

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

032809

自動太陽黑子觀測儀

學校名稱：臺東縣立新生國民中學

作者： 國二 賴嘉妤 國二 彭倚慧	指導老師： 施佳成
---------------------------------	------------------

關鍵詞：太陽黑子觀測、追日系統、影像辨識

摘要

2021 年全台瘋狂爭相目睹百年難得的天文奇觀-日環蝕，台東的池上及成功都是最佳觀測的地點，學校的社團配合大學科學教育中心所舉辦的活動，安排了觀測之旅，引發我們的研究興趣。我們為了製作太陽黑子觀測儀，從光學成像的原理，參考國內外設計案例，嘗試設計一個三角形的太陽黑子觀測儀，並利用生活科技所學的技能，一面實作與修正的把它製作出來。再利用經緯度資料與觀察時間等知道計算太陽的高度及方位，設計一個水平與垂直的機台，透過程式計算太陽方位角及高度角讓觀測儀可以對準太陽。最後利用攝影鏡頭可以記錄太陽黑子的觀測，並嘗試利用影像辨識的方法，對太陽軌跡進行追蹤：在太陽影像偏移時，自行調整角度，使太陽影像始終保持在正中間。

壹、研究動機

2021 年全台瘋狂爭相目睹百年難得的天文奇觀-日環蝕，台東的池上及成功及花蓮富里被標示為最佳觀測『上帝戒指』的位置，學校的社團配合大學科學教育中心所舉辦的活動，安排了觀測之旅，2020.6.21 在富里國小的操場欣賞到這百年難得一見的天文奇觀（如圖 1）。



圖 1 2021.6.21 在花蓮縣富里國小用手機拍攝到日環蝕

在觀測現場，透過大學科教中心的解說與介紹，接觸到了我們看到太陽黑子觀測儀（如圖 2），這種觀測儀和我們所認知，透過望遠鏡投射或塗上墨色鏡片來觀察太陽的印象非常不同，因此我們覺得非常新奇。這個觀測儀的構造看起來並不複雜，但聽說價格並不便宜，所以我們在社團老師的慫恿下，很想透過生活科技所學到的木工技能自己做一個。

當時從示範的老師的操作，觀測儀在每次觀測前，都需要將鏡片對準太陽的位置，由於七年級在社團活動，老師有介紹過太陽追日系統，我們曾經做過功課，在網路上看到的太陽

追蹤方式大多是利用光敏電阻來進行感應，但由於我們想要研究太陽黑子，需要較精準的感知太陽軌跡變化的測量，因此我們需要用另外的解決方法來處理這個問題。

上學期在科技創新競賽的專題研究，我們利用攝影鏡頭作影像辨識作自動追蹤垃圾桶的研究經驗，於是我們希望可以把這些技術可以用來自動找到太陽位置，這個裝置還可以進行太陽軌跡追蹤，依照太陽的變化調整方位及角度。



圖 2 市售的太陽黑子觀測儀

貳、文獻探討

一、太陽黑子

太陽黑子（亦稱日斑）是太陽上出現的臨時現象，它們在可見光下呈現出比周圍區域相對暗沉的斑點，所以被稱為太陽黑子（sunspot）。科學家經過長期的研究已證實：「當太陽表面（光球層）發生激烈活動時，會產生旺盛的對流現象，其磁場比周圍強，但溫度反而較低」；所以說：「太陽黑子」就是太陽表面一種熾熱氣體的「巨大漩渦」，其溫度大約為 3,000~4,500K，比太陽表面低了 1,500 到 2,000K，以致其影像看起來就較為暗沉（陳正改，2014）。激烈的磁場活動顯示，太陽黑子會導致次一級的活動，像是冕圈和再聯結事件。大多數的閃焰和日冕物質拋射都起源於可見黑子群存在的磁場活動區域。相似的現象也在一些有著星斑的恆星上被直接觀測到。

太陽黑子很少單獨活動，常是成群出現。黑子的活動週期為 11.2 年，活

躍時會對地球的磁場產生影響，主要是使地球南北極和赤道的大氣環流作經向流動，從而造成惡劣天氣，使氣候轉冷。嚴重時會對各類電子產品和電器造成損害。

二、太陽黑子觀測

在以往科展對太陽黑子的觀測研究中，我們找到幾篇對太陽黑子的研究：

- (一)、第 25 屆，太陽黑子的研究：嘉義高級中學的學生利用學校的天體望遠鏡及天文臺（如圖 3），有計劃的從事太陽黑子觀測活動。本作品將一年多的觀測結果發表(藍文隆、張智豪等五人，1985)。

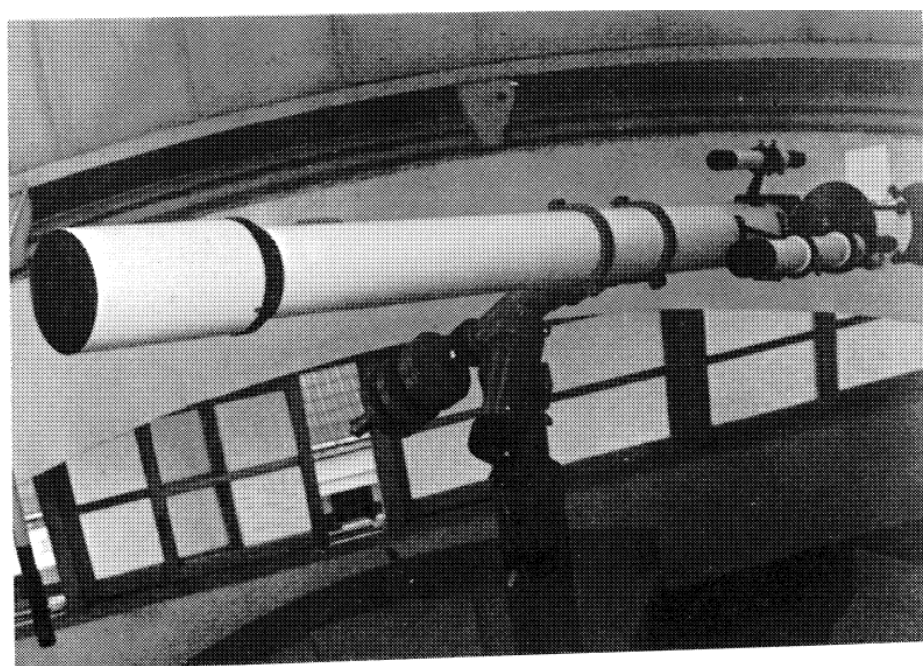


圖 3 25 屆科展嘉義高級中學所使用觀測太陽黑子的天體望遠鏡

- (二)、第 43 屆，向不可能的任務挑戰—探討太陽黑子的漂移：使用傳統方式（望遠鏡、投影描繪、相機）收集黑子影像，耗時八個多月研究黑子的漂移狀況。從進行黑子的觀察、學習套量黑子、到最後改以黑子定位程式量測太陽影像上的黑子、分析處理數據、計算推理.....(張棋涵、魏敬昂、李玠運，2003)。
- (三)、第 52 屆，狂暴的太陽—太陽磁力線的模擬與探討：利用自製的「太陽黑子三角觀測器」（如圖 4），認為對黑子的觀察效果佳，具有結構穩定、快速架設等優點(拱明哲、江宛樺、鄭筠潔、田峻侑、林品宏，2012)。

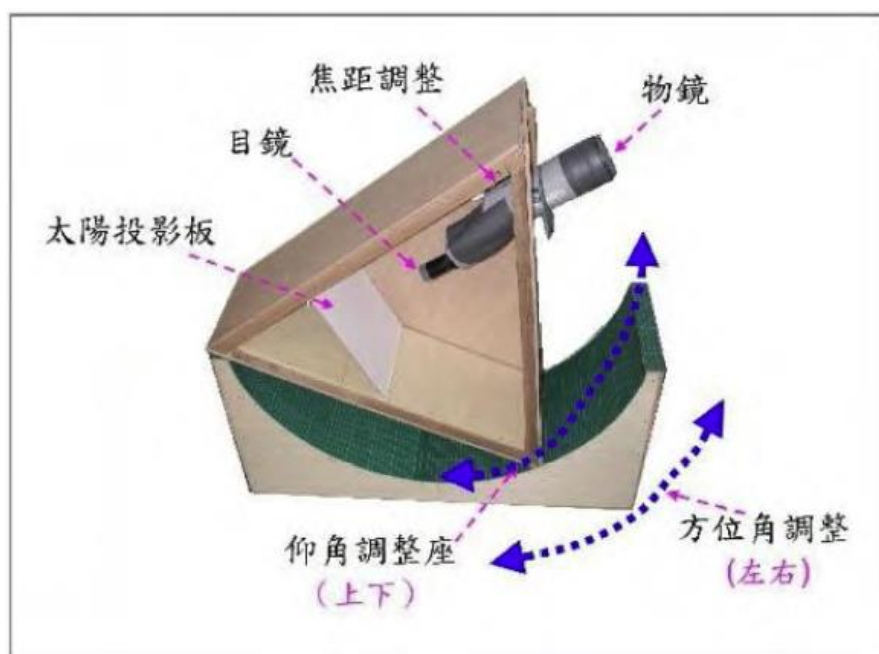


圖 4 52 屆科展嘉義市西區興嘉國民小學所製作的太陽黑子觀測器

(四)、國外太陽黑子觀測儀的自造：在國外 IAU Observatory C87 的網站上面，曾經介紹了一個類似我們看到市售的太陽黑子觀測儀的，他是利用一片平凸透鏡，經過三次折射設計，將太陽黑子的影像，投影在底面上（如圖 5），成為我們設計的構想來源 ICU 天文台(ICU 天文台 C87，2002)。

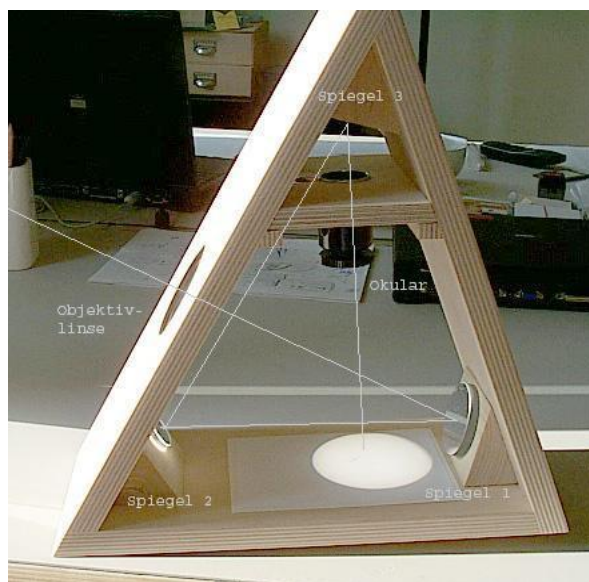


圖 5 國外 IAU Observatory C87 的網站所製作的太陽黑子觀測器

三、太陽追日系統的研究

(一)、第 49 屆-夸父追日：主要以瞭解太陽輻射功率的測量方式而設計，為了不讓太陽在天空角度位置影響到太陽輻射功率大小的量測，因此設計追日裝置瞭解太陽在不同時間地面所接受到太陽輻射功率的大小。追日裝置基本上透過光感測元件量測太陽光照強度的差異，透過數位類比轉換的技術，將這些光照強度數據加以運算，從而得知太陽在天空的角度與位置（圖 6）；並以兩顆 RC 伺服馬達來驅動機械結構，使光感測器始終保持垂直面對準太陽(雞啟賢、蔡永軒、莊貽，2008)。

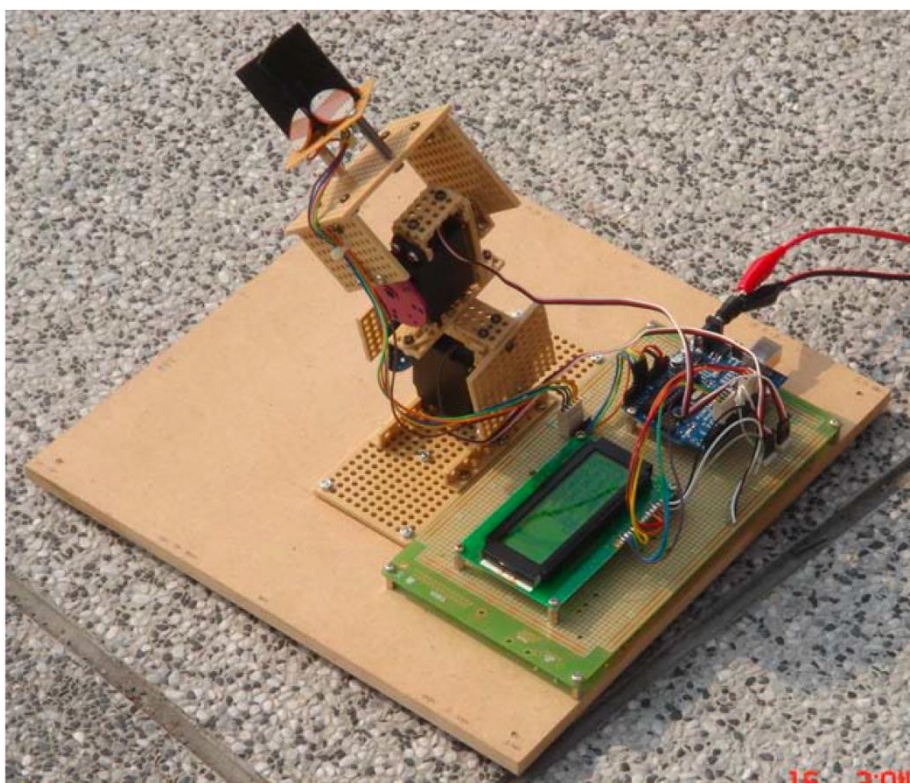


圖 6 49 屆科展桃園縣私立育達高級中學製作的追日裝置

(二)、第 56 屆-真的全自動-全球免設定日光追蹤系統：利用兩片太陽能板的受光量不同，產生的發電量不同的差異，來調整面對太陽的角度，讓兩片太陽能板的發電量相同（如圖 7）。（孫意涵、謝佳岑、閔子庭、楊宇翔，2016）。

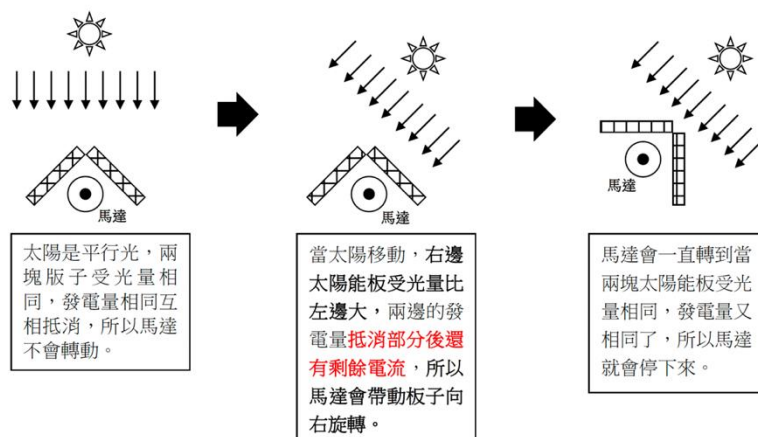


圖 7 56 屆科展臺中市私立明道普霖斯頓國民小學利用太陽能板發電量的追日裝置

(三)、第 56 屆-陽光的熱電變裝秀秀:利用平行主軸的太陽光，經凹面鏡反射後聚焦於焦點，製作了一個拋物面鏡太陽爐，由槓桿和齒輪省力機械原理，設計了木製得轉動在台。藉由兩組光敏電阻分別去偵測太陽光的水平(方位角)及垂直(仰角)強度（如圖 8），馬達驅動轉動在台，達到讓太陽爐及太陽能板正對太陽的任務(陳之怡、劉子怡、蔡絜，2016)。

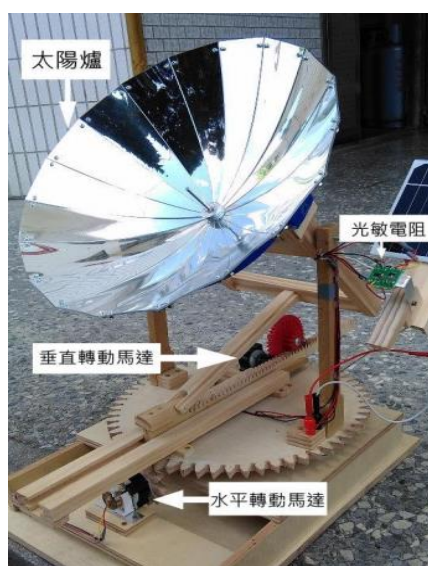


圖 8 56 屆科展基隆市立建德國民中學利用光敏電阻感應的追日裝置

(四)、第 60 屆-模擬追日系統之海洋吸塵器：利用光敏電阻，製作追日裝置

(圖 9)，配合日射角度幾乎與太陽形成垂直，比原先的太陽能板電流大小最大可以相差 2 倍以上，而且使太陽能板達到最佳效能，解決了原先太陽太小而無法進行太陽能發電的問題(吳睿哲、謝承佑、方宸恩，2020)。

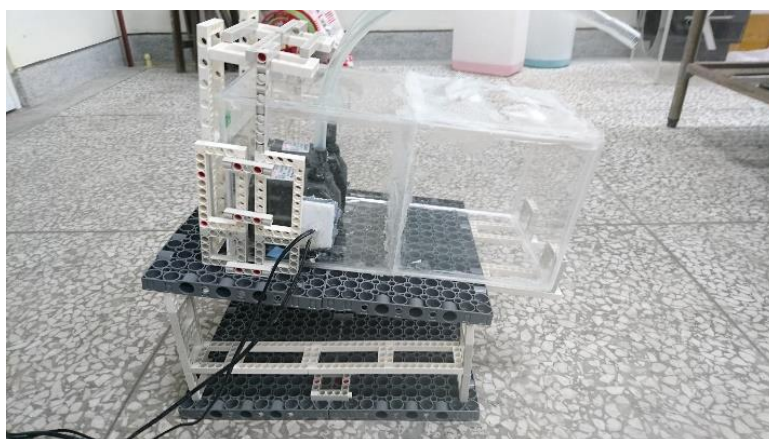


圖 9 60 屆科展花蓮縣立花崗國民中學利用光敏電阻感應的追日裝置

四、計算太陽高度角和太陽方位角

影響太陽高度角的因素有 3 個，一是緯度，二是日期、三是時刻。如在冬至、夏至日，太陽直射北回歸線，北回歸線地區相同時刻的高度角要高於該地區相同時刻不同日期的高度角。自然，在相同日期，相同緯度地區中午時刻的高度角最高。

我們在網路上找到計算太陽高度角的方式，太陽高度角隨著地方時和太陽的赤緯的變化而變化。所以太陽赤緯（與太陽直射點緯度相等）以 δ 表示，觀測地地理緯度用 ϕ 表示（太陽赤緯與地理緯度都是北緯為正，南緯為負），地方時(時角)以 t 表示（如圖 10），有太陽高度角的計算公式(小智雅匯，2019)：

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

任意時刻的太陽高度角的計算方法，不只是正午的太陽高度角：

$$\sin H = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

H 是太陽高度角， ϕ 是當地的地理緯度， δ 是當日的太陽赤緯， t 是當時的太陽時角。

太陽赤緯是地球赤道平面與太陽和地球中心的連線之間的夾角。

還有日期那就又涉及到太陽赤緯的計算了，太陽赤緯可以簡單理解成直射點的緯度，不過北緯為正值，南緯為負值。

任意日期的太陽赤緯角的計算公式是：

$$\sin\delta=0.39795\cos[0.98563(N-173)]$$

N 為積日，就是日期在一年中的序號，比如 1 月 1 日是 1，平年的 12 月 31 日是 365。

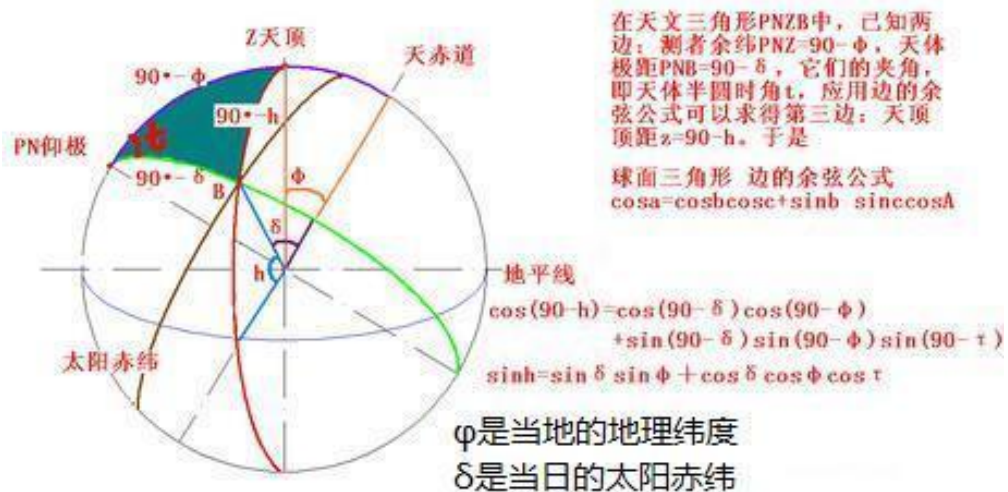


圖 10 太陽高度角相關的地理緯度，赤緯與太陽時角關係

至於太陽的方位角計算，如果說經緯角度是定位角的話，方位角更像一個指向角。在世界地圖中，「上北下南，左西右東」其實就是對方位角的通俗表達。如圖 11 所示，方位角(Azimuth)其實就是朝向相對於正北（或正南）的偏角。通常方位角有兩種定義範圍，分別是 0 至 360 度和 180 至-180 度。

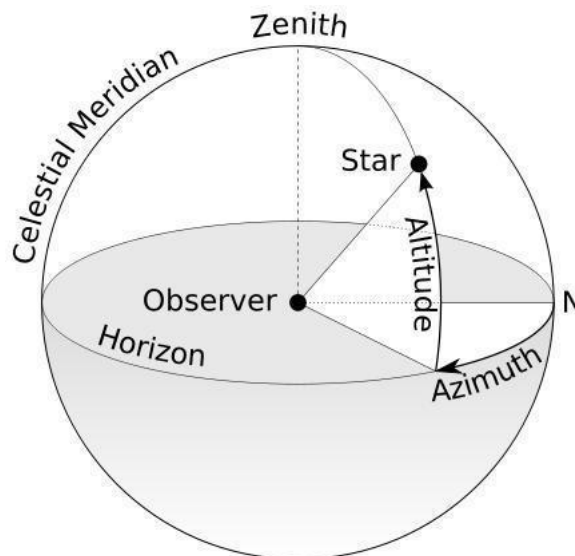


圖 11 太陽方位角指與正北的偏角

所以利用下面的公式，經由計算得到良好的近似值：

$$\sin \phi_s = \frac{-\sin h \cos \delta}{\cos \theta_s}$$

$$\cos \phi_s = \frac{\sin \delta \cos \Phi - \cos h \cos \delta \sin \Phi}{\cos \theta_s}$$

$$\cos \phi_s = \frac{\sin \delta - \sin \theta_s \sin \Phi}{\cos \theta_s \cos \Phi}$$

ϕ_s 是太陽的方位角，

θ_s 是太陽高度角，

h 是計算時間的時角，

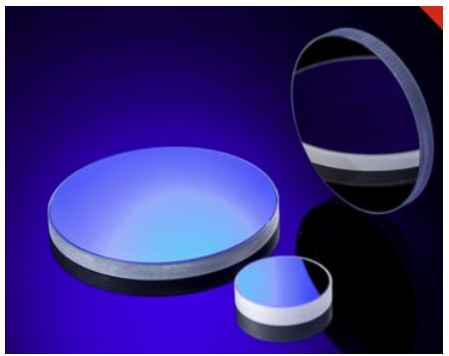
δ 是當時的太陽赤緯，



Φ 是當地的地理緯度

參、研究目的

- 一、 如何用簡單的材料，自製一個穩定的太陽黑子觀測儀。
- 二、 改良觀測儀，可以透過觀測時間及經緯度的設定，自動對準太陽的位置。
- 三、 讓儀器有紀錄太陽黑子的功能
- 四、 讓觀測儀可以跟著太陽移動的軌跡追蹤

肆、研究設備及器材

類別	品名	規格	
太陽黑子觀測儀	平面反射鏡	直徑 50.8mm*1 直徑 40mm*1 直徑 25.4mm*1	

	平凸透鏡	直徑 50.8mm，焦距 800mm*1	 <p>GCL-010180 Φ50.8, f800.0</p>
	普通望遠鏡接 目鏡	23mm, 62°	
	松木板	400mm*95mm*13.8mm *8 片	
追日系統	Lego SPIKE™ Prime 史派克機 器人模組 Matrix 金屬樂高 零件	45678	

影像擷取與追蹤	威盛 Pixetto 人工智慧視覺開發模組		
工具	9" 帶鋸機		
	CNC(電腦數值控制工具機)		
	3D 列印機		

	砂磨機		
軟體	Autocad	2018	太陽黑子觀測儀繪圖
	Freecad		繪製齒輪
	Tinkercad+Cura		3D 模型編輯及切片
	Fusion 360		鏡座設計與製作
	cncjs	v1.9.22	CNC 雕刻 G 碼執行程式
	Lego Spike classroom	V1.33	程式設計
	慧編程 Arduino IDE	5.3 1.8.13	程式整合

伍、研究過程或方法

一、太陽黑子觀測儀製作

(一)、製作構想：從光學凸透鏡的成像原理來看（如圖 12），想法是我們製作的太陽黑子觀測儀，光線穿過鏡頭，進入望遠鏡內部，從三面反射鏡反射，進入目鏡，並且圖像投射在其一側。光線在進入目鏡之前所經過的距離就是焦距，它決定瞭望遠鏡的大小。

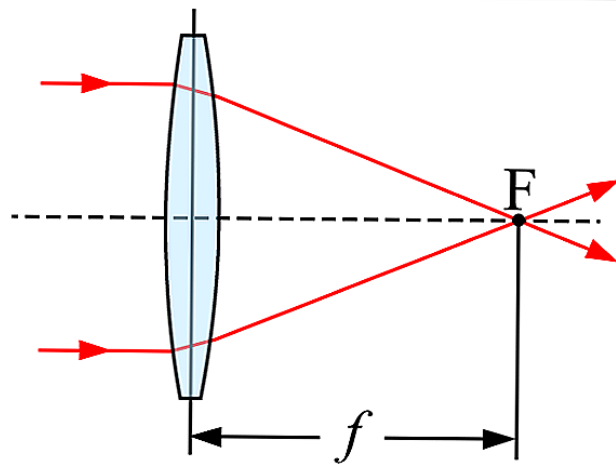


圖 12 凸透鏡的成像與焦距關係

我們找了兩片平凸透鏡，焦距為 600mm 及 800mm，我們本來利用手繪製三面反射鏡的成像圖，一直沒做好，老師建議我們用 CAD 軟體，來節省鏡面反射角的計算，經過數次調整，設計出來的圖形如圖 13。

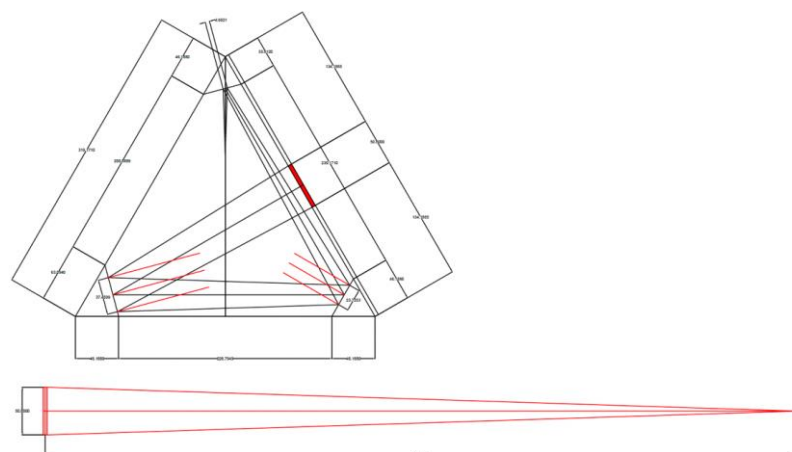


圖 13 利用 Autocad 繪圖功能協助將凸透鏡的焦距成像，加入三片反射鏡

我們也利用 Autocad 的尺寸標示功能，可以顯示這個太陽黑子觀測儀的

尺寸如圖 14。所以在繪圖過程，我們不但可以先分析成像的原理與反射計算，也得到三面反射鏡的最小尺寸，還有接目鏡的位置，所以安心的選擇 508mm，400mm 及 254mm 三個尺寸的反射鏡。

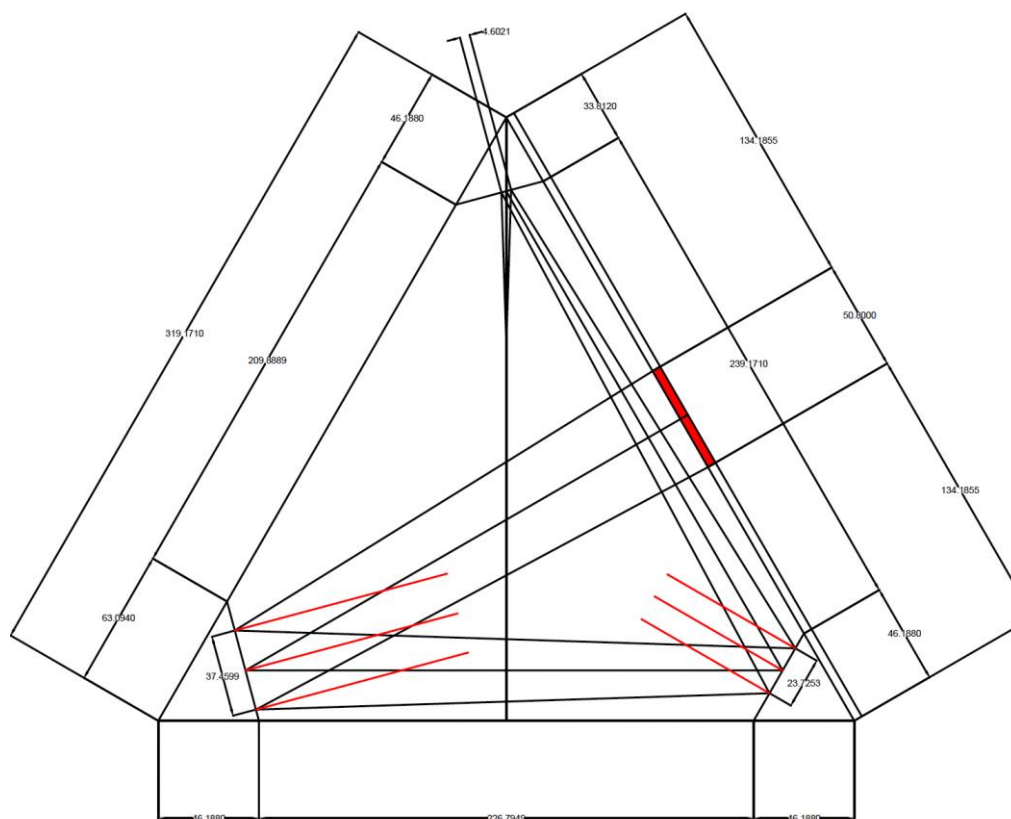
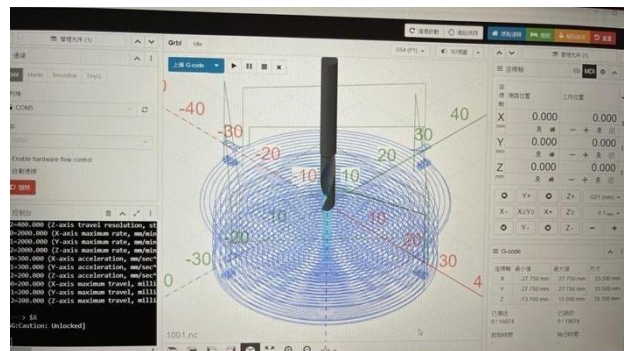
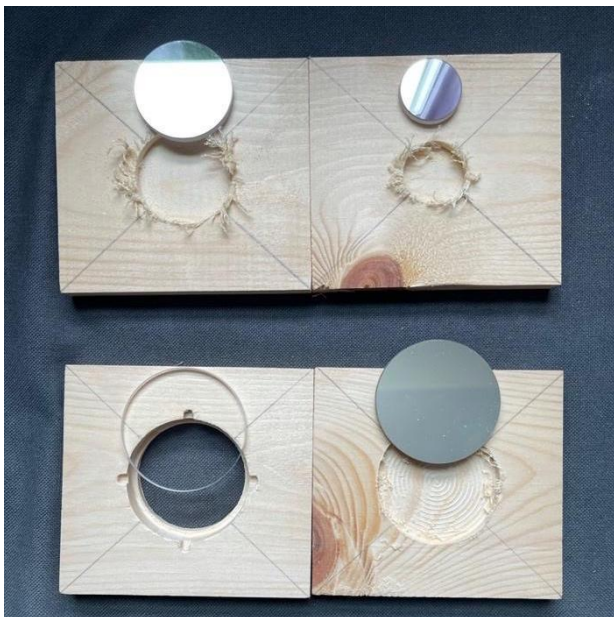
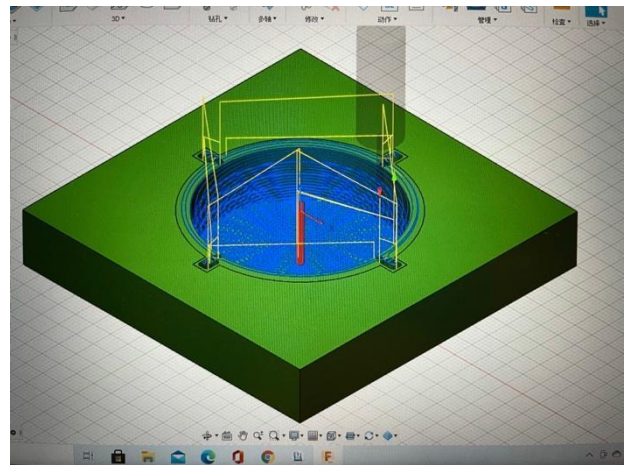


圖 14 利用 Autocad 尺寸標示功能協助將太陽黑子觀測儀的尺寸標示出來

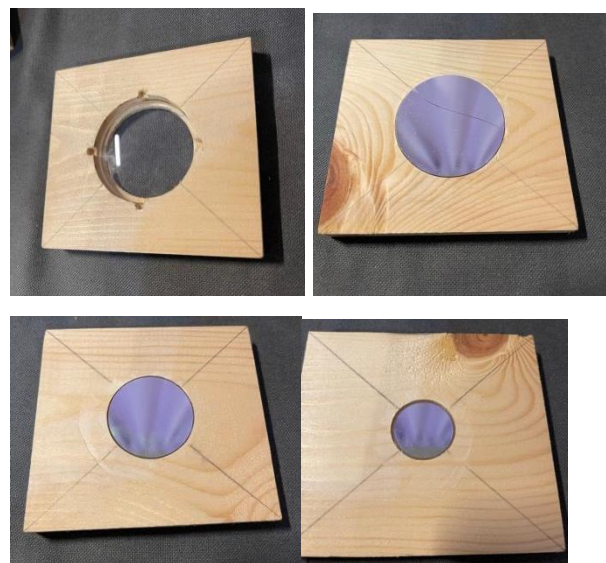
(二)、製作過程

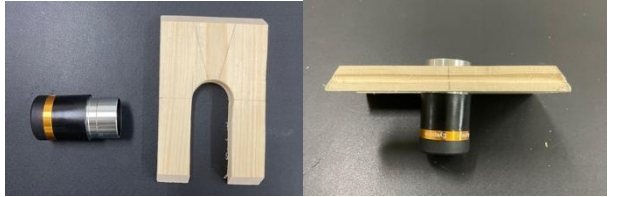
切割松木板，因為學校現有松木板是有溝槽，且寬度只有 95mm，所以我們利用太棒膠先行膠合後，在裁鋸成 360mm 的長度。	
---------------------------------------------------------------	--

因為鏡座需要的精密度較高，我們擔心鋸出來的圓及鏡座面不夠平整，老師教我們使用 fusion360 來建立 3D 模型，因為不熟習 CNC 的刀具與切削路徑設定，所以請老師協助我們設定刀具，路徑調整，並轉成 gcode 檔案，透過 cncjs 軟體，讓 CNC 切削出我們要的形狀。



利用砂紙與筆形砂磨器，修整了鏡座的邊緣，讓鏡片可以順利地嵌入鏡座。



<p>利用砂磨機砂磨三邊的表面，並磨出 30 度角，膠合凸透鏡與三邊的木板。</p> <p>鏡座的兩邊依照設計圖的尺寸，磨出準備接合的角度，測試調整之後，再膠合鏡座。</p>	
<p>再利用 fusion360 及 CNC 製作目鏡組裝台</p>	
<p>利用砂磨機調整目鏡台的組中位置與成像位置，測試完成後再組合目鏡座。</p>	

二、 太陽位置定位

(一)、製作構想

首先我們必須考慮計算太陽位置，所以我們必須將太陽方位角與高度角的程式撰寫出來，利用抓取系統時間，可以自動作為觀測時的時間輸入。計算出太陽方位角，則利用電子羅盤感應器，來做為磁北的定位。至於經緯度部分，因為 GPS 感應器的資料模式，我們來不及研究，老師建議我們從 Google map 上找到資料，直接輸入就好，等有時間再來研究抓取 GPS 的定位資料。

計算出太陽方位角及高度角之後，我們考慮利用兩個馬達，一個轉動 XY 平面（平行水平面），一個轉動與 XY 平面的垂直角度（如圖 15），所以我們想利用 LEGO 製作出這個系統的雛形，成功之後再改成其他材料，比較能節省開發的時間。

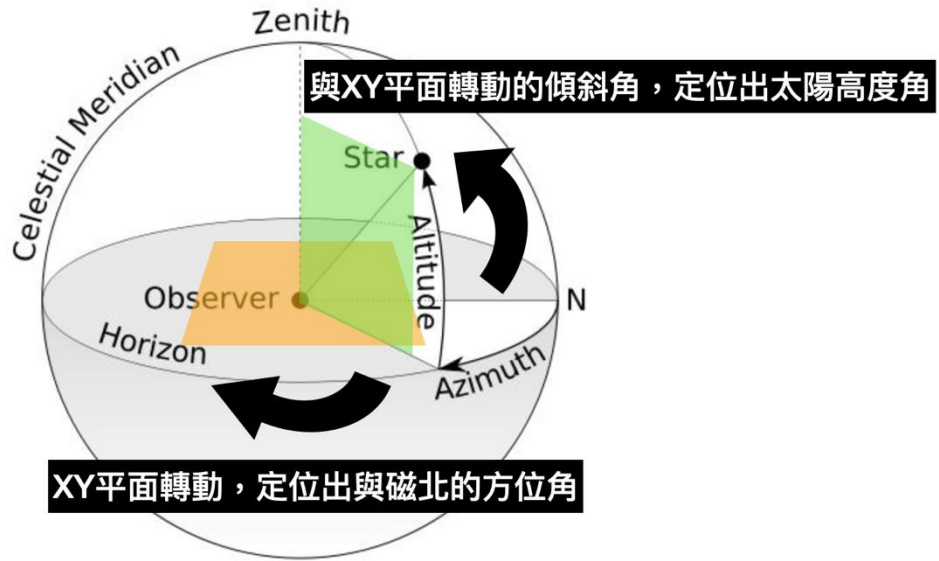


圖 15 利用兩個馬達轉動讓系統可以轉到面對太陽的方位角與高度角

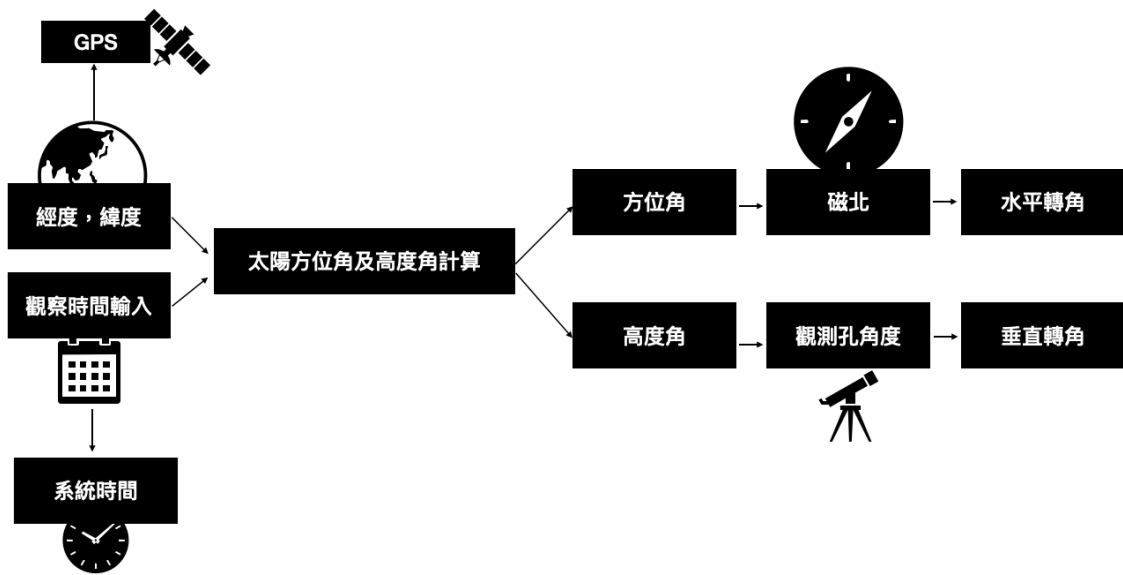


圖 16 太陽的方位角與高度角計算的程式架構

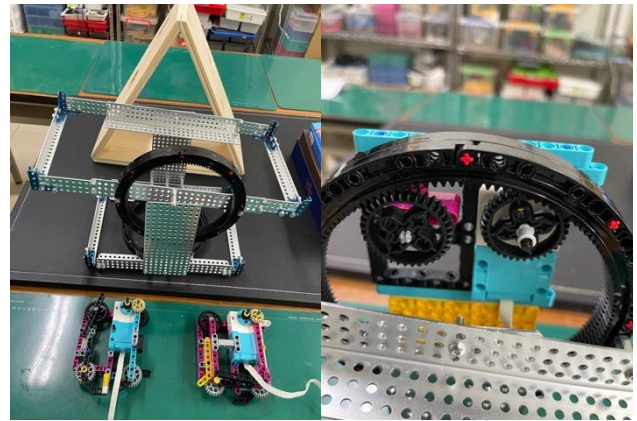
(二)、製作過程

第一次組裝，我們參考網站上提供的模型進行改裝時，將兩個平台的連結方式組裝錯了，導致旋轉底面時，調仰角的那個平台沒辦法跟著一起旋轉，這樣放上太陽觀測器後，無法調仰角，因此我們決定拆掉重來。**第二次組裝**，我們重新調整了連結方式，成功的讓底面轉動時，調仰角的平台也會跟著轉動，放置太陽觀測器的樂高平台就算做好了。



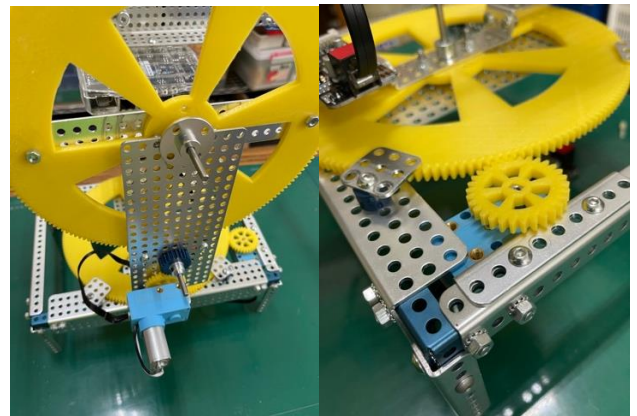
第一次機體改良與修正

裝上太陽黑子觀測儀，重量過重，所以LEGO的承受重量不夠，我們改用Matrix金屬樂高零件來改裝。



第二次機體改良與修正

由於縣內科展競賽時，機器運轉不順利，齒輪容易脫牙，所以我們在縣賽後改用自己設計的齒輪，用3D印表機列印出來，改良機器運轉不順暢的狀況。齒輪比（180:30）



程式設計：我們本來利用 LEGO SPIKE CLASSROOM，類似 Scratch 的介面來設計這個轉動控制的程式，只要輸入經緯度及年月日時，系統就可以計算出太陽方位角及高度角，並轉換成兩個馬達所需要的轉動角度。事實上實作時因為 Scratch 介面對數學算式的輸入非常不友善，所以我們改用 PYTHON 來撰寫。程式的時間，可以利用抓取系統的時間來達成，磁北的方位則可以透過電子羅盤感應器來抓取資料。

```

solar_angle.py
# 時間 (日期)
# 時間 (日期) (選擇時間與日期)
17 J06 = int(2015.254*date_new_year-31)+int(38.688*(1+31)+date_new_hour/24+1729881.3
18
19 if date_new_month:
20     J06 = int(2015.254*date_new_year-31)+int(38.688*(date_new_month+31)+date_new_hour/24+1729881.3
21 else:
22     J06 = int(2015.254*date_new_year-31)+int(38.688*(date_new_month+1)+date_new_hour/24+1729881.3
23
24 # 時間 (日) of year
25 D06 = 202-20*1
26
27 # 時間 (日)
28 # 時間 (日) = 24224*(date_new_year-1983) - int((date_new_year-1983)*4.8)
29 theta = 2*math.pi*(J06-0.6875)/365.2422
30 phi = 2*math.pi*(D06-0.6875)/365.2422
31 ED = ED*2*math.pi/360
32 # 時間 (日)
33
34 if lat == 0:
35     if locate == -12:
36         dlat = lat - float(floor((lat+75)/158)+1)*15.8
37         dlon = lon - locate*15.8 # 緯度上層 - 磁北方位角與磁北方位角
38     else:
39         dlat = lat + float(floor((lat-75)/158)+1)*15.8
40         dlon = lon + locate*15.8
41     else:
42         dlat = lat
43         dlon = lon
44 # 時間 (日)
45 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
46 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
47 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
48 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
49 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
50 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
51 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
52 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
53 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
54 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
55 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
56 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
57 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
58 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
59 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
60 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
61 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
62 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
63 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
64 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
65 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
66 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
67 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
68 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
69 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
70 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
71 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
72 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
73 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
74 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
75 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
76 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
77 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
78 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
79 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
80 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
81 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
82 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
83 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
84 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
85 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
86 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
87 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
88 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
89 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
90 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
91 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
92 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
93 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
94 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
95 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
96 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
97 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
98 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
99 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)
100 # 時間 (日) = 158*(math.cos(theta) + 0.805*math.sin(theta) - 7.802*math.cos(theta) + 6.882*math.cos(2*theta)

```

執行結果

```

delphi@sh11:~/chengerdeMacBook-Air:118轉角 % /usr/local/bin/python3 ~/libers/delphi/Google 雲端硬碟/118轉角/solar_angle.py
2021-06-15 13:07:23: 81871748:00
pyserial 轉角高度角 (deg) : 72.527928 方位角 (deg) : 275.438259
磁北轉角高度角 (deg) : 73.517879 方位角 (deg) : 275.415658
delphi@sh11:~/chengerdeMacBook-Air:118轉角 %

```

三、太陽黑子觀測儀的追蹤系統製作

(一)、製作構想：

我們在目鏡座上加裝威盛 Pixetto 人工智慧視覺開發模組鏡頭，用來記錄太陽黑子的觀測結果，並由於太陽在底面的成像，我們可以利用這片人工智慧的開發板，抓到影像的輪廓（如圖 17）：

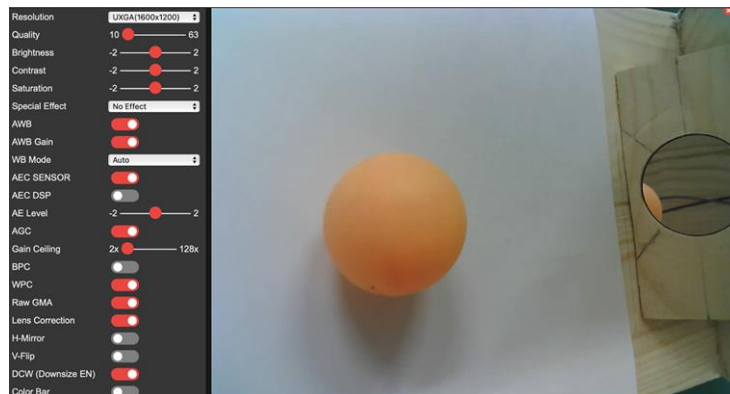


圖 17 威盛 Pixetto 人工智慧視覺開發模組鏡頭辨識影像的輪廓

我們構想的方案有兩種做法：

1.所以當影像的位置偏移，我們可以偵測他的改變，轉換成兩個馬達的微調轉動，如圖 18：

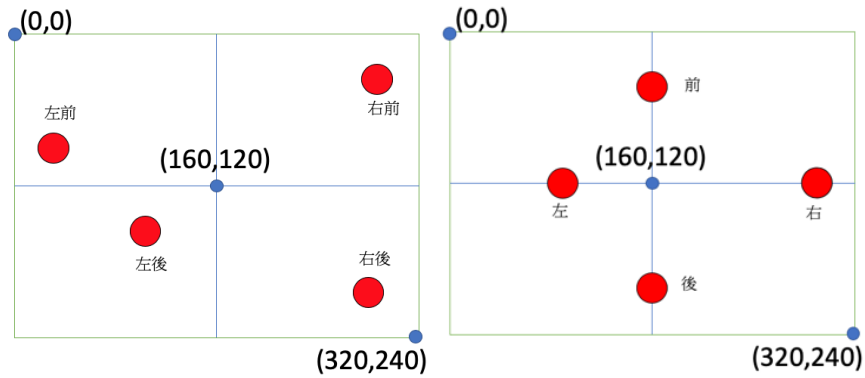
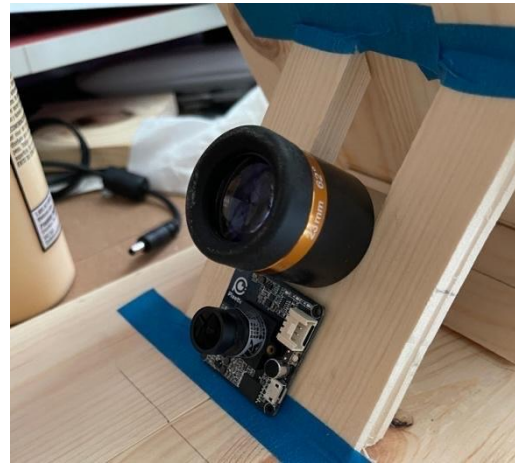


圖 18 影像比對中心位置與大小的偏移，轉移成馬達的調整

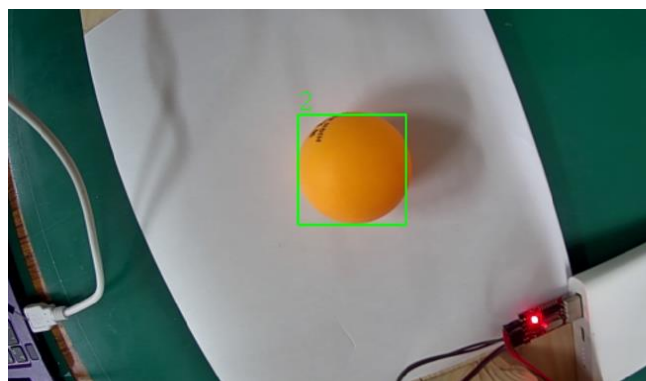
2.我們利用影像偵測到影像位置改變，就利用抓取電腦上的時間，再透過太陽位置定位的程式，讓程式執行這段程式，一樣可以達到為調整的效果。

(二)、製作過程：

攝影機的安裝：利用威盛 Pixetto 人工智慧視覺開發模組鏡頭



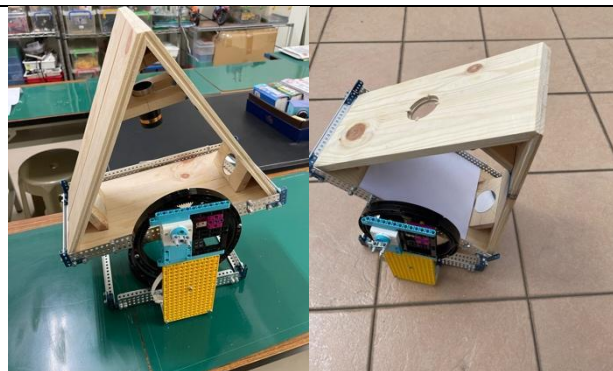
程式設計：我們的第一個版本，是利用 mBLOCK，來設計這個影像辨識的程式，主要抓取到影像的輪廓大小與中心位置（已經內建好的程式塊功能），當中心位置改變或影像大小變化超出了 10 個像素的變化，就將變化量用來驅動馬達轉動。

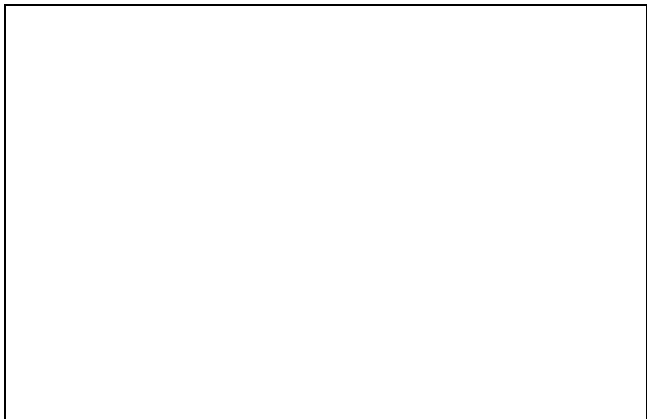


陸、研究結果

一、 太陽黑子觀測儀

我們組裝完畢，第一次測試，發現影像成像過小，所以調目鏡的位置，但還是不盡理想，所以我們先用膠帶固定，還可以繼續調整。





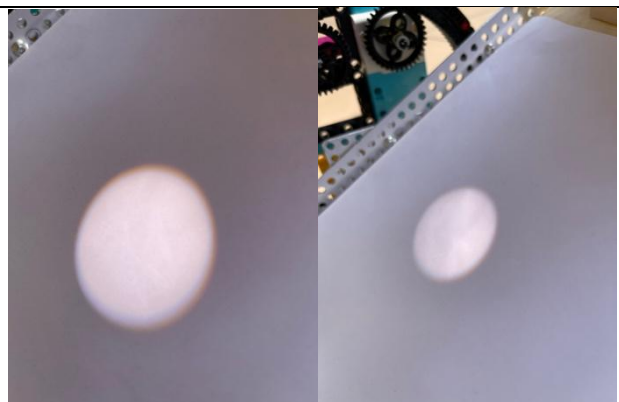
實際觀測狀況儀器狀況



第一次觀測結果 (3/14 上午 9:30)
天氣多雲時情



修正目鏡距離後第二次觀測 (3/14 上午 9:30)
天氣多雲時情



二、太陽位置定位

太陽位置定位的轉換，是相當複雜的，我們也無從判斷到底算起來的結果是否正確，老師建議我們利用網路上的太陽位置線上計算器來比對資料的正確性。表 1 是我們寫的程式和網路上現有的太陽位置線上計算器，以 3/10 當標準，每次測量間隔一小時所計算出來的數據，由表可知兩者高度角的誤差值在 ± 2 度內，那方位角會不同是因為我們計算方位角是以正南為零，順時針為正，網路上的計算方式同樣是以正南為零，但順時針卻為負，因此會感覺差很多，不過若是看兩者的絕對值，誤差值一樣是在 ± 2 度內。

表 1 我們程式與太陽位置線上計算器比對資料的正確性，同一天的時間變化

3/10	我們設計的程式		太陽高度角、方位角線上計算器	
	高度角	方位角	高度角	方位角
0700	10.87	-81.09	12.14	80.22
0800	24.39	-74.33	25.61	73.31
0900	37.40	-65.67	38.52	64.35
1000	49.35	-53.17	50.27	51.29
1100	58.94	-33.31	59.44	30.52
1200	63.42	-3.34	63.20	0.00
1300	60.38	28.13	59.47	-30.55
1400	51.56	50.01	50.32	-51.36
1500	39.95	63.67	38.57	-64.46
1600	27.10	72.93	25.67	-73.44
1700	13.66	79.98	12.20	-80.37
1800	-0.06	86.04	-1.52	-86.37

表 2 是我們寫的程式和網路上現有的太陽位置線上計算器，但這是以每日中午 12:00 當標準，從 3/8 到 3/12 連續五日所計算出來的數據，由表可知兩者高度角的誤差值在 ± 1 度內。

表 2 我們程式與太陽位置線上計算器比對資料的正確性，同一天的時間變化

12:00	我們設計的程式		太陽高度角、方位角在線計算器	
	高度角	方位角	高度角	方位角
3/8	62.63	-3.52	62.42	- 0.00
3/9	63.02	-3.43	62.81	- 0.00
3/10	63.48	-3.34	63.20	- 0.00
3/11	63.81	-3.24	63.59	- 0.00
3/12	64.21	-3.13	63.98	- 0.00

得到的太陽方位角，我們利用電子羅盤感應器找到磁北之後，再做正負角度的調整（正：逆時針轉，負：順時針轉）。高度角則以太陽黑子觀測儀與水平夾角 30° ，做正負角度的調整（如圖 18）。

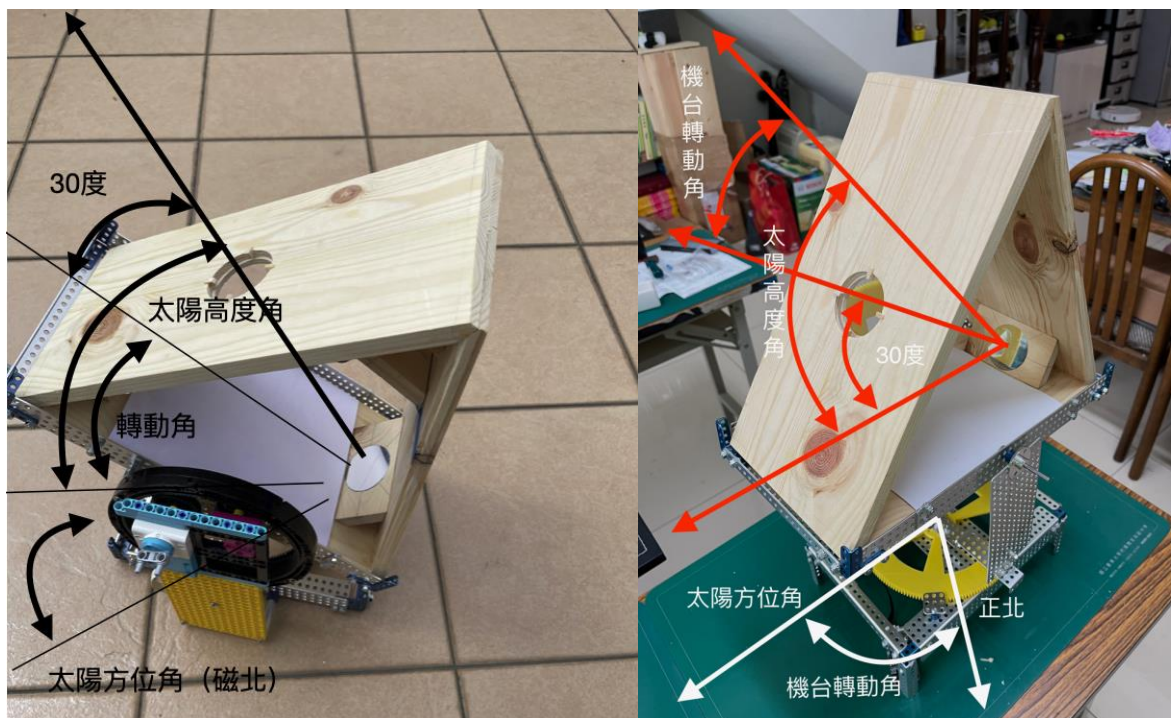


圖 18 太陽高度角與方位角轉換成馬達轉動角度

三、太陽黑子觀測儀的追蹤系統

因為我們這組之前做過自動追蹤垃圾桶的研究，所以我們用之前的程式

微調，當偵測的太陽影像往上偏移，只要調動垂直水平軸的馬達就可以完成，不過我們在製作 xy 平面轉動，因為需要承受的重量太大，一直沒有成功，所以初步報告還不能有所成果展示。全國賽之前，因疫情關係，無法配合修改，僅利用 Freecad 自製齒輪，利用 3D 列印出來，改良機體，希望實際簡報時，可以完成相關測試。

柒、討論

製作一個太陽黑子觀測儀是一件相當複雜且辛苦工作，我們統整許多來自不同科目的知識，不同的資料，來建立自己的作品，最後實踐出來，是令人非常興奮的。雖然過程中，我們不斷的修正與改良，但結果未必是想要的，真是個難得的經驗，成品雖然完成約 90%，我們還是有很多想法，想繼續改良，希望在正式簡報前，可以修正完畢。

一、實作結果討論：

- (一)、本研究結果主要來自課堂所學的三樣成果：地球科學，生活科技與資訊科技的結合，困難度在與科學與數學的整合應用，幸好老師指導我們另用電腦科技，協助我們解決較複雜的問題，省去很多摸索的過程，讓我們也體會到在 STEM 課程中，規劃與設計的重要。
- (二)、本研究本來想利用太陽黑子做長時間的觀察，但因為 NASA 表示最近幾個月的衛星測量結果表明，太陽活動自 2019 年 12 月以來開始增加，確認進入第 25 週期，預計會在 2025 年 7 月會達到極大期（整體範圍為 2024 年 11 月～2026 年 3 月），只不過自 1980 年代以來，太陽週期強度一直呈明顯的下降趨勢，2019 年時黑子數量甚至異常少，太陽表面有 281 天都沒有黑子。所以我們製作的觀測儀，在目前觀測資料搜集上，會比較困難，所以我們才會思考有紀錄的功能，可以在等待黑子出現的時間上，讓科技為我們做紀錄。

(三)、從擬定計畫到執行，雖然可以提昇我們對問題解決的複雜度（例如三面反射鏡的角度計算），但我們遭遇的困難，陸續解決的問題有：

1.影像成像過小，在縣內初賽已改用焦距較小的目鏡，改良影像過小的問題（圖 19）。

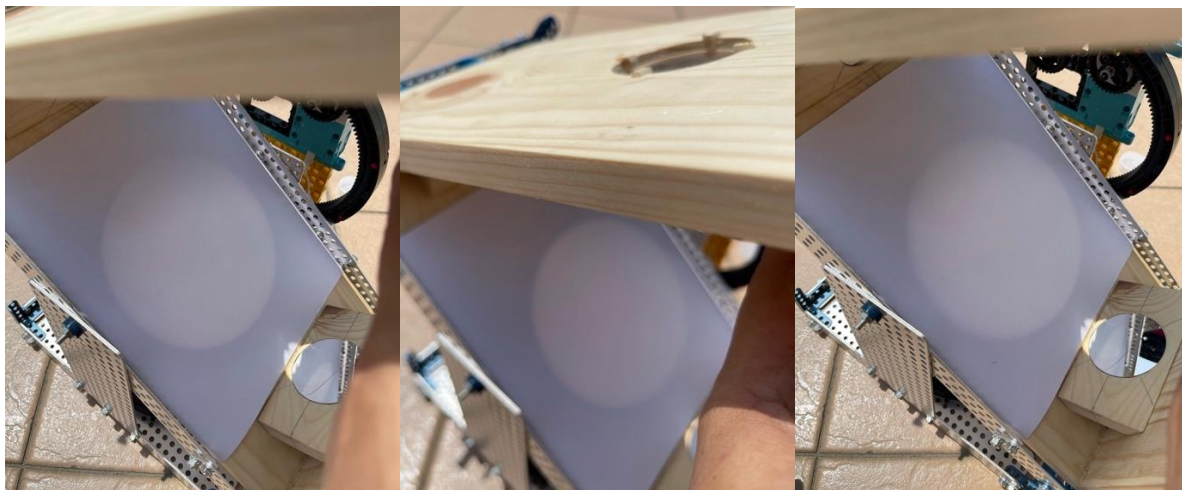


圖 19 改用 4mm 焦距目鏡的影像實測

2.XY 平面轉動，因為承重關係，無法順利完成功能，與測試，全國賽之前，因疫情關係，無法配合修改，僅改良機體（如圖 20）。

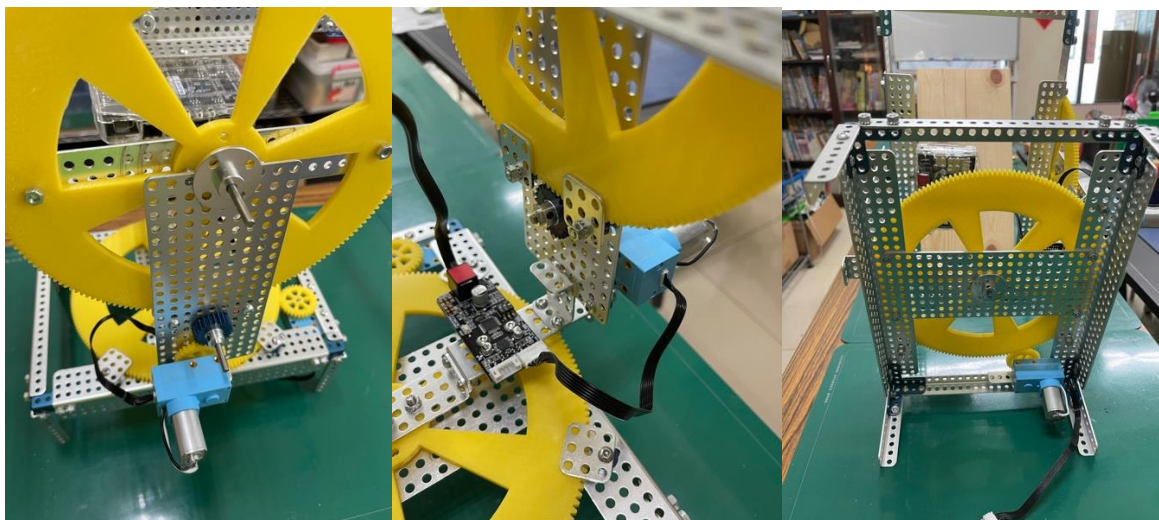


圖 20 利用 3D 列印自製齒輪修改機體運轉

二、未來展望:

- (一)、可以整合 GPS，讓使用者省去輸入觀察地點的經度及緯度。
- (二)、修改程式，使計算的時間更快、更準確。
- (三)、可以透過本裝置，對太陽黑子進行長時間的觀察與資料搜集，並對其路徑、數量等各種變化進行分析。

捌、參考資料(文獻)及其他

1. 陳正改(2014)。太陽黑子形成的新理論。科學研習，53(11)，30-37。
2. 拱明哲、江宛樺、鄭筠潔、田峻侑、林品宏(2012)。狂暴的太陽—太陽磁力線的模擬與探討，第 52 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
3. 張棋涵、魏敬昂、李玠運(2003)。向不可能的任務挑戰—探討太陽黑子的漂移，第 43 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
4. 藍文隆、張智豪等五人(1985)。太陽黑子的研究，第 25 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
5. 雞啟賢、蔡永軒、莊貽婷(2008)。夸父追日，第 49 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
6. 孫意涵、謝佳岑、關子庭、楊宇翔(2016)。真的全自動-全球免設定日光追蹤系統，第 56 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
7. 陳之怡、劉子怡、蔡絜明(2016)。陽光的熱電變裝秀，第 56 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
8. 吳睿哲、謝承佑、方宸恩(2020)。模擬追日系統之海洋吸塵器，第 60 屆科展，國立臺灣科學教育館，台北。
9. Dimi(2020)。LEGO SPIKE Prime SwirlBot。擷取至網站：
https://legostudiovives.be/wp-content/uploads/sites/52/2020/02/Spike-SwirlBot-BuildingInstructions-V1_1-small.pdf。
10. 小智雅匯(2019)。計算太陽高度角和太陽方位角確定太陽在天空中的位置。每日頭條，擷取至網站：<https://kknews.cc/zh-tw/science/8gr5vyn.html>。

11. 太陽高度角、太陽方位角在線計算器(2019)。擷取至網站：
https://www.osgeo.cn/app/s1904?fbclid=IwAR3kbHOOLMA4JqEA-bJXHN_tOI4B7awIloKQQHsESrmCYf93nLJzOxgWz8。
12. ICU 天文台 C87(2002)。自製太陽黑子觀測儀。擷取至網站：<https://www.astro-images.de/ein-sunspotter-im-eigenbau/>。

【評語】 032809

1. 本作品將太陽黑子觀測裝置結合追日系統，以簡單元件組裝出可操作的實作裝置，是很好的實作作品。
2. 本作品未列出其他既有的太陽黑子觀測儀在功能、成本的比較，且缺乏對太陽黑子的觀測量測功能的描述，技術方面較缺乏創新性。
3. 鼓勵作者再接再厲，未來可以在程式設計多著墨，結合本裝置與資料擷取系統，達到「自動」拍攝太陽影像的功能，並與既有技術在功能及成本方面進行比較，讓作品更完整。

作品簡報



自動太陽黑子觀測儀

科別：生活與應用科學科(一) (機電與資訊)

組別：國中組

一、研究動機

1. 在觀測日環蝕時，接觸到市售太陽黑子觀測儀。
2. 觀測儀在每次觀測前，都要將鏡片對準太陽的位置，非常麻煩。
3. 有影像辨識的研究經驗，可用來自動找到太陽位置。

二、文獻探討

太陽黑子的研究

向不可能的任務挑戰——探討太陽黑子的漂移

國外太陽黑子觀測儀的自造

太陽黑子的研究

狂暴的太陽——太陽磁力線的模擬與探討

第25屆

第43屆

第52屆

2002年



太陽的
研究
追究
日系統

第49屆



第56屆



第56屆



第60屆



夸父追日

真的全自動-全球免設定日光追蹤系統

陽光的熱電變裝秀

模擬追日系統之海洋吸塵器

計算太陽高度角和太陽方位角：

影響太陽高度角的因素：一是緯度，二是日期，三是時刻。

任意時刻的太陽高度角計算公式：

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

任意日期的太陽赤緯角的計算公式：

$$\sin \delta = 0.39795 \cos[0.98563(N-173)]$$

通常方位角有兩種定義範圍，分別是 0 至 360 度和 180 至 -180 度。

$$\sin \phi_s = \frac{-\sin h \cos \delta}{\cos \theta_s}$$

$$\cos \phi_s = \frac{\sin \delta \cos \Phi - \cos h \cos \delta \sin \Phi}{\cos \theta_s}$$

$$\cos \phi_s = \frac{\sin \delta - \sin \theta_s \sin \Phi}{\cos \theta_s \cos \Phi}$$

ϕ_s 是太陽的方位角，

θ_s 是太陽高度角，

h 是計算時間的時角，

δ 是當時的太陽赤緯，

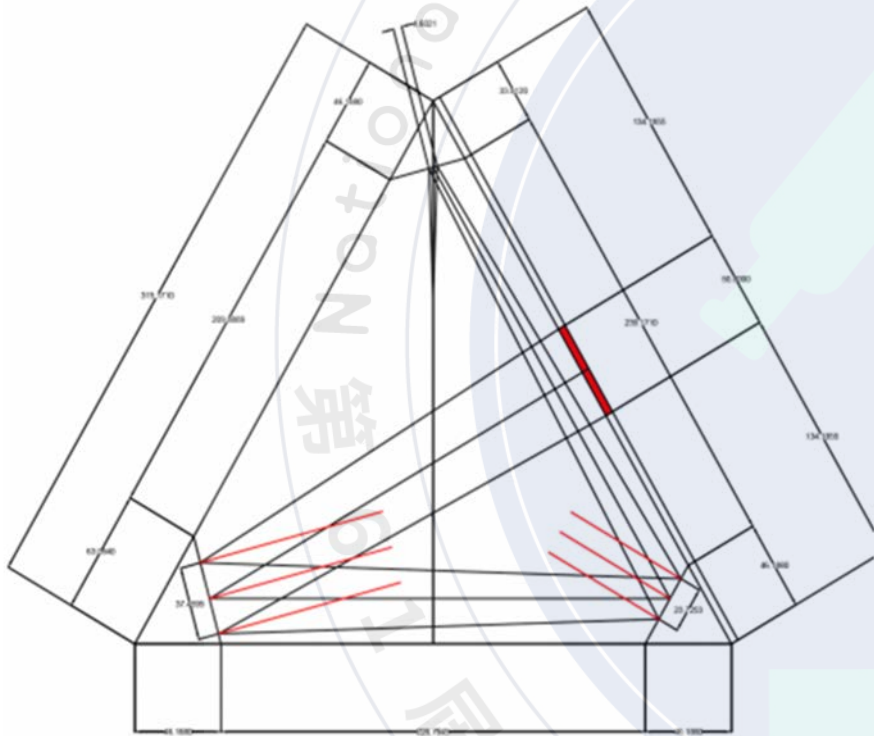
Φ 是當地的地理緯度

三、研究目的

1. 如何用簡單的材料，自製一個穩定的太陽黑子觀測儀。
2. 改良觀測儀，可以透過觀測時間及經緯度的設定，自動對準太陽的位置
3. 讓儀器有紀錄太陽黑子的功能
4. 讓觀測儀可以跟著太陽移動的軌跡追蹤

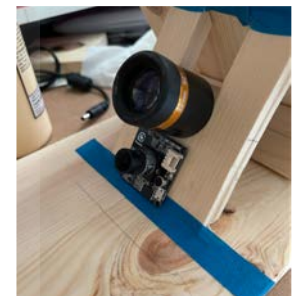
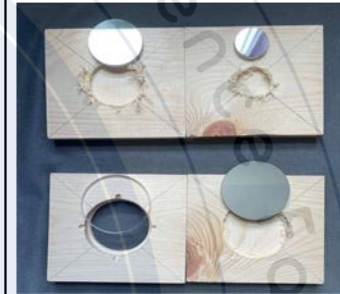
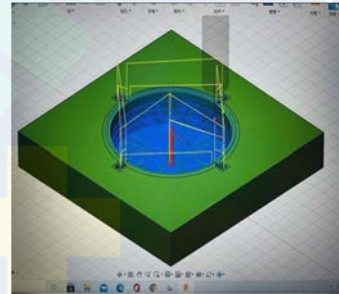
四、研究過程和方法

太陽黑子觀測儀製作



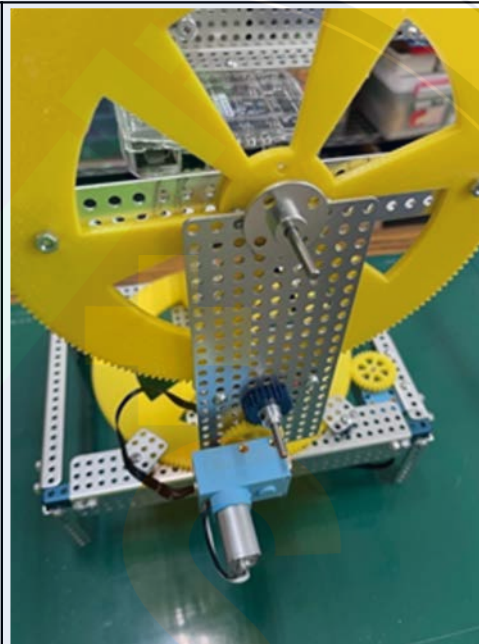
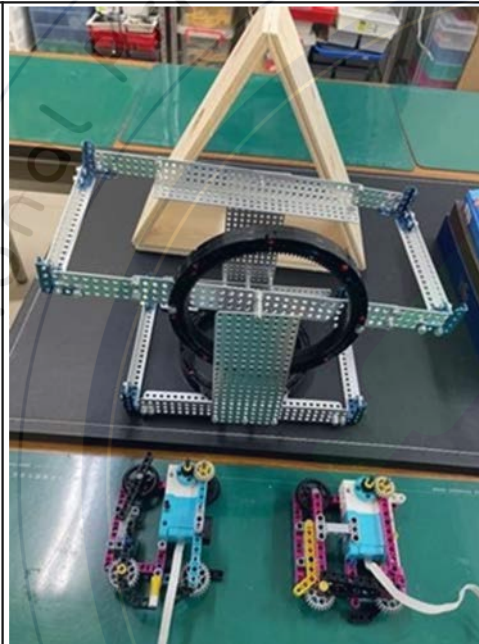
光線穿過鏡頭，進入望遠鏡內部，從三面反射鏡反射，進入目鏡，並將圖像投射在底部。光線在進入目鏡之前所經過的距離就是焦距，它決定了望遠鏡的大小。

製作過程



底座製作過程

程式設計



```

#include <math.h>
// 輸入參數
Longitude - 經度 (單位:度)
Latitude - 緯度 (單位:度)
Year - 年
Month - 月
Day - 日
Hour - 時
Minute - 分
Second - 秒
輸出參數
Height - 太陽高度角 (單位:角度)
Direction - 太陽方位角 (單位:角度)
//
double Pi= 3.14159265358979;
void SunPosition(double Longitude, double Latitude, int year, int month, int day, int hour, int minute, int second, double& height, double& direction)
{
    double A = year/4;
    double B = A-floor(A);
    double C = 2*B;
    if(month <= 2)
    {
        C = 23.44;
    }
    else if(month <= 4)
    {
        C = 23.44-0.7154*(month-3);
    }
    else if(month <= 6)
    {
        C = 23.44-23.44+0.7154*(month-5);
    }
    else if(month <= 8)
    {
        C = 23.44;
    }
    else if(month <= 10)
    {
        C = 23.44+0.7154*(month-9);
    }
    else if(month <= 12)
    {
        C = 23.44+23.44-0.7154*(month-11);
    }
    double theta, NS; //theta為仰角
    NS = 90-32.16+0.3222*(year-2000)-floor((year-2000)/4);
    theta = 24*Pi*(90-NS)/360;
    double lat;//緯度
    lat = 8.1723-23.246*sin(theta)+0.1149*sin(2*theta)-0.172*sin(3*theta)+0.758*cos(theta)+0.3656*cos(2*theta)+0.432*cos(3*theta);
    lat = lat*Pi/180;
    double El;//仰角 (單位:角度)
    El = 8.8828-3.9837*sin(theta)+0.989*sin(2*theta)-7.892*cos(theta)-0.6882*cos(2*theta);
    double timinglat;//經度
    timinglat = floor((hour-12) * (minute - (120-8-Longitude) * 4. * Pi / 15)) * Pi / 180;
    timinglat = timinglat + Pi / 180;
    // 經度與高度關係公式
    Latitude = Latitude * Pi / 180;
    // 太陽高度角
    height = 83*(Latitude*asin(lat)+cos(Latitude)*cos(lat)+cos(timinglat));
    height = asin(height);
    // 太陽方位角
    direction = asin(height*asin(Latitude)-sin(lat))/cos(height*cos(Latitude));
    direction = acos(direction);
    if (timinglat<0) //以正南方為角度，轉轉角正
    {
        direction = -1.0;
    }
}
int main()
{
    double height;
    double dir;
    SunPosition(121.1343, 22.7648, 2013, 3, 18, 12, 38, 8, height, dir);
    //高度與方位角與時間的關係
    printf("高度角: %f, 方位角: %f", height/Pi*180, dir/Pi*180);
    return 0;
}
    
```

第一次組裝:
方式錯誤(無法調仰角)

第二次組裝:
底面和調仰角的平台都可轉動
缺點:塑膠,脆弱

第一次機體改良與修正:
用金屬樂高來改裝(堅固)
缺點:機器運轉不順,齒輪容易脫牙

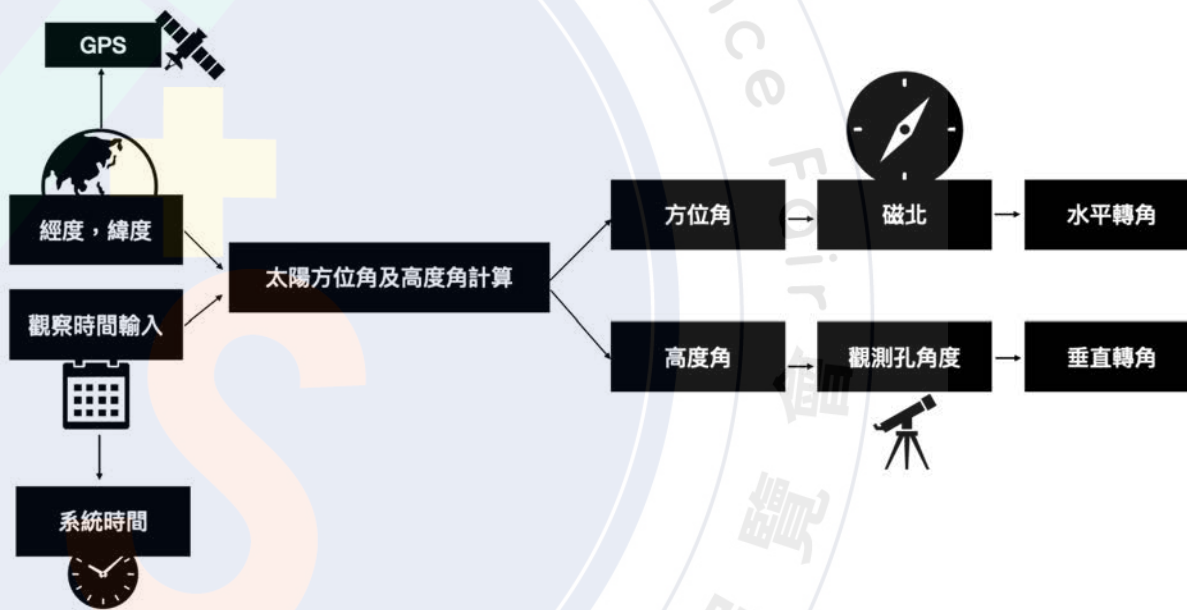
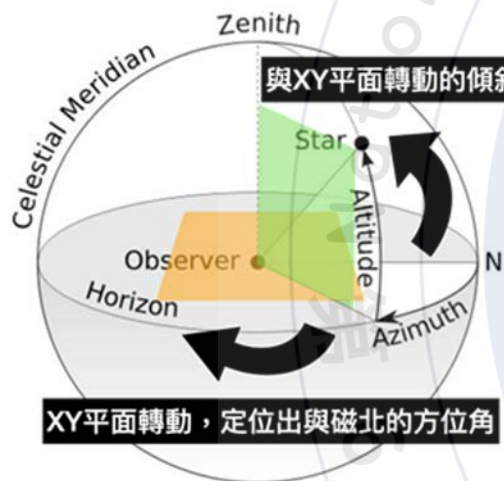
第二次機體改良與修正:
改用自己設計的齒輪,用3D印表機列印出來,運轉順暢。齒輪比(180:30)

(一版):LEGO SPIKE CLASSROOM
手動輸入經緯度及時間
對數學算式的輸入非常不友善,改用C

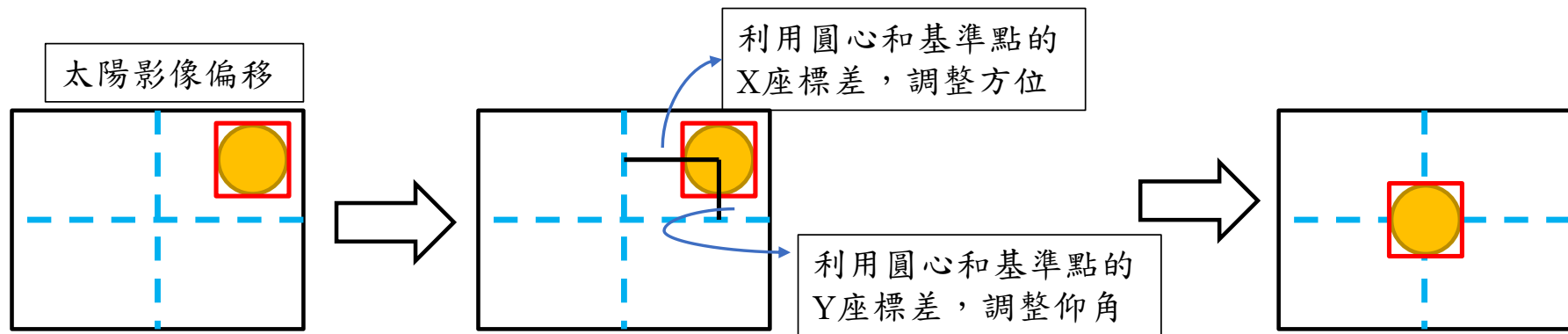
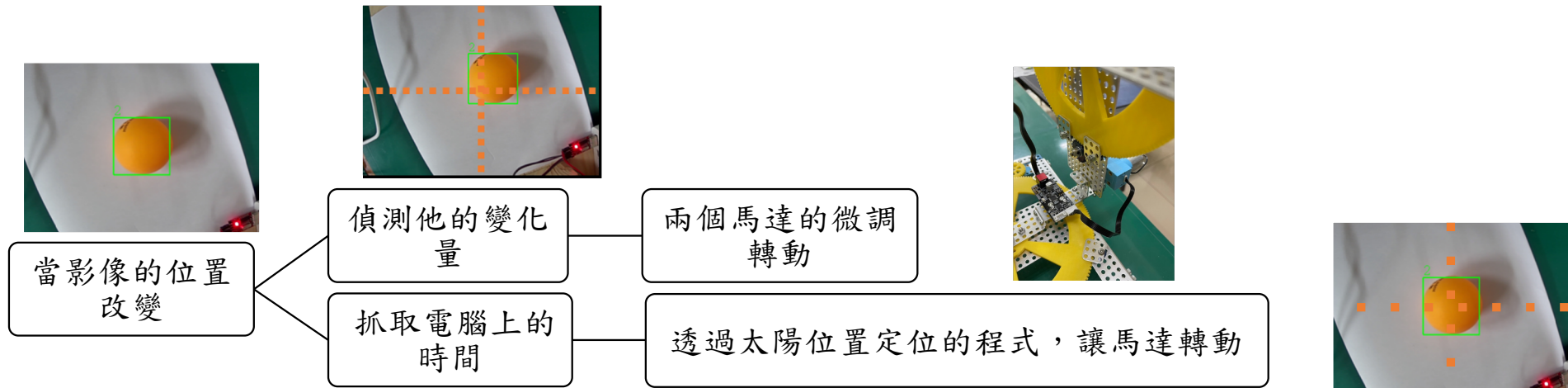
(二版):Arduino的C
時間,自動抓取系統的時間
方位,電子羅盤感應器

(三版):Python
方便用於整合

太陽位置定位

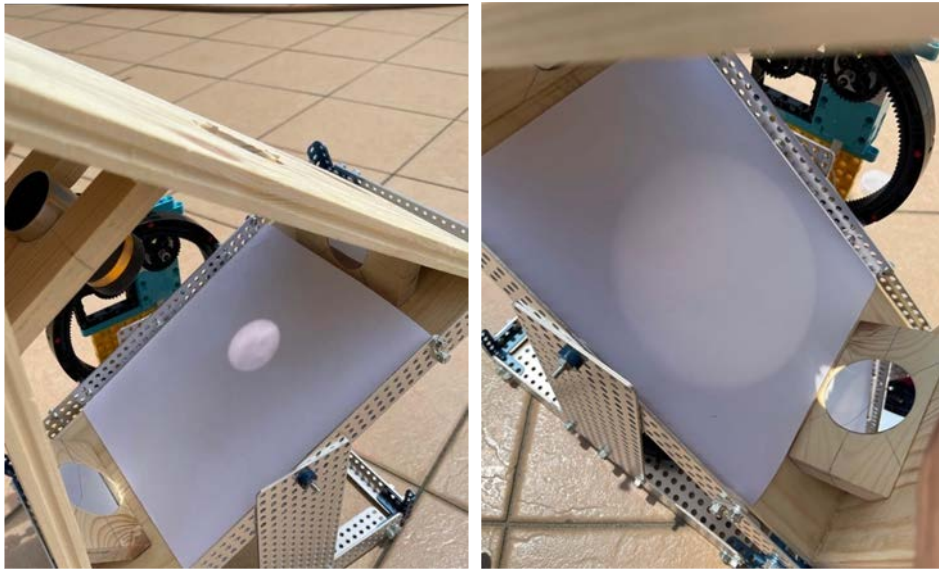


太陽黑子觀測儀的追蹤系統製作

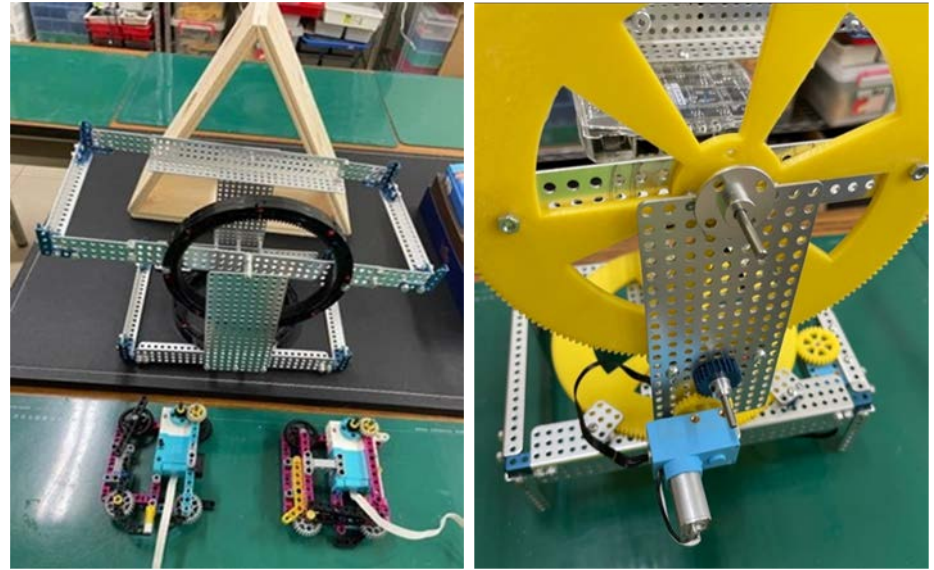


五、研究結果

太陽黑子觀測儀



將原本焦距10mm的目鏡改為焦距4mm的目鏡

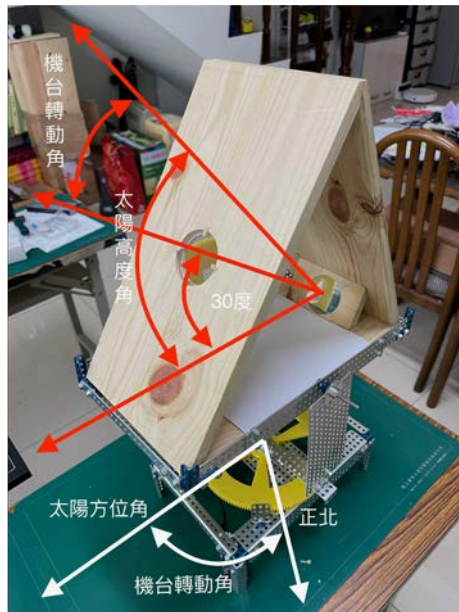


改良XY平面轉動，但因為疫情關係，全國賽之前，無法配合修改其他已完成的功能與測試，僅作機體改良。

太陽位置定位

我們無從判斷結果是否正確，因此我們利用網路上的太陽位置在線計算器來比對資料的正確性。我們寫的第一支程式和網路上現有的太陽位置線上計算器比較：

- 1.以3/10當標準，每次測量間隔一小時所計算出來的數據，算出兩者高度角和方位角的誤差值都在2度內。
- 2.以每日中午12:00當標準，從3/8到3/12連續五日所計算出來的數據，高度角的誤差值在1度內。



得到的太陽方位角，我們利用電子羅盤感應器找到磁北之後，再做正負角度的調整（正：逆時針轉，負：順時針轉）。高度角則以太陽黑子觀測儀與水平夾角 30° ，做正負角度的調整。

六、討論

一、實作結果討論:

1結合地球科學、生活科技、資訊科技

2本研究本來想利用太陽黑子做長時間的觀察，但因為NASA表示黑子進入第 25 週期，所以我們製作的觀測儀，在目前觀測資料搜集上，會比較困難，所以我們才會思考有紀錄的功能，可以在等待黑子出現的時間上，讓科技為我們做紀錄。

3包含鏡片的規格，馬達及控制板，整合程式都是經過多次改良

二、未來展望

1. 整合GPS，讓使用者省去輸入經度及緯度的麻煩。

2. 對太陽黑子進行更長時間的觀察，並對其路徑、數量等各種變化進行分析

