

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

團隊合作獎

082801

額溫槍自動小助手-探討與研究

學校名稱：彰化縣鹿港鎮文開國民小學

作者：	指導老師：
小五 黃怡嵐	劉慶隆
小五 黃芷渝	張淑貞
小五 秋妤臻	
小五 尤妤恩	
小五 丁聖達	

關鍵詞：非接觸自動測量、醫療級額溫槍、BrainGo

摘要

醫療級紅外線額溫槍有較準確、可回廠專業校正兩個特點。使用現成的器材及一部份回收材料，也可以減少電子垃圾產生。主機利用自製零件配合簡單機械和感測器，以伺服機代替人的手指按下開機鍵和測量鍵，測量完會自動展示量出來的溫度，進而達到非接觸測量的目的。這樣除了減少門口防疫站老師較近距離接觸陌生訪客的感染風險，班級教室更可以減少每日群聚測量的風險。在重做歷程中，也一併學會了更多的 3D 列印技巧並設計實驗，收集數據，來探討和改進研究過程中發現的問題。

壹、研究動機

covid-19 頻頻肆虐，學校除了訪客一定要測量額溫之外，每班每一位同學，每天都要測量額溫並且做自主體溫記錄。我們想出了額溫槍小幫手並動手實作出來，不止讓智能車跳脫了「車」的角色，也參加了創意實作比賽，作品就擺在老師教室門口每日使用。把心裏的想法真的做成實體，而且真正派上用場，我們都很開心，但是，很多地方我們只是在老師的指導下製作完成，並不很明白原理。為了滿足「十萬個為什麼」，我們要在老師的最小幫助下，再次從零開始重製，一步一步，一件一件的來剖析「為什麼」，並設計實驗，進行分組討論和組間互學。希望在實作的基礎下，也能夠發掘出它的科學本質。

貳、研究目的

- 一、測量速度要能確實而且快速，探討動力是否足夠使用。
- 二、小助手要用模組化設計，只要換零件就能適用不同額溫槍或固定底座。
- 三、紅外線感測器受環境光線的影響與遮光罩的關係。
- 四、給訪客使用的自動升降機制，額溫槍能正確移動到可測量範圍。
- 五、陌生人遇到測量額溫的機器時能引導至可測量距離。

參、研究問題

一、控制馬達轉動，上部承載額溫槍的底座是否能順利轉動和停止？

發現問題：(一)、3D 列印件設成橫印或轉成直印是否有差別？

(二)、在教室使用時，有的班級在早上或下午時，馬達有時會停在錯誤的地方甚至轉好多圈；放在戶外的防疫站，偶而也有一樣的錯誤，這是什麼原因？

二、因應不同身高而製作的上下移動機構，要移動多少距離範圍，才能停在正確可以測到額溫的位置？

發現問題：(一)、自行設計的滾輪寬度調整 3D 列印件是否耐用？

(二)、如何找到頭頂位置？

三、學校的訪客在面對陌生的儀器時，是否都能正確的站在額溫槍感應範圍內？

四、如何引導陌生訪客能站在額溫槍可測得範圍內？

發現問題：使用自選元件來指引使用者向前站，是否會指錯距離，讓使用者一頭霧水？

肆、研究設備與器材

一、控制核心：BrainGo 主機板、超音波測距和紅外線感測器模組、TT 減速馬達組、車輪(當做卡筭插座)、SG90 伺服機。

二、額溫測量裝置：有衛生福利部「醫療器材許可證字號」的紅外線額溫槍。

三、機械結構：自行繪製 3D 列印件，分成可依不同使用狀況替換的三部份。

(一)上部可動部份承載額溫槍和代替手指的伺服機，更換不同廠牌額溫槍只要換這部份。(二)中間不會改變的結構，固定主機板、轉動馬達和各種感測器。(三)下部底座夾具，用螺絲和中間結構鎖定，更換這部份就可以適用不同的固定底座(三腳架、回收的寶特瓶或其它)。

四、固定底座：回收場再利用的壞三腳架、回收的大型寶特瓶、3D 列印件。

五、昇降機構：金屬材質滑軌、滾輪組、42 馬達、3D 列印件、雷射測距模組。

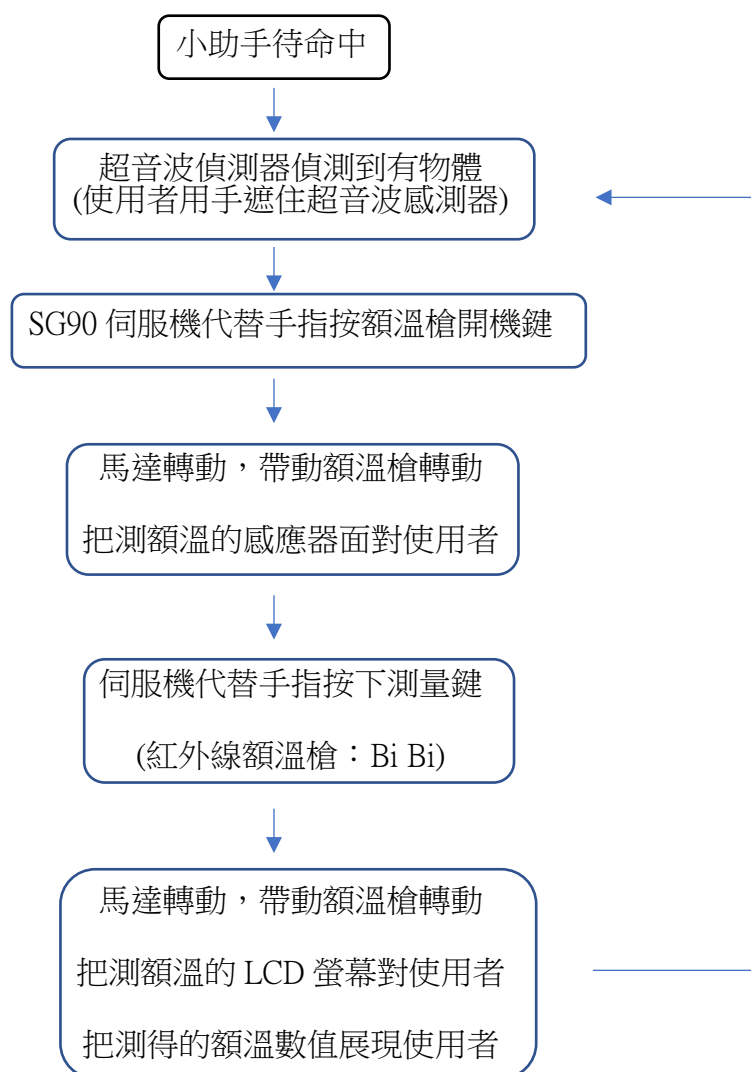
六、研究工具：皮尺、直尺、鋁條、記錄用的手機和腳架、3D 印表機。

七、使用軟體：Fusion 360、Cura、mBlock、Lux (app)。

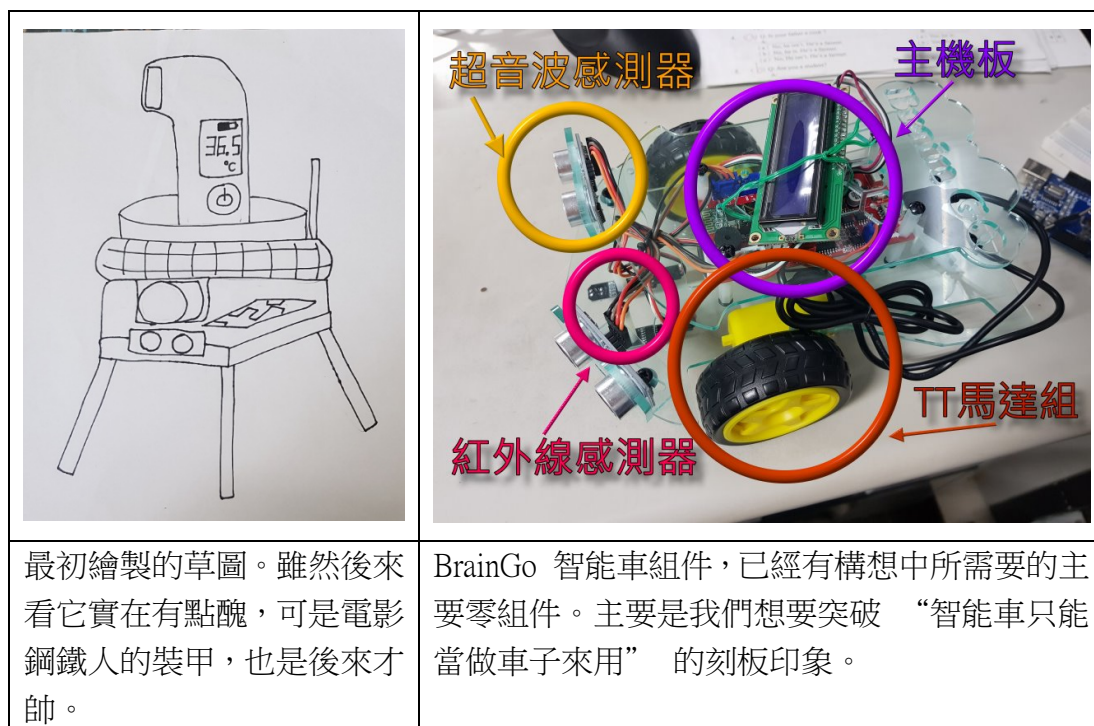
伍、研究過程或方法

[研究一] 最開始的設計草圖和學習製作：(改進自上個作品)

老師說雖然有測量額溫的模組可以使用，但是它未經校正，很難確認它的數值是否正確。畢竟量出來的溫度誤差個攝氏一或二度，就是完全不同的判斷結果。所以我們設計了初版的構想圖。我們構想中的小助手，可以在上面放置額溫槍，然後有個伺服機可以代替手指按下開機和測量，最後量完後還要轉過身，把測得的數字展現給測量的人看，一切過程零接觸。





馬達無法知道轉動的角度，所以我們利用黑色的車輪，上面貼上反射用的白色電氣膠帶，這樣就能讓指揮馬達停在正確的轉動位置。電子和機械的部份，我們選用現成的 BrainGo 智能車套件，因為它已經有我們想要的感測器模組和可轉動的馬達。我們在實作比賽已經做過思考過，再重做一次的問題比較少。



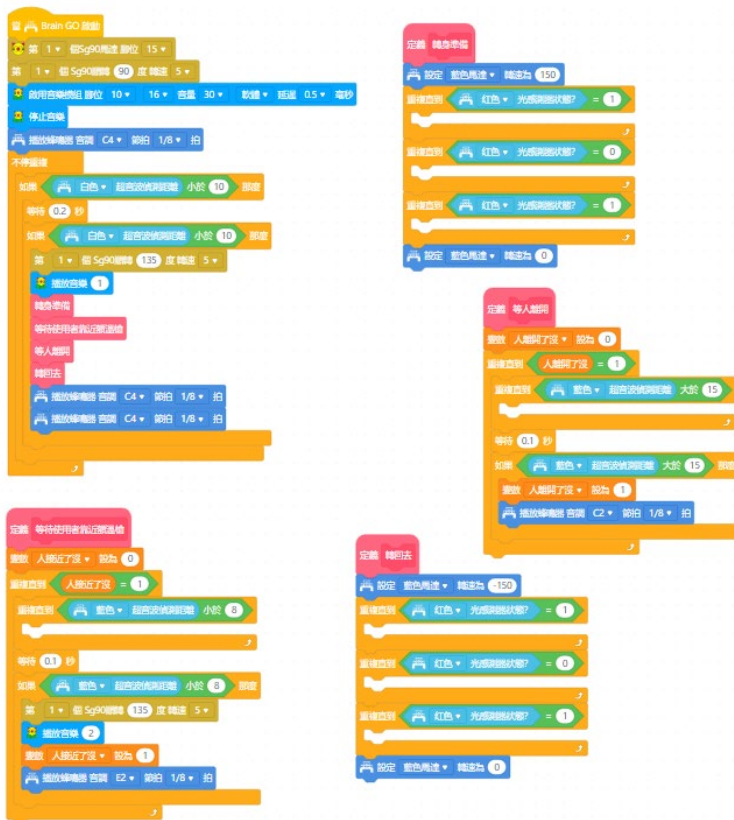
俗話說「萬事起頭難」，就是我們完全從零開始學習製作過程的最適切注解。

原本以為做過了，再做一次應該不難。事實上照著做比較容易，但要全部自己用 3D 繪圖軟體畫出我們想要的零件，並將它用 3D 印表機印出來又是另一回事。基本 2D 圖形外，還是每每在不同的草圖平面切換裏迷失。在測量不同零件尺寸的過程中，我們使用方便的數位游標尺。就算是這樣，明明尺寸都對了，可是它偏偏就是卡不緊或裝不進去。老師說：「因為環境溫度、濕度和材料本身的特性，它會有略為不同的收縮率。」我們就需要一再微調增加尺寸。然後，我們也見識到了什麼叫「炒米粉」，有時設定好列印後，隔天來學校一看，失敗了。經過一段時間的學習，我們知道要注意列印前的 3D 物件角度調整，讓它懸空的支架不要太薄，不然有可能支架倒了就會列印失敗。雖然很挫折，不過，我們還是覺得我們自己重新研究改進出來的作品，一定比之前照著老師指導做的強。所以，它不再只是 “小幫手”，應該要改名叫 “額溫槍自動小助手”，更加的有智慧、聰明、有用。

	
<p>要試列很多小零件，挖洞、裁剪或其它修改合適後，再調整 3D 圖，再印。這個零件支撐倒了，幸好勉強成功。</p>	<p>印較大零件要好幾個小時，若沒注意支撐就有可能失敗。本盤為「炒南瓜米粉」</p>

[研究二] 程式和電機設計：(改進自上個作品)

我們使用 mBlock 來設計控制 BrainGo 的程式。我們採取二人一小組，分成二組。先組內研究，並於各小組分別完成後再進行組間討論，最終得到可正確運行的程式方塊。



The code is organized into four main sections:

- Top Left:** Initial setup with motor speeds (e.g., 15, 10, 30) and a loop that checks a sensor value. If it's less than 10, it sets a light to 1 and runs a motor at 135 speed.
- Top Right:** A '定時 轉動傳感' (Timed Turn Sensor) block that sets a light to 1 and runs a motor at 150 speed.
- Bottom Left:** A '定時 等待的传感器启动' (Timed Wait Sensor Start) block that checks for a sensor value and runs a motor at 135 speed.
- Bottom Right:** A '定時 轉動' (Timed Turn) block that sets a light to 1 and runs a motor at 150 speed.

在創意實作比賽裏使用的程式，只是單純的“啟動-按開機-轉身-等固定時間-按測量-等固定時間-轉回去把量得的數字展現出來”。在重製的過程中，我們發現這樣對使用者來說，上一個作品**不管有沒有量到或人離開了沒，固定時間到就轉動，其實不太好用。**

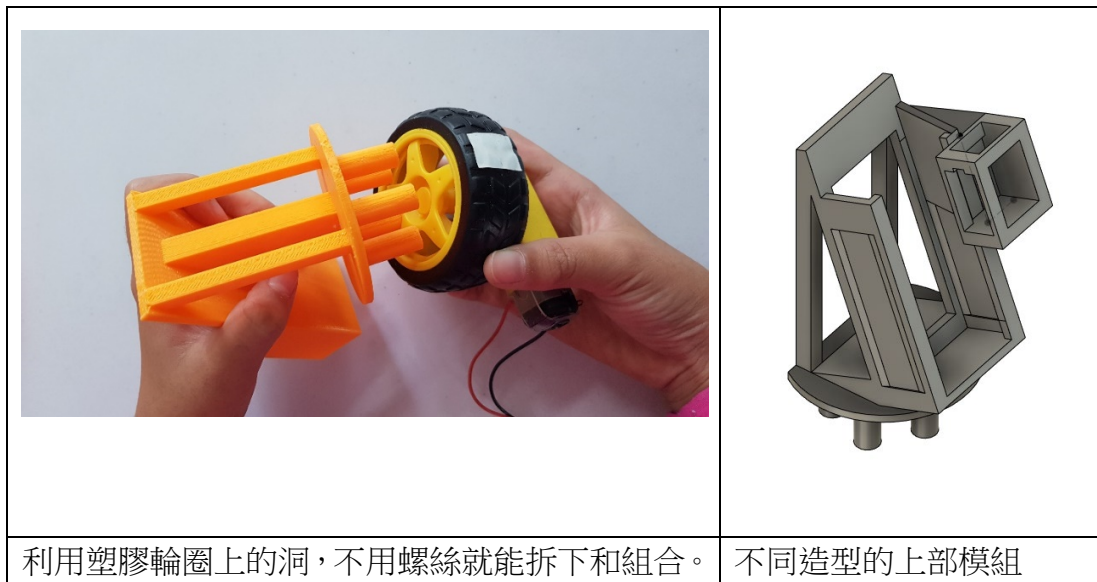
於是我們邊做實驗邊修改，也因為分組討論和每階段都找同學試用，所以最後的小助手成品，我們新增和修改了一些和“人”有關的功能：

- *增加 mp3 硬體模組，提供語音說明，讓使用者知道該靠近額溫槍測量，或測量測量完畢可後退了。
- *第二個超音波感測器，修改程式讓額溫槍轉身後，會等使用者靠近到可測量距離，測完後也會等使用者離開才會再轉身把螢幕秀出來。
- *使用的醫療級額溫槍雖然準確，但是它直立放置時，液晶螢幕幾乎看不清楚，我們微調上部放置額溫槍的角度，讓使用者容易看清螢幕。

[實驗] 動力的探討

控制馬達轉動，上部承載額溫槍的底座是否能順利轉動和停止？

原先我們想要新設計 3D 列印件，不用車輪讓它直接組合到 TT 減速馬達上，可是因為 PLA 材料彈性不夠，太硬太脆，在多次拆裝測試和運行後，**接合點容易碎裂**。所以沿用 3D 列印柱狀卡筭和車輪組合。因為上一個作品偶而轉一轉會掉出來，所以我們**改進 3D 設計圖，把柱狀卡筭排成的圓形改成略大一點點**，這樣雖然變難裝，要壓一下才能裝進去，但是能夠卡得較緊。

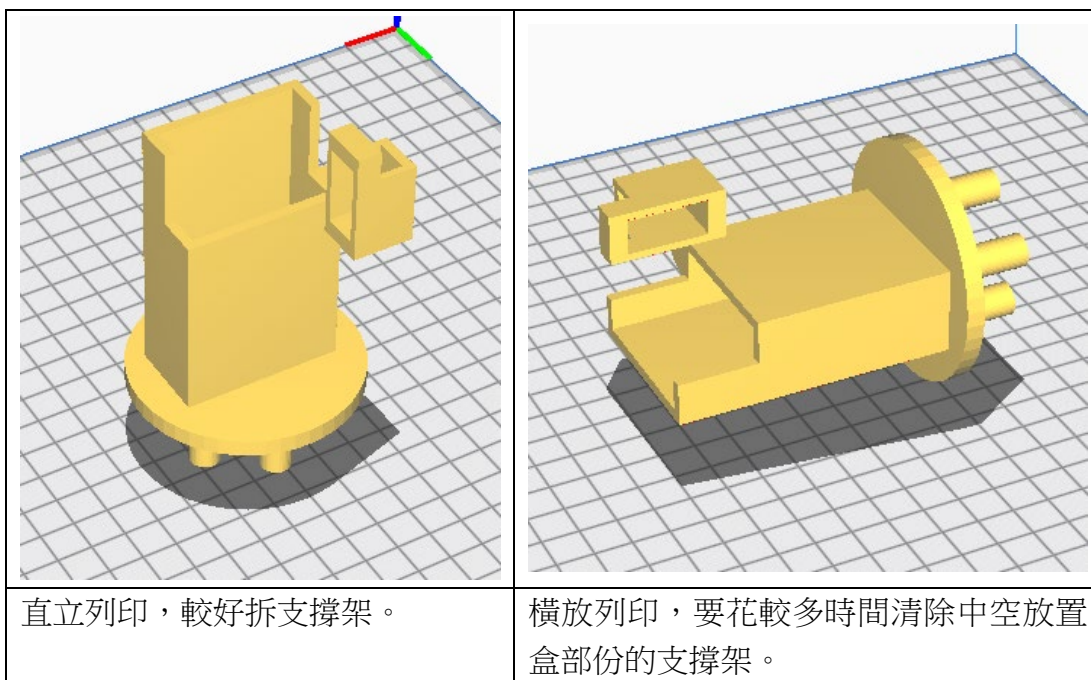


[發現問題(一)] 受力零件的耐用度：

3D 列印件設成橫印或轉成直印是否有差別？

在裝卡筭時，因為它設計成略比輪圈大 0.3mm，雖然這樣方便卡緊，但是偶而會發生略壓卡筭要組裝時，卡筭直接就斷了。老師提示我們，試看看把原本

直立列印的模型，改成橫擺列印，果然這樣卡筭就不會斷。可是真的是因為放不同方向印才有這樣的差異嗎？



三年級自然課學過**奇妙的磁鐵**單元，可以用吸引迴紋針數量來測量和比較磁力大小。利用身邊現有的材料 42 馬達來比較二者(直印與橫印)受力的差異。我們在柱狀卡筭上掛塑膠袋放進馬達，掛好靜置 1 分鐘後觀察有無變形或斷裂。



	1 個馬達	2 個馬達	3 個馬達	4 個馬達	5 個馬達	6 個馬達
直印	穩定 無斷裂	略有變形 但無斷裂	斷裂			
橫印	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	略有變形 但無斷裂

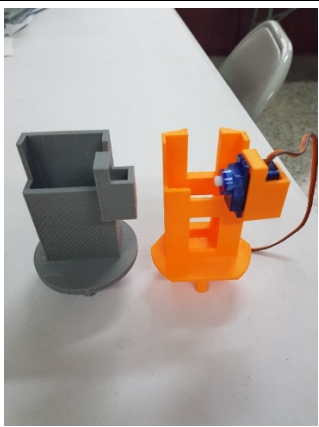

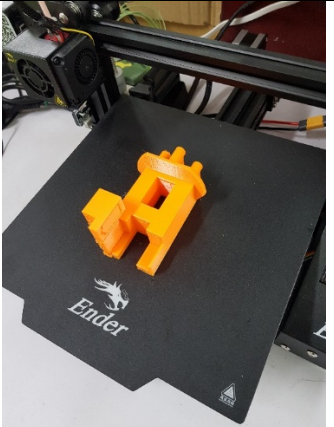
*卡筭直立列印和橫擺列印與掛 42 馬達的數量關係

解決問題：接下來的列印件，我們都會仔細思考需要受力的地方，是否要轉換方向列印，才能更加的耐用。

進行到此，重製的作品終於把上部機械結構和電機元件組裝就緒，電子感測器元件也整合完畢，確認接線都沒接後錯後，已經可以做出小助手原型機了。原型機用來測試和修改程式積木，先從最基本的程式開始，確認程式燒錄完成後，額溫槍自動小助手是否能正確和正常運作。



重做的試作助手原型機，先用 BrainGo 的車體當固定架，其它部位先用膠帶或螺絲暫時固定住，用來測試和修改程式。

		
<p>修改設計圖。額溫槍重量輕，適當的增加鏤空，一方面好看有造型，一方面減輕整體重量。</p>	<p>拆除支撐需要許多工具，太多的支撐又麻煩拆除，又浪費材料。</p>	<p>採用橫放列印。挖洞後，中間少了很多支撐材料，節省材料費用之餘，也方便挖除中間支撐。</p>

[發現問題(二)] 馬達的誤動作：

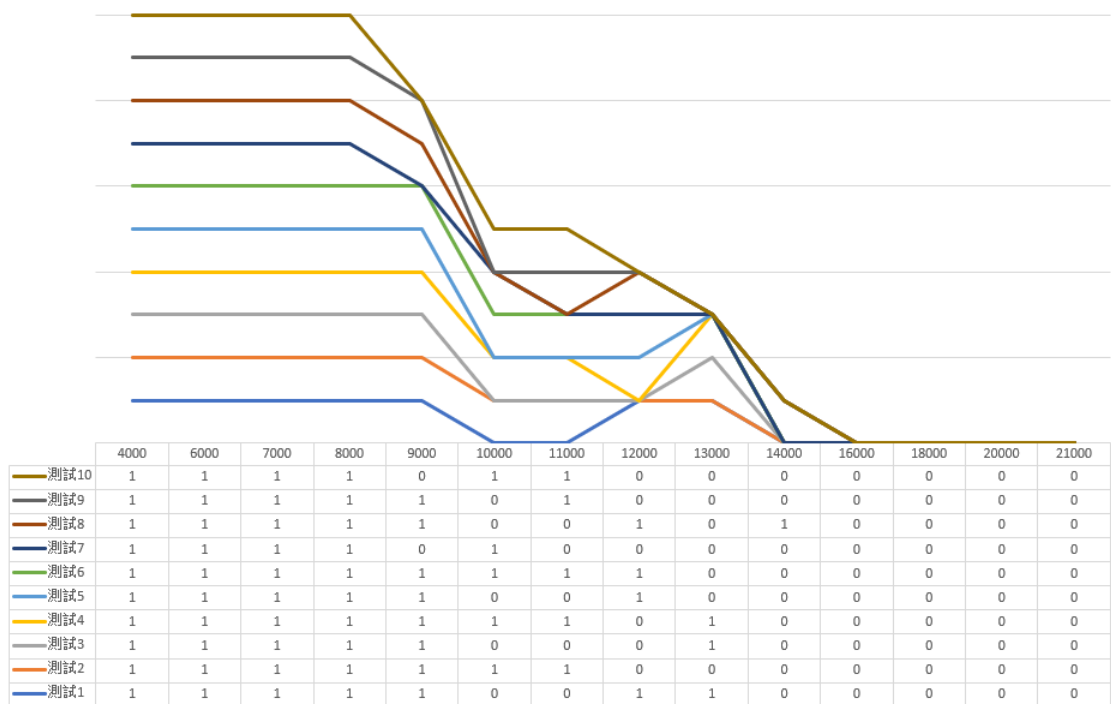
在教室使用時，有的班級在早上或下午時，馬達有時會停在錯誤的地方甚至轉好多圈；放在戶外的防疫站，偶而也有一樣的錯誤，這是什麼原因？

雖然實驗用的機器能正常使用，但是在測試的時候，就算放在相同的地方不動，它有時也會有錯誤的動作。原來我們重製時，根本忘了遮光罩。發現了問題，我們就想要探討看看遮光罩的作用。

因為使用紅外線感測器和輪胎上的白色膠帶反射點定位，所以我們覺得可能是環境的亮度影響。所以我們拿一支手機，安裝了 Lux 這個程式。因為這不是校準過的專業器材，我們只拿來當做比較量。使用相同的手機，在同一個地方測試三次，並使用四年級數學課概數單元學過的四捨五入法，把它一直變動的數字去除。參考實際的情形，我們取到千位，並用堆疊折線圖整理表格：

	4000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	16000	18000	20000	21000
測試 1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
測試 2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
測試 3	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
測試 4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
測試 5	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
測試 6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
測試 7	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
測試 8	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
測試 9	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
測試 10	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

*1=正確停在設定的位置， 0=會亂轉或停在不對的角度



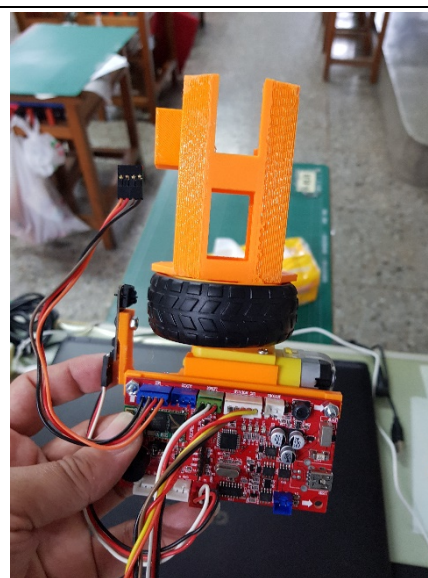
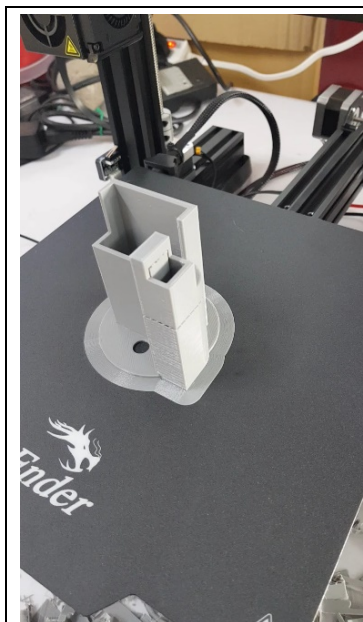
實驗結果發現，只要環境光線超過一定值(8000)，紅外線感應器就會開始受到干擾，所以只要把感應器遮好，不讓環境的光線干擾它，就能正常運作。

解決問題：我們製作足夠厚度的遮光罩，並用黑色電氣膠布將它包起來，套在紅外線感測器上，在大太陽下或是用強光手電筒照射，實際測試小助手皆能正常運作。

<p>使用的照度 app，測得的數值只供對照比較環境亮度用。</p>	<p>舊(左)新(右)紅外線發射器用的遮光罩比較。重製改進的遮光罩，除了不再搖晃之外，一樣纏了幾圈黑色電氣膠布，讓它真正達到遮光的作用。</p>

我們一開始就決定把機械結構改進為模組化，分成三部份：**上部額溫槍**

座，便於更換不同額溫槍；中間主機部份結合了主要感測器、mp3 模組和主機板；下部底座夾具，要裝在不同底座時更換這部份即可。我們原本在附近的中型回收場，以極低價購入一個別人丟棄的三腳架，並且為它設計了一個夾具。這次我們也新設計了保特瓶用的夾持具，只要把保特瓶裝砂子，也是個很穩固的底座。就這樣，額溫槍自動小助手初號機完成。



討論並修改上部結構，看還能不能再改良。並研究如何減少支撐加快列印速度

主機板和感測器結合在中間結構



放在班級使用，電源由一顆 18650 充電電池提供。充飽電，可以在班上運作好幾天

自發互動組內共學。熟悉組裝的同學，協助沒有工具經驗的組員完成組裝，以達到自主學習的目標。

用手遮一下超音波感測器，小助手就會自動啟動量額溫。

雖然初號機已經再次完成，我們仍然持續主動尋找和討論小助手進化的可

能。將額溫槍自動小助手佈置在不同的使用環境(教室的門口或不同角落，校門口的防疫站等等)，用實測來發現可以改善或改進的地方。



額溫槍自動小助手初號機，持續的在教室課堂中擺放在不同位置實測。

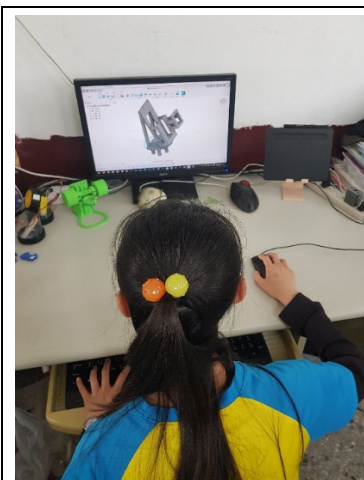


試著改變結構或感測器後，分組討論程式方塊或流程要如何跟著改變。

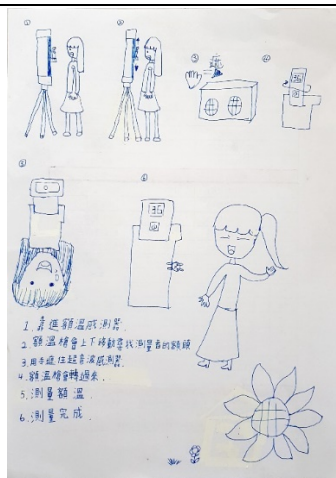
[研究三] 化被動為主動：(概念設計圖承續上個作品)

額溫槍小助手，能不能上下移動來適應使用者的身高？

在每個學年教室，其實同學的身高不多極大的差異，所以高度固定的額溫槍，只要同學略低頭或略墊腳，都能進入可測得範圍。但是放在校門口的防疫站，來訪的客人可能有大人，可能有小孩。我們想研究讓小助手能夠上下移動，這樣會更加的實用。在上一個作品，我們就一直有這個想法，這次我們先請教老師可行性，剩下的就我們自己動手研究怎麼新增這個功能。



修改上部結構，讓額溫槍螢幕更容易辨視。



根據實測得到的回饋，設計新的測量流程草稿，讓小助手更加實用。(舊的想法草圖)

<p>新的小助手升降機制想法。</p>	<p>共同討論可能需要什麼材料，進行較詳細的草圖繪製。(舊的想法草圖)</p>

在創意實作比賽時，我們想的是整個機械結構全部做新的。可是等到全部自己動手後，才發現這樣做一點也不實際。一方面工作量太大，再方面它就不是小助手，是另一台機器。幾經討論下，我們決定**做一個新的底座，讓它和升降滑軌結合**，就像卡通裏的機器人一樣，只要換不同的底座就可以放在三腳架上、放在寶特瓶上或放在滑軌上。我們這時也明白，老師常掛在口中的“**模組化設計**”有多麼的實用。不止是因為方便更換不同底座，連製作過程中，有組員打翻了小助手，我們也只要更換摔壞的那部份，不用浪費時間整台小助手重印一次，這都是模組化帶來的好處。

[實驗一] 尋找額頭位置：(小助手上下移動)

因應不同身高而製作的上下移動機構，要移動多少距離，才能停在正確可以測到額溫的區域？

我們拿兩把直尺排成 L 型，用雙面膠和透明膠帶固定後，自製簡單的測量工具，以校園裏的老師和同學們為對象，在校園裏尋找不同年級的同学，和路上偶遇的師長或訪客，使用自製簡單測量工具，測量從髮根開始，大約向下移動多少距離是額頭的下方位置，這區域到能量得到額溫。只要底座或者小助手上的感測器測得頭頂後，將額溫槍的測量口停在這範圍內，都能量得額溫數字。



自製的測量工具

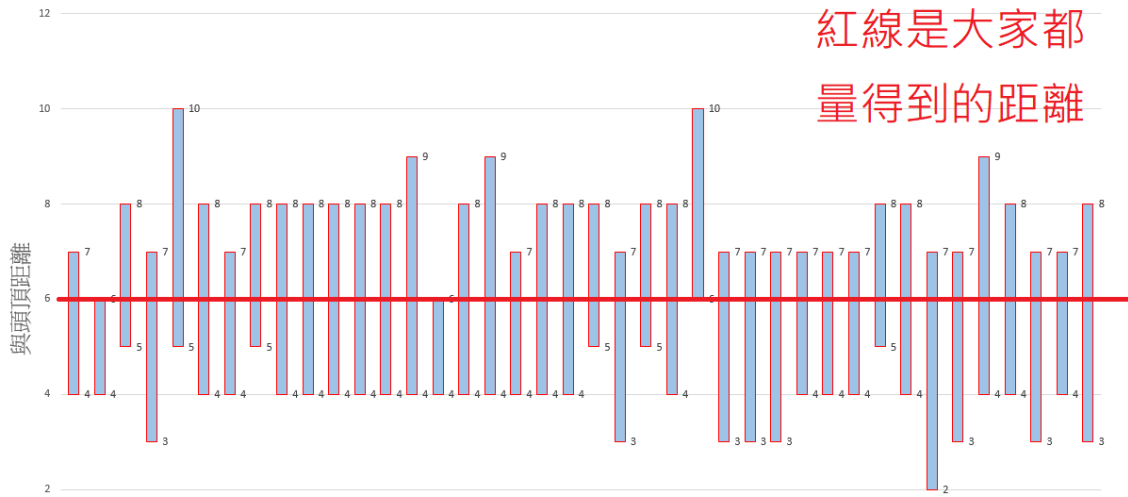


隨機尋找同學或師長測量

身高(cm)	153	147	118	160	146	150	135	157	155	151	140	145	143	134	130	134	148	155	137	122
年齡(歲)	11	12	8	12	11	11	10	11	12	12	11	11	10	10	11	12	11	11	9	9
大約可測得位置(上限)	5	4	4	3	4	4	4	4	6	5	4	4	4	5	3	4	4	3	4	4
大約可測得位置(下限)	8	7	7	7	9	8	7	7	10	8	8	8	8	10	7	8	8	7	8	6
大約可測得範圍(cm)	3	3	3	4	5	4	3	3	4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	2
身高(cm)	144	152	143	154	139	136	139	128	155	159	166	172	155	162	166	160	157	157	156	156
年齡(歲)	11	13	11	12	11	11	9	9	42	39	48	50	45	45	45	38	62	43	43	43
大約可測得位置(上限)	4	3	4	4	4	5	4	5	3	2	3	3	3	4	4	4	5	4	4	4
大約可測得位置(下限)	6	7	9	8	8	8	8	8	7	7	7	8	7	8	7	9	8	8	7	7
大約可測得範圍(cm)	2	4	5	4	4	3	4	3	4	5	4	5	4	4	3	5	3	4	3	3

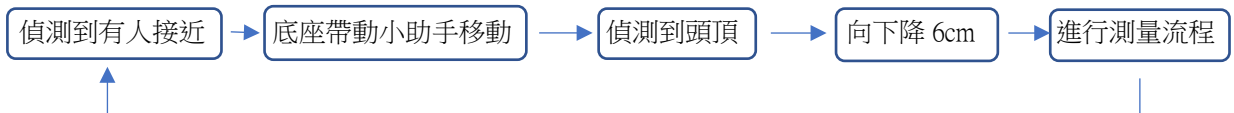
*從頭頂開始，向下移動。第一個可測得額溫的距離(上限)和最後能測得額溫的距離(下限)

可測量到額溫範圍



身高	118	122	128	130	134	134	135	136	137	139	139	140	143	143	144	145	146	147	148	150	151	152	153	154	155	155	155	155	156	156	157	157	157	159	160	160	162	166	166	
大約可測得位置(上限)	4	4	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3	5	4	6	3	3	3	4	4	4	5	4	2	3	4	4	3	4	3
大約可測得位置(下限)	7	6	8	7	10	8	7	8	8	8	8	8	8	9	6	8	9	7	8	8	8	7	8	8	10	7	7	7	7	7	7	8	8	7	7	9	8	7	7	8

實驗後發現，身高和可測得範圍並沒有很大的關聯性，小助手只要從頭頂向下移動 6cm，就能操作額溫槍正確測得額溫。因為一開始的模組化設計，我們不用對初號機做太大的變動，只要重新設計一個下部結構，可以鎖在滑軌的金屬背板的底座就可以。所以計畫中的二號機的上下移動底座的流程如下：

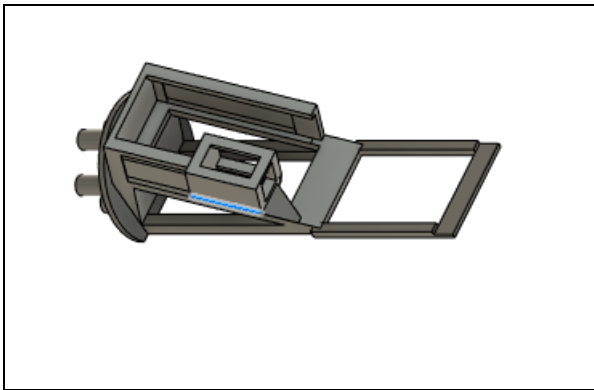


[發現問題(一)] 頂上千秋：

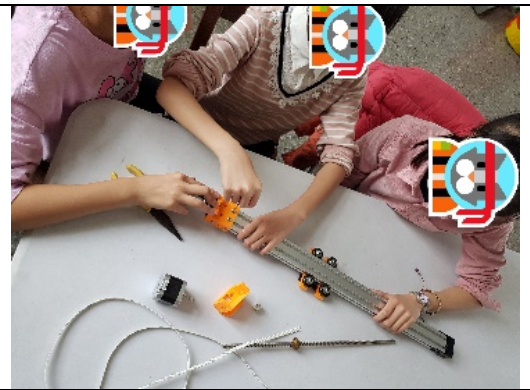
如何找到頭頂位置？

在從下向上移動時使用測距元件，若是發現偵測到的距離忽然變大了，就表示已經到達頭頂位置。原本想要調查綁髮髻對測距的影響。在討論如何設計實驗方法和器材時，我們發現就算綁頭髮，也沒有人會綁成「獨角獸」的樣子。所以基本上這問題可以排除。還有，若是學校有活動，常有小朋友會配戴不能簡單拆下的節慶裝飾，這個也屬於特例，需要防疫站的師長介入處理。

解決問題：我們多放一部初代機在防疫站，遇到了額頭上方有裝飾品，或是瀏海太密的訪客，再請他們使用桌上的初代小助手即可解決。



改善不同額溫槍可視角度後試印

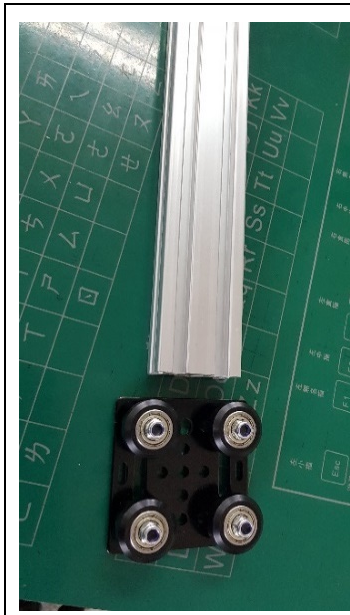


在組裝滑軌時討論需要修改的地方

[發現問題(二)] 方圓之差：

自行設計的滾輪寬度調整 3D 列印件是否耐用？

市面上買到的滾輪金屬件，都沒辦法很完美的卡住買來的鋁軌道。所以我們就設計了調整用的 3D 列印件讓它能符合軌道的尺寸。但是我們又遇到耐用的問題。調整用的列印件在使用過程中頻繁的斷裂，調整列印方向也沒有用。無意中在重繪設計圖後，它變得十分耐用。



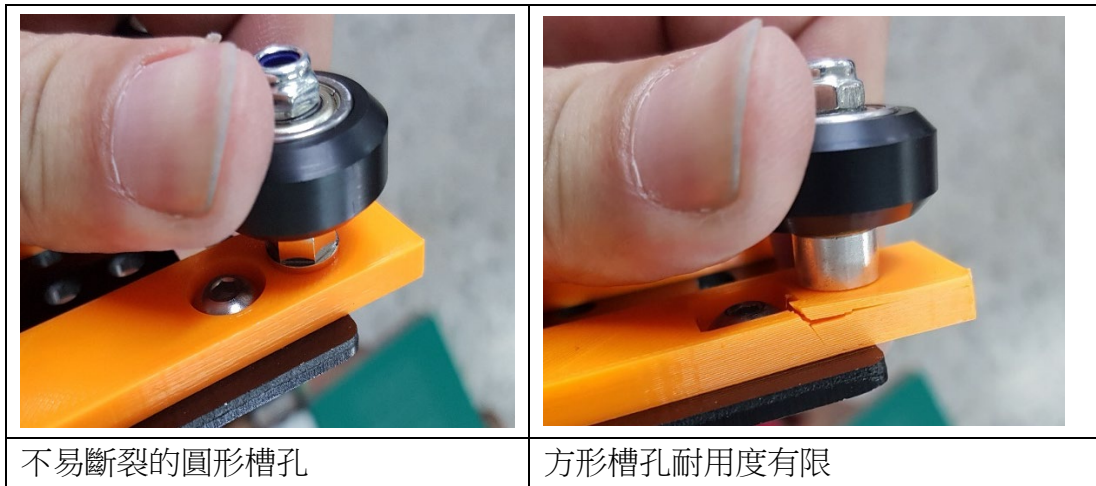
自行設計的寬度調整支架，結合黑色金屬背板，讓它既能有更高的強度，又能正常卡入滑軌，使用 42 馬達和皮帶，可以帶動整個小助手機身上下移動。

我們發現，一開始製作的螺帽和螺絲槽，都是畫成矩形，後來重繪 3D 圖後，無意中改成圓形，它就變得耐用。於是我們列印了圓孔方孔各 10 個調整支架，並請不同年級，不同力氣的 10 位同學幫忙測試，只要下課時就用手握住螺絲孔附近的位置，再試著用手板彎它，每個人板 100 下。

我們收回支架後整理了表格：

	三年級 A 同學	三年級 B 同學	四年級 A 同學	四年級 B 同學	四年級 C 同學
圓孔	無斷裂	無斷裂	無斷裂	無斷裂	無斷裂
方孔	無斷裂	無斷裂	無斷裂	*斷裂	*斷裂
	五年級 A 同學	五年級 B 同學	五年級 C 同學	六年級 A 同學	六年級 B 同學
圓孔	無斷裂	無斷裂	無斷裂	*斷裂	無斷裂
方孔	*斷裂	*斷裂	*斷裂	*完全斷裂	*斷裂

圓形孔: 10 個有 1 個斷裂 (10% 損壞) 方形孔: 10 個有 7 個斷裂 (70% 損壞)



解決問題：遇到需要受力的孔槽時，一律畫成圓形，以免應力集中造成零件容易損毀。

[實驗二] 最遠的距離 (指引使用者前後移動到額溫槍能量得到的距離)




學校的訪客在面對陌生的儀器時，是否都能正確的站在額溫槍感應範圍內？

在原先的小幫手，老師要我們做指示牌。老師說：「最遠的距離，是你在我的面前，我卻量不到你。」我們試著把小助手擺在大門口的防疫站，果然，陌生的訪客看到不知道什麼作用的小助手機器，常常會覺得遲疑而站在測量不到的距離外。可是一個牌子真的能起作用嗎？我們設計了實驗來研究看看它的作用，先請防疫站老師協助記錄一周，陌生訪客人數如下表：

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	小計
站在可量測距離外 (人數)	8	6	4	6	12	36
直接站到可測量離 (人數)	0	0	0	0	1	1
小計 (可測量率%)	8 (0%)	6 (0%)	4 (0%)	6 (0%)	13 (7.6%)	37 (2.7%)

我們設計了地面站立指示板和指示標語，再次請防疫站老師協助記錄一周陌生訪客人數如下表：

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	小計
站在可量測距離外 (人數)	1	2	4	0	3	10
直接站到可測量離 (人數)	9	8	8	3	9	37
小計 (可測量率%)	10 (90%)	10 (80%)	12 (66.7%)	3 (100%)	12 (75%)	47 (78.7%)

		
地面站立指示板和標語	在校門口防疫站裝設	實測陌生訪客反應

有了指示標語和地面站立指示板，已經大大增加了直接能測量到的比率了。創意實作比賽時，我們只來得及把 mp3 模組和第二個超音波感測器硬體放上去，但是程式沒完成，只是擺個樣子。我們這次重製也一樣放上去，並在老師協助和解說下，由我們把修改程式，完成了我們預想中，會說話的額溫槍小助手。而且我們只要用手機錄不同人的聲音，把檔案放到記憶卡，就會有不同人的指示語音，不定時換一下，用起來也覺得更有新鮮感。

[發現問題] 正確的指引：

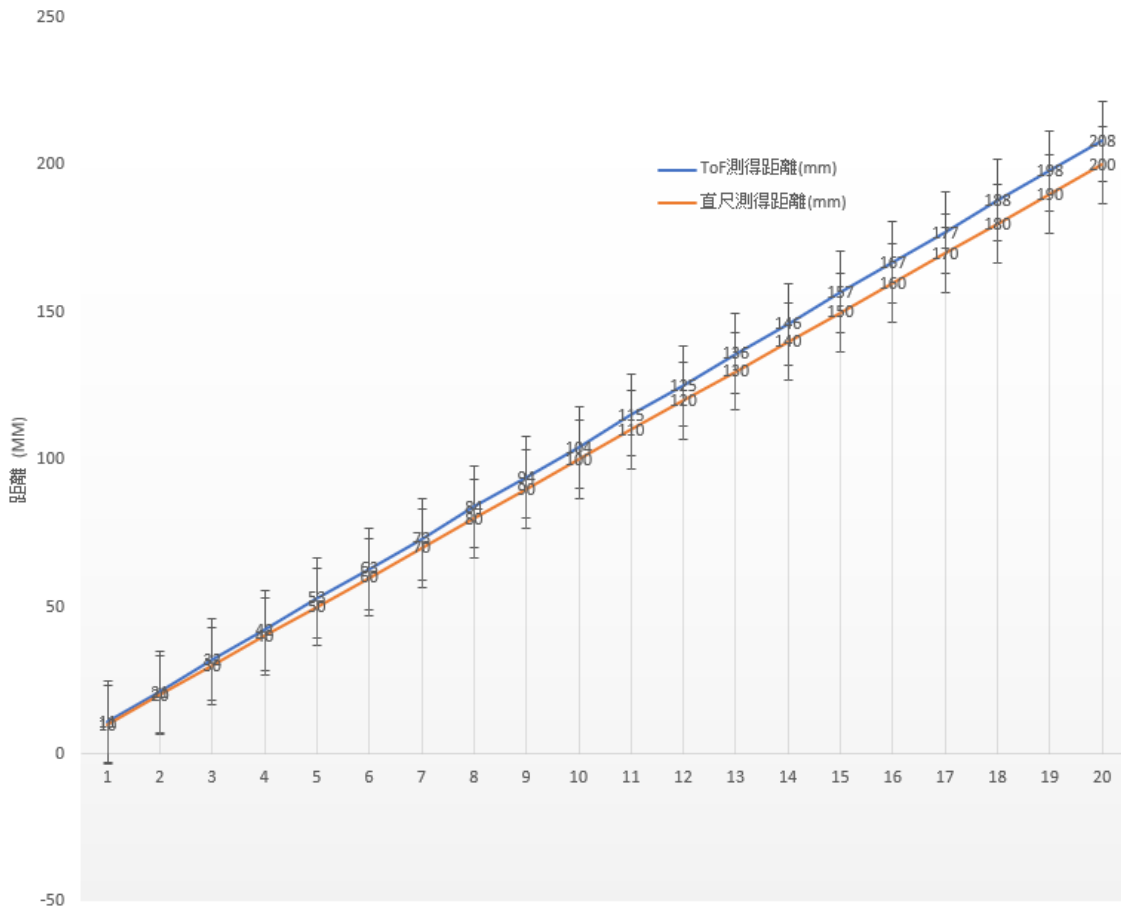
使用自選元件來指引使用者向前站，是否會指錯距離，讓使用者一頭霧水？

除了指示牌，我們也想要增加第三個超音波感測器來偵測距離，只要使用者站在小助手前，就會依偵測到的距離，讓使用者可以站近一點。在我們測試的過程，不平整的衣物常會讓超音波感測器認錯距離。老師說可以試用雷射雷達看看，它不需要太大的反射面。設計好實驗後，發現 mBlock 沒有它的程式積木，我們沒辦法寫程式。於是我們尋求老師協助，幫我們買來零件和寫程式來測試它的準確度。

我們將雷射測距元件以遮光罩保護，設定成高精度模式。使用 30cm 鐵尺，上面放置瓦楞紙片當反射面，對照測量 20 次，雷射測距元件取得數字四捨五入到 mm，得到表格如下：**(有色範圍代表額溫槍可測得範圍)**

元件測得距離(mm)	11	21	32	42	53	63	73	84	94	104
直尺測得距離(mm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
誤差(mm)	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4
(%)	10%	5%	7%	5%	6%	5%	4%	5%	4%	4%
元件測得距離(mm)	115	125	136	146	157	167	177	188	198	208
直尺測得距離(mm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
誤差(mm)	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8
(%)	5%	4%	5%	4%	5%	4%	4%	4%	4%	4%

測距元件和實際距離比較圖



解決問題：因為使用的額溫槍有約 30mm(3cm) 的測量距離範圍，使用這個測距元件取得的距離將使用者引導站立到正確位置，它的誤差在可接受範圍之內。

這個實驗，也間接的解決了我們的另一個問題。放在額溫槍下方，用來偵測使用者是否接近的超音波感測器，時常會不正常。經過這個實驗，我們發現在量額溫時，第二個超音波感測器常會對到約兩眼之間的位置，它會測錯距離，以為使用者還沒接近，或已經離開。於是我們調整感測器的角度，希望它能略向上對到使用者的額頭。因為我們不會計算，又不想什麼都找老師，於是使用土炮法多修改角度和實測，最後取得穩定的超音波感測器角度。



儘量輕量化的第二超音波支架，印一個只要十幾分鐘，可以做很多不同角度的支架來測試。

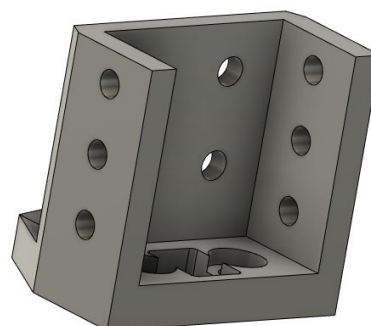


啟動用的超音波感測器，幫它做一個明顯的指示牌，讓陌生使用者一看就知道怎麼啟動小助手進行測量。

可移動滑軌的設計，也一步一步的邊做邊請教老師硬體和軟體要注意的地方。目前滑輪支架、42 馬達固定座和上面的滑輪都已經定位和組合完成，也單獨測試過動作完全正常。可是因為開發時間不足，到說明書完成時，只做到這邊。不同顏色的 PLA 列印材料是因為我們印太多，已經把一卷用完，換下一卷了。



完成的金屬滑軌，配上動力十足的 42 馬達和有齒的輸送帶，單獨用程式測試控制，可以順利的上下移動不會空轉。



製作很厚的洞洞裝(螺絲孔)給 42 馬達架連接金屬滑軌用，太薄的洞洞裝都已經斷掉了。

陸、討論

- 一、在將一個現有的設備自動化時，常要設計一些專用的機械結構和零件。學會測量工具的使用和機具的操作也很重要。
- 二、組員分組後，先經過組內討論後，再組間共學，這樣比一開始全部組員一起討論更能激發出新點子。自主學習和共學，在討論時除了各種天馬行空的有趣點子，有用的想法和個人沒想過的看法也一直會出現，也更能激勵士氣。
- 三、人的手有很多關節也非常靈活，看起來很容易的貼近目標，然後按下額溫槍的動作，要用簡單機械來完成，動作執行需要考量很多地方。
- 四、對於一般使用者來說，量額溫都習慣站定後，由測量人員操作儀器貼近量測。反過來要額溫槍固定位置，再由被測者靠近使用，需要設計更多的機械動作和操作指引，才能讓使用者明白怎麼使用。
- 五、每個關鍵零件或自製機械結構，都需要考慮誤差或耐用性。模組化也很重要，可以把各個模組分開來偵錯，才不會變因太多，造成無法確定不正常動作的原因，以致整個實驗失敗。
- 六、小助手設計過程中，有些組件可以利用資源回收材料(破棄的三腳架，大型保特瓶等等)，可以大幅減少繪製設計圖和列印時間。更何況，這些當做底座的零組件體積都不小，更是大量節省 3D 列印線材。
- 七、設定計畫時，需要腳踏實地、按步就班，若是一開始理想太遠大，通常就代表它絕對完成不了。
- 八、計畫趕不上變化，實測才是最好的驗證。我們在製作過程，常常會把半完成品交給同學們幫忙測試使用，果然因此發現了許多意料之外的問題。
- 九、超音波感測器，有些情況下測得的距離數字不太穩定。我們試用雷射雷達 (LiDAR) 元件，測出來的數字穩定很多。因此在特定的時候，可以用這個元件來偵測距離。

柒、結論

小助手大量使用自製 3D 列印件，輕量化的機體**成本低廉**。實際測試**成品非常的省電**，一顆電池能用上好幾天。**模組化的設計，組裝容易也減輕了維護的需求**。自動化的設計，除了**實現全程非接觸測量**，也**減少了手動測量浪費的零碎人力時間**。我們把做好的作品**真正部署到教室和防疫站**，供學校有興趣的個班級使用。自動小助手有全新的使用者指引，不需要一有陌生訪客來，門口防疫站的老師就要介紹一次用法；新的升降底座，雖然**金屬滑軌和 42 馬達硬體結合部份已經完成也測試正常移動**，可是在程式設計和上下移動的判斷機能，還需要更多的時間學習和設計實驗；我們已經想到一些可能的問題，但沒有程式的機械組件沒有辦法實測驗證，目前自動小助手的升降底座還只是停留在半完成階段，不過我們仍然會一直持續製作和改進它。

捌、參考資料及其他

- 一、*額溫槍小幫手* 參賽說明書。
- 二、數學(四下)單元 2 *概數*，南一出版社，2020。
- 三、自然與生活科技(三上)單元 2 *奇妙的磁鐵*，翰林出版社，2020。
- 四、模組化產品設計 Introducing Creo Options Modeler，嘉航科技網站。
- 五、應力集中，維基百科。
- 六、*VL53L0X Distance Sensor 用戶手冊(簡體)*，微雲電子，2018。
- 七、FORA 測量距離很重要，福爾 FORA Taiwan 網站，2020。
- 八、雷射雷達，維基百科。

【評語】 082801

1. 本件科展作品探討「體溫量測」，這是近兩年的熱門話題，相當貼近日常生活，具有很高的實用價值。
2. 研究過程中，雖曾有失敗，但不氣餒，最終成功。整個團隊同心協力，奮戰毅力可嘉，具備團隊合作之精神。
3. 自動小助手的升降底座尚未全部完成。若能完成，可增加其實用性。

作品簡報

中華民國第61屆中小學科學展覽會

科 別：生活與應用科學科(一)(機電與資訊)
組 別：國小組
作品名稱：額溫槍自動小助手-探討與研究

前言：研究問題

- 先前研究(創意實作比賽)：

- 1. 以實現想法，在老師指導下動手做，將創意變成實體作品，智能車不是只能當車來用。
- 2. 希望可以減少測量額溫時浪費的零碎時間和人力。
- 3. 使用醫療級額溫槍，減少使用者對於準確度的疑慮。
- 4. 只要設計新的額溫槍座，就能適用不同廠牌的額溫槍。

- 新增研究(本次項目)：

- 1. 在實作的經驗下，想要重製並一步一步探討作品每個部份設計的「為什麼」。
- 2. 減少老師指導為主的製作程序，改成以小組討論為主，只在必要時尋求老師的協助。
- 3. 設計實驗，並以實際數據來驗證「為什麼」。
- 4. 依實驗結果，配合新得到的想法，來微調或改善作品。

小助手主要部件

超音波感測器二
(偵測使用者)

車輪帶動額溫槍
(測量/額溫面)

白色電氣膠帶
(提供反射點)

遮光罩
(用黑膠帶加強)

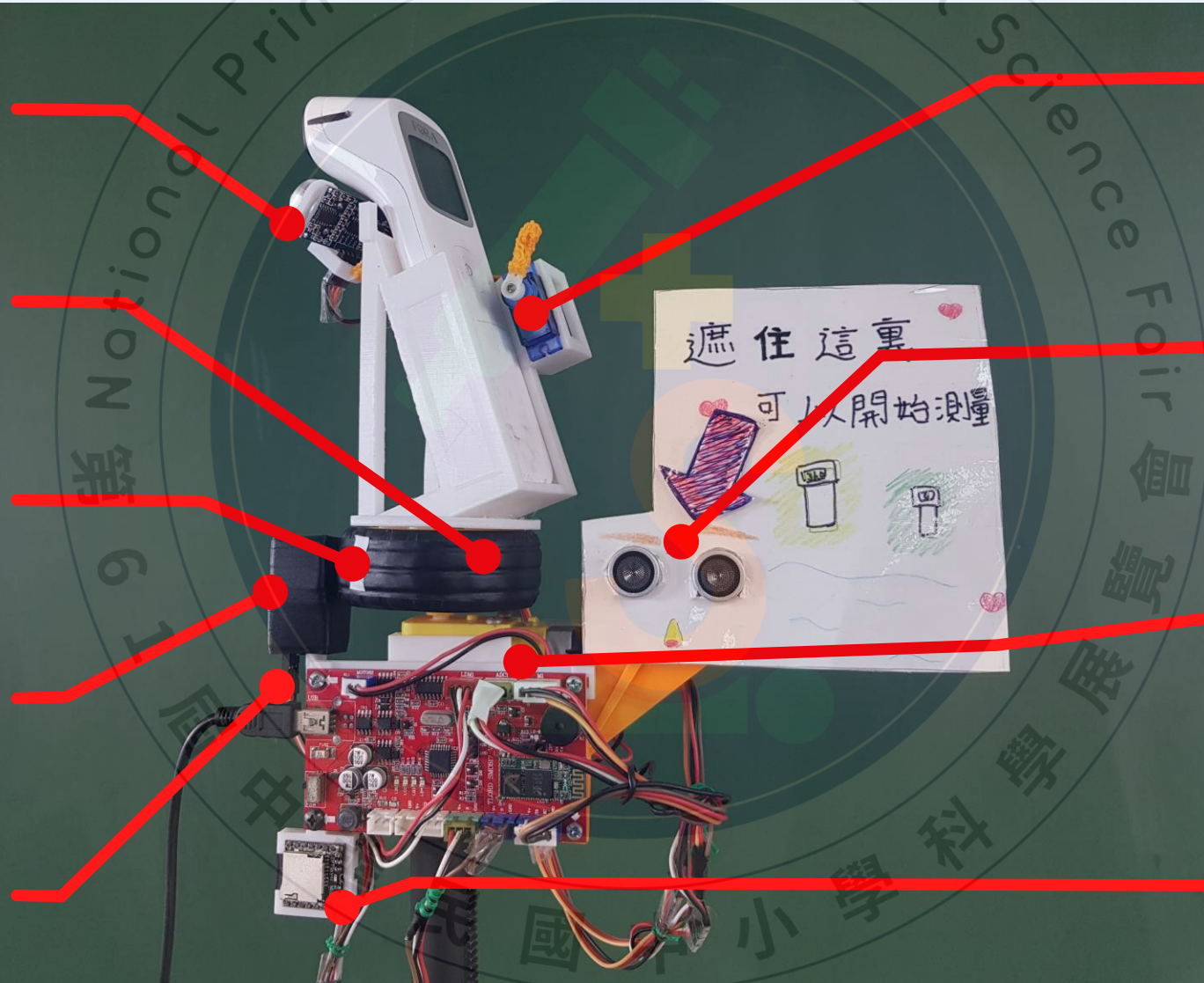
紅外線感測器
(指揮馬達停止)

SG90 伺服機
(代替手指按開關)

超音波感測器一
(非接觸啟動開關)

TT減速馬達
(帶動車輪旋轉)

MP3 語音模組
(需外接小喇叭)



mBlock程式控制不同功能的模組

程式的開發，用原有的程式再加上新增零件的部份就好。

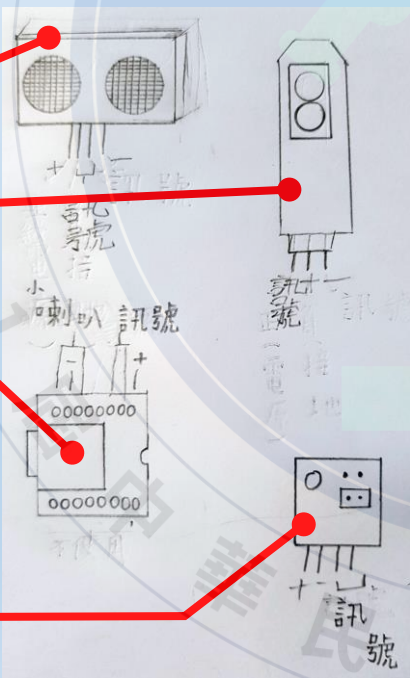
使用非 BrainGo 內建模組：

1. 確定 mBlock 延伸集裏有它的程式積木。
2. 找出零件的正負極和訊號腳位。
3. 在程式中定義模組接到 BrainGo 的哪些訊號腳。
4. 開始寫程式。

BrainGo 內建的模組不用先定義就能寫程式

像蜈蚣的 MP3 模組要先確定接哪幾隻腳

雷射雷達模組 (延伸集沒有積木)



適當使用自定積木，能減少程式複雜度，也方便找錯誤。

3D圖型橫放和直立列印的強度差別

3D列印時為什麼老師要我們圖檔改成橫放後再切片印出？

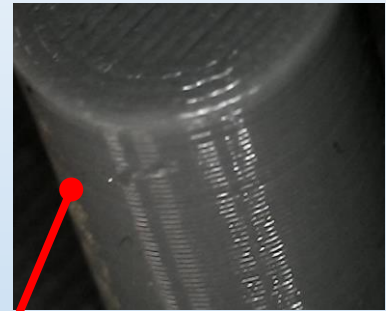
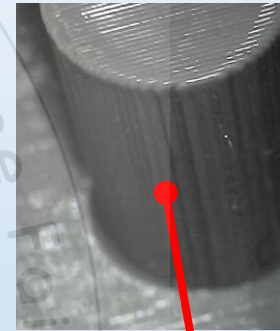


觀察單一支卡筍
掛重物後的結果

懸掛不同數量重物
(42馬達)

*3D圖 **直立** 放置切片：
懸空的部份少、不用拆一堆支架、較快印好。

* 3D圖 **橫向** 放置切片：
很多懸空的部份、支架多又難拆、花更多時間印完。



像一堆硬幣疊起來的柱子，側面用力容易推倒。

像一把筷子，較難扭斷或折彎

看了放大的照片後，我們也明白，不是單純直或橫放都能解決每個零件的強度問題，而是我們設計的這個零件剛好這樣。以後我們都會思考直放或橫放會不會讓零件更加耐用。

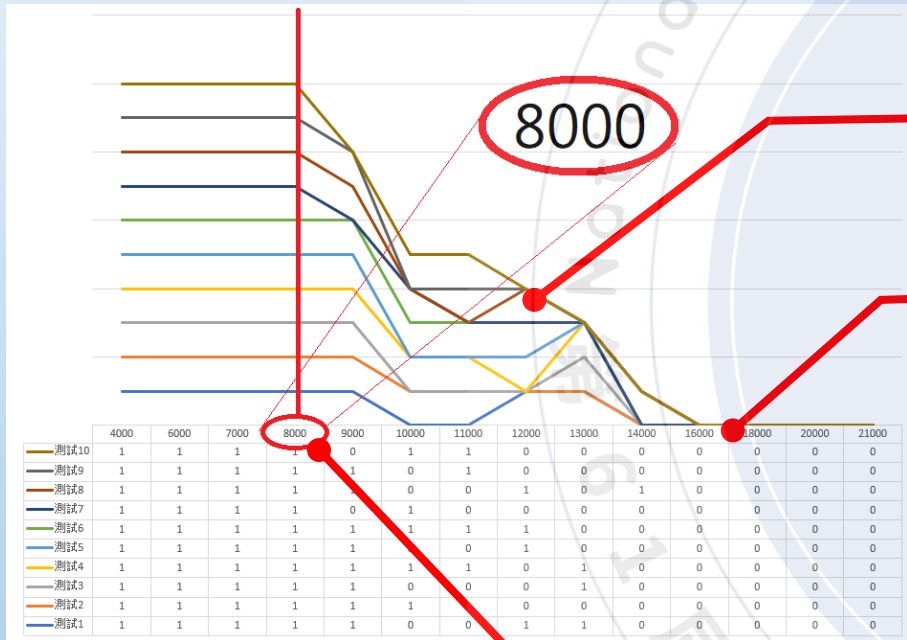
	1 個馬達	2 個馬達	3 個馬達	4 個馬達	5 個馬達	6 個馬達
直印	穩定 無斷裂	略有變形 但無斷裂	斷裂			
橫印	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	穩定 無斷裂	略有變形 但無斷裂

*卡筍直立列印和橫擺列印與掛 42 馬達的數量關係

結論：列印前要先思考切片時的模型放置方向。

幫紅外線感測器戴上安全帽

小助手在室外或陽光直射時會轉動不正常。原本的作品就有蓋子蓋住紅外線感測器，但是它時好時壞沒辦法完全改善，我們設計實驗來看看是不是真的環境光線有影響。



堆疊折線圖表示
轉動正確累計

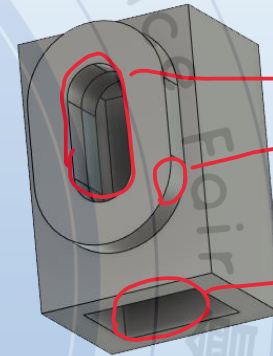
0=失誤。不正常停止
1=正常。正確停止

亮度數字8000
後開始有錯誤動作

*我們拿手機裝測光程式。因為手機不是專業校正過的機器，所以我們只拿來比較數字大小用。

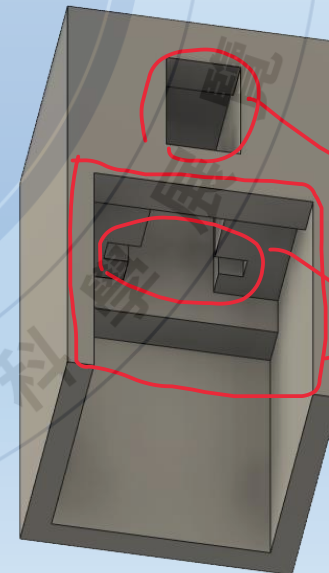
結論：環境亮度會影響紅外線感測器。

前作遮光罩



1. 孔太大容易漏光。
2. 凸起物會讓纏上去的電氣膠帶有縫
3. 裝上去容易晃動。

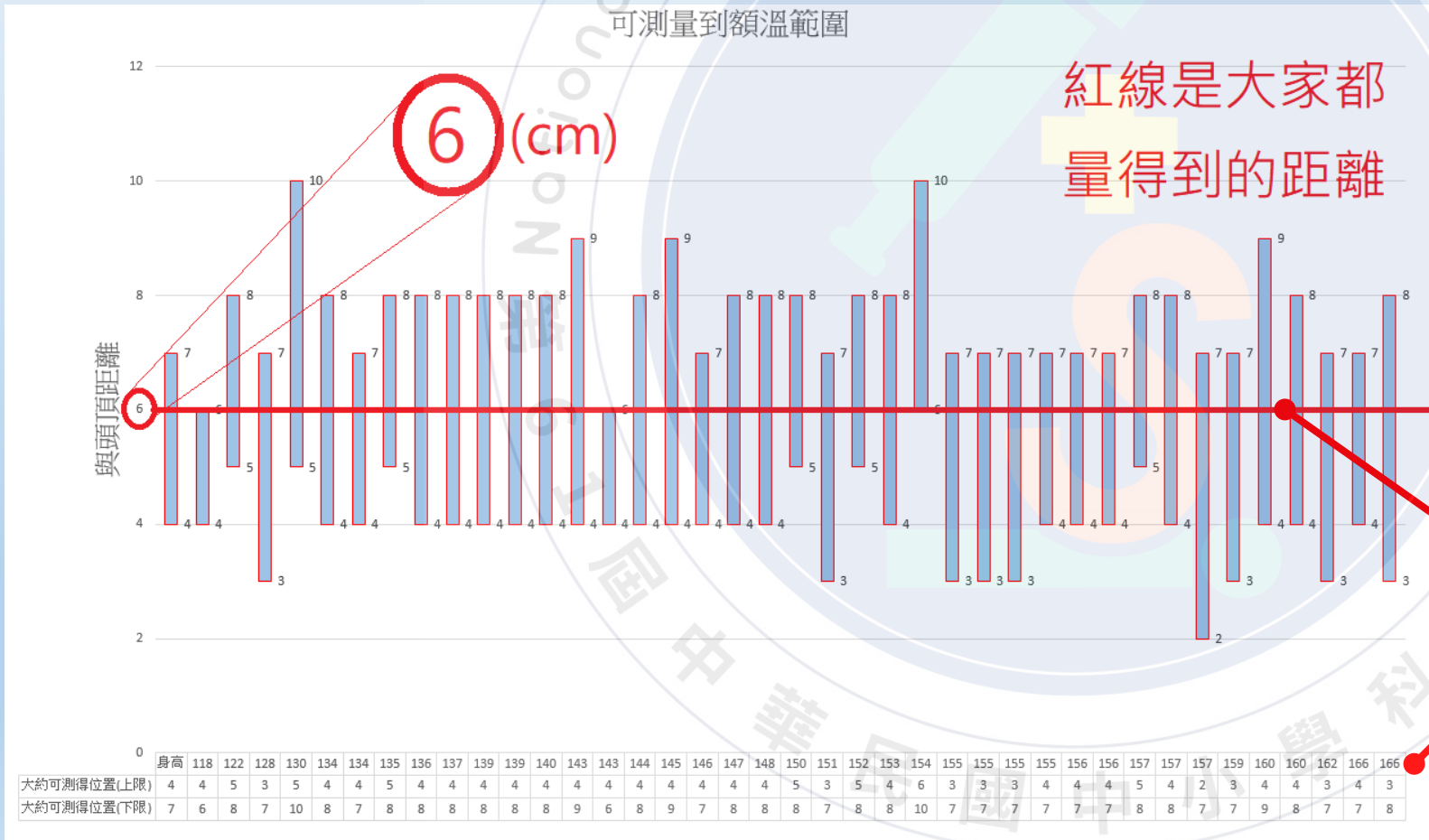
本次改良的遮光罩



1. 大小適中的孔。
2. 平面設計。
3. 夾住感測器的卡筍。
4. 方便調整尺寸的洞，再用黑膠帶蓋住。

升降機制：尋找可測得位置

利用可以偵測距離的元件，先找出頭頂位置，再看看額溫槍應該停在離頭頂多長的距離。



用兩支直尺和膠帶做成 L 型測量工具。

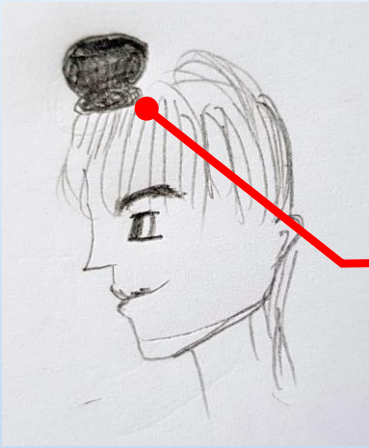
從頭頂向下 6cm 幾乎都能量到額溫

整理數據發現身高和可測得範圍無關

結論:頭頂向下 6cm 就能量到額溫。

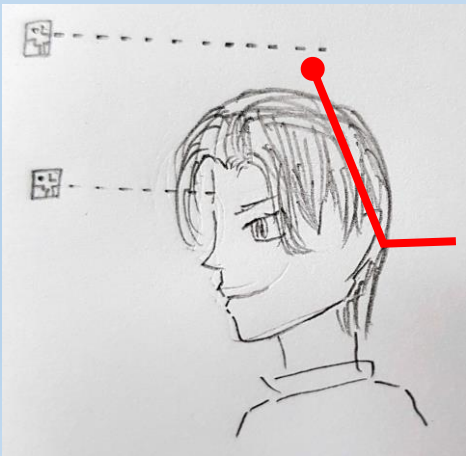
升降機制：頭頂呢？

頭頂向下6cm就能量到額溫，那頭頂在哪裏？



原本想設計實驗，但是...

正常狀況下
沒有人會綁獨角獸髮型



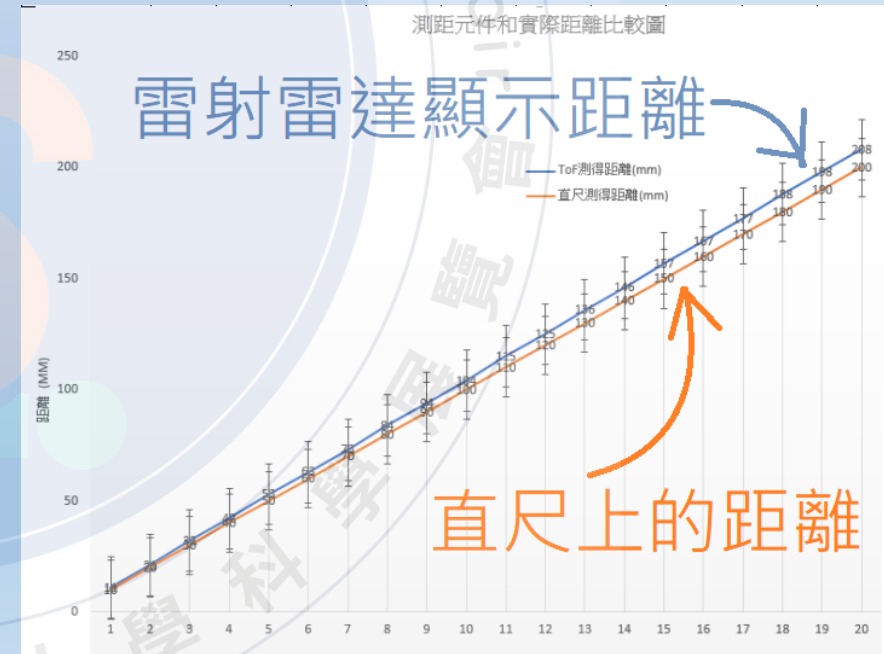
測量距離元件沒有收到反射訊號時，會顯示最大值

距離變成最大值或從最大值變小時就是頭頂

有頭飾或特別狀況怎麼辦？
改用不會升降的小助手量

我們在指引使用者站往前的實驗時，發現了超音波感測器面對「人」常會測量出錯誤的距離。

我們改用老師提到的雷射雷達，設計實驗，請老師幫我們寫程式測試它的誤差：

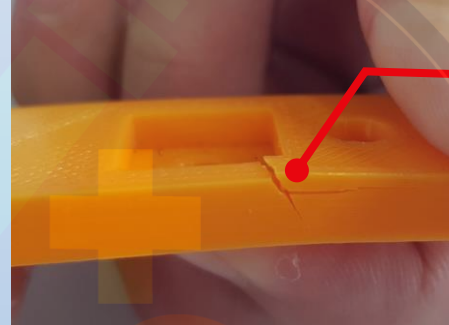


結論:雷射雷達的誤差在可接受範圍內。

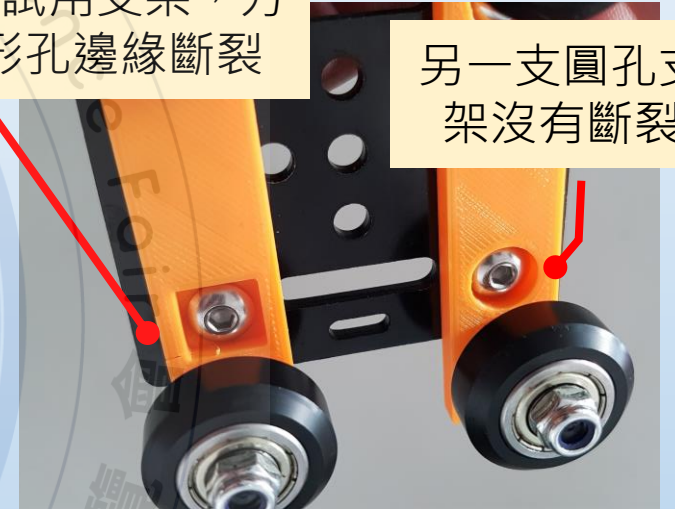
升降機制：不耐用的滾輪支架

自製支架的螺絲孔，有一支的方孔容易斷裂，另一支的圓孔卻沒問題，為什麼這樣呢？

隨機找不同年級同學，印一些方孔和圓孔的支架，請他們下課時就用手扳幾下，總共累積100下之後，收回支架觀察損壞情形 (紅字代表有損壞)



測試用支架，方形孔邊緣斷裂

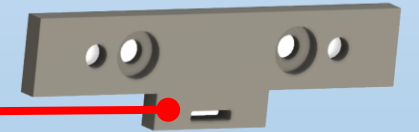


另一支圓孔支架沒有斷裂

	三年級 A 同學	三年級 B 同學	四年級 A 同學	四年級 B 同學	四年級 C 同學
圓孔	無斷裂	無斷裂	無斷裂	無斷裂	無斷裂
方孔	無斷裂	無斷裂	無斷裂	*斷裂	*斷裂
	五年級 A 同學	五年級 B 同學	五年級 C 同學	六年級 A 同學	六年級 B 同學
圓孔	無斷裂	無斷裂	無斷裂	*斷裂	無斷裂
方孔	*斷裂	*斷裂	*斷裂	*完全斷裂	*斷裂

圓形孔: 10 個有 1 個斷裂 (10% 損壞) 方形孔: 10 個有 7 個斷裂 (70% 損壞)

最後的改良版支架加上傳動皮帶扣環



有齒皮帶穿過孔束緊後不會滑脫



結論：圓形的孔槽比較不易斷裂。

最遠的距離：你可以再靠近一點

習慣站定位等人拿額溫槍靠近的訪客，要怎麼讓他們改成會主動接近額溫槍呢？

視覺的指引：利用指示看板



和地面站立板



指引陌生訪客

實驗在校門口防疫站使用，沒有人員說明時，陌生訪客能不能自行站到正確位置上(統計一週)：
沒指引牌時 2.7% 正確；有指引牌時 78.7% 正確。

結論：有指示牌時使用者較能自行站到定位。

聽覺的指引：增加 mp3 模組和預錄語音

小喇叭



開始測量
請靠近額溫槍

指引陌生訪客階段性操作

測量完畢
請後退

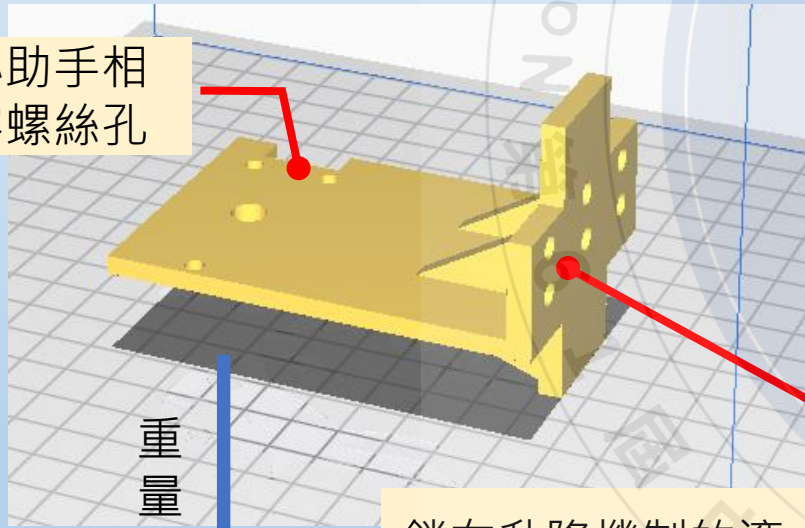
MP3模組和組合架

持續改進的小助手

防疫期間，有很多的不方便，但是我們仍然結合研究結果，持續改進小助手。

繪製升降機制的底座模組，由先前的研究結論推得，**橫放印出**會讓它**強度增加**。

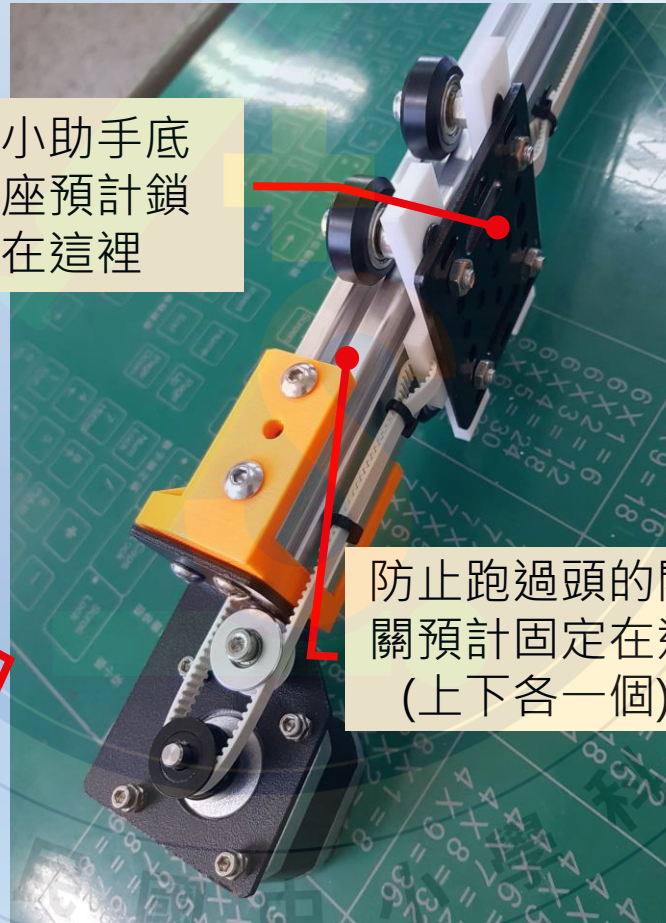
小助手相容螺絲孔



重量方向

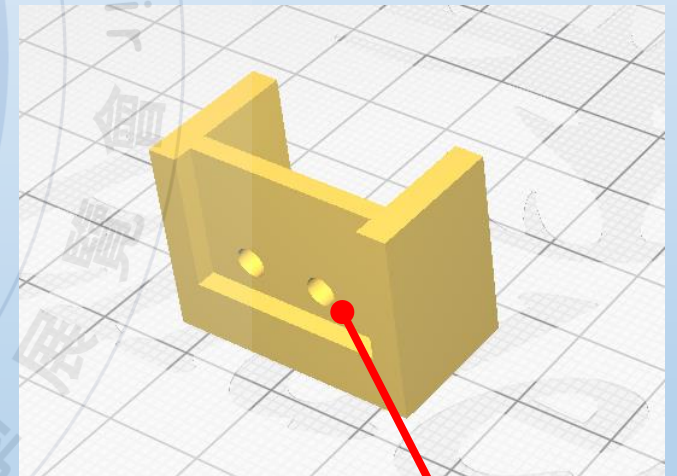
鎖在升降機制的滾輪台金屬板上，有很多螺絲孔

小助手底座預計鎖在這裡

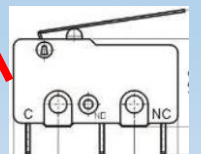


防止跑過頭的開關預計固定在這(上下各一個)

不要讓升降底座跑過頭的微動開關座。**直立印出**不影響**強度**，可以**減少支撐**。最頂和最底各一個。



開關只會露出桿子，底座下降時碰到就表示到頂/到底了。



想像是美好的，現實是…

原本以為做過一次了，再做一次絕對輕鬆勝任，但是呢？

- 一、在將一個現有的設備自動化時，常要設計一些專用的機械結構和零件。學會測量工具的使用和機具的操作也很重要。
- 二、組員分組後，先經過組內討論後，再組間共學，這樣比一開始全部組員一起討論更能激發出新點子。
- 三、對於一般使用者來說，量額溫都習慣站定後，由測量人員操作儀器貼近量測。反過來要額溫槍固定位置，再由被測者靠近使用，需要設計更多的機械動作和操作指引，才能讓使用者明白怎麼使用。
- 四、設定每個計畫時，需要腳踏實地、按步就班，若是一開始理想太遠大，通常就代表它絕對完成不了。
- 五、新構想的升降底座，真的動手做時，才發現它並沒有想像中的簡單。一邊請教老師，一邊學習各個構造的相關知識，大大的拖慢了完成時間；疫情的爆發，讓我們難以集合討論製作，工具和機械也都沒辦法隨時使用，更是讓很多想法都難以驗證。目前自動小助手的升降底座還只是停留在半完成階段，不過我們仍然會一直持續製作和改進它。

結論：小助手還能持續的進化，我們的知識，也會隨著探究原理而一起進化。