

中華民國第 60 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

第二名

032809

「視」時不惑--以 IoT 顛覆視檢之探討

學校名稱：嘉義縣立永慶高級中學

作者： 國二 蔡承志 國二 王詠炫 國二 陳俊伊	指導老師： 蔡羽峰
---	------------------

關鍵詞：手勢感應、遮眼面具、視力檢查

摘要

目前 3C 產品普及導致國人視力不良，近視比例已是全球排列前茅國家，防範學齡者用眼過度繼續惡化，學校每學期初實施視力檢查以追蹤狀況，受檢過程都採用人工出題與檢核結果，全校學生檢測往往相當費力。本研究撰寫 APP 檢核程式安裝教室聯網電視做為出題顯示幕，並製作無線手持遮眼面具取代傳統遮眼棒，受檢結果運用物聯網技術傳送 Google 試算表，取代傳統紙本記錄方式並自動標註視力不良者，在研究過程針對作品檢測準確性，以整班學生進行受測比對，對於 APP 檢核程式有不恰當之處給予修正改良，找尋最佳解決傳統視力檢查方式。

壹、動機

近年來拜 3C 行動載具產品便利所賜，聊天、遊戲、甚至追劇都能由隨身小螢幕滿足每個人需求，致使產生許多人用眼過度，根據報章媒體報導(如表 1)台灣近視比例為全球前茅，每 10 人就有 9 人近視，國健署也委託台大醫院作抽樣調查，2017 年從幼兒園到高中各年級學生的近視率皆較 7 年前大幅增加，小六生視力近視率更高達七成，可見視力健康已亮起紅燈不容忽視。

國中小學生視力不良率近十年來統計 (單位%)										
學年	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
國小	46.70	47.86	49.10	50.01	49.36	48.11	47.05	46.12	45.86	45.48
國中	70.76	71.59	73.52	74.25	73.71	73.51	73.39	73.28	73.02	73.35

資料來源：教育部統計處 製表：記者林曉雲

表 1 近年來國中小視力不良統計 資料出處：<https://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1270837>

收音機常聽到醫療廣告標稱近視雷射手術，治療後可一勞永逸從此就不必戴眼鏡真的這麼好嗎？從醫療專刊得知原來它是利用眼睛前方角膜切成弧狀來代替眼鏡凹透鏡，不過近視仍歸咎眼球軸距拉長，使得無法成像到視網膜所造成，就算配戴眼鏡或雷射手術仍然無法將它回復變短，軸距較長之下隨著年紀越大視網膜病變風險就會變高(如圖 1)，近視屬於「不可逆」的疾病善加懂得自己眼睛定期追蹤視力狀況有其必要性。

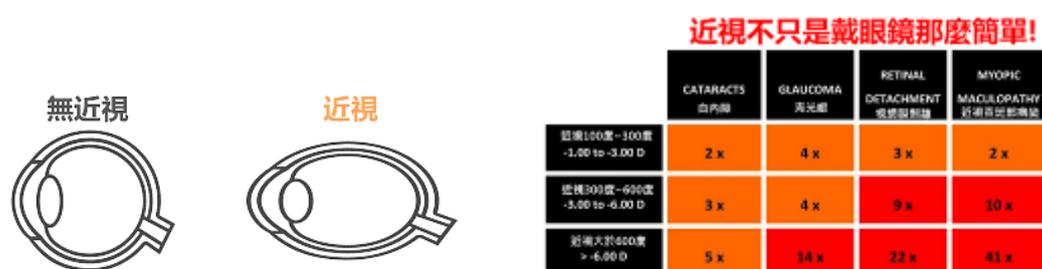


圖 1 視力醫療專刊報導 資料出處：<http://tsongchi.blogspot.com/2019/08/9-2-6-6-x-4010-2001001.html>

預防「惡視力」是學校每學期健康檢查項目之一，從視力檢驗結果得知健康或不良，以班為單位帶至保健室依座號順序檢查，每位同學的左右眼均從 0.1 視力級數開始，直到看不清楚為止這一連串過程都得耗上快一節課，而且護士阿姨還要從記錄結果中，採

人工方式查核篩選視力不良者，本研究借由所學資訊教育課程，搭配各班所配置 65 吋連網電視並以手勢感應與物聯網概念，實現簡易又快速取代傳統的視力檢查方式。

貳、目的

- 一、以無接觸感應方式得知使用者手勢方向了解視力答題結果。
- 二、感應手勢器利用無線傳送至檢測視力畫面，擺脫有線束縛增加便利性。
- 三、利用連網電視具 APP 新增功能，將撰寫視力檢查程式安裝取代健康中心之檢查機。
- 四、視力檢測過程具自動遮眼功能提高便利性。
- 五、撰寫 APP 功能具有班級、座號等基本資料輸入功能，才能得知檢測結果屬於哪一位同學，並且前者測驗結束座號能自動遞補累加，下一位無須輸入基本資料提高檢測速度。
- 六、檢查結果傳送 Google 試算表，健康中心護士阿姨就能透過它了解同學視力狀況，取代傳統指本記錄方式。
- 七、Google 試算表具自動註記複檢名單，取代人工篩檢方式。

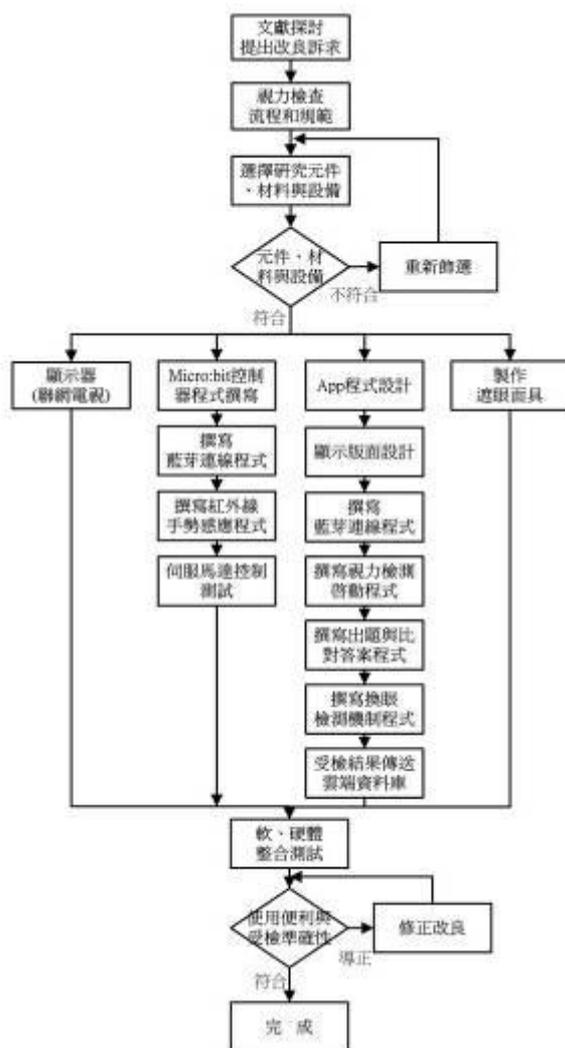


圖 2 研究流程圖

參、研究設備及器材

一、研究硬體

桌上型電腦	Micro:bit擴展板
連網電視	麵包板
行動載具	尖嘴鉗
電源供應器	斜口鉗
亮度檢測儀	電烙鐵
行動電源	烙鐵架
Micro:bit	剝線鉗

二、研究材料

名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
紅外線模組	反射式	4	電池盒	18650專用	1
伺服馬達	180度	1	錫錫	0.8mm	若干
電源穩壓模組	DC3.3V	1	單心線	1mm	50cm
電阻	1KΩ	4	杜邦線	公對公	12
鋰電池	18650	1	瓦楞板	厚度 0.5mm	3

肆、先備知識

一、檢測圖形種類與差異性

常見的視力檢查圖形分為 C 與 E 兩種(如圖 3)，學校所使用視力檢查器為 E 圖形，而部分診所醫院則會採用 C 圖形，這兩種到底有什麼差異？研究時又應採用哪個圖形較適合，利用 Google 上網搜尋有關這方面的資訊，經醫學專欄獲得在招募飛行員，視力是重要健康檢查一環，極高度要求職業人員的視力狀況，必須檢測飛行員等對視力，會採用 C 形圖表進行量測，由於環形 C 視標有 8 個方向單開口會比起 E 圖 4 個多一倍，因此 C 字表難度要比起 E 稍難，這也就是為什麼招募飛行員都採用它的原因。

理論來說視標 C 應比 E 更為嚴謹，國際通用視力表也認定 C 字形，而卻有些檢查還是會使用 E 字形，到底什麼樣的優勢支持它呢？醫學專欄得知原來 E 屬於柵格構造，對於測試散光有一定幫助，譬如某人能清楚地辨認左右的 E，但是上下的 E 卻辨識困難，就可以合理懷疑他可能有散光，因此 E 字形在測量散光有極大幫助，這也就是為什麼學校或其它部份的眼科診所，還是會延續採用 E 視標的主因。



圖 3 常見視力檢測圖形

二、視力檢查流程

每學期初學校進行視力檢查來了解我們視力健康情形，為了更了解視力檢查器正確 SOP 流程，研究上也有些疑問向保健室護士阿姨相約訪談，在訪談得知檢測者測驗時所站的位置必須離畫面 6 公尺，護士阿姨在用專屬紅外線遙控器(如圖 4)，按著上方的按鈕進行人工隨機出題，除了 0.1 級數僅提供 2 種缺口選擇，其餘級數均 5 個按鈕可切換 4 個不同缺口方向，檢測視力級數範圍可從 0.1 至 2.0。

標準醫療出題的 SOP 流程 0.1 級數，只要答對缺口方向便會前往下一級 0.2 繼續檢測，0.2 開始必須答對滿 3 次才會往下進行，過程避免同學看不到而瞎猜題目給答案，而每一級均給予 5 次機會，視力結果便在以 5 次過程中的對錯次數來決定，換句話就是該級數必須 5 次中答對 3 次才會被認定，否則會退上一級重新檢測，來獲得正確的視力結果。



圖 4 保健室視力檢查器

三、各視力級數圖形大小

清楚視力檢查的相關 SOP 標準流程緊接著又飄著一個疑問，到底檢查時的每一個級數 E 字圖形到底有多大?如何訂定?網路搜尋資料得知視力檢查有 1 分表、5 分表、10 分表，現在所測定視力常用國際標準依據 1 分視角、5 米距離、小數記錄等標準製作，所謂「1 分視角」就是由外界兩點發出的光線，經眼內結點所形成的夾角。視力表上符號叫「視標」，正常情況下人眼能分辨出兩點間的最小距離所形成的最小視角即 1 分視角，在級數 1.0 視角解析度為 $1'$ (1° 為角度的 1 度、 $1'$ 即是 1 分，就是六十分之 1 度)，在 5 米能看見 1.45 毫米的物體，也代表線條寬度是 1.45 毫米，而級數 1.0 時的 E 字大小為 $1.4544 * 5 = 7.3$ 毫米。

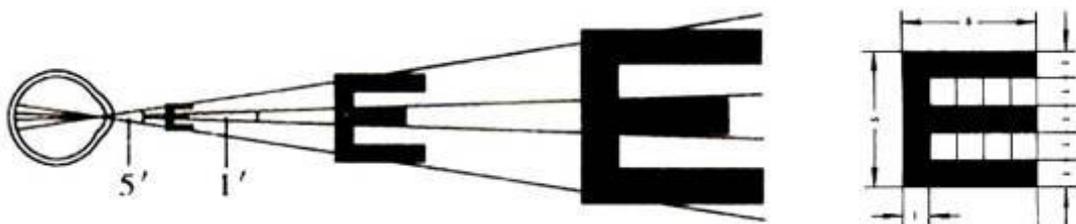


圖 5 視力表量測原理

在護士阿姨同意下讓我們自行操作視力檢查器，8 吋顯示幕從級數 0.1 開始利用電子式游標卡尺依序量測其大小(如圖 6)，從量測中得知每個級數圖形大小之外，可以確認呈現的 E 圖均為長寬都一致的正方體(如表 2)，這項探討有助於未來研究時，螢幕應秀出同等大小而非隨意訂定。

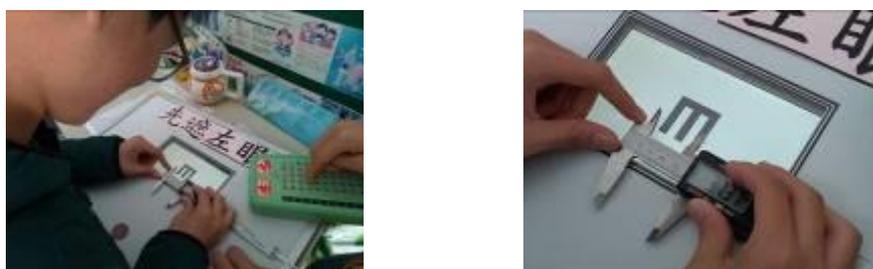


圖 6 從螢幕量測各級數圖形大小

視力級數	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
長度	9	4.5	3.0	2.25	1.8	1.5	1.29	1.11	1.0	0.9	0.75	0.6	0.45
寬度	9	4.5	3.0	2.25	1.8	1.5	1.29	1.11	1.0	0.9	0.75	0.6	0.45
線條寬度	1.8	0.9	0.6	0.45	0.36	0.3	0.23	0.22	0.2	0.18	0.15	0.12	0.09

表 2 量測各級數圖形結果

此外，視力檢查時量表上照明度也具有規定，根據 2012 年最新標準要求視力表燈箱亮度應在 300-500 米燭光(Lux)，檢查室的光線也不可低於其十分之一，並注意受測者之視野內最好不要有窗戶或其它太亮的光源，只要視力表板亮度均勻且視標印製夠黑即可，還有國際標準視力表及蘭德特氏 Landolt 視力表，受測者距離應為 5~6 公尺最佳，若過近因所需投射成像到視網膜角度變大，在光線充足瞳孔變小下所測得結果可能較不準確。

伍、文獻探討

除了常見的壁掛式圖形視力檢查方式，市面上還有哪些產品運用視力檢查，上網蒐集相關詳閱產品其功能與使用方式，做為未來作品設計參考或改善事項，經整理後如下表四大分類型態：

形式	外觀	檢測方式
視力檢查表		最常見的視力檢查方式，距離受測者 6 公尺牆壁貼上測驗紙或一只燈箱，在以人工隨機指向圖形出題，最後對照受測者與指向圖形缺口是否吻合以檢測結果。 資料來源： https://taiwanoffices.com/goodeyes/Eye_Vision_Chart.htm
微視力檢查儀		前面擺放液晶螢幕用來顯示視力檢查的圖形供給受測者測驗，另一端的醫護人員經由手上紅外線發射手動出題，以檢測受測者視力結果 資料來源： http://www.super-view.com.tw/www/prodshow.asp?ProdId=KHE-3000

視力檢查器 電動牛眼		利用人工出題，受測者將眼睛放在視力檢查器鏡片後，受測者用手指出答案，醫護人員對照答案是否正確，此視力檢查器可以透過內部鏡片調整，讓受測者檢測試力狀況。 資料來源： http://www.twnoptic.com/index.asp
桌上型視力 檢測儀		桌上型視力檢測儀，輕巧，可自動出題，受測者利用搖桿回答答案，只要將雙眼對到驗孔即可測驗視力，不需要醫護人員手動出題對照，並且可在空間狹小測驗。 資料來源： https://www.jiujun.com.tw/products/30ef0388-26dc-4c27-b95f-ae7236916aba/j-158

表 3 視力檢查形式

綜合上述產品部分視力測驗儀必需人工出題，有些使用受測者更要拿著遮眼棒，而除了第 4 項受測者可利用搖桿回答答案之外，其餘 1~3 項皆須以人工比對答案，在結果紀錄上四項全部都要自行處理，當測驗者一次湧入人數很多時，出題的護理人員就會相當忙碌。

陸、研究過程及方法



圖 7 研究架構圖

一、手勢感測硬體電路

(一) 控制器之選擇

研究前必須選擇控制器來連結 4 顆感應器，利用感應時間差計算辨認手勢方向，經討論以資訊科技課程所學的 Micro:bit 作為未來研究的處理心臟，選擇的主因是它內建矩陣式 LED 可用來觀察執行結果，且內建藍牙功能可用來與其它設備相互連接應用，搭配擴充模組電路連接也非常方便，價格便宜研究上可節省費用屬經濟實惠強大控制器。

(二) 手勢感應器

得知手勢方向必須選對感應器，目前較常見具感測前方障礙物體，包括超音波感測器與紅外線，前者超音波感測器感應角度雖然很廣，當二個放置過近時會互相干擾導致失效因此放棄使用，而紅外線較具有窄性方向感測特性，尤其在接收端放置遮蔽物，還可以藉由它來修正感測範圍，常見應用自走車循跡紅外線，但卻易受到太陽光甚至室內燈光干擾。

克服上述問題找到具抗干擾紅外線模組(如圖 8)，它是利用發送端內加入獨特的編碼信號，接收端也必須收到此資料才會承認，由於太陽光與室內燈光不會有這個信號，因此就能克服干擾問題，不像自走車循跡紅外線收到任何紅外線就會作動，且距離可達 50 公分以上，因此選擇帶有編碼的紅外線模組作為感測器，其動作當無感測物體 $D0=0$ ，反之物體接近則 $D0=1$ ，資料再送入 Micro:bit 經由計算哪一個感應器先被感應就能判斷

手勢方向。



接腳定義與特性	
接腳	特 性
VCC	電池+ (DC3~6V)
GND	電池-
Vo	未感應=0, 已感應=1

圖 8 帶編碼抗干擾紅外線模組

(三)伺服器馬達

視力檢查過程會以遮眼棒遮住其中一眼，避免兩眼同時觀看測驗圖形造成檢測不準確，也考量檢測期間的便利性選擇馬達來做為遮眼工具，常見馬達大都以直流電驅動，當電源加入後便會旋轉，反之極性互換馬達會跟著反轉，不過「遮眼」只須 0~180 度動作無需 360 不停的循環旋轉，為了順利達成遮眼目的選擇伺服器馬達。

伺服器馬達連接共三條線，二條提供工作電源另一條為輸入控制線，以 50Hz 週期脈寬大小達成令旋轉角度(如圖 9)，並藉由 0.5~2.5ms HIGH PULSE 做控制，當小於 1.5ms 順時針轉動，反之大於 1.5ms 逆時針轉動，等於 1.5ms 則停止狀態，且 Micro:bit 指令內也具備該指令，欲控制只要從「引腳」指令庫拉出「伺服寫入」指令，在輸入欲旋轉角度就能達成本研究「遮眼」用途。

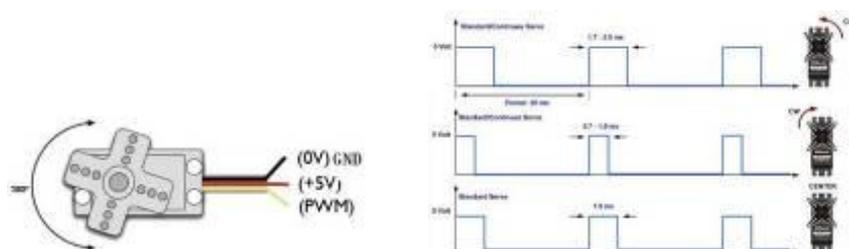


圖 9 伺服器馬達動作原理

(四)制定傳送格式

經由 4 顆紅外線感應並 Micro:bit 計算得知手勢方向，利用內建藍牙無線裝置傳送至行動載具必須制定二者互應格式，未來 Micro:bit 與連網電視兩者才能對應控制，以 1~4 字元制定手勢方向，1 代表手勢揮灑上方 2 為右方，而伺服馬達則制定 R、L 做為控制代號，詳細規劃如下表 4、表 5。

字元	1	2	3	4
功能	上	右	下	左

表 4 手勢方向資訊定義

字元	R	L
功能	遮右眼	遮左眼

表 5 伺服馬達控制定義

(五)確認連接接腳

伺服馬達與 4 顆紅外線感應器必須連接到 Micro:bit 才得以控制及感測，一般常見控制處理接腳分僅可輸出、僅限輸入與雙輸出入三種型態，伺服馬達來說 Micro:bit 控制腳必須具輸出功能，紅外線感應器則需輸入埠，撰寫程式前必須都制定好連接腳，避免定

義錯誤導致無法控制，造成反覆程式除錯而浪費研究時間，詳細硬體連接如表 6、圖 10。

接腳	P1	P15	P16	P19	P20
用途	伺服馬達	下紅外線	上紅外線	左紅外線	右紅外線
屬性	輸出	輸入	輸入	輸入	輸入

表 6 Micro:bit 各連接腳定義

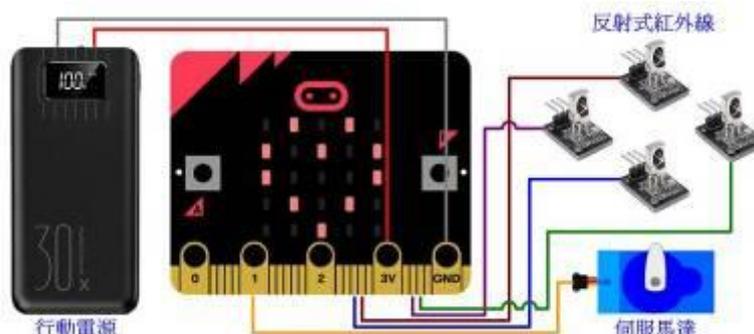


圖 10 硬體線路規劃圖

(六) 撰寫 Micro:bit 程式

1. 程式初始化與藍牙連線

程式執行期間必須將資料暫存起來，以便往後資料處理作動之用，依據功能需求新增多組變數，包含三大類別分別「RX_DATA」變數，用來放置行動載具所傳來訊息，「減數」共計 6 個變數，存放紅外線先後被感應狀態與暫存計算結果之用，「抑制上下」與「抑制左右」兩的變數，當其中一組先被感應到則將對方旗標設為 1，就能明確辨別使用者手掌上下還是左右揮動，詳細變數規劃如下表 7。

變數名稱	用途	變數值
RX_DATA	存放連網電視所傳送來訊息	R 或 L
上下_被減數值	儲存下紅外線感應狀態	最先被感應即令值=1
上下_減數值	儲存上紅外線感應狀態	
上下_減數值總和	感應結果差異值	0 或 4 或-4
左右_被數值	儲存右紅外線感應狀態	最先被感應即令值=1
左右_減減數值	儲存左紅外線感應狀態	
上下_減數值總和	感應結果差異值	0 或 4 或-4
抑制上下動作	令左右紅外線程式暫時忽略不運行	運行=0、不運行=1
抑制左右動作	令上下紅外線程式暫時忽略不運行	運行=0、不運行=1

表 7 變數用途規劃表

防止先前暫存資料遺留變數內，利用「當啟動時」指令讓每次 Micro:bit 通電瞬間將所有變數清空，另外開機一項重要工作，由於 Micro:bit 與連網電視兩者間倚靠藍牙作為互傳資訊橋樑，因此「藍牙串口服務」指令也必須拉至「當啟動時」裡，並利用「當藍牙連線」與「當藍牙斷線」兩個指令對應顯示打勾及打叉圖形，使用者就能由圖形得知當下藍牙連線狀態(如圖 11)。

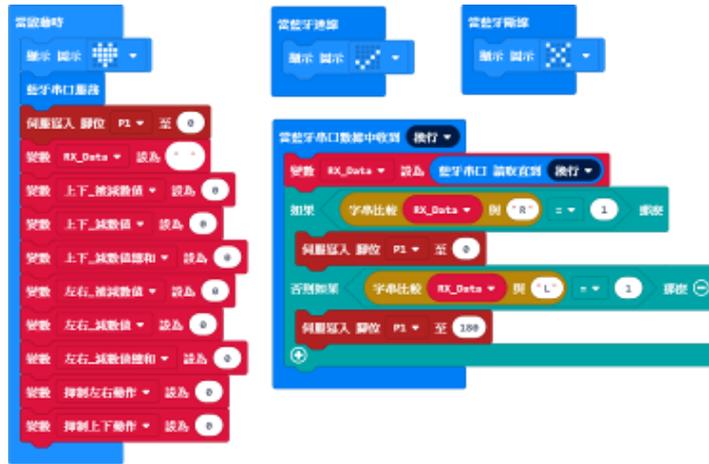


圖 11 當啟動時與藍牙連斷線程式

2.手勢判斷

紅外線模組分別各放置 3、6、9 與 12 點鐘方向，在判斷哪一個先被感應得知手勢方向，不過這樣的設計太簡陋很容易單點物體接近感應而誤判，必須 A 與 B 點偵測到物體才可以，也就是兩個紅外線依序時間不同被感應才認定該手勢方向。當下方紅外線感應到物體代表手勢為上下揮動，令「抑制左右動作」變數=1 讓左右感應程式暫時無法執行，避免手勢繼續往上揮動使得左右紅外線也被感應，造成兩者程式同時運行反倒無法準確判斷方向。

緊接著利用「判斷」指令檢查自己本身儲存「上下_被減數值」變數是否=1，若 NO 代表是第 1 個被感應到的紅外線，此時即對方的「上下_減數值」代入 1 數值，緊接著上方紅外線若也感應到物體，由於剛才「上下_減數值」已被代入 1，因此「上下_被減數值」代入 5 數值，最後把「被減數值」與「減數值」兩者相減，若+4 代表手勢往上反之-4 則為往下就能判斷其方向(如圖 12)。

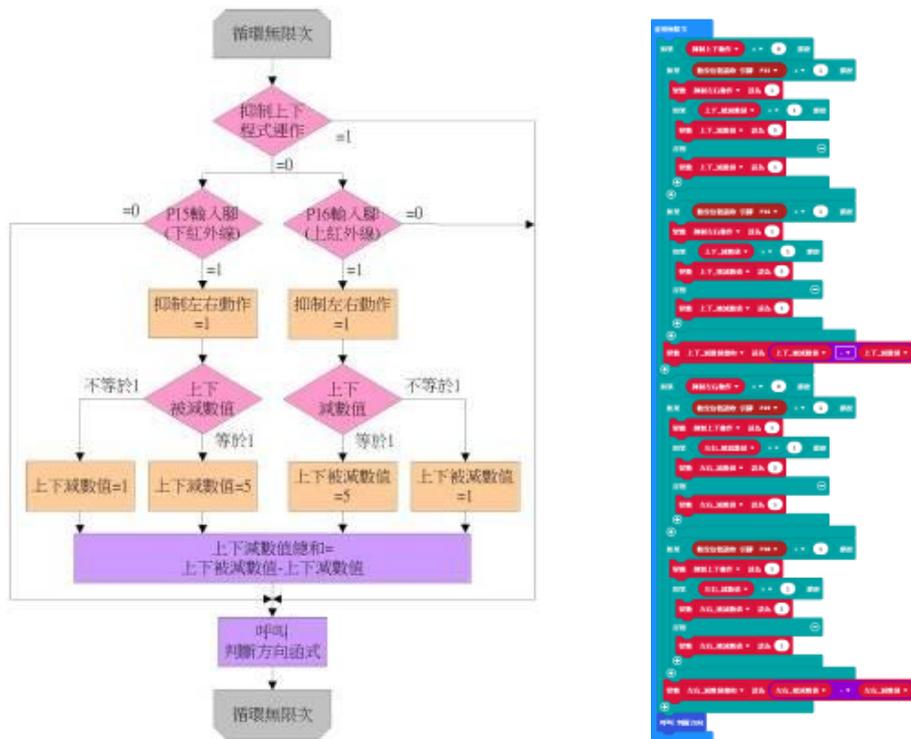


圖 12 手勢判斷流程圖與程式架構

左右手勢判斷程式也是同理，利用最終「減數值總和」變數值辨認左右方向，+4 代表手勢往右-4 則往左，因此數字的意義當正數字時方向為「上」或「右」，負數字則為「下」或「左」，詳細的規則如下表 8 說明。

下紅外線最先感應到物體	被減數值 $\neq 1$ 令被減數值代入 5、減數值代入 1
上紅外線最先感應到物體	減數值 $\neq 1$ 令被減數值代入 1、減數值代入 5
左紅外線最先感應到物體	被減數值 $\neq 1$ 令被減數值代入 5、減數值代入 1
右紅外線最先感應到物體	減數值 $\neq 1$ 令被減數值代入 1、減數值代入 5

表 8 手勢判斷規則

得到「減數值總和」數值後呼叫「判斷方向」函式程式，利用「如果」指令判斷該總和值多少並對應其動作，例如「上下減數值總和」值=4，令矩陣式 LED 呈現上箭頭圖示，透過顯示得知感應是否正確，緊接著下方利用「藍牙串口寫入文字」，將 1 字串透過藍牙傳送到連網電視(如圖 13)，未來 APP 就能透過 1~4 字串得知感應手勢方向(如表 8)。

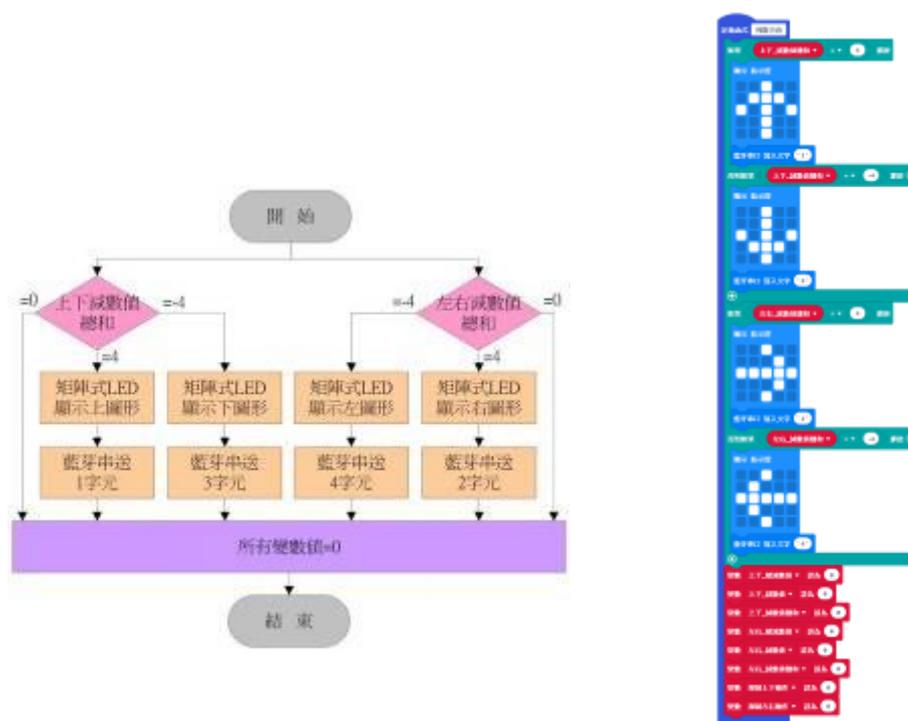


圖 13 判斷方向流程圖與程式架構

感應方向	未感測手勢	手勢往上	手勢往下	手勢往左	手勢往右
被減數值	0	5	1	1	5
減數值	0	1	5	5	1
減數值總和值	0	4	-4	-4	4
傳送字元	0	1	3	4	2

表 9 判斷方向各對應變數值與傳送字元

3. 伺服馬達控制

為了視力檢查便利性利用伺服馬達達成遮眼功能，Micro:bit 必須要接收連網電視所傳來控制指令，利用「當藍牙串口數據收到」指令來接收資訊，當收到將它暫存「RX DATA」變數裡，在利用「如果」指令判斷字串為何，若收到 R 代表正檢測右眼利用「伺服寫入腳位」指令，令馬達旋轉至 0 角度以遮右眼反之 L 則旋轉 180 角度，達成檢測視力過程中具完整自動遮眼目的(如圖 14)。



圖 14 伺服馬達控制程式

二、APP 顯示程式設計

(一) 規劃顯示版面

符合連網電視目視方式版面顯示以橫向設計，畫面並切割成四個主題區域作規劃，由左至右分別用於測驗者的基本資料，包括就讀部門、年級與班級座號，未來傳送雲端才能得知檢測資料是屬於哪一位，畫面中間部份用來顯示檢測圖形，根據測驗視力級數呈現對應圖形大小，中間靠右邊部份則作為操作提示文字之用，如藍牙連線或目前測驗右、左眼等說明訊息，最右側則用來顯示測驗者當前視力檢測級數與結果，下方擺放藍牙連線清單選擇器按鈕(如圖 15)。

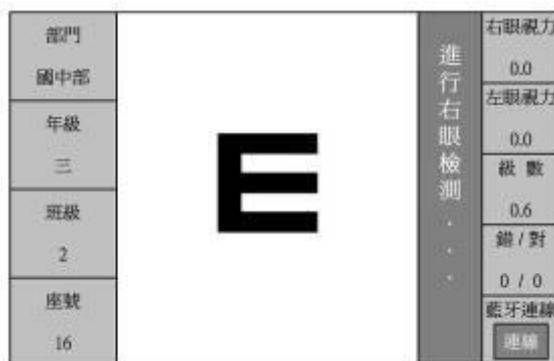


圖 15 APP 顯示版面規劃圖

(二) 藍牙連接

連網電視與 Micro:bit 兩者藍牙必須相互連線才能傳送資訊，由於 Micro:bit 藍牙屬於較新 BLE 4.0 技術 APPInventor 尚無支援元件，必須先到 APPInventor 官網下載最新所提供外掛 BluetoothLE.aix 元件，下載後利用 APPInventor 的 Import extension 載入到編輯頁面，在將它從元件面板拉至編輯的工作面板，所設計 APP 就能支持藍牙 BLE 4.0。

藍牙連線前 APP 列出附近所有藍芽裝置以便提供選擇之用，畫面跳至程式頁面從方塊 BluetoothLE1 拉出「DeviceFound」指令，裡面放置清單選擇器指令並將屬性設定「元件字串」，後方銜接「BluetoothLE1」詢問指令屬性「DeviceList」，這樣清單選擇器按鈕被按下就會顯示可使用藍芽清單。

從清單選擇器拉出「選擇完成」指令，下方放置「BluetoothLE1 連線」指令，後方 Index 則銜接清單選擇器「選中項索引」詢問指令，當使用者按下清單上的其中一項裝置，便會將該選擇的項目代入到「BluetoothLE1 連線」指令內。此外為了設計單鍵連線與斷線功能，畫面也能夠具備文字提示，利用「標籤_連線狀態」文字，當畫面為「未連線」文字透過「如果」判斷指令，讓程式行走「BluetoothLE1 連線」指令，並且將文字更改成「連線中」，若文字呈現「已連線」代表藍芽已完全連線，利用「BluetoothLE1 斷開連線」指令使藍芽取消互連，文字更改成「未連線」就能達成上述目的。

當「BluetoothLE1 連線」指令被執行，經過數秒連網電視與 Micro:bit 兩者都可順利連線成功，BluetoothLE1 的「Connended」指令就會被執行，將「標籤_連線狀態」秀出「已連線」文字，下方放入「Microbit_Uart1 RequestTXCharacteristic」指令，就能讓 APP 接收 Micro:bit 所傳來手勢資料完成藍牙互連任務(如圖 16)。



圖 16 藍芽連線程式

(三)接收 Micro:bit 資訊

藍牙連線成功連網電視就能與 Micro:bit 作資訊互傳，從 Microbit_Uart 指令內上方拉出 TXCharacteristic Received，若收到訊息即儲存到 UART_TX_Field 變數，緊接著利用「如果」指令判斷接收的字串為何，當=1 透過「文字語音轉換器」指令，讓喇叭發出上的語詞若=2 則發出右，受測者就能透過聲音了解 Micro:bit 手勢辨認，是否與手方向吻合作為提示之用(如圖 17)。



圖 17 接收 Micro:bit 程式

(四)啟動檢查

前受測者檢測結束直到下一位，兩者停留間隔時間並非固定，必須設計啟動機制來告知程式「測驗開始了」，而且在尚未進入測驗時程式時，必須不斷檢查是否接收到該命令，因此設計以往手勢上揮動來告知程式，當收到代表下一位已準備就可進行視力檢測。

反之，「標籤_右眼結果」數值不等於 0，代表當下測驗結果為左眼，也就是兩眼皆檢測完畢，先將測出「標籤_視力級數」數值代入「標籤_左眼結果」，受測者就能從右方畫面看到自己的視力狀況，在呼叫「資料傳送 Google 試算表」巨集，準備將資料傳送到雲端護士阿姨就能收到檢測結果，緊接著將「下拉式選單_座號」選中項自動累加 1，由於學校視力檢查大都按照座號小至大號碼依序編排測驗，這樣的設計可讓同班學生，不用在每個人測驗前還要輸入基本資料，除非中間出現請假或未到等狀況，才需手動更正增加測驗過程便利性。最後，等待下一位手勢揮上進行測驗，因此該程式結束前需重新開啟「計時器_啟動檢查」，而「計時器_比對答案」則必須關閉，讓整個程式週而復始循環運作就能接續檢查下一位受測者視力。

(八)資訊傳送 google 試算表

APPIntor 資料傳送至 Google 試算表並沒有那麼容易，它必須撰寫複雜程式才能達成已超過所學領域，於是改用先前上課所學藉由 Google 表單當作資料接收中繼法，由於 Google 表單屬於半開放平台，僅簡單設定就能接收 APPIntor 資料，而且表單能自動生成試算表，本研究資訊傳送利用此方式較為簡易。

首先進入 Google 試算表按上方【工具】選擇子選項【建立表單】，此時會自動新增新 Google 表單，緊接著在表單頁面上新建欲接收資料類別，分別為「部門」、「年級」、「班級」、「座號」、「左視力」、「右視力」與「結果」共七個項目，並且填答類型均設定「簡答」，類別建立完成按畫面右上方【更多選項】選擇【取得預先填入的連結】，當畫面開啟後在每個填答空白處輸入不同英文代號，這個動作意義是等一下可以很清楚區分每個填答空格網址避免搞混。

將此頁面上的一連串網址複製起來，這個就是未來欲傳送資料的連結網址，接著按下畫面下方紫色【取得連結】按鈕，並點取左方【複製連結】把文字全貼到 Word 文書編輯軟體上，從一連串文字可以很清楚看到剛才所輸入的英文代號，而且 Google 傳送規則是 & 符號作為類別區隔，因此以 & 作為開始英文代號為結束將資料分段隔開，這一小段文字即為將來傳送 Google 表單的每一格代號，如「&entry.405973565=A」代表第 1 格的「部門」類別，「&entry.903663705=B」代表第 2 格「年級」類別，取得上述連結網址與 Google 表單填空代號完成傳送申請與設定。

回到 APPIntor 程式編輯頁面，建立「資料傳送至 Google 試算表」巨集，用於放置專屬傳送資料程式之用，上方設計篩選力結果程式，判別方式檢查左眼與右眼的結果，是否其中一個數值等於或小於 0.8，若 YES 代表視力不良把「檢查結果」變數代入複檢注解文字 NO 則良好，護士阿姨就可從 Google 試算表結果欄位，得知那些同學需遞給視力複檢通知書。

接著，從畫面編排的元件面板中拉出「網路」元件，在回到程式頁面取出「網路網址」指令，並從內建方塊文字選項中取「合併文字」指令，利用該指令具文字合併功能將一長串資料彙集起來，最上方貼入剛才所取得傳送連結網址，在依序放置「部門」類別代號、「年級」類別代號等欲傳送的資訊，並且每個類別代號下方要放置對應的資料來源，如「部門」從「下拉式選單_部門」取得，而貼入後的每個類別代號等於右方英文字必須刪除，否則會被當作資料傳送出去，程式最後從「網路」元件中拉出「執行

GET 請求」指令，就能將所有資料順利傳送到 Google 表單，同時 Google 試算表也會根據當初所建立欄位位置產生一份對應視力檢查報表(如圖 22)。

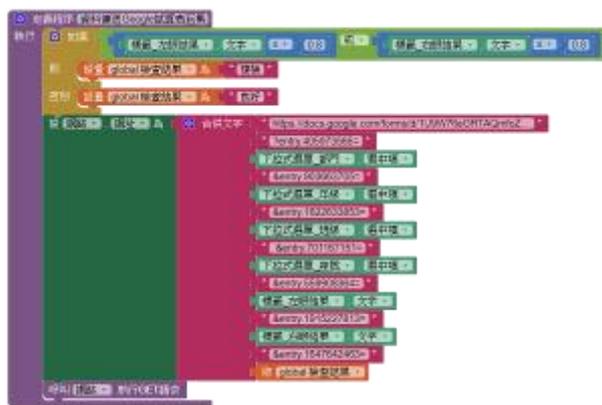


圖 22 資料傳送程式

(九)手持遮眼面具

取代傳統的遮眼棒前方勢必要有遮眼裝置，以面具為基礎並在鼻子位置處擺放伺服馬達，藉由左右控制讓檔板達到目的，並在下方設計一個便利握手把，裡面可放置一顆鋰電池提供作品所需電力，Micro:bit 則擺放面具較明顯上方「額頭」位置處，隨時從矩陣式 LED 監督手勢與感應結果兩者是否相符。

1.製作活動感應支架

讓受測者揮手時具有一定的足夠空間，固定 4 個紅外線位置勢必要與身體保持一定的距離才行，設計長支架引出來固定感測裝置，但這樣設計會造成作品體積過大，況且視力檢查僅在每學期初才會用到，靈機一動由原支架死固定法，改用如檯燈活動關節設計，除了隨情況可適度調整感應距離，使用完畢也能運用支架反折彎成 Z 形縮小體積便以收納，紅外線相關連接線在沿著活動支架連接到 Micro:bit 與鋰電池，這樣不會裸露增加美觀性，加上 Micro:bit 以藍牙作為互連橋樑，未來受測者就能拿著手持著面具，在無線方式下完成視力檢查。

2.修正感測裝置安裝位置

使用瓦楞板當作材料依照所繪製出的草繪圖，逐步完成遮眼面具與活動感應支架，完工後左手握住面具下方手把，在試著調整活動感應支架與手間距離，右手模擬檢測時的揮灑動作，是否會打到前方的紅外線感應裝置，經多次反覆測試距離不太好難拿捏，手較長的同学支架要離遠一點，過短又要拉近否則會感應不良，此設計會造成受測者還要依照自己的手長短來調整，而且使用中的展開感應支架會讓作品重心往前傾，除了不太好握體積看起來也有點龐大。

觀察平時的視力檢查手勢，發現大都不會將手往前伸直揮灑，而是僅靠近身體旁上下左右揮動，既然距離不用這麼遠是否可拿掉活動支架，改以紅外線感應裝置固定在其它地方取代，經反覆手勢測試尋找最佳放置地點，找到固定於面具右下方位置，受測者不用刻意往前伸直，利用很自然方式接近感應點，確認固定位置後在將原紅外線朝人體感應法改成背對，無須修正任何程式下達成最簡易的感應手勢方式。



圖 23 手持遮眼面具製作過程

柒、研究結果、討論&解決方法

一、手勢感應

紅外線感應模組二者放置相距約 2 公分，感應靈敏度調整約 30 公分左右，以平常速度將手滑動過去，觀察手勢感應是否如預期判讀得到。經實測若手掌太靠近感應器，因二者紅外線間感應時間差過短，無法順利得知真正手勢方向，甚至幾乎同時間被感應，誤判機率當成單段控制甚高(圖 24)。於是將兩模組距離拉長，並每隔 1 公分反覆測試後記錄。

圖 24 模組間距過短且手勢太近或靈敏度過高，易同時間感應產生誤判

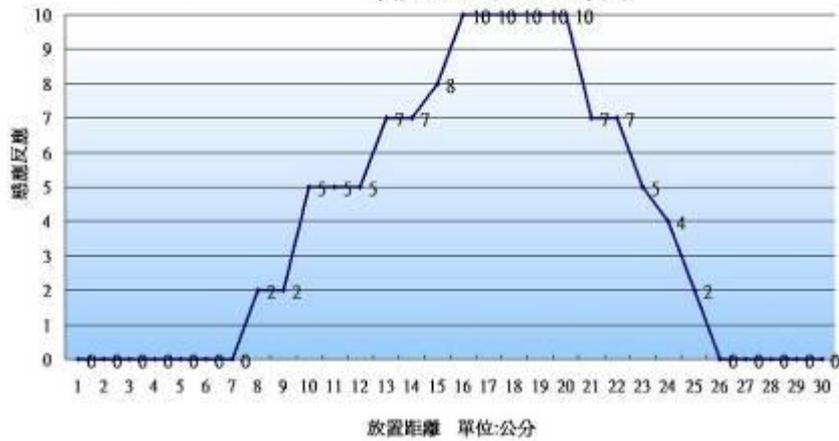


正常初始滑動感應

同時感應誤判單段控制

正常結束滑動感應

圖25 第1次感應實驗：模組之感應反應與距離關係圖
(0無反應<5尚可<10最佳)



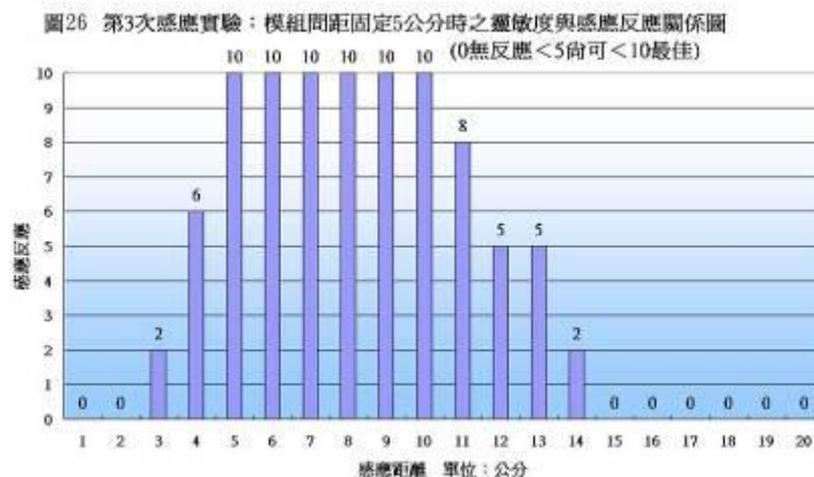
經實驗距離越長改善就越明顯，從數據顯示 18 公分為最佳狀態(圖 25)，不過雖然解決上述問題隨之一個問題又浮現，若這樣距離將來安置感應器豈不是要很大範圍，而且控制單段功能，手掌還必須完全張開才能遮蔽二者感應器才行，這樣操控極為不便。於是調整模組上感應靈敏度由 30 公分往下修正，並以手勢固定 18cm 高度滑動測試，發現縮短確實能夠讓模組間拉近，但靈敏度過低又會造成兩者感應時間差過長，或者模組間距過低，都會調光控制誤判成單段控制，而且手勢滑動還不能太快有等多項缺點。

表10 第2次感應實驗：手勢固定18cm高度滑動，感應靈敏度與模組間距關係圖

		感應靈敏度 單位：公分																																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
模 組 間 距	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5											
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5										
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5										
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5									
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5									
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5								
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5							
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5						
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5					
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5				
單 位： 公 分	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5				
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5		
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5

上述(表 3)可知紅外線模組間放置距離、感應靈敏度與手掌滑過速度，三者間彼此都會牽引決定手勢感應成敗因素，最後以模組間放置距離為第一考量，參考表 2 實驗數據與家用牆上電源開關面板高度，將模組間距固定為 5 公分接著調整感應靈敏度，試著手掌滑動測試取得平衡獲得最佳狀態。

不斷來回反覆測試，感應靈敏度可達成約 10 公分探照物體能力(圖 26)，手勢滑動速度也能以一般自然流暢滑過感應得到，除了上下滑動方式由於人體工學因素，自然將手由左下往右上姿勢擺動，只要不過於誇張均可輕易判讀出來相當準確。



二、四向感應測試

紅外線前方放置白紙以一字螺絲起子調整發射強度，讓每個紅外線接收感應距離都一致，在移除白紙後將手於感應器前方揮灑，從 Micro:bit 矩陣式 LED 觀察所呈現箭頭方向是否與手勢相符一致，發現左方與下方揮手較難感應得出來甚至無法準確讀出，經檢視問題在於上方紅外線角度偏右側，每次揮動時會先左方感應而形成「抑制上下」程式而無法被執行，手勢往下也皆有同樣的問題。

依序分別揮手上、下、左、右 4 個方向，測試所對應的紅外線是否會依照先後順序被感應，例如手勢揮上時下方紅外線應會被優先感應，而不是鄰近左右感應器，相對原理手勢揮左邊，右方的紅外線也應如此先被感應，避免本身的程式被「抑制」掉而無法正常運作，如同揮手上下感應結果卻是左右，經反覆的校正只要手勢動作不要過於短小，正常的揮灑下都能準確測得其方向。

手勢方向	往上	往下	往左	往右
優先被感應紅外線				
	下紅外線	上紅外線	右紅外線	左紅外線
LED 圖示				

圖 27 測試手勢感應

三、藍芽連線、啟動檢測及執行出題

撰寫完 APP 程式安裝教室 65 吋連網電視(如圖 26)，在按下連線鈕與 Micro:bit 進行藍芽連線，提示欄位文字與電視喇叭皆告知連線成功訊息，進行視力檢查程式運作是否正常。接著在紅外線前往上揮動來啟動檢測，此時 Micro:bit 矩陣式 LED 顯示上箭頭圖示，約 1 秒後連網電視啟動程式也被執行，右方畫面的視力級數顯示 0.1 數值，中間檢測缺口圖形也呈現對應圖形大小，上述一連串動作可確認啟動檢測到出題巨集，兩部份程式皆能依照先前規劃正常運作。

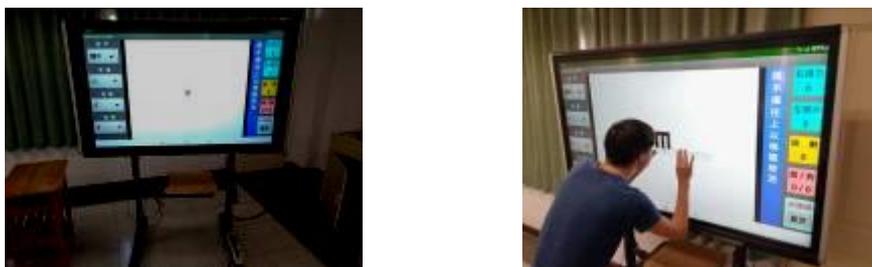


圖 28 撰寫 APP 程式安裝 65 吋連網電視

四、比對答案程式運作情形

依照畫面所呈現缺口圖形手勢對應相同方向，觀察答對程式巨集的運作情形，經反覆測試隨機出題與手勢方向都吻合，代表受測者該是視力級數看得到，這時視力級數就會每次累加 0.1 數值，中間檢測缺口圖形也會對應變小，使受測者繼續往下一個級數測驗符合視力檢查流程規範。

來到 0.5 級數試著不對應圖形缺口，手勢朝其它方向模擬受測者看不到，檢查測驗錯誤程式巨集執行結果，錯誤時意味該級數圖形看不到，下一個出題便會往上一級 0.4 顯示，若連續答錯 2 次代表降級也看不到，也意味著先前測驗的 0.4 級數，當時可能因被猜中而往下一級 0.5，因此給予 2 次機會的設計是作為「再確認」之用，最後結束該眼檢測得到視力級數應為 0.3。

若測驗者級數 0.4 非連續 2 次看不到，在若隱若現中間夾雜看得到狀況又會如何？經反覆測試當答對時由於程式撰寫會將級數加 0.1，答錯時又會被自動扣除減 0.1，連續答對還會繼續往下一級出題，形成該受測者未連續答錯造成級數永遠無窮式的上下游走，這個情況如果用在受測者下一級 0.6 看不到，但上一級 0.5 卻都看得到情況就會出現上述問題(如表 11)，這樣程式有缺憾必須加修正解決。

	回答狀況	檢測級數	說明
比對結果	○	0.6	往下一級
	X	0.4	往上一級
	X → X	0.3	換眼檢測
	X → ○	0.4 → 0.5	往下一級
	X → ○ → X	0.4 → 0.5 → 0.4	級數無窮式上下游走
	X → ○ → ○	0.4 → 0.5 → 0.6	

表 11 比對答案程式執行結果

五、答錯程式修正改良

需「看不到」情況反覆琢磨再次確認，才能精確得到受測者真正的視力結果，尤其在上一級過程中可能會「全得到」或「全看不到」，甚至所出的圖片大小已達受測者視力辨認臨界點，無法準確分辨缺口方向形成胡亂揮手猜題，因此還會「錯次等於答對」、「錯次大於答對」及「錯次小於答對」共 3 個總計 5 種不同答案組合，

假設級數 0.4「全看得到」視力結果即為 0.4，若「全看不到」應降一個級數來到 0.3，而「錯次等於答對」與「錯次大於答對」兩者，以視力檢測過程來說錯次不應過多，因此同樣把它降成 0.3，至於「錯次小於答對」在辨認臨界點下，答對次數還能優於錯次則保留原 0.4 級數，因此將連續錯誤 2 次方式，修正具上述 5 種答案組合都可結束程式方法，才不會發生級數不斷無窮上下游走，也能增加測驗視力的準確度。

程式由答錯 1 次退級方式增為 2 次，確認受測者該級數真的無法看到圖形缺口，當遇到測驗錯誤先將「錯誤旗標」變數加 1 以記錄曾遇過錯誤，未滿 2 次再給予機會呼叫「出下一題」巨集在該級數重新出題檢測，滿 2 次則代表很明顯看不到跡象，令「視力級數」變數減 0.1，緊接著判斷「退級旗標」狀態，等於 0 代表尚未退級過將「退級旗標」狀態設為 1，而「錯誤次數」變數歸 0 使退級後仍有 2 次錯誤機會，反之「退級旗標」等於 1 已出現退級，代表退級又錯誤 2 次將「退級旗標」與「答對次數」兩者變數均設為 0，其意義結束此眼檢測把記錄歸零，以便呼叫「換眼檢測」巨集測驗下一眼之準備。

測驗過程若遇答對時先檢查「退級旗標」是否等於 1，NO 代表未曾降級過也意味著該級數看得到，使視力級數往上提升加 0.1，YES 則已降級將答對變數加 1 在核對曾答對過幾次，未滿 3 次呼叫「出下一題」巨集，滿 3 次則呼叫「換眼檢測」巨集結束此眼檢測(如圖 29)。

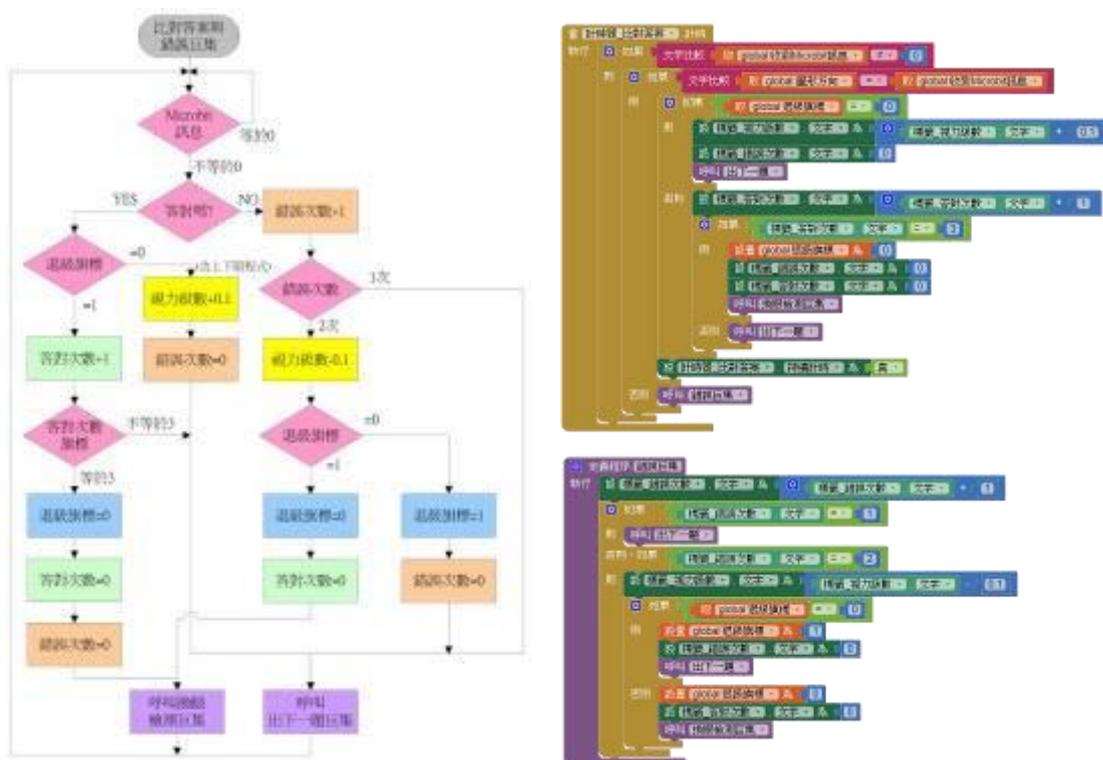


圖 29 答錯機制改善流程圖與修正後程式

修正過的答錯程式經反覆測試，若該級數看不到會給予機會留級再次檢測(如表 12)，不會像先前立即降級方式，當留級仍看不到才降級確定受測者視力是否適合該級數，此時會在達錯與達對反覆測驗，確認受測者非猜題方式獲得「正確」，經測得視力級數才能夠精準。

比對結果	回答狀況	檢測級數	說明
	○	0.6	往下一級
	X	0.5	停留此級再確認
	X → X	0.4	往上一級
X → ○	0.6	往下一級	

表 12 改良後答錯機制在當前級數執行結果

每個測驗如是非題且最多 4 次檢測機會，因此得到 2^4 共計 16 種組合，建立表格記錄修正後程式確認是否已獲得改善，尤其最後認定級數應根據對與錯的次數來決定。表 13 為當時測試時所記錄的結果，可看到部份組合因連續錯誤 2 次或答錯次數高於達對，甚至該級數連續 3 次都看得到產生提前結束，部份結果已重複將資料重新整理如表 14。

序號	回答狀況	認定級數	備註
0	X → X → X → X	0.3	連續錯誤 2 次提前結束
1	X → X → X → ○	0.3	
2	X → X → ○ → X	0.3	
3	X → X → ○ → ○	0.3	
4	X → ○ → X → X	0.3	
5	X → ○ → X → ○	0.3	
6	X → ○ → ○ → X	0.3	
7	X → ○ → ○ → ○	0.4	
8	○ → X → X → X	0.3	連續錯誤 2 次提前結束
9	○ → X → X → ○	0.3	連續錯誤 2 次提前結束
10	○ → X → ○ → X	0.3	
11	○ → X → ○ → ○	0.4	
12	○ → ○ → X → X	0.3	
13	○ → ○ → X → ○	0.4	
14	○ → ○ → ○ → X	0.4	連續答對 3 次提前結束
15	○ → ○ → ○ → ○	0.4	

表 13 改良後答錯機制在降級執行結果

表 14 資料中可看到測驗級數來到 0.4，全看得到或達對優於達錯次數，視力級數皆會被認定該級數，若達錯等於甚至大於達對次數都會被再降級 0.3，連續達錯 2 次也是如此，讓過程中不再發生無窮測驗問題，而且該級都看不到時還會提前結束，以減少每位視力檢查檢測時間。

	回答狀況	認定級數	說明
比對結果	○ → ○ → ○	0.4	答對 3 次認定該級數
	○ → X → ○ → ○	0.4	
	○ → ○ → X → ○	0.4	
	X → ○ → ○ → ○	0.4	
	X → ○ → ○ → X	0.3	* 以下認定再降級數 1.對 / 錯次數相同 2.錯次高於對次 3.連續答錯 2 次
	○ → ○ → X → X	0.3	
	○ → X → ○ → X	0.3	
	X → ○ → X → ○	0.3	
	○ → X → X	0.3	
	X → ○ → X	0.3	
	X → X	0.3	

表 14 刪除降級紀錄中的重複資料經彙整結果

六、本研究與視力檢查器之檢測比較

在文獻探討中得知視力檢測時畫面白色空白區域，必須有 300~500Lux 亮度且黑色區域要全黑才能符合規範，因此回到保健室利用光線檢測儀量測畫面白色區域亮度，經檢測出為 445Lux(如圖 30)，在請護士阿姨協助檢測佩戴眼鏡後的矯正視力(如圖 31)，進行本研究作品與保健室的視力檢查器結果是否能獲得一致性。



圖 30 視力檢查器白色區域亮度值



圖 31 護士阿姨協助下檢測視力

結束後在前往教室 65 吋連網電視前，同樣拿起光線檢測器查看畫面的白色亮度值，經檢測亮度只有 278Lux 過低，進入電視影像設定以亮度功能提高至 430Lux(如圖 32)，在拿起自製遮眼面具來實施視力檢測(如圖 33)，彙整後數據比對後發現檢測出的視力級數，幾乎與保健室的視力檢查器相同，只有少部份有些微的 0.1 誤差(如表 15)，這項實驗驗證只要顯示的視力級數圖片，能與視力檢查器的大小、柵格線寬度一致，畫面白色區域也能符合規範，加上程式答錯時會再次出題防止「猜題」，多次比對檢測確認之下也能達到同樣水平。



圖 32 檢查連網電視亮度值



圖 33 使用本研究作品進行視力檢查



結果 受測者	本研究作品		保健室視力檢查器		兩者差異性	
	左視力	右視力	左視力	右視力	左視力	右視力
A 同學	1.0	1.5	1.2	1.5	0.1	0
B 同學	0.9	0.8	0.9	0.8	0	0
C 同學	1.2	1.0	1.2	1.0	0	0

表 15 本研究與視力檢查器之檢測比較結果

上述實驗結果僅比對 3 人為了獲得更多樣本數，經導師、任課老師與同學同意之下，同樣方式進行整班視力檢測共 28 人協助(圖 34)，在使用本研究作品前避免同學不會使用，尤其是伺服馬達作動遮眼時深怕聲音給嚇到，我們先口頭說明與示範手勢感應方式，避免操作錯誤而影響數據結果。

經檢測後數據彙整如表 16~19，可看出 7 位同學檢查結果與保健室視力檢查器略有不同，單邊 0.1 與 0.2 誤差各 2 位、單邊達 0.3 誤差 1 位，而 2 位雙眼皆有誤差且最高來到 0.3 差異值，因此請他們留下再次複檢重新檢測，經第 2 次結果數據呈現 2 位同學 0.2 偏差、0.1 偏差 1 位，整體上誤差級數都能控制差距 0.2 以下，算不錯水準可接受合理範圍。



圖 34 提高樣本數進行整班視力檢查

第 1 次檢測

第 2 次檢測

時間戳記	部門	年級	班級	座號	左視力	右視力	結果
2020/3/6 上午 10:36:12	國中	二	1	1	1.2	1.0	正常
2020/3/6 上午 10:37:36	國中	二	1	2	0.5	0.5	複檢
2020/3/6 上午 10:38:17	國中	二	1	3	1.0	1.2	正常
2020/3/6 上午 10:39:55	國中	二	1	4	2.0	1.2	正常
2020/3/6 上午 10:41:42	國中	二	1	5	0.7	0.6	複檢
2020/3/6 上午 10:42:33	國中	二	1	6	0.9	0.8	複檢
2020/3/6 上午 10:44:59	國中	二	1	7	0.9	0.4	複檢
2020/3/6 上午 10:45:32	國中	二	1	8	1.0	0.7	複檢
2020/3/6 上午 10:47:17	國中	二	1	9	1.2	1.0	正常
2020/3/6 上午 10:49:16	國中	二	1	10	0.8	0.6	複檢
2020/3/6 上午 10:50:21	國中	二	1	11	0.6	0.7	複檢
2020/3/6 上午 10:51:33	國中	二	1	12	1.2	0.7	複檢
2020/3/6 上午 10:52:35	國中	二	1	13	1.2	0.9	正常
2020/3/6 上午 10:53:48	國中	二	1	14	1.0	1.2	正常
2020/3/6 上午 10:55:26	國中	二	1	15	1.0	0.7	複檢
2020/3/6 上午 10:58:48	國中	二	1	16	0.8	1.0	複檢
2020/3/6 上午 10:59:59	國中	二	1	17	0.9	0.9	正常
2020/3/6 上午 11:02:54	國中	二	1	18	0.7	0.7	複檢
2020/3/6 上午 11:05:08	國中	二	1	19	1.5	0.8	複檢
2020/3/6 上午 11:06:29	國中	二	1	20	0.6	0.7	複檢
2020/3/6 上午 11:08:14	國中	二	1	21	0.7	0.7	複檢
2020/3/6 上午 11:10:11	國中	二	1	22	1.5	1.2	正常
2020/3/6 上午 11:12:57	國中	二	1	23	1.0	1.0	正常
2020/3/6 上午 11:15:21	國中	二	1	24	1.2	1.0	正常
2020/3/6 上午 11:19:38	國中	二	1	25	1.2	1.0	正常
2020/3/6 上午 11:20:51	國中	二	1	26	0.6	1.2	複檢
2020/3/6 上午 11:21:47	國中	二	1	27	1.5	1.5	正常
2020/3/6 上午 11:24:33	國中	二	1	28	0.9	0.9	正常

時間戳記	部門	年級	班級	座號	左視力	右視力	結果
2020/3/6 上午 11:32:15	國中	二	1	1	1.0	1.2	正常
2020/3/6 上午 11:34:41	國中	二	1	4	1.5	1.2	正常
2020/3/6 上午 11:37:22	國中	二	1	9	1.2	1.2	正常
2020/3/6 上午 11:38:58	國中	二	1	13	1.2	1.0	正常
2020/3/6 上午 11:40:07	國中	二	1	19	1.0	0.9	正常
2020/3/6 上午 11:43:12	國中	二	1	24	1.2	1.2	正常
2020/3/6 上午 11:45:48	國中	二	1	25	0.9	0.8	複檢

表 16 以本作品進行整班視力檢查，受檢後 Google 試算表記錄結果

第 一 次 檢 測																													
測試者		結果																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
本研究	R	1.2	0.5	1.0	2.0	0.7	0.9	0.9	1.0	1.2	0.8	0.6	1.2	1.2	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	1.5	0.6	0.7	1.5	1.0	1.2	1.2	0.6	1.5	0.9
	L	1.0	0.5	1.2	1.2	0.6	0.8	0.4	0.7	1.0	0.6	0.7	0.7	0.9	1.2	0.7	1.0	0.9	0.7	0.8	0.7	0.7	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	0.9
保健室	R	1.2	0.5	1.0	1.2	0.7	0.9	0.9	1.0	1.2	0.8	0.6	1.2	1.2	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	1.0	0.6	0.7	1.5	1.0	1.2	0.9	0.6	1.5	0.9
	L	1.2	0.5	1.2	1.5	0.6	0.8	0.4	0.7	1.2	0.6	0.7	0.7	1.2	1.2	0.7	1.0	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	1.2	1.0	1.5	1.0	1.2	1.0	0.9
差異性		0.1	0	0	0.3	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0.2	0	0	0
第 二 次 檢 測																													
本研究	R	1.0			1.5					1.2				1.2						1.5					1.2	0.9			
	L	1.2			1.2					1.2				1.0						0.9					1.2	0.8			
保健室	R	1.0			1.2					1.0				1.2						1.5					1.2	0.9			
	L	1.2			1.2					0.9				1.0						0.9					1.2	1.2			
差異性		0			0.1					0.2				0						0					0	0.2			

表 17 分析不同檢測設備下之間差異性

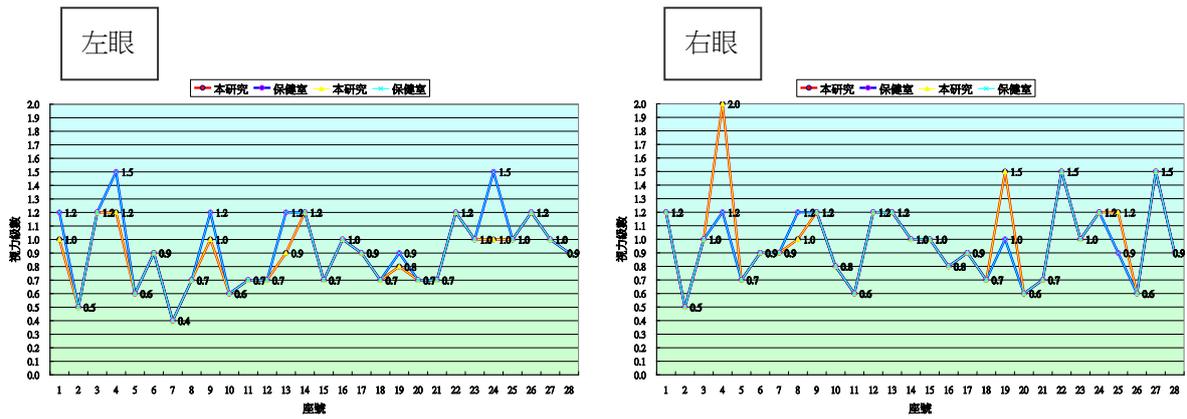


表 18 不同檢測設備下之間差異性(整班)

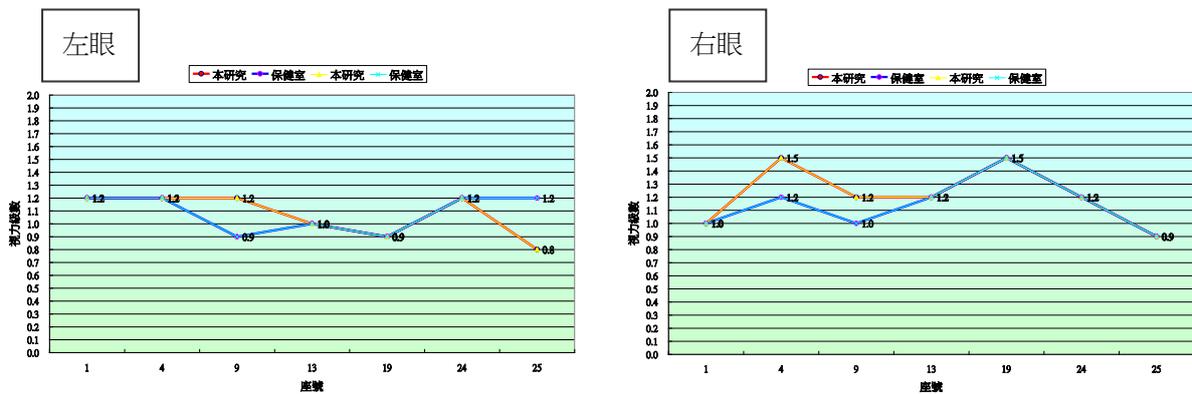


表 19 七位受測者重新檢測在不同設備下之間差異性

捌、結論

檢測視力欲得到正確結果在於眼睛所能判斷極限點，也就是所謂看得到與看不到之間範圍，因此受測者在極限點處答錯時，當下必須留原測驗級數再給予實施檢測，仍然答錯意味這個級數已超過受測者眼睛所能判斷範圍，緊接著降級數繼續出題，此動作意義在於確認剛才受測者在該級數，當時是否已到達視力「極限點」又正巧猜題並贏得正確答案，因此須重複多次檢測確認受測者真正的視力是屬於哪一個級數，這樣的設計如同護士阿姨每學期做視力檢查，發現同學「疑似猜題」有所疑慮時，同樣也會採取上述的方式，本研究經答錯程式改良後也不遜保健室視力檢查器，檢測出的級數誤差率能壓在 0.15 以內。

眼睛是人體極精密又脆弱的重要感官之一，定期檢查視力有其必要性避免視力繼續惡化，研究出的作品經由紅外線當做手勢感測器，連網電視則用於測驗圖形顯示器，並透過網路將每位受測者結果上傳至 Google 試算表，自動註記視力不良複檢者，相較傳統方式護士阿姨拿著遙控器手動出題，同時還要從同學回答的對與錯中，找尋真正的視力級數，結束後除了紙本記錄之外在數據裡，篩選不良者隨後遞給複檢通知書，這樣過程完成全校學生視力檢查得循環數百次，經由本研究有助於視力檢查過程變得更快速又簡易，護士阿姨僅須從旁監督就能讓同學完成視力檢查項目。

玖、使用限制與未來展望

研究過程中正逢新聞不斷的播報大陸 COVID-19(新型冠狀病毒)疫情,確診人數過多致使檢驗器材與防護設備短缺,尤其化驗時間需耗 90 至 120 分鐘,在土耳其醫療團隊努力之下,成功研發新試劑縮短 60 到 75 分鐘,而台灣國衛院也擬開發 10 至 15 分鐘快篩試劑,有感而發當時的研究初衷,都是期望藉作品設計輔助改善人類醫療檢查過程。

礙於視力檢查過程屬醫療行為,相關器材必須經過國家檢驗後取得許可證才行,因此受限法令規定僅能用於輔助參考,不可將結果認定為絕對性,還必須經由專業眼科醫師判斷找出真正近視原因。此外,運用資訊教育所學的知識來研究,作品的技術上粗淺有限,起許未來研究感測方式能改用如 Xbox 遊戲機,使用鏡頭抓取配合影像辨識技術,讓受測者手勢感測範圍不在侷限某區域,亦增加如色盲與散光檢測等功能增加實用性。

拾、參考文獻

林曉雲。自由時報。國小童近視率略降 國中破 7 成。

<https://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1270837>

張聰麒。遠見眼科。近視防治新觀念。

<http://tsongchi.blogspot.com/2019/08/9-2-6-6-x-4010-2001001.html>

黃天如。風傳媒。學生「惡視力」創新高！。<https://www.storm.mg/article/447027>

黃慧玫。國家網路醫療。2019 全民護眼趨勢調查出爐！。

<https://www.kingnet.com.tw/knNew/news/single-article.html?newId=43908>

巫曉嵐。中時電子報當心孩子的視力拉警報。

<https://magazine.chinatimes.com/mombaby/20140310006533-300401>

修飛機的 boy。每日頭條。飛行員視力檢查中的「C 字表」是個什麼東東。

<https://kknews.cc/zh-tw/health/3j4b9l3.html>

知乎日報。每日頭條。視力表為什麼要用 E 來測試視力。

<https://kknews.cc/science/389znua.html>

中文果子說。每日頭條。視力表用 E 來測試視力的優勢是什麼、

<https://kknews.cc/zh-tw/culture/4palrx.html>

林隆光。健康促進學校。學童視力測量方法。

<http://blog.jges.tc.edu.tw/lifetype12/index.php?op=ViewArticle&articleId=2413&blogId=110>

利瞳。Q 博士。視力表你了解多少？1.0 和 5.0 之間如何換算。

<https://www.pixpo.net/health/OK662LlN.html>

眼科於青醫生。每日頭條。視力檢查那點事兒。<https://kknews.cc/zh-tw/health/abzl6mv.html>

伊秀女性網。壹讀。國際標準視力表圖片展示 3 個方法教你如何檢測視力及功能。
<https://read01.com/0N2yRE.html#.XkjAiE86A1V>

張朝凱。Uho 優活健康網。視力檢查。<http://www.uho.com.tw/Print.asp?aid=1238>

王麗君 編著 (2018)。用 micro:bit 學運算思維與程式設計 (1-6~ 3-25 頁)。台科大圖書

陳致中 編著 (2017)。遇見 micro:bit 用 MakeCode 積木玩轉新世界(4-2~ 5-26 頁)。台科大圖書

曾靖越 編著 (2014)。App Inventor 2 動手做 (7-2~ 7-12 頁)。全華圖書

黃建庭 編著 (2015)。App Inventor 2 專題製作 (2-1~ 5-25 頁)。松崗圖書

【評語】 032809

能利用所學製作出解決實際問題的方案，具探索精神，能由多種資訊管道取得所需資訊，作品結合控制器、感測器、馬達、軟體、顯示器等，以雷射切割機製作完整原型機，並以實際班級進行測試，報告詳實，作品結合各班級現有之顯示器，具高度應用性，可以減少視力檢查時人力介入的程度。是一個簡單但實用的系統，能用心觀察生活中的問題，利用所學知識，以簡單系統完整解決實際問題，相當值得鼓勵。

摘要

目前3C產品普及導致國人視力不良，近視比例已是全球名列前茅國家，防範學齡者用眼過度繼續惡化，學校每學期初實施視力檢查以追蹤狀況，受檢過程都採用人工出題與核對結果，全校學生檢測往往相當費力，本研究撰寫APP檢核程式安裝教室聯網電視做為出題顯示幕，並製作無線手持遮眼面具取代傳統遮眼棒，受檢結果運用物聯網技術傳送Google試算表，取代傳統紙本記錄方式並自動標註視力不良者，在研究過程針對作品檢測準確性，以整班學生進行受測比對，對於APP檢核程式有不恰當之處給予修正改良，找尋最佳解決傳統視力檢查方式。

壹、動機

近年來拜3C行動載具產品便利所賜，聊天、遊戲、甚至追劇都能由隨身小螢幕滿足每個人需求，致使產生許多人用眼過度，根據報章媒體報導台灣近視比例名列前茅，每10人就有9人近視，2017年從幼兒園到高中各年級學生的近視率皆較7年前大幅增加，小六生視力近視率更高達七成，可見視力健康已亮起紅燈不容忽視。

收音機常聽到醫療廣告標稱近視雷射手術，治療可一勞永逸就不必戴眼鏡真的這麼好嗎?原來它是利用眼睛前方角膜切成弧狀來代替眼鏡凸透鏡，不過近視仍歸咎眼軸距離拉長，使得無法成像到視網膜所造成，就算配戴眼鏡或雷射手術仍然無法將它回復，軸距較長之下隨著年紀越大視網膜病變風險就越高，近視屬「不可逆」疾病善加懂得自己視力狀況有其必要性。

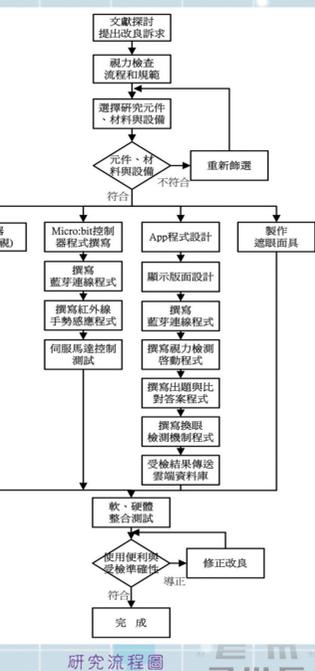
貳、目的

- 一、以無接觸感應方式得知使用者手勢方向了解視力答題結果。
- 二、感應手勢器利用無線傳送至檢測視力畫面，擺脫有線束縛增加便利性。
- 三、利用聯網電視具APP新增功能，將撰寫程式安裝取代健康中心之檢查機。
- 四、視力檢測過程具自動遮眼功能提高便利性。
- 五、撰寫APP功能具基本資料輸入功能才能得知檢測結果屬於哪一位同學，並且前者測驗結束座號能自動遞補累加增快檢測速度。
- 六、檢查結果傳送Google試算表，健康中心護士阿姨就能透過它了解同學視力狀況，取代傳統指本記錄方式。
- 七、Google試算表具自動註記複檢名單，取代人工節檢方式。

學年	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
國小	46.70	47.86	49.10	50.01	49.36	48.11	47.05	46.12	45.86	45.48
國中	70.76	71.59	73.52	74.25	73.71	73.39	73.28	73.02	73.35	

資料來源：教育部統計處 製表：記者林曉雲
近年來國中視力不良統計

	CATARACTS 白內障	GLAUCOMA 青光眼	RETINAL DETACHMENT 視網膜剝離	MYOPIC MACULOPATHY 近視性黃斑病變
近視100度-300度 -1.00 to -3.00 D	2x	4x	3x	2x
近視300度-600度 -3.00 to -6.00 D	3x	4x	9x	10x
近視大於600度 > -6.00 D	5x	14x	22x	41x



參、研究材料

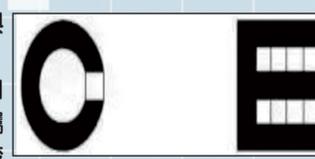
名稱	規格	數量
紅外線模組	反射式	4
伺服馬達	180度	1
電源穩壓模組	DC3.3V	1
電阻	1KΩ	4
鋰電池	18650	1

名稱	規格	數量
電池盒	18650專用	4
錫錫	0.8mm	若干
單心線	1mm	50cm
杜邦線	公對公	12
瓦楞板	厚度 0.5mm	3

肆、先備知識

一、檢測圖形種類

檢測圖形種類與差異性常見的視力檢查圖形分為C與E兩種，經醫學專欄獲得資訊招募飛行員需極高等對視力，會採用C形圖表進行量測，由於環形C視標有8個方向單開口會比起E圖 4個多一倍，因此C字表難度要比起E稍難。而E屬於柵格構造，對於測試散光有一定幫助，譬如某人能清楚地辨認左右的E但是上下的E卻辨識困難，就可以合理懷疑他可能有散光。



常見視力檢測圖形

二、視力檢查流程

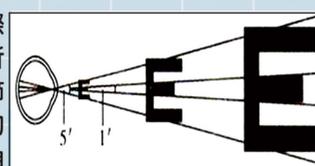
了解視力檢查SOP流程向保健室護士阿姨相約訪談，得知測驗時所站位置必須離畫面6公尺，在用專紅外線遙控器進行人工隨機出題檢測範圍可從0.1至2.0。當答對滿3次才會往下進行避免同學看不到而瞎猜題目，而每一級均給予5次機會從過程中對錯次數，來決定獲得正確的視力結果。



從螢幕量測各級數圖形大小

三、各視力級數圖形大小

檢查時每一個級數圖形到底有多大?如何訂定?國際標準依據1分視角、5米距離、小數記錄等標準製作，所謂「1分視角」就是由外界兩點發出的光線，經眼內節點所形成的夾角，正常情況下人眼能分辨出兩點間的最小距離所形成最小視角即1分視角，在級數1.0視角解析度為1，5米能看見1.45毫米物體也代表線條寬度是1.45毫米，而級數1.0時的E字大小為1.4544 * 5 = 7.3毫米。



視力表量測原理

伍、文獻探討

常見的壁掛式圖形視力檢查方式，市面上還有些產品運用視力檢查，上網蒐集相關詳閱產品其功能與使用方式，整理後如下表四大分類型態：

形式	外觀	檢測方式
視力檢查表		最常見的視力檢查方式，距離受測者6公尺牆壁貼上測驗紙或一只燈箱，在以人工隨機指向圖形出題，最後對照受測者與指向圖形缺口是否吻合以檢測結果。 資料來源： https://taiwanoffices.com/goodeyes/Eye_Vision_Chart.htm
微電腦液晶視力檢查儀		前面擺放液晶螢幕用來顯示視力檢查的圖形供給受測者測驗，另一端的醫護人員經由手上紅外線發射器出題，以檢測受測者視力結果 資料來源： http://www.super-view.com.tw/www/prodshow.asp?ProdId=KHE-3000
電動牛眼視力檢查器		利用人工出題，受測者將眼睛放在視力檢查器鏡片後，受測者用手指出答案，醫護人員對照答案是否正確，此視力檢查器可以透過內部鏡片調整，讓受測者檢測視力狀況。 資料來源： http://www.twnoptic.com/index.asp
桌上型視力檢測儀		桌上型視力檢測儀，輕巧，可自動出題，受測者利用搖桿回答答案，只要將雙眼對到驗孔即可測驗視力，不需要醫護人員手動出題對照，並且可在空間狹小測驗。 資料來源： https://www.jiujiun.com.tw/products/30ef0388-26dc-4c27-b95f-ae723691caba/i-158

護士阿姨同意下讓我們自行操作視力檢查器，8吋顯示幕從級數0.1開始利用電子式游標卡尺依序量測其大小，從量測中得知每個級數圖形大小之外，可以確認呈現的E圖均為長寬都一致的正方體，這項探討有助於未來研究時，螢幕應秀出同等大小而非隨意訂定。

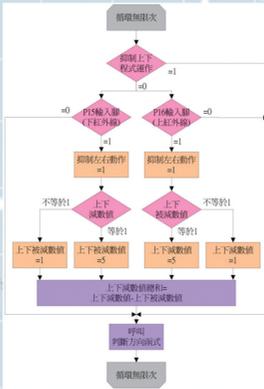
視力級數	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0
長度	9	4.5	3.0	2.25	1.8	1.5	1.29	1.11	1.0	0.9	0.75	0.6	0.45
寬度	9	4.5	3.0	2.25	1.8	1.5	1.29	1.11	1.0	0.9	0.75	0.6	0.45
線條寬度	1.8	0.9	0.6	0.45	0.36	0.3	0.23	0.22	0.2	0.18	0.15	0.12	0.09

量測各級數圖形結果

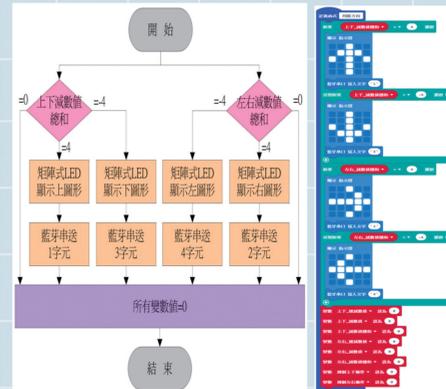
陸、研究過程及方法

一、撰寫Micro:bit程式

紅外線模組分別各放置3、6、9與12點鐘方向，判斷哪一個先被感應得知手勢方向，不過這樣的設計太簡陋很容易單點物體接近感應而誤判，必須A與B點偵測到物體才可以，也就是兩個紅外線依序時間不同被感應才認定該手勢方向。當下方紅外線感應到物體代表手勢為上下揮動，令「抑制左右動作」變數=1讓左右感應程式暫時無法執行，避免手勢繼續往上揮動使得左右紅外線也被感應，造成兩者程式同時運行反倒無法準確判斷方向。



手勢判斷流程圖與程式架構



判斷方向流程圖與程式架構

二、APP顯示程式設計

(一) 啟動檢查

前受測者檢測結束直到下一位，兩者停留間隔時間並非固定，必須設計啟動機制來告知程式「測驗開始了」，而且在尚未進入測驗時程式時，必須不斷檢查是否接收到該命令，因此設計以往手勢上揮動來告知程式，當收到代表下一位已準備就可進行視力檢測，同時利用「文本轉語音轉換器」使行動載具發出聲音，受測者就能從文字與聲音得知測驗已開始。

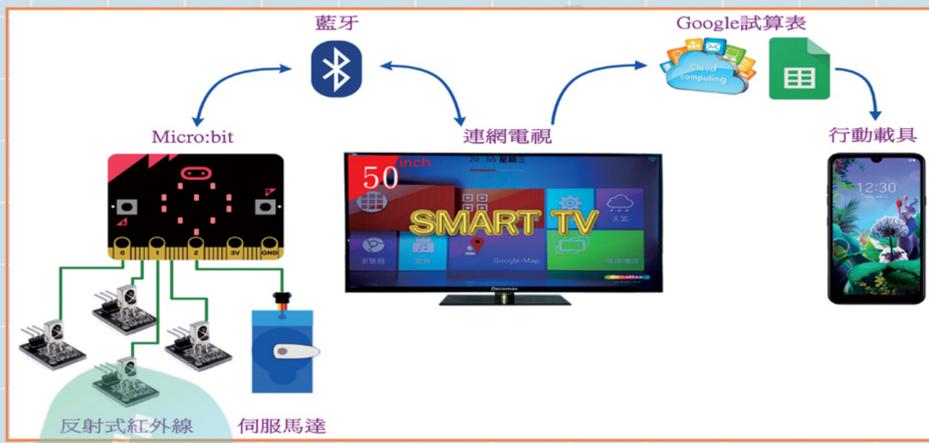
(二) 出題檢測

圖形的大小正是用來檢測眼睛可看的視力範圍，根據先前文獻探討所量測出的每個視力級數，讓秀在聯網電視所呈現圖形也具同樣的大小，這樣設計出APP才真正測眼價值，圖形大小是根據「標籤_視力級數」數字多寡對應調整，數值越低所產生的圖形就越小，在調整圖形大小中檢測受測者可看的視力等級，最後啟動另一組「比對答案」計時器，準備執行比對受測者所看到結果。

(三) 比對結果檢測錯誤

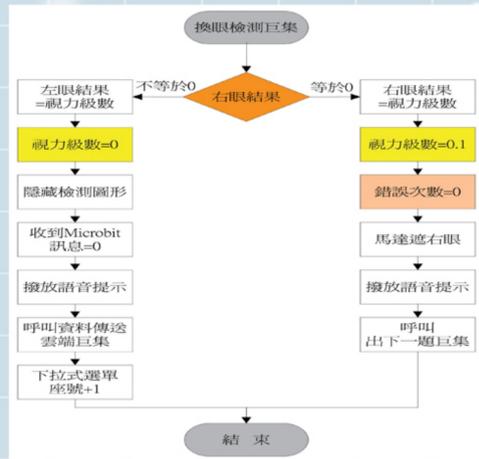
Micro:bit順利判別手勢方向，會立即將訊息傳送到APP「收到Microbit訊息」，使得該變數不等於0，緊著比對剛才出題的「圖形方向」變數，是否與「收到Microbit訊息」變數兩者相符合，若YES代表受測者能可到缺口圖形，令「標籤_視力級數」累加0.1讓下一題的圖形變得更小以便繼續檢測視力。反之，若比對兩者變數不同代表受測者看不到缺口，這時呼叫「錯誤」巨集程式並將「標籤_視力級數」累減0.1，使下一題的圖形變大來重新檢測。

比對結果檢測錯誤之流程圖與程式架構



(四)換眼檢測

程式執行此處時並非一定換眼檢測也可能兩眼檢測完畢，因此程式最上方一定要先判斷僅完成單眼，還是雙眼皆已檢查完畢，否則程式會不斷無窮盡換眼檢測，當下的受測者將無結果更別提欲測試下一位的視力。運用判別「標籤_右眼結果」數值是否=0，若YES代表僅測完單邊右眼視力，此時將視力級數設為0.1，「WriteRXCharacteristic」指令發送L文字，訊息欄與聲音提示揭發出「進行左眼檢測」訊息，再呼叫「出下一題」，巨集開始進入測驗機制。

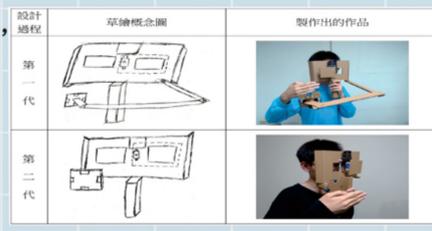


(五)資訊傳送google試算表

APP Inventor程式編輯頁面，建立「資料傳送Google試算表」巨集，用於放置專屬傳送資料程式之用，上方設計篩選視力結果程式，判別方式檢查左眼與右眼的結果，是否其中一個數值等於或小於0.8，若YES代表視力不良把「檢查結果」變數代入複檢註解文字NO則良好，護士阿姨就可從Google試算表結果欄位，得知那些同學需遞給視力複檢通知書。

(六)手持遮眼面具

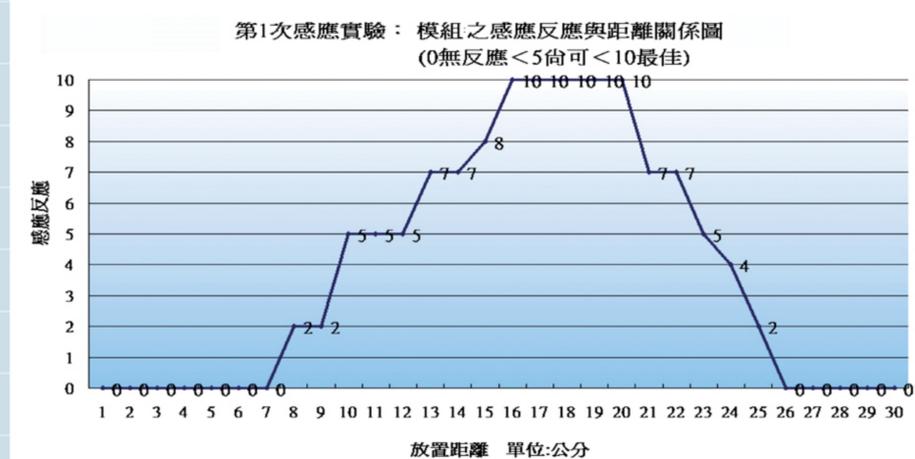
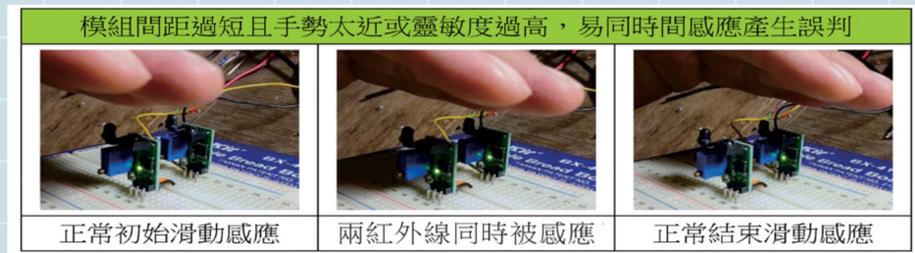
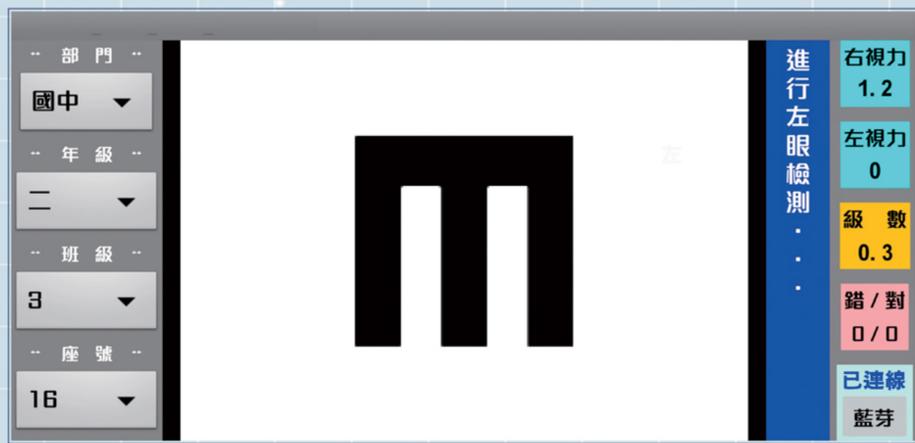
取代傳統的遮眼棒前方勢必要有遮眼裝置，以面具為基礎並在鼻子位置處擺放伺服馬達，藉由左右控制讓檔板達到目的，並在下方設計一個便利握手把，裡面可放置一顆鋰電池提供作品所需電力，Micro:bit則擺放面具較明顯上方「額頭」位置處，隨時從矩陣式LED監督手勢與感應結果兩者是否相符。



柒、研究結果、討論 & 解決方法

一、手勢感應

紅外線感應模組二者放置相距約2公分，感應靈敏度調整約30公分左右，以平常速度將手滑動過去，觀察手勢感應是否如預期判讀得到。經實測若手掌太靠近感應器，因二者紅外線間感應時間差過短，無法順利得知真正手勢方向，甚至幾乎同時間被感應，誤判機率當成單段控制甚高。於是將兩模組距離拉長，並每隔1公分反覆測試後記錄。

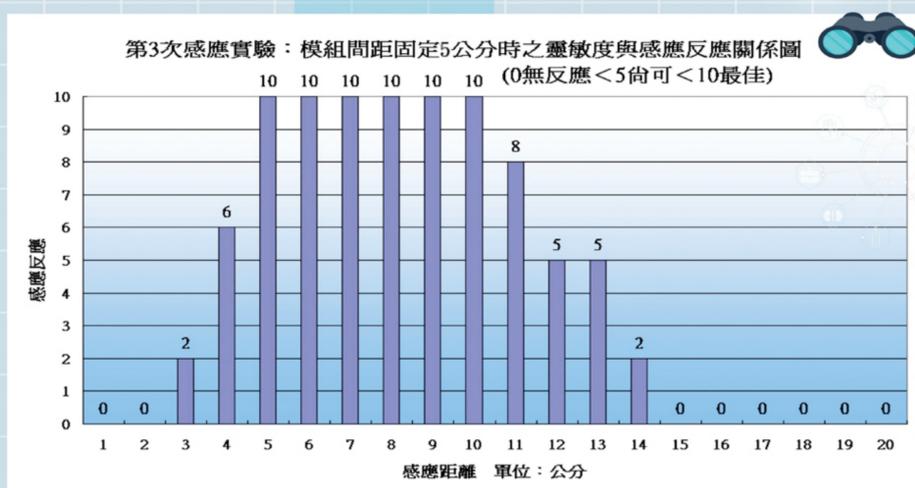


經實驗距離越長改善就越明顯，從數據顯示18公分為最佳狀態，不過雖然解決上述問題隨之一個問題又浮現，若這樣距離將來安置感應器豈不是要很大範圍。於是調整模組上感應靈敏度由30公分往下修正，並以手勢固定18cm高度滑動測試，發現縮短確實能夠讓模組間拉近，但靈敏度過低又會造成兩者感應時間差過長，或者模組間距過低，而且手勢滑動還不能太快有等多項缺點。

第2次感應實驗：手勢固定18cm高度滑動，感應靈敏度與模組間距關係圖

模組間距	感應靈敏度 單位:公分																															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

上述可知紅外線模組間放置距離、感應靈敏度與手掌滑過速度，三者間彼此都會牽引決定手勢感應成敗因素，不斷來回反覆測試感應靈敏度可達成約10公分探照物體能力，手勢滑動速度也能以一般自然流暢滑過感應得到，除了上下滑動方式由於人體工學因素，自然將手由左下往右上姿勢擺動，只要不過於誇張均可輕易判讀出來相當準確。



二、比對答案程式運作情形

反覆測試隨機出題與手勢方向都吻合時，視力級數就會每次累加0.1數值，中間檢測缺口圖形也會對應變小，使受測者繼續往下一個級數測驗符合視力檢查流程規範。級數來到0.5試著不對應圖形缺口，檢查測驗錯誤程式巨集執行結果，此時下個出題便會往上一級0.4顯示，若連續答錯2次代表降級也看不到，意味著先前測驗的0.4級數當時可能因被猜中而往下一級0.5，因此給予2次機會的設計是作為「再確認」之用，最後結束該眼檢測得到視力級數應為0.3。但是測驗者級數0.4非連續2次看不到，若隱若現中間夾雜看得到狀況，經反覆測試當答對時級數加0.1答錯時又會被自動扣除0.1，連續答對還會繼續往下一級出題，形成永遠無窮式的上下游走，這樣程式有缺憾必須加修正解決。

比對結果	回答狀況	檢測級數	說明
○		0.6	往下一級
X		0.4	往上一級
X → X		0.3	換眼檢測
X → ○		0.4 → 0.5	往下一級
X → ○ → X		0.4 → 0.5 → 0.4	級數無窮式上下游走
X → ○ → ○		0.4 → 0.5 → 0.6	

比對答案程式執行結果

