，在相同環境與條件下，唯一剩下會影響準度的條件就只剩下俯仰角度的變化。要如何找到俯仰角與命中紅心之間的關係，是這部分的首要解決點。

- 計分靶：

每次在練習射箭時，教練總會使用名叫：ArcheryRec 的手機軟體幫我們記錄射箭時的分數。然而只要箭靶離的較遠，就會需要走進查看才能於手機上進行點擊紀錄。該如何提高計分時的便利性，便會是這次的實驗的目標。

確認實驗目標後，我們將針對三個不同的方向進行深入的分析及設計，擬定這次的實驗研究架構（圖四），並著手進行製作與測試。



(圖四) 實驗流程圖

伍、研究結果

一、實驗(一)：平衡訓練器

「手臂緊握反曲弓時，反曲弓要與地面成 90 度的絕對垂直。」這是能達到平穩射箭時的不二法門，然而只要教練不在身旁，就很難知道自己的手臂是否達到絕對的垂直。因此「如何判斷弓是否與地面保持絕對的垂直？」是我們此項的實驗目標。

(一) 實驗目標：確認弓與地面的垂直。

要找出射箭的平衡，得先了解到所謂舉弓時的標準動作。而我們在訪談時教練，教練建議：拉弓時反曲弓與地面達到誤差不超過兩度的垂直（圖五）。唯一能改變的只有射箭時的仰角及左右水平移動（圖六）。



(圖五) 射箭時須保持如紅線畫的垂直



(圖六) 唯一能變動的上下與左右

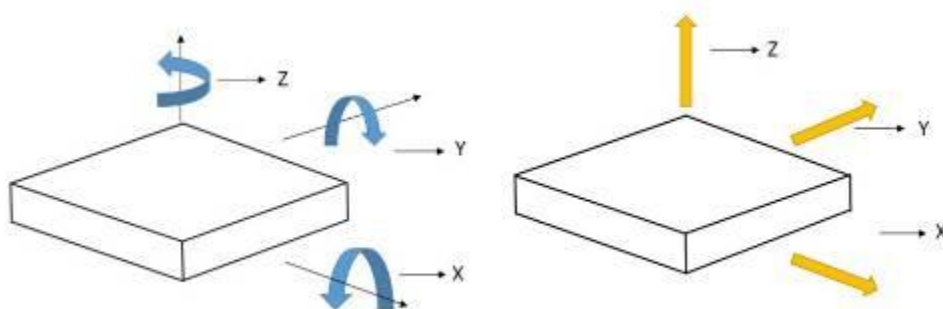
(二) 實驗資料：找尋並分析相關的平衡裝置（表一）

1. 常見的平衡裝置有：三軸穩定器、單輪平衡車、賽格威…等。
2. 各自運用到的平衡原理：加速度感測儀、三軸陀螺儀、磁力感測器。

| 產品 | 三軸穩定器 | 單輪平衡車 | 賽格威 |
|----|---|---|---|
| 圖片 |  |  |  |
| 原理 | 陀螺儀 | 陀螺儀及加速感測器 | 陀螺儀 |

(表一) 需用到平衡儀的產品原理比較

傳統的平衡性產品，多數都是透過陀螺儀的晃動而保持物體的穩定。而近幾年則有體積輕巧且方便的加速度儀出現，透過半導體測量線性加速度，可用於傾斜度和振動測量等目的（圖七）。



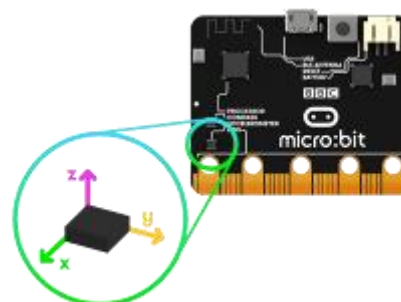
（圖七）左圖為陀螺儀原理，右圖為加速度感測儀原理

（三）製作流程：材料的選取及程式撰寫

因為陀螺儀的平衡原理受限於裝置的體積大小（圖八），所以我們改採用微小型的加速度感測儀偵測反曲弓的平衡。而使用 Arduino 時必須另外接線到加速度感測模組，所以選擇使用本身就自帶三軸加速儀的 micro:bit（圖九）。



（圖八）陀螺儀



（圖九）micro:bit 加速度感測儀位置

micro:bit 正面有著 5x5 的 LED 訊號燈，可以用於構成簡單的圖形，正好當作射箭時自主監控平衡性的即時回饋。該設計將假定裝載在手握著弓弦上方十公分處，使我們在射擊時可以同時一瞥身體的平衡性（圖十）。



（圖十）平衡訓練器預想安裝位置

1. 平衡訓練器設計 – 左右偏移

藉由 Makecode 的積木程式，按照反曲弓的變化堆出感測時所需要的功能。實驗中將 LED 燈連成一直線模擬弓箭偏移時的改變情形。當反曲弓沒有與手臂成垂直時，燈號會隨著偏移的方向而有所移動。同時當偏移量過大時，micro:bit 也會發出聲音，提醒使用者傾角過大將會造成與目標產生較大的偏差。

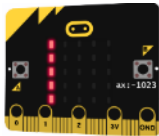
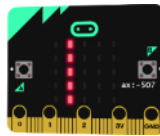
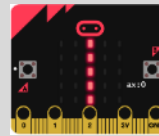
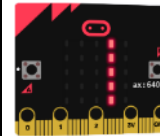
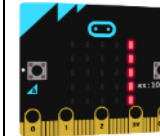
撰寫 Makecode 程式的同時（圖十一），我們發現 micro:bit 的單一軸向加速感測值有著一定的範圍：-1024~1024，因此我們按照感測器擺放的位置，將 X 軸的變化區間平分成五等分，並分別對應做出不同的變化（表二）。藉由聲音及燈號的不同，讓射箭者能及時調整動作上的錯誤。



(圖十一) 利用 X 軸的數值差異判斷不同的傾斜程度

* X 軸的平分算式：

- ① $(1024 \times 2) \div 180 \approx 11$ (每一度對應的數值變化)
- ② 按照教練給予的數值，垂直手臂時可容忍 2° 內的誤差值，所以正中間的變化定義為 $-20 \sim 20$ 。

| | 大幅度左傾 | 左傾 | 正中間 | 右傾 | 大幅度右傾 |
|-----------|---|---|--|---|---|
| 訊號對應值 | -1024 ~ -522 | -522~-20 | -20~20 | 20~522 | 522~1024 |
| 偏移燈號 (UI) |  |  |  |  |  |
| 發出聲響 | V | X | X | X | V |

(表二) 訊號燈移動與數值改變的關係

實驗結果：

- (1) 反曲弓正常使用下除了擺放弓箭，並不會產生傾角過大的狀況。聲音只有出現在大幅度傾斜時，並不如想像中的實用。
- (2) 直線圖像偏移的 UI 在使用時與反曲弓的轉動並不直覺，容易產生閱讀訊息上的困難（圖十二）。



(圖十二) 顯示圖

2. 平衡訓練器改良 - 旋轉偏移

針對上述實驗所產生的問題進行改善，原先大幅度傾角時所發出的聲音改為無聲，並增加小幅度偏移時發出的提醒。

左右偏移則改變為射箭時最常遇到的旋轉偏移，為了配合反曲弓歪掉時的同步感，我們這次將旋轉時所產生的回饋細分成九種不同的模式(表三)。並運用 X 軸的數值變化量，對應到傾角的度數變化。

* X 軸的平分算式：

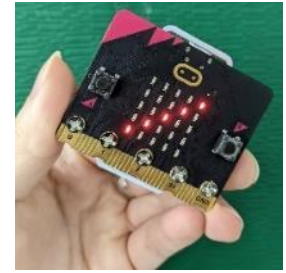
- ① $(1024 \times 2) \div 180 \doteq 11$ (X 軸每一度對應的數值變化)
- ② X 軸九種變化量的區分： $180^\circ - 157^\circ - 135^\circ - 112^\circ - 90^\circ - 68^\circ - 45^\circ - 23^\circ - 0^\circ$
- ③ 按照教練給予的數值，垂直手臂時可容忍 2° 內的誤差值，所以正中間的變化定義為 $-22 \sim 22$ 。

| | 正中間 | 向右傾 23° | 向右傾 45° | 向右傾 68° | 大幅右傾 |
|-----------|----------|------------|-------------|-------------|--------------|
| 訊號變化值 | -22 ~ 22 | 22 ~ 253 | 253 ~ 495 | 495 ~ 748 | 748 ~ 1024 |
| 旋轉燈號 (UI) | | | | | |
| 發出聲響 | X | V | X | X | X |
| | / | 向左傾 23° | 向左傾 45° | 向左傾 68° | 大幅左傾 |
| 訊號變化值 | | -22 ~ -253 | -253 ~ -495 | -495 ~ -748 | -748 ~ -1024 |
| 旋轉燈號 (UI) | | | | | |
| 發出聲響 | | V | X | X | X |

(表三) 旋轉角度對應的九種變化

實驗結果：

- (1) 本次實驗已改善發出提醒通知的範圍，並將左右平移的 UI 改為直覺性的旋轉角度（圖十三）。
- (2) 本次實驗的介面與聲音提醒，並不如想像中的實用。選手在射箭時，通常並沒有多餘的眼光去留意傾斜的號誌燈，而單一音調的回饋只能讓選手知道弓弦沒有垂直地面，卻無法得知裝置是往左或右傾斜。



(圖十三) 新的顯示樣式

3. 平衡訓練器改良 - 音調變化

由於只有聲音提醒，難以辨別水平儀是左傾還是右傾，因此我們也在平衡訓練器中加入不同的聲音提醒，並刪除掉肉眼可見的傾斜幅度提醒，讓平衡訓練器整體用起來更加的人性化(表四)。

* 聲音判別的方式

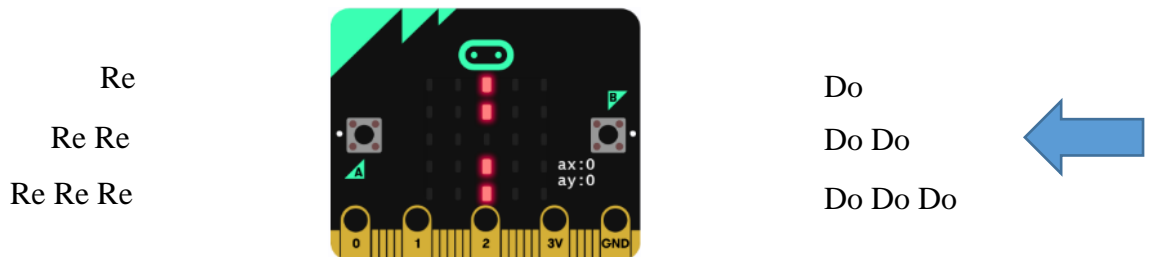
- ① 左傾音調 Re，右傾音調 Do。
- ② 依照倒車雷達的思路，越接近平衡，發出聲響的節拍越高。

| | 向左傾 68° | 向左傾 45° | 向左傾 23° | 正中間 | 向右傾 23° | 向右傾 45° | 大幅右傾 |
|-----------|--------------|-------------|------------|----------|----------|-----------|------------|
| 訊號數值 | -495 ~ -1024 | -253 ~ -495 | -22 ~ -253 | -22 ~ 22 | 22 ~ 253 | 253 ~ 495 | 495 ~ 1024 |
| 旋轉燈號 (UI) | | | | | | | |
| 發出節拍 | Re | Re Re | Re Re Re | X | Do Do Do | Do Do | Do |

(表四) 改良後的訊號對照表

實驗結果：

- (1) 本次實驗改善必須依賴視力去判斷傾斜方向的問題。
- (2) 音調的急促性可以讓使用者更警惕自己舉弓時(圖十四)，是否有大幅度的傾斜。



(圖十四) 不同方向不同音調

二、 實驗(二)：力道偵測器

射箭的過程中，我們會因為沒有體力，逐漸無法維持本來的標準姿勢(圖十五)。這導致使箭矢飛行路徑也有所不同。為了加強射箭時拉弓時的力氣，我們將探討射箭時的力道，並將其量化成一個訓練參考的數據。



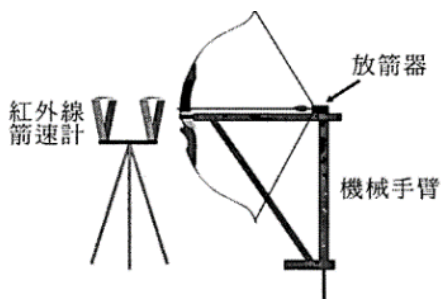
(圖十五) 射箭時拉弓的力道會隨著箭數降低

(一) 實驗目標：確認射箭時與力道相關的因素

影響箭矢飛行距離有許多的因素，但能夠經由射箭者控制的變因主要在於**弓弦拉開的距離**。我們從先前文獻中得知，射箭的力道大小又和箭矢的速度成正相關，而在射箭時的力道卻會因為弓弦的磅數而有所不同。因此本項實驗將分成**測量速度**、**拉弓力道**，兩個方向進行。

(二) 實驗資料：尋找相關的測速的相關感測器

在〈反曲弓改變拉距長度與弦高位置對放箭後速度變化之探討中〉的文獻裡，作者是在射擊點與標靶之間加入了紅外線的遮斷器。只要箭矢通過時便能測出當下的發射速度(圖十六)。然而過於龐大的設備與我們原先輕巧、方便使用的想法有所相悖，所以我們將改良測速裝置，直至能輕鬆地安裝在反曲弓上並使用(圖十七)。



(圖十六) 文獻中出現的測速裝置



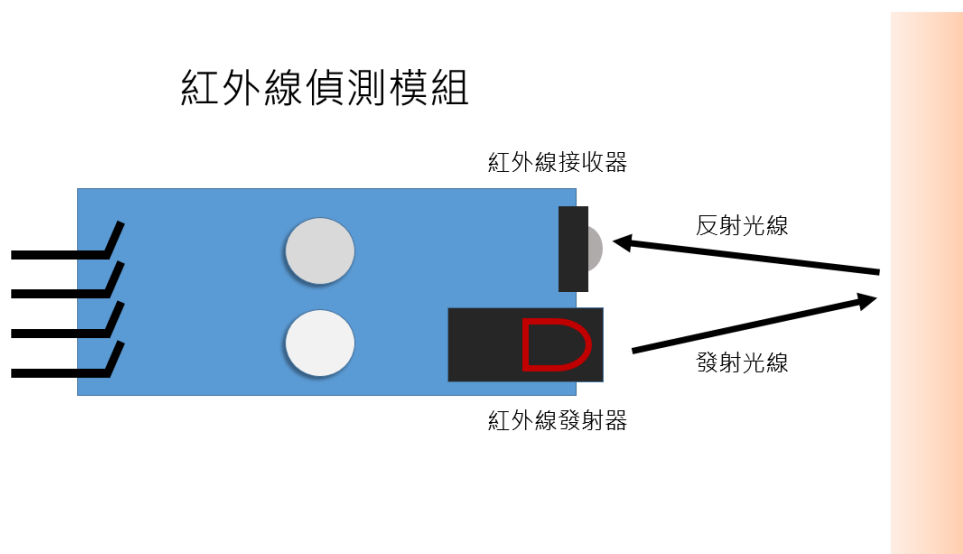
(圖十七) 測速儀預期位置

(三) 製作流程：力道偵測器的製作 - 速度偵測

想要測得箭矢的速度，感測器和箭矢的距離就不能太遠。而該如何測得箭矢通過感測器時所產生的變化將是計算箭矢速率的關鍵點。我們參考了上述文獻中出現的紅外線裝置，並藉由其接受光線反射率的特性，找出最適合的反射長度。

1. 紅外線感測模組的原理

紅外線感測模組是不斷接收物體的光線反射，並依照反射率變化進行電位的改變（圖十八）。我們利用不同顏色的反射差異，在箭矢上做出不同顏色的區段。



（圖十八）紅外線感測模組原理

在國小四年級時我們學過關於光線反射的觀念。所有顏色中，白色的物體會將大部分的光線反射而黑色則是會將所有顏色吸收。為了增加感測時的靈敏度於是，我們將箭矢貼成黑白相間的模樣（圖十九）。第一段的變化為計時的起點，第二段的變化則是計時的終點。

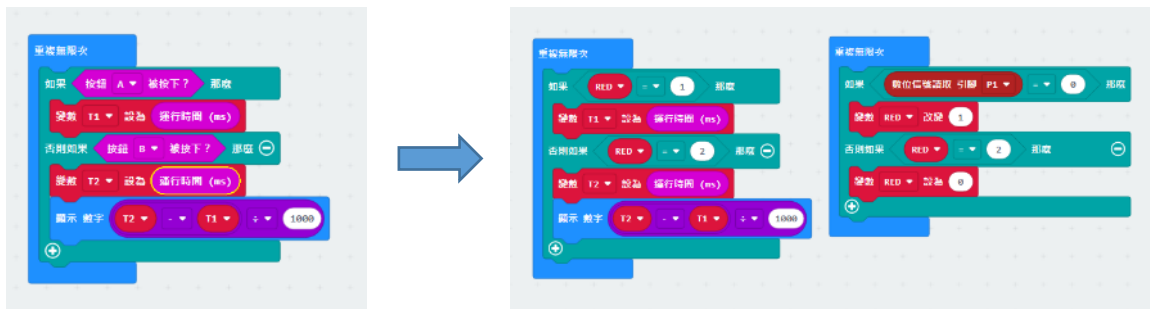


（圖十九）貼上白色絕緣膠布的箭矢

2. 紅外線程式撰寫

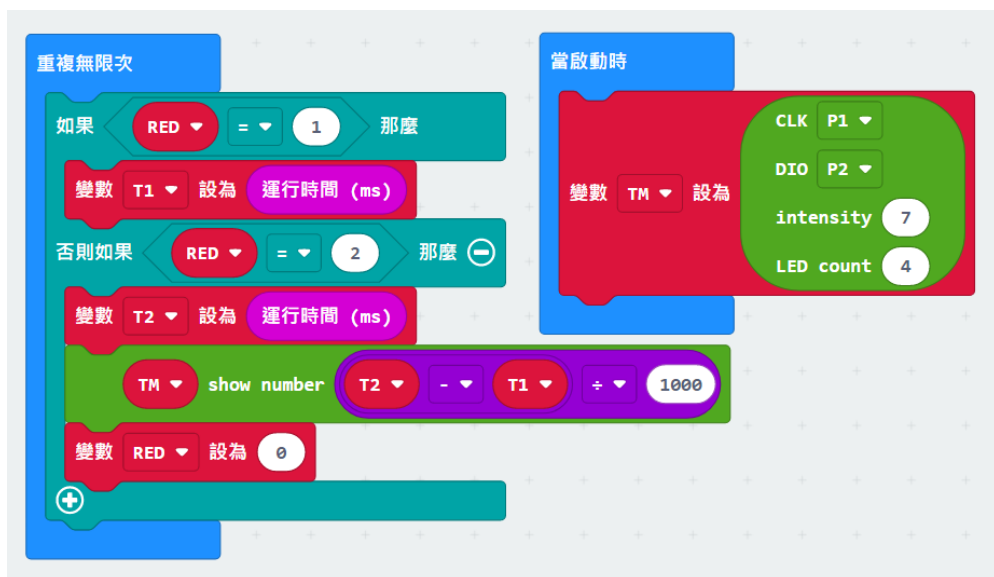
紅外線的感測是透過反射率的變化而產生高低電位差。因此在程式設計時，我們模擬按鈕碼表的寫法：按下按鍵後進入計時狀態，再次按下時則停止計時。

在外接紅外線感測模組以前，我們先以 **micro:bit** 的 **A** 及 **B** 按鈕作為計時器的模擬觸發點。確認程式邏輯能夠正常運行後，才將程式中的觸發條件改為反射率，並利用擴充版接線到紅外線感測模組（圖二十）。



(圖二十) 由按鈕演變成紅外線感測的程式碼

為了讓使用者能夠明確知道自己的射箭速度，我們在原先的 Makecode 程式裡增加了七段顯示的程式碼(圖二十一)，每一次使用感測模組所測得的數據，都能在箭矢射出的當下立刻被讀取，並即顯示出來。



(圖二十一)七段顯示器的程式碼

確認好程式後，我們便把測速將相關的裝置安裝於反曲弓上進行測試。實驗時準備了 5 支箭。射箭力道與速度有著直接的關聯性，本次將以測出射箭時的速度為目標。箭矢上白色膠布黏的貼位置則是這次實驗測試的要點，其相間長度則為箭身通過感測器時所需的偵測距離(圖二十二)。

* 白色膠布與射箭速度的關係

- ① 白色膠布距離長短分別為：10、15、20、25、30 公分。
- ② 速度公式：距離÷時間＝速度。



(圖二十二) 白色膠布間的距離

實驗結果：

- (1) 當我們使用手推箭矢測試時，紅外線感測模組清楚的感測到變化。然而實驗使用卻無法有效偵測到箭矢的飛行速度(表五)。
- (2) 經慢動作撥放，可以看到紅外線感測器的指示燈的變化，推測無法測得的原因與紅外線感測器的反應速度有所關聯。

| | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 |
|------|------|------|------|------|------|
| 膠帶間距 | 10cm | 15cm | 20cm | 25cm | 30cm |
| 測試速度 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |

(表五)膠布間的距離與速度關係

(四) 力道偵測器的製作二 - 拉弓距離偵測

經過上個實驗的失敗後，我們又再次的與教練討論與發想。在這個過程中得知，**射箭的速度必定和弓弦拉開的距離有所關聯**。因此我們只需在拉弓時，於箭矢與感測器交錯的位置做上白色的記號(圖二十三)。透過紅外線去偵測箭矢上顏色的變化給予聲音的回饋，當選手們拉到該位置時，也就代表有保持著基本該有的力道。



(圖二十三) 白色記號為選手拉弓時的距離位置

將原先開關的程式寫法改成單一偵測顏色變化的模式(圖二十四)。當使用者拉到規定的位置時，紅外線會因為感測到變化而變成高電為，讓裝置發出聲音提醒使用者達到符合的力道標準。



(圖二十四) 偵測到變化後立即撥放音樂

實驗結果：

- (1) 此裝置在箭矢上也是以白色膠布做記號。由於每個人射箭時的拉弓距離都不一樣，因此在箭矢上的黏貼處也會有所不同。
- (2) 可以藉由此裝置可以得知，選手在射箭訓練時，體力有沒有下滑到超過教練規定的範圍。

(五) 力道偵測器的製作三 - 拉弓時長提醒



(圖二十五) 放箭提醒程式碼

從文獻與教練訪談中得知，選手在射箭時最佳的放箭時間不會超過拉弓後的 2~3 秒，因為拉弓時間越久，隨著手臂逐漸沒力氣便難以瞄準。我們針對這項研究結果，在箭矢該拉到的位置上，增加顏色的變化。當紅外線偵測到該變化後，會在 3 秒鐘後發出放箭的提醒(圖二十五)。

實驗結果：

- (1) 能夠讓選手在最佳放箭時間點進行射擊。
- (2) 可以與上一個偵測拉力了裝置一起並用，在力道充足的情況下，於最佳的放箭時間進行射擊。

三、 實驗(三)：最佳射箭角度裝置的設計

在射箭的過程中，俯仰角的位置會隨著射箭距離、選手身高等因素而有所不同。但為了能夠精進我們的射箭能力，讓箭矢能夠控制在 9 分的範圍之內，於是希望能找出射箭時的**最佳角度**。

(一) 實驗目標：找出需要固定的實驗變因。

每個人的身體狀況，都會影響著射箭時的表現。就算是一個身體健康的人，也難保每一次射出箭矢的力道、位置、準度都會一模一樣。因此我們以學校內一名**射箭隊員的身高、拉弓的臂長**作為模板，製作出一個能控制住上述變因的射箭裝置。

(二) 製作流程：固定射箭裝置的設計過程。

製作這個裝置時，除了基本的模板數值，還得考慮射箭時產生的振動。我們經過會製多次的草稿、並與老師討論了結構的穩定性，確認接下來固定射箭模擬器的製流程。

1. 數據的測量：

平舉弓的高度會影響射箭瞄準時的俯仰角大小，而拉弓極限長度則決定能夠射到的距離遠近。我們測量了一位射箭隊隊員的身體素質作為基質(圖二十六)，**舉弓高度為：130cm、拉弓距離：57cm、使用 SIRUS 的反曲弓 22 磅**。在記錄數據後，並用於接下來製作射箭架的尺寸大小。



(圖二十六) 紅線距離為測量拉弓的長度

2. 射箭架的製作步驟

射箭時弓弦上都一定會產生震動，所以在製作的過程中，裝置底盤的平穩尤其重要。於是我們首先找了一塊較大的木板作為底座，但隨著弓架繼續製作，我們發現底盤開始變的容易搖晃。這時我們發現了學小的廢棄桌椅，於是在徵求同意之後裝於底座，幫忙穩固上方的支柱(圖二十七)。



(圖二十七)以課桌椅作為底盤的箭架

接著我們丈量了反曲弓的寬度並繪製於木板上，使用電鑽在記號處的位置打洞鑽螺絲，並利用加壓板固定，好讓反曲弓能直立又穩固的被鎖在裝置上(圖二十八)。



(圖二十八)丈量後鑽洞鎖螺絲

為了確保每次拉弓時都能是固定的距離，於是我們便依照一位射箭隊隊員拉弓時的臂距離長，用釘子結合複合弓放箭器，鎖在橫條木板之上(圖二十九)。



(圖二十九)模擬拉弓時，兩根手指頭位置的放箭器



(圖三十) 調整支撐角

此裝置是為了測量選手射箭時仰角高低與分數間的關係。為了方便控制俯仰角度，我們將裝置的底下安裝可以些微調整支撐高度的螺絲(圖三十)。透過固定選轉的圈數，準確的調整俯仰角的變化量。

由於國小縣賽距離規定為 10 公尺、靶心離地 1.3 公尺，所以我們藉由設計的固定射箭裝置(圖三十一)，按照該規定進行了的模擬射箭，找出此參照數值的選手所適合的射箭仰角位置。



(圖三十一) 固定射箭裝置完整圖

實驗結果：

- (1) 該裝置仿造射箭隊隊員的身體數值，找到在射箭距離 10 公尺時、9 分位置與俯仰角之間的關係(表六)。

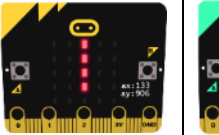
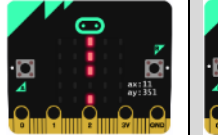
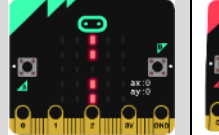
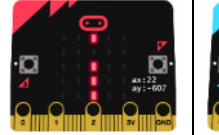
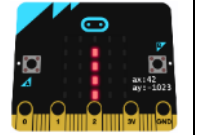
| 隊員數值：舉弓高 130cm、拉弓長 57cm、使用 SIRUS 的反曲弓 22 磅、離靶 10 公尺、靶心離地 1.3 公尺 | | | | | | | | |
|---|----|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 趟次 | 第一 | 第二 | 第三 | 第四 | 第五 | 第六 | 第七 | 第八 |
| 水平儀值 | 0° | 下 1° | 下 1.5° | 下 1.2° | 下 0.8° | 下 0.5° | 下 0.3° | 下 0.2° |
| 射中分數 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 偏離紅心 | 上 | 下 | 下 | 下(壓線) | 上 | 上 | 上 | 上(壓線) |

(表六) 俯仰角與射擊位置關係

(2) 將測得的射箭數據，利用 **micro:bit** 三軸感測器的功能，製作出偵測仰角的提醒裝置。由於按照俯仰角的方向，使用的是 **micro:bit** 三軸感測器內的 **Y 軸** 變化量(表七)。

● **Y 軸** 的平分算式：

- ① $(1024 \times 2) \div 180 \doteq 11$ (**Y 軸** 每一度對應的數值變化)
- ② 因垂直的 **LED** 燈只有 5 顆，且俯仰角的微小變化就會產生巨大的差異，所以我們只將燈號平分給實驗中得到 9 分的數值範圍中(-0.2°~-1.2°)。
- ③ **UI** 為 **LED** 閃爍模式，且比照平衡訓練器採用聲音音調及頻率的提醒。
- ④ 聲音的回饋比照平衡器，以音調和拍子區分偏移的位置大小和方向。

| | 角度 < -1.5° | -1.5° ~ -1.2° | -1.2° ~ -0.2° | -0.2° ~ 0° | 0° < 角度 |
|------|---|---|--|---|---|
| 訊號變化 | -1024 ~ -16.5 | -16.5 ~ -13.2 | -13.2 ~ -2.2 | -2.2 ~ 0 | 0 ~ -1024 |
| 偏移燈號 |  |  |  |  |  |
| 聲音拍子 | Mi | Mi Mi | X | Fa Fa | Fa |

(表七) 燈號與數值間的對應

四、實驗(四)：自動計分設計

射箭時隨時調整方向是必然的過程，然而隨著射箭距離的拉長，立即判斷自己的落點也逐漸變得困難，有時候甚至需要用到望遠鏡才能看清楚。本次實驗將找出目前的計分方式並加以改良變化。

(一) 實驗目標：設計出一個方便計分的系統

在射箭時，我們有時候會透過直接觀察標靶上的箭矢的位置計分，有時候則是在拔箭時於標靶旁統計(圖三十二)。然而當換到 30 公尺以上的練習時(圖三十三)，便會開始覺得來回走動的很費時。將走動的次數減少是首要解決的點。



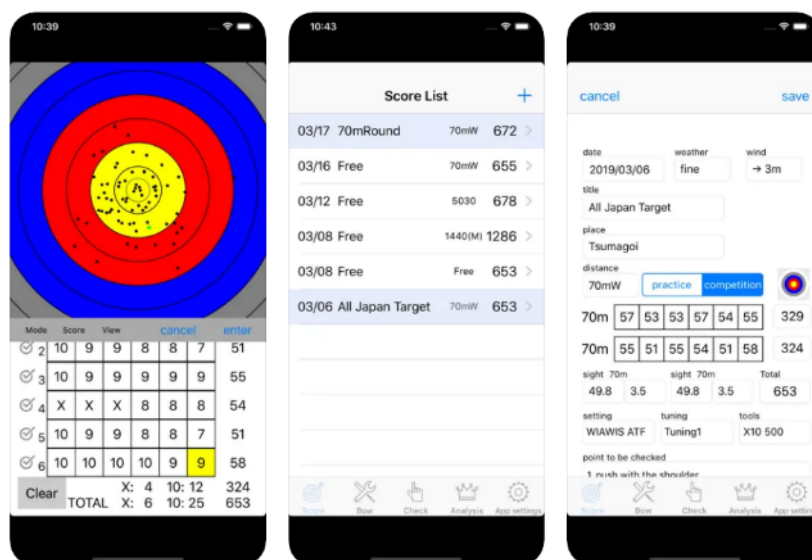
(圖三十二) 紀錄落點



(圖三十三) 30 公尺遠距離射擊

(二) 資料分析：體驗身邊的射箭計分軟體

在射箭時，教練有時候會使用一款名叫<ArcheryRec>的軟體替我們進行落點分析與資料統計。此軟體是對照標靶上，並在手機上面以按壓的方式記錄每一箭的分布位置(圖三十四)。



(圖三十四) ArcheryRec 的落點分析及介面

除了教練在使用得軟體外，我們也另外查找了與計分靶有關的設備(表八)，例如：電子飛鏢射擊靶、遊樂場的水槍電子遊戲、以及互動式的投影儀。從優缺點中，嘗試找出實驗可行的方法。

| 產品 | ArcheryRec | 電子飛鏢靶 | 水槍遊戲機 | 互動式投影儀 |
|----|---|---|--|---|
| 圖片 |  |  |  |  |
| 優點 | 攜帶方便(手機) 自動化計算成績 | 無須人力計分 輕巧方便 | 多樣式回饋 | 輕巧方便 |
| 缺點 | 不適合粗手指 靠近標靶才能計分 | 有彈開的機會 體積過小 | 機台過大 設備厚重 螢幕不適合射箭 | 有機會偵測不到 會受距離影響 |
| 價格 | 無 | NT.300~30000 不等 | NT. 80000 | NT. 2000~1000 不等 |

(表八)各計分方式比較

(三) 製作流程：找出省時的計分方式

「如何減少計分時所浪費的時間」是我們在此部分需要解決的痛點。我們可以從上述的設備分析來看，像是有孔洞的飛鏢靶、或是互動投影幕被擋住時而產生的畫面的變化。兩者的差異在於，一個是在標靶上做出能讀取訊號的機構，另一者則是以光線遮斷做為觸發回饋的訊號。但前者的孔洞因為有彈開的風險並不適合用於箭靶上，所以我們採用類似投影的方式進行設計。

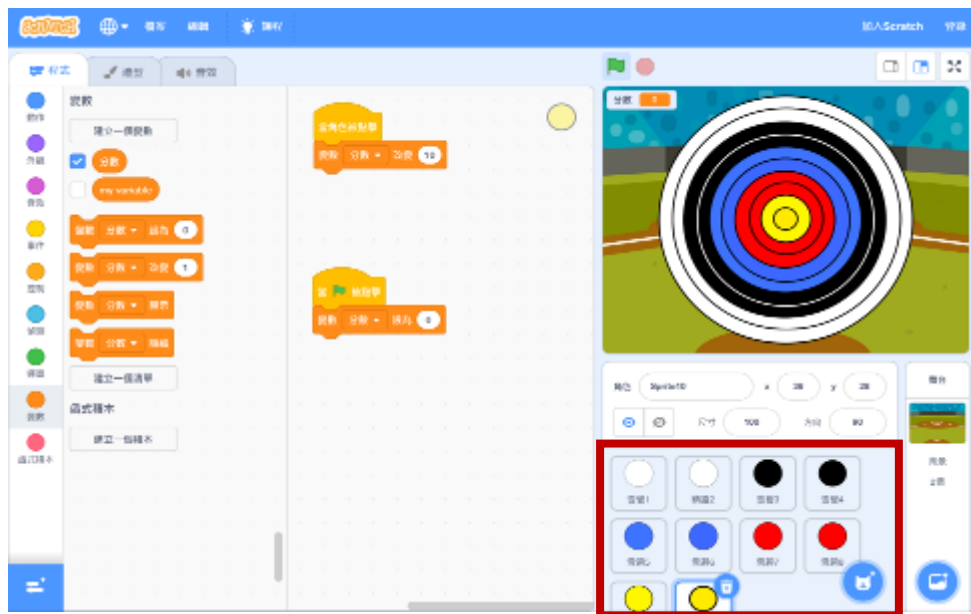
1. 裝置的概念設計

互動投影機雖然能夠清楚的收到觸碰到的消息，但卻會受限於距離與室外光線的影響。於是我們將計分板及互動方式保留於行動裝置上，將圖像變為半透明的樣式，並以鏡頭模組對準且重合在時計的標靶上。除此之外我們也參考了 ArcheryRec 的觸控計分，讓計分者能夠於遠距離的情境下行，於動裝置紀錄每一次的成績。



2. 程式的邏輯概念

在影像及計分系統的設計上，我們使用與 scratch3，並利用圖層的概念繪出同心圓，於每一個大小不同的圓形中，寫出對應射中時不同的分數的程式，並會在每一次點擊時自動將分數加上去(圖三十五)。除此之外，我們針對箭矢射中最多的區域(熱區)，有著紅色標記的擴散，讓選手能夠快速地得知箭矢往哪一個方位偏移。



(圖三十五)標靶的程式製作，紅色方框為相異的圖層

3. 使用方式

將 scratch3 的圖像透明度條淡，並藉由視訊鏡頭，讓實際的標靶與行動設備中的圖像重合(圖三十六)。我們只需要跟據箭矢的落點，並於行動裝置上點取重合的位置即可記錄分數及落點。



(圖三十六)透過點擊螢幕記錄分數

實驗結果：

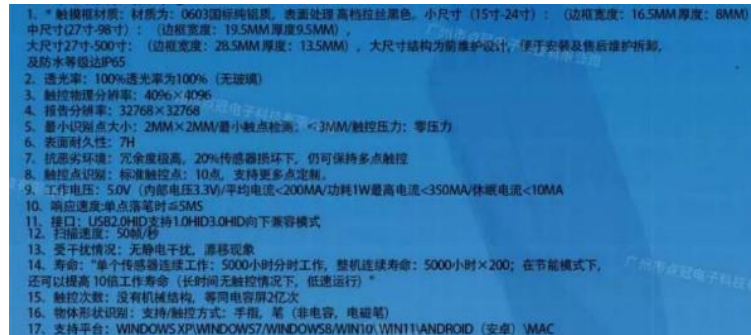
- (1) 成功解決不必走到標靶前察看，就可以即時輕鬆的記錄每次的分數。
- (2) 數位投影儀必須擺放在標靶附近，有被射中的風險存在。
- (3) 能夠做出熱點的分析，在射箭時能夠及時的修正動作。

(四) 改良設備：紅外線感測框的運用

先前利用視訊鏡頭的設計，在實際使用上仍舊存在著必須依靠人為觸控來計分的不方便性。為此，我們再次參考了市面上的大型觸控裝置，最終選擇利用紅外線感測框製作自動計分的系統。不同於紅外線感測模組，紅外線感應框是由多個紅外線發射器排列成為紅外線網。只要有物體經過時，就會依照 x-y 軸備遮斷的位置，判斷出物體所在的絕對位置。

1. 紅外線框架的選擇

射箭的計分方式與市面上一些投球感應的設備並不相同，因為箭矢在發射後會停留在牆上。也就是說，如果要滿足射箭計分的需求，設備的裝置必須能夠支援多點的觸控。因此我們選擇了約 85 吋大小的紅外線框，且能夠支援 10 點以上觸控的規格進行實驗設計(圖三十七)。



(圖三十七) 紅外感應框的技術規格

2. 框架的安裝及設計過程

我們打算在學校的射箭場上，透過螢幕投影的方式，把箭靶以虛擬影像的方式呈現在牆壁的泡棉墊上。因此我們必須在原先黑色的泡棉墊上，塗抹噴上白色的油漆（圖三十八）。



(圖三十八)將泡棉墊粉刷成為白色以利投影幕的呈現

在完成改色後，我們便將投影的框架塞入上下的支撐架裡，以防止射箭時會傷害到紅外線感測框（圖三十九）。完成之後，將電腦上的標準計分靶畫面投射到白色的泡棉墊上進行測試（圖四十）。



(圖三十九) 框架安裝



(圖四十) 投影樣貌呈現

3. 程式邏輯功能

利用 **Scratch3** 進行自動計分的標靶設計。只要被遮斷的位置模擬成螢幕被滑鼠觸碰的動作，我們便只需要保持平常的射箭模式，就可以完成標靶的自動計分。現階段已經分別作出**標準靶**，以及可以**分析熱點靶**。

(1) 標準靶的設計

我們參照國小縣賽的射箭流程進行標準靶的計分的設計，以射箭時 1 趟為 6 箭，總共要射 12 趟的規則，編寫出每次計分的程式(圖四十一)。這讓使用者可以在射箭的當下，便立即得知自己的分數。



(圖四十一) 標準靶的部分程式與圖像

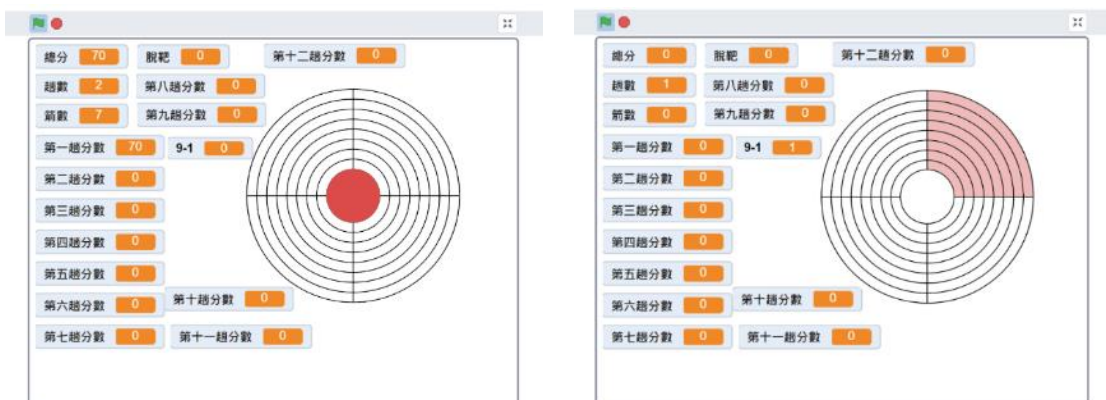
(2) 熱點靶設計

利用滑鼠點次數越多該區域顏色變化越深的想法，進行熱點靶的程式撰寫。藉由將圖像分成四個象限，從而快速瞭解自己射箭時偏移的位置(圖四十二)。



(圖四十二) 落點分析的部分程式碼

為了在射箭時能夠即時掌握落點的分布，我們把標靶平分成四個象限。只要射箭的位置偏向哪一個象限，該區域將為以紅色的方式呈現。當射中該位置越多箭，螢幕上該區域的顏色也會變得更紅(圖四十三)。



(圖四十三) 依照射中的位置將逐漸變成紅色

4. 實際運用

實際測試後發現，該裝置的反應速度算超乎預期。不僅能夠快速的計分，更可以用於進行設箭時落點的分析(圖四十四)。未來我們也可以透過 Scartch3 進行相關遊戲的設計，讓我們在射箭訓練的過程中增加遊戲的趣味性。



(圖四十四) 實際運用情境

實驗結果：

- ① 目前的設計不僅可以解決必須走上前計分的問題，也解決上一個實驗中，必須靠人工觸控的問題。
- ② 紅外線框前不能有其他的遮擋物，所以在拔箭時需要注意手是否影響到紅外線的感測。
- ③ 靶紙為消耗品，市面上一張約莫 80 元。透過此裝置不僅可以減少靶紙的開銷，漸少製造紙類垃圾。

陸、討論

收集所有實驗結果，統整「智能射箭訓練系統」。針對各項實驗的結果進行實際測試與分析，找出可以調整或修正的點做為下一次設備改良方向的參考項目。

一、實驗（一）平衡訓練器實驗心得

- (一) 本次垂直舉弓實驗的過程中，我們認識到許多不同的平衡感測器。不過在實驗過程中發現過於傾斜角度的狀況可以直接用肉眼發覺到，不須再透過儀器提醒，所以後續將左右傾斜 68 度以上的變化量移除。
- (二) 聲音必須加上音調的變化，才能利用視覺以外的方式了解自己的動作往哪裡傾斜。
- (三) 平衡儀的畫面回饋對於射箭的當事人並不實用。因為在射箭的當下都是透過瞄準器對準靶心的位置。如果還須將目光看向儀器，將會造成射箭時的反效果。不過因還是可以作為教練或旁人觀測選手動作的依據，所以保留其功能。

二、實驗（二）力道偵測器實驗心得

- (一) 紅外線模組的靈敏度除了可以自身調節外，同時也會容易受限於電壓大小的影響，所以使用時電源的供電量不能過低，否則會有所誤差。
- (二) 本次實驗中發現即便讓兩次感測位置距離達到 30 公分，仍舊無法讓紅外線模組即時地處理先前收到的資訊。故實驗裝置在實際用途上以失敗告終。
- (三) 改良實驗中，我們將箭矢上只作出一段白色的變化。當使用者拉弓時有達到白色的部分，就會發出可以放箭的聲音提醒。
- (四) 由文獻中發現，放箭時最佳時機為 2~3 秒。一旦拉弓時間過久便會開始失去準頭。因此我們利用紅外線感測，作出提醒選手該放箭的裝置。

三、實驗（三）射箭裝置的設計心得

利用學校有的木工機具資源，動手做出能夠固定變因放箭的裝置。裝置雖然粗糙，但都是以廢棄木料製成。不僅達到實驗的成效，更做到環保利用的概念。

- (一) 目前的裝置是以射箭隊一人作為模板，但射箭時每個人的身體數值都不太一樣，在實際射箭時的俯仰角也會不同。裝置設計方向將會以：可以**調整射擊高低**、可以**調整拉弓距離**兩個方向進行改良。
- (二) 在先前俯仰角度的實驗中，因重心還是有些不平衡，故實驗時我們以較重的石頭壓在裝置底下。日後將針對射擊方向的四周增加支撐住以利裝置的穩定性。

四、實驗（四）自動計分器裝置心得

原先的設計概念是透過圖層的概念，利用 scratch3 做出簡易的計分析統。整體使用起來的雖然方便，功能也有些陽春。雖然解決了需要走上前計分的問題，但仍舊需要像使用 ArcheryRec 一樣，靠著人工的方式點選箭矢的落點。在改進後的實驗中，我們採用紅外線偵測框，便解決了人工點選的問題。

- (一) 透過疊圖的方式計分，仍須靠手動點選落點位置。
- (二) 計分器在日常使用中可以達到簡易計分的功能，但並不能像 ArcheryRec 可以針對不同的賽事，有著不同的計分方式。因此在程式端的部分，我們將開始收集相關大型賽事的計分標準，並寫進標靶計分器當中。
- (三) 改良後的互動計分靶，透過紅外線框偵測 x-y 座標位置，模擬成鍵盤訊號，達到毋需靠人工點選的計分方式。
- (四) 計分系統的後續將結合 IoT，藉由 Google 表單，讓每一個射箭隊的練習成績都能透過網路一目了然的呈現出來，甚至直接輸出數據作出選手的射擊數值分析。
- (五) 之後可以利用圖像化方式模擬獵物所在的位置，讓射箭隊在練習時也能體驗遊戲化的樂趣。

五、射箭隊使用回饋

隊員 A：

經過使用這套系統一個月後，本來舉弓都會歪歪斜斜的我逐漸變得比較正。只是偶爾如果多人在使用，會受到其使用裝置所發出的聲音影響。

隊員 B：

習慣透過瞄準鏡看標靶，就不會去注意到裝置上的燈號變化。改成聲音提醒後確實方便很多，會隨時留意自己的射箭姿勢。

隊員 C：

以前都沒有使用過相關的裝置，覺得設備很有趣。沒想到利用力道偵測器，發現自己才射到第三趟時，就漸漸的沒力氣了。

隊員 D：

使用標靶計分器會比較擔心射到前面放著的投影機。但是在使用互動計分箭靶時，射中當下看到顏色的變化會感到很有成就感。

教練回饋：

整體裝置能夠減少修正個別選手動作的時間，對於選手自主訓練能力有很大的幫助。拉弓距離的偵測能夠明顯的發覺哪一位學生開始沒有力氣，需要多加訓練。而互動計分器很實用，提升了學生在射箭時的專注度。

柒、結論

- 一、在〈實驗一：平衡訓練器〉所做出來的裝置，在練習射箭時有確實達到輔助的作用。我們過三軸感測器 **X 軸的變化量**，設計出容易閱讀的 LED 號誌燈，讓自己能快速知道的反曲弓傾角變化。但對於較專業的使用者，則**不會去注意 LED 號誌燈的位置**，也就難以察覺自己的弓是往左偏或往右偏。最終我們將該設備採用**不同傾斜角度，有著不同音調及拍子的提醒**，讓使用者能不必再透過號誌燈瞭解反曲弓的偏移方向。
- 二、在〈實驗二：力道偵測器〉，我們利用測量速度的變化來控制拉弓時的力道大小。透過紅外線感測模組對於顏色反射率的不同，於箭身上貼出黑與白兩種相差甚大的顏色用於偵測。但在實際操作後卻發現**箭矢的射速遠快於感測器處理資料的速度**，所以本實驗以失敗告終。
- 三、後續〈實驗二：力道偵測器 - 拉弓距離偵測〉中，我們透過拉弓與力道的相關，在每個人拉弓距離時，箭矢對應感應器的位置做上做上白色記號。當拉弓時有達到位置要求就會發出聲音提醒。
- 四、後續〈實驗二：力道偵測器 - 拉弓時長提醒〉中新增**放箭最佳時機提醒**的設計，喪使用者不會因為拉弓太久而失去準心。
- 五、在〈實驗三：固定射箭裝置〉，我們以一個人的射箭高度、拉弓長度為模板(**舉弓高度 130cm、拉弓長度 57cm**)，利用木材做出射箭裝置來控制人為射箭時的不確定性，找出該隊員於十公尺射擊距離時，最佳的射擊角度(**-1.2°~0.2°**)，並將獲得的數據透過**三軸感測的 Y 軸變化量**，寫入實驗一中的平衡訓練器當中。製作目前該裝置為固定一人的模板，日後將加入可以調節高度、拉弓長度、及俯仰角變化的功能。
- 六、在〈實驗四：自動計分器〉，是**利用疊圖的概念，透過視訊鏡頭將行動設備的影像與實際的標靶疊合**。但雖可以立即知道自己射箭時的偏差，計分或落點分析時，仍舊需要以人工的方式手動點選螢幕上相同的位置。
- 七、為了改變上述仍需人工計分的問題，我們選擇使用了**紅外線感測框的裝置，模擬螢幕被觸控的情境**。當有物體從網格狀的紅外線光束中穿透，**系統將會偵測被遮斷位置的 x-y 座標**，進而轉換成電腦螢幕被按下的訊號狀態，實現真正的自動計分，製作出互動計分靶。
- 八、針對實驗四中，互動計分靶的改良版，我們日後將針對不同的賽事、距離，做出多元化的計分方式。透過雲端數據的紀錄，即時分析出選手的各項射箭數據。同時，我們也將融入競賽或遊戲的模式，讓射箭變得更加趣味。

捌、參考資料及其他

1. 張小吉、張怡潔、吳聰義、何金山(2016)。〈射箭技術與生物力學的探討〉
2. 蘇文彬(屏東教大體育第十四期)。〈反曲弓改變拉距長度與弦高位置對放箭後箭速之變化探討〉
3. 沈連魁(中華體育第十七卷第一期)。〈射箭基本動作的學習及指導〉
4. 張煥清(2017)。〈有氧耐力與力量能對射箭選手之成績影響〉
5. 楊榮俊(1996)。〈反曲弓射箭競賽〉
6. 邱炳坤、洪得明(1999)。〈林宜螢射箭動作之定性分析〉
7. 射箭之書：
<https://archery.fandom.com/zh/wiki/%E5%B0%84%E7%AE%AD%E6%8A%80%E5%B7%A7?variant=zh-tw>

【評語】 082810

本作品為研發具智慧型之射箭訓練系統，舉弓、拉弓和放箭等正確姿勢的提醒功能；可提高使用者自我修正之功效。本作品的優點可臚列如下：

1. 此作品設計可供射箭訓練的設備，探討平行與力度，精準度判定與計分。學習者能夠快速且精確的矯正自己錯誤的射箭姿勢及方向。
2. 本作品設計考慮面相豐富，具實用性。

若有進階精進計畫，下列建議可以參考：

1. 部分研究部分實驗數據，若能再做分析與討論，將對本研究更具說服性。
2. 使用其他的感應器或較高計算能力的設備，以改善偵測計算射箭的速率問題、以及傾斜偵測等的精密度。

作品海報

摘要

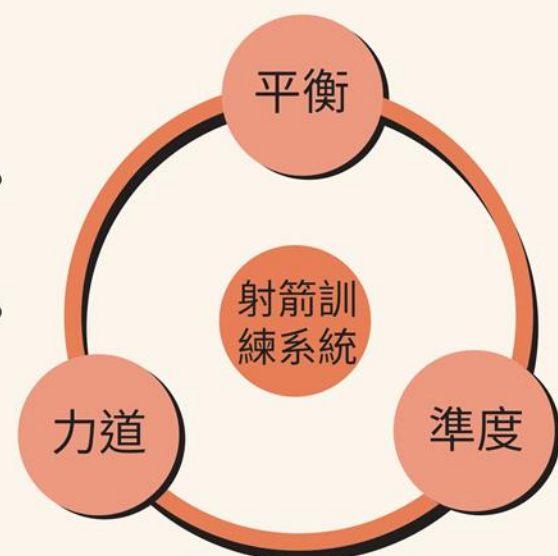
我們研發「智能射箭訓練系統」。透過該裝置判斷舉弓、拉弓、放箭速度等數值，得知姿勢是否有達到射箭時的標準。本實驗分為四個方向進行：**穩定、力量、精準度、及計分靶**。為了找出符合選手最合適的射箭動作，我們以一名選手的舉弓高度（130cm）、拉弓距離(57cm)，做出固定射箭模擬器。透過該裝置發現該選手於**10m距離時，傾角-1.2~-0.2度能夠命中九分的範圍**。除此之外，我們製做出互動計分靶，能夠快速紀錄下射箭時的分數和落點。最後將設備整合為成完整的智能射箭訓練系統給射箭隊實際使用。

壹、研究動機

我們是學校的射箭隊員，但成績卻一直無法突破。指導教練因為時間上的因素，每周只能到學校進行一次教學。為了讓射箭隊的夥伴能夠有更多自主練習的時間與方法，我們決定按照射箭基本要素，利用學校所學的micro:bit、scratch、木工……等，製作出沒有教練指導也可以訓練的射箭訓練的系統。

貳、研究目的

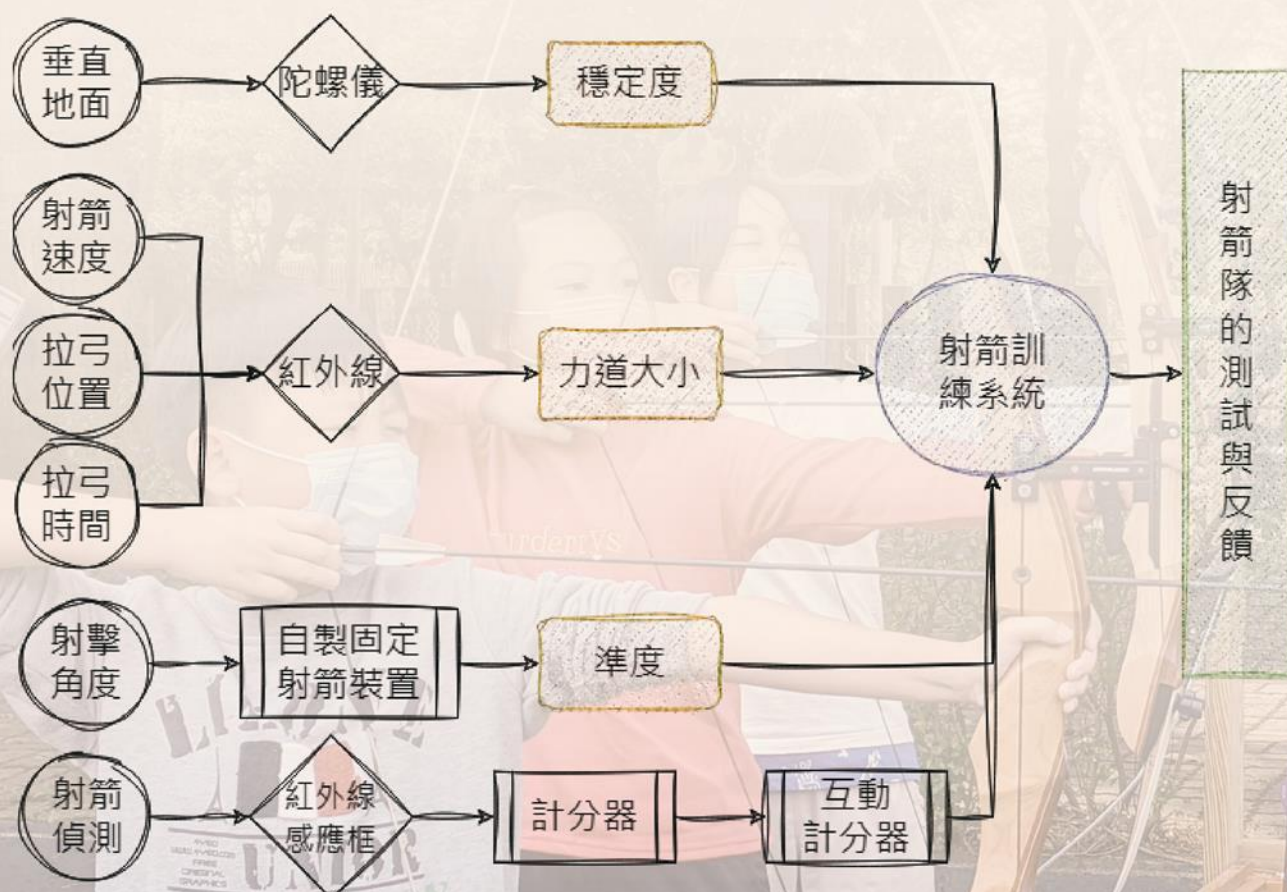
- 一、詢問教練、翻閱文獻，了解射箭的正確姿勢。
- 二、如何知道傾斜角度，訓練選手保持最佳的平衡位置。
- 三、如何偵測出射箭的速度，找出速度與命中的關係。
- 四、找出偵測拉弓距離的方式，用於測量選手射箭力道。
- 五、針對放箭最佳時間，製作瞄準時間提醒訓練裝置。
- 六、射箭準度與俯仰角度的變化量。
- 七、計分器的設計運用，解決射箭時上前計分的困擾。



參、研究設備與器材



肆、研究過程與方法



我們透過射箭的基礎動作，進行六項實驗的設計：**垂直地面、射箭速度、拉弓位置、拉弓時間、射擊角度、以及射箭落點偵測**。並藉由成效結果評估射箭進步程度，於實驗後確認是否達到**穩定、力道、準度**三要素。

伍、研究結果

實驗一

如何知道傾斜的角度？

教練建議弓與地面垂直90度，誤差2度內。

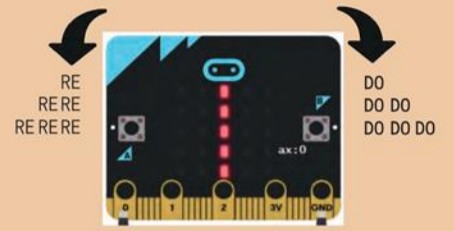
1. 利用 micro:bit 三軸感測器，測出傾斜角度的加速度值。
2. 數值以點陣圖在 LED 上顯示。
3. 增加傾斜時的聲音提醒。
4. 將實驗一測得的傾角的變化，結合 LED 的燈號變化。

| | | | | | | | |
|------|--------------|-------------|------------|----------|----------|-----------|------------|
| | 大幅左傾 | 向左傾 45° | 向左傾 23° | 正負 2° | 向右傾 23° | 向右傾 45° | 大幅右傾 |
| 訊號變化 | -748 ~ -1024 | -253 ~ -748 | -22 ~ -253 | -22 ~ 22 | 22 ~ 253 | 253 ~ 748 | 748 ~ 1024 |
| 旋轉燈號 | | | | | | | |
| 發出聲音 | X | X | V | X | V | X | X |



紅線代表弓必須與地面保持絕對垂直的關係。射箭時除了上下和左右平移外，弓與地面垂直不變動。

由於只靠聲音和圖示，無法清楚了解傾斜的方位與變化，所以我們透過音調的改變，讓使用者能不看圖示判斷傾斜角度的方位。



實驗二

如何偵測射箭速度？

文獻中提到：射箭力道和箭矢速度成正相關，實驗將透過測出箭矢速度判斷力道的差異。

1. 利用顏色反射率的不同，在箭矢上做黑白兩種顏色的區分。
2. 紅外線第一次偵測到白色時，變為高電位並開始計時，再次偵測為白色時則停止計時。



兩段白色膠帶間的距離

| | | | |
|-------|------|------|------|
| | 第一次 | 第二次 | 第三次 |
| 膠帶間距離 | 10cm | 15cm | 20cm |
| 測試速度 | 無 | 無 | 無 |
| | 第四次 | 第五次 | |
| 膠帶間距離 | 25cm | 30cm | |
| 測試速度 | 無 | 無 | |

實驗三

如何偵測拉弓距離？



由於實驗二的箭矢速度過快，紅外線無法感測到。透過彈簧秤的原理，發現只要拉弓的距離固定，射箭速度也會固定。根據射箭隊員個別的拉弓距離黏貼白色膠帶，拉弓不夠或是太過就不會有聲音，拉到正確的距離，便會發出聲音提醒。

實驗四

如何提醒選手瞄準時間？

從文獻與教練訪談中得知，選手射箭時最佳的放箭時間不會超過拉弓後的3~5秒。針對這項研究結果，在箭矢該拉到的位置上，增加顏色的變化。當紅外線偵測到該變化，透過延遲3秒鐘的程式，做出放箭的聲音提醒。

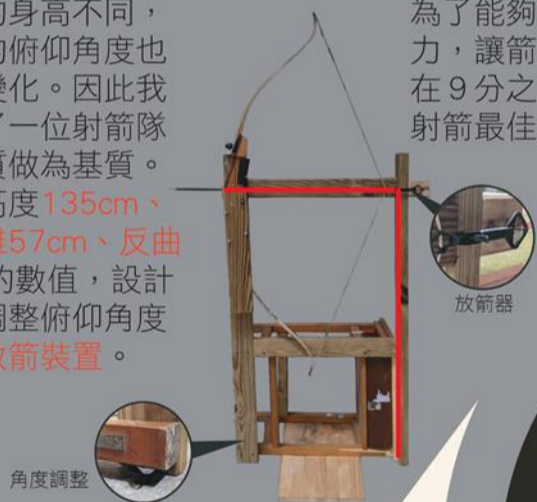


實驗五

如何找出俯仰角與準度關係？

每個人的身高不同，射箭時的俯仰角度也會有所變化。因此我們測量了一位射箭隊員的素質做為基質。以舉弓高度135cm、拉弓距離57cm、反曲弓22磅的數值，設計出可以調整俯仰角度的自動放箭裝置。

為了能夠精進射箭的能力，讓箭矢能夠控制在9分之內，找出射箭最佳角度。



角度調整

放箭器



國小縣賽距離規定為10公尺、靶心離地1.3公尺。我們藉由模擬射箭裝置，按規定進行射箭，找出選手適合的仰角位置。

| | | | | | | | | |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 編號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 水平值 | 0° | 俯 0.2° | 俯 0.4° | 俯 0.6° | 俯 0.8° | 俯 1° | 俯 1.2° | 俯 1.5° |
| 靶心距離 | 8.2cm | 8 cm | 5.7 cm | 4cm | 3.7cm | 4.4cm | 7.8 cm | 8.2cm |
| 偏離方向 | 上 | 上 (壓線) | 上 | 上 | 上 | 下 | 下 (壓線) | 下 |

將數據利用micro:bit三軸感測器，對應感測器Y軸的變化量，製作出偵測仰角的提醒裝置。

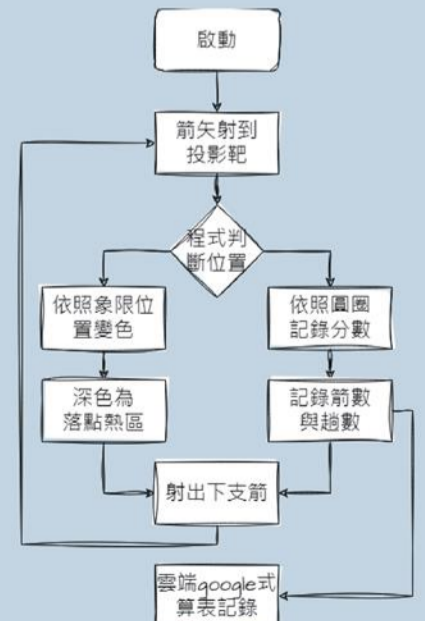
| | | | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|------------|----------|
| | 角度 < -1.5° | -1.5° ~ -1.2° | -1.2° ~ -0.2° | -0.2° ~ 0° | 0° < 角度 |
| 訊號變化 | -1024 ~ -16.5 | -16.5 ~ -13.2 | -13.2 ~ -2.2 | -2.2 ~ 0 | 0 ~ 1024 |
| 偏移燈號 | | | | | |
| 聲音拍子 | Mi | Mi Mi | X | Fa Fa | Fa |

實驗六

如何提高計分效率？

為了減少人為計分時，來回走動所花的時間，我們製作計分器。利用scratch3的圖層概念繪出同心圓，於每個大小不同的圓形寫出對應的分數的程式。使用時，藉由視訊鏡頭對準實際的標靶，讓圖像與實際的標靶重和。當有箭矢射中標靶，便可用手或滑鼠點在螢幕上擊箭矢落點，透過程式完成電腦計分。

缺點：雖然不用每次上前計分，但卻多了每次手動觸控操作，計分效率提升有限。



改良

原先的實驗存在不便性。因此改用紅外框配合投影機。當有物體經過時，會依x-y軸被遮斷位置判斷物體落點，設計出互動計分器。



將所有的訓練器材整合，並交由初學者(經過8小時訓練)及射箭隊員(受測者)進行使用。比照使用前與後的變化，並加以分析。

- 🎯 測試方式：初學者射六趟箭，一次射6箭，取每趟的平均分。
 平衡：加入實驗一的平衡偵測器材。
 平衡與拉弓：完成平衡訓練後，加入實驗三的拉弓偵測。
 平衡拉弓與放箭時間：新增實驗四的放箭時間偵測。
 實驗分析：
1. 從圖表的進步率發現，選手隨著訓練設備的增加，分數也有所進步。
 2. 加入放箭時間偵測時，分數有明顯提高。



- 🎯 測試方式：射箭隊員射六趟箭，一次射6箭，取每趟的平均分。
 俯仰角偵測：在弓箭上新增實驗五的俯仰角的偵測器。
 實驗分析：
1. 從圖表的進步率發現，加入俯仰偵測後，射箭隊員的分數也有所進步。
 2. 不同於初學者，射箭隊員已完成平衡、放箭、瞄準等基礎訓練，不需在像上述的測試者，逐個增加感測器。



陸、討論

收集實驗結果，統整「智能射箭訓練系統」可以調整或修正的點。

🎯 實驗心得

- 一、平衡訓練器實際操作後發現，射箭時都會透過瞄準鏡看向標靶，**沒有多餘的目光**能夠注意 micro:bit 上的燈號。但透過聲音回饋改的**音調的變化**，改善讓使用者不必看燈號也能知道要如何調整動作。
- 二、射箭力道偵測器的試驗中，縱使已經把白色布條延長到 30cm，紅外線模組仍**無法偵測到箭矢通過時的變化**。但與教練訪談中得知，弓弦如果沒有拉正或是力道不夠，射擊時都會與靶心有偏差。實驗只需改為**拉動時的聲音提醒**，便可以判斷射箭動作的正確性與力道大小。
- 三、配合固定放箭裝置收集數據，在 micro:bit 中**加入了垂直上下移動的燈號變化**，讓使用者也能了解自己舉弓時的高低差異。
- 四、原先的計分器因為需仰賴手動觸控，加上紅外線感應框後，便能夠自動計分上傳雲端Google試算表，讓使用者或教練能線上查看，**了解訓練的數據**。
- 五、教練回饋：此裝置能夠**減少射箭練習上的計分與修正個別選手動作的時間**，減輕負擔時也能提升選手自主訓練能力。



柒、結論

目前的實驗已經可以**有效提升選手的射擊成績**，但裝置仍有所不足的地方，因此有著未來實驗可以改善的目標：

- 一、目前只有10m的成績，之後將蒐集20-30m射箭距離的數據。
- 二、目前模擬的裝置只能調整拉弓俯仰角，無法調整舉弓的高度與拉弓距離。未來將改成能夠調整更多個人數值，方蒐集其他使用者的數據。
- 三、互動計分器的製作雖沒有市面上的互動畫面精緻，但我們可以透過scratch3，依據訓練的需求，製做出想要的射箭訓練程式。