

# 中華民國第 62 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

第三名

032808

具備感測器融合之智慧義肢

學校名稱：嘉義縣私立協同高級中學(附設國中)

作者： 國二 許慕潔 國二 李可晴 國二 陳玠衡	指導老師： 何宗賢
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：感測器、義肢、3DP

## 摘要

中華民國在 110 年 3 月的統計數據，神經、肌肉、骨骼之移動相關構造及其功能具有障礙之人口共計 35.2 萬人，他們都可能有需要義肢的需求。傳統的義肢通常具有外觀、方便性、適應性等的問題，使用上也相對吃力且僅能完成一些基本的肢體動作。在我們的研究中，針對了幾點進行設計:具有革命性的義肢功能、方便且易於使用的介面、輕量且美觀的 3D 列印義肢。

此研究以「上肢義肢」為出發點，做出讓殘疾人士在使用上，更有自主意識操作的智慧義肢。使用者可以在手機藍牙端收到「手指馬達訊號」、「壓力訊號」與「肌電訊號」等資訊，透過以上這些數據，使用者將可以更明確地感受到義肢就像是自己身體的一部分，讓義肢更具人性化與智慧化。

## 壹、 研究動機

經過觀察，台灣的身障人口並不少，且現有之手部義肢設備具有:重量、方便性、外觀等有待改進之問題。台灣身心障礙人口總計 5.1%[1]。其中，全國身心障礙人口以肢體障礙者占 41.9%最多[2]。也有案例是因為職業傷害，造成自己身體永久性的傷害，若有辦法幫助他們回歸到正常生活、甚至重新為社會提供生產力，找回自我價值，期許對社會有不少益處，並解決很多家庭的生心理的問題。

在出現這樣的想法後，同時也因學校的課程接觸到了 Micro:bit 微型控制板，便思考將 Micro:bit 與研究整合，學以致用。也因自己身邊周圍的朋友有這樣的需求，若能透過本專題的設計來解決其生活的部分問題，將有助於克服其生活自理與恢復不同成長階段的自信心。也進而透過智慧科技與 3DP 義肢來實現「科技始終來自人性」的目標。其中，我們透過 FSR 壓力感測器與 EMG 肌電感測器等兩個感測器的融合判斷與分析，讓傳統義肢更具人性化與智慧化的功能。

此外，本專題也實現了 SDGs 目標三的「確保及促進各年齡層健康生活與福祉」宗旨，期望透過本專題的創新創意設計，提供給需要的肢障使用者一種快速製作與易於使用的智慧感測義肢。

## 貳、 研究目的

本專題主要的研究目的，包含下列各項：

- 一、改善現有義肢之不方便性。
- 二、提供義肢系統方便且實用的功能。
- 三、智慧感測器的應用，提供更人性化的需求。
- 四、探討 3D 列印之更多樣化的可能。
- 五、研究 Micro: bit、APP Inventor 的實用發展。
- 六、發展仿人類機器與設計。
- 七、將物聯網與應用普及化。

## 參、 研究設備與器材

如表 3.1 所示，為本專題所要使用的研究設備、器材與軟體統計表。

表 3.1、研究利用設備、器材與軟體統計表

設備或軟體名稱	型號	用途
智慧型手機	ASUS Zenfone 8	測試智慧義肢之控制程式和物聯網系統。
筆記型電腦	ROG Zephyrus M16	設計和編寫程式與功能
控制板	BBC Micro:bit V2	控制智慧義肢實現功能。
擴展板	DFRobot Micro:bit Driver Expansion Board	介面擴展並驅動伺服馬達
乾式 EMG 感測器	OYMotion	感測肌肉 EMG 訊號來操作義肢
濕式 EMG 感測器	AT-04-001	感測肌肉 EMG 訊號來操作義肢
伺服馬達	DS-999	實現抓握功能
FSR 壓力感測器	FSR400	感測手部所握取的物體軟硬度
三用電表	U1242A	量測各項電子數據
示波器	4022A (KEYSIGHT)	量測 EMG 感測器訊號

標準砝碼		提供 FSR 壓力感測器的重量標準與所產生的電阻值
杜邦線		連接各設備
免焊萬用電路板		連接各設備
3D 列印機	PING 300 PLUS	3D 列印義肢部分
3D 列印機	PING D600	3D 列印義肢部分
電腦作業系統	Windows	運作電腦軟體
手機作業系統	Android 11	運作手機軟體
程式編輯器	MakeCode	編寫 BBC Micro:bit V2 的程式
程式編輯器	APP Inventor	編寫智慧型手機的程式
虛擬終端	Tera Term	接受 BBC Micro:bit V2 序列
文書軟體	Word	編寫文件
文書軟體	Excel	繪製圖表、統計資料
3D 繪圖軟體	Inventor Professional	繪製 3D 列印文件
繪圖軟體	Lucidchart	繪製流程圖

## 肆、研究過程或方法

為了實現本專題作品，其相關研究過程或方法如下所列：

### 一、基本原理與相關背景

#### (一) 手部解剖學

手部為人類非常重要的部位，乘載了人類許多的基本動作，有句英文俗諺"Hand makes us human"即可知手部對人類真的很重要。在大腦皮質的控制區域中，負責控制手的所佔面積相當大，為了滿足手部大量的精密動作等需求。

如圖 4.3 所示，為手部骨頭學名與結構圖[3]。其中，義肢的製造重點 Hand（手掌）在手部解剖學中主要分為三個部分:Carpal bones（腕骨）、Metacarpals（掌骨）與 Phalanges（指骨）[8]。其中，滿足義肢的抓握功能主要為指骨的動作，指骨又分為 Distal phalanx（遠端指骨）、Middle phalanx（中間指骨）、Proximal phalanx（近端指骨）共三處，其中大拇指只有遠端和近

端兩個指骨，指骨間具有 interphalangeal joint（手部指間關節）連接。掌骨與指骨連結，在手掌中為固定指骨的部位。

而手指有幾個重要的動作是在義肢中需要實現的:

1. Flexion(屈曲) 最主要的功能是讓手部形成拳頭或是進行抓握，即是在我們義肢中主要的功能。
2. extension(伸展)將手指放開與攤平的動作。
3. Abduction(外展)將大拇指指向上遠離，即做出放開的動作。類似其他手指的 Flexion，但是在大拇指的 Flexion 方向定義與其他手指不同。
4. Adduction(內收)向大拇指下靠近掌面，即做出抓握的動作。類似其他手指的 extension，但是在大拇指的 extension 方向定義與其他手指不同。

## (二)感測器類型與應用方式

### 1. Force Sensing Resistor (FSR)壓力感測電阻器

Force Sensing Resistor 壓力感測電阻器(以下簡稱 FSR) 透過膜片（包含不鏽鋼膜片，矽膜片等）以感壓元件測量氣體及液體的壓力後，轉換為電氣訊號輸出動作[5]。其中，原理為半導體壓電阻抗擴散壓力感測器的膜片表面由半導體應變計構成。當外力（壓力）使膜片變形發生壓阻效應，進而使電阻變化時，感測器會將電阻的變化轉換為電子訊號。

### 2. 肌電圖(Electromyography)感測器

肌電圖(Electromyography，以下簡稱 EMG)感測器，用以表示記錄肌肉纖維動作電位(action potential)，在醫療領域是用來偵測及記錄肌肉電活動的技術[6]。這類型的檢查在醫學中稱作 Electrodiagnosis(EDX)電生理診斷，通常也會搭配 Nerve conduction studies(NCSs)神經傳導檢查。EMG 能幫助醫師檢查神經或肌肉是否存在問題。

如圖 4.4 所示，為 EMG 原始輸出訊號與位置範例圖。EMG 感測器是連接人體與電子世界的橋樑，傳感器能夠收集肌肉收縮的電信號，然後進行二次放大和濾波，並輸出信號。透過 EMG 感測器輸出的訊號，將能達成許多極具實用性的應用。

而 EMG 感測器電極的位置和方向對力量的影響很大。電極應放置在肌肉主體的中間，並應與肌肉纖維的方向對齊。若將 EMG 感測器放置在其他位置，由於減少了信號的數量，會降低了 EMG 感測器信號的強度和質量電機單元被測量。



圖 4.3、手部骨頭學名與結構圖[4]

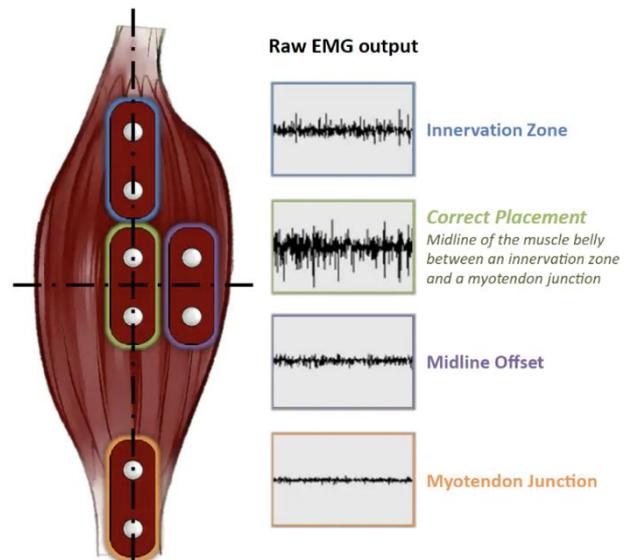


圖 4.4、EMG 原始輸出訊號與位置範例圖[7]

如圖 4.5 所示，為各種 EMG 感測器從示波器看到的訊號格式。其中，圖 4.5(a)顯示沒出力的 EMG 訊號，而相對的圖 4.5(b)則顯示出力的 EMG 訊號。

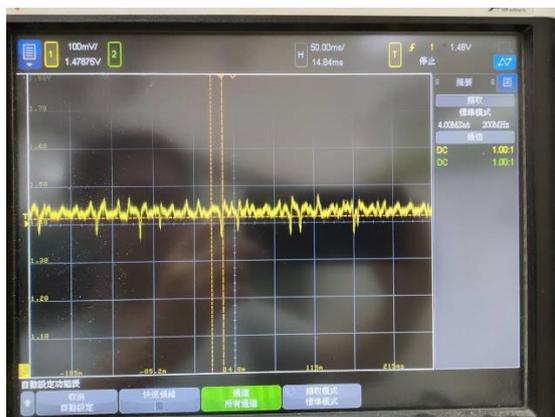


圖 4.5(a) 沒有出力的 EMG 訊號圖

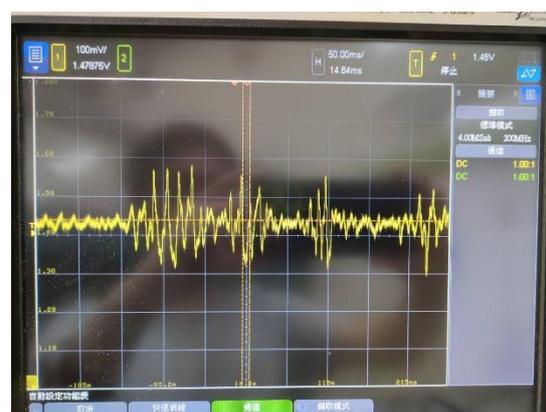


圖 4.5(b) 有出力的 EMG 訊號圖

透過 EMG 感測器的電位變化，可以得知我們的肌肉的變化程度。也因此，透過一個肌電訊號的閾值或是臨界值就可以判斷出肢障使用者的手臂肌肉是否有在工作，進而判斷出是否想透過義肢來抓取物體。如此，義肢的抓握或釋放就變得更人性化與智慧化。

肌電感測器主要又分為乾式電極和濕式電極兩種，大部分濕式電極是採用導電膠技術來貼合皮膚，以取得肌肉電位訊號，如:氯化銀貼片電極、腦波打膠式電極等，但需要在重複使用後更換。乾式電極對比於濕式電極相比較為穩定。

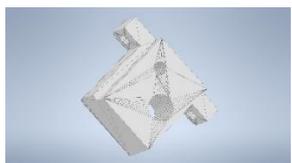
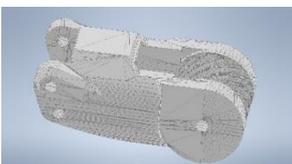
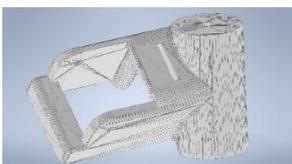
### (三) 3D 列印

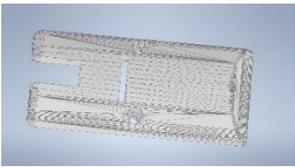
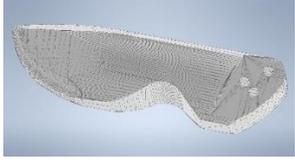
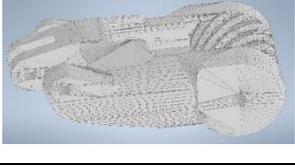
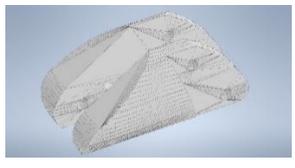
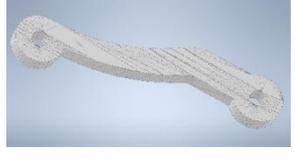
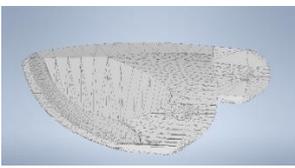
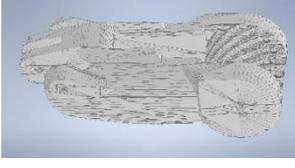
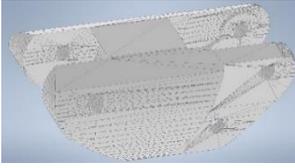
透過各種材質與 3D 列印機械，將 3D CAD 模型水平切割成單獨的橫截面，再依次堆疊後立體成型。本專題所使用的 3D 列印技術為 Fused Deposition Modeling (FDM) 熔融沉積成型，其 3D 列印原理通常是將熱塑性聚合物(如 ABS、PLA)透過加熱噴頭擠出。讓加熱噴頭的擠出材料可以在列印範圍內層層堆疊、冷卻並固化於平台上以完成物體。但由於成形原理是透過堆疊，在物體表面常有可見的層積紋理。

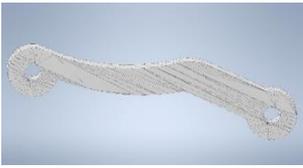
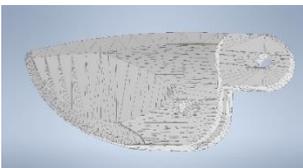
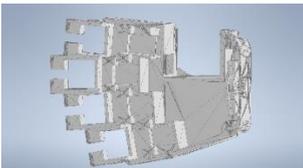
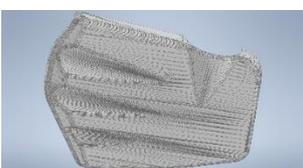
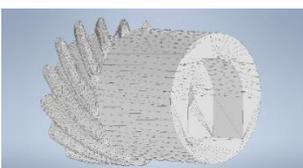
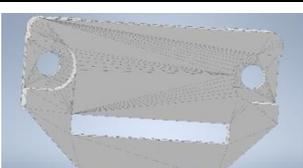
3D 列印具有極大的發展潛能，透過材質和技術的轉換，在建築，醫療等領域具有突破性的革新。本專題採用 PING 300 PLUS 與 PING D600(羽躍科技公司)來印製義肢的相關元件。

智慧義肢之硬體外觀為方便設計，本研究之義肢採用開源草圖進行研究與實作。其中，使用“Taiwan God Hand 臺(台)灣神手開源義肢(TGH)”，採用創用 CC 授權，姓名標示、非商業性、相同方式分享，並且允許使用者重製等。至 TGH 網站下載開源義肢，並進行印製[10]。如表 4.2 所示，為智慧義肢各部位零件名稱和 3D 預覽圖和功用表。

表 4.2、智慧義肢各部位零件名稱和 3D 預覽圖和功用表

零件名稱	3D 預覽圖	功用
大拇指固定件 (列印約需: 9min)		將大拇指部基座與其連接之指節等，固定於手掌主要結構上。
大拇指齒輪 (列印約需: 37min)		將大拇指透過齒輪由馬達驅動，並與其他指節連接。
大拇指近端指骨 基座 (列印約需: 1hr 37min)		固定大拇指的馬達、齒輪和指骨等部位，透過大拇指固定件與手掌主要結構連接。

<p>大拇指近端指骨背蓋 (列印約需: 38m)</p>		<p>大拇指近端指骨基座的背蓋，提供了馬達的補充固定和義肢的美觀性。</p>
<p>大拇指遠端指骨 (列印約需: 43min)</p>		<p>提供義肢大拇指完整的仿人捉握功能並提供近似人類手指的外觀。</p>
<p>小拇指近端指骨間齒輪 (列印約需: 34m)</p>		<p>將小拇指其他指骨與馬達和手掌本體相連。提供馬達驅動小拇指抓握的功能</p>
<p>小拇指中間指骨 (列印約需: 17m)</p>		<p>連接小拇指遠端和近端指骨，並與連接器作用。</p>
<p>小拇指中間和遠端指骨連接器 (列印約需: 4m)</p>		<p>將小指中間和遠端指骨連接，提供類似手部指間關節的活動功能。</p>
<p>小拇指遠端指骨 (列印約需: 25m)</p>		<p>提供義肢小拇指完整的仿人捉握功能並提供近似人類手指的外觀。</p>
<p>近端指骨齒輪 (列印約需: 36m)</p>		<p>將手指的其他指骨與馬達和手掌本體相連。提供馬達驅動手指抓握的功能</p>
<p>近端指骨和中間指骨連結器 (列印約需: 5m)</p>		<p>將近端和中間指骨連接，驅動手部中間指骨和近端指骨的活動。</p>
<p>中間指骨 (列印約需: 18m)</p>		<p>連接遠端和近端指骨，並與連接器作用。</p>

中間和遠端指骨 連接器 (列印約需: 2m)		將中間和遠端指骨連接，提供類似手部指間關節的活動功能。
遠端指骨 (列印約需: 22m)		提供義肢手指完整的仿人捉握功能並提供近似人類手指的外觀。
手掌下部 (列印約需: 7hr 6m)		連結個手指並裝設馬達。
手掌上部 (列印約需: 4hr 20m)		將手掌下部蓋起提供美觀性。
馬達齒輪 (列印約需: 13m)		將馬達和齒輪連接用以驅動各指骨齒輪。
馬達固定件 (列印約需: 5m)		將馬達固定於手掌下部的內側。

註 1:使用 Ping D300(羽曜科技公司)做時間量測。註 2:零件可同時印製。

如圖 4.6 所示，為義肢手掌下部印製完成實體圖。而如圖 4.7 所示，則為單一手指實際安裝圖。



圖 4.6(左)、義肢手掌下部與替換指骨印製完成實體圖。圖 4.7(右)、多色彩手指實際安裝圖。

## 二、智慧義肢與手機 APP 應用程式設計

根據以上研究方法與過程，我們預計實現的功能、特點與可能需要的設備進行整體系統規劃與統整。如表 4.1 所示，為本專題所要實現的智慧義肢功能一覽表。

表 4.1、本專題所要實現的智慧義肢功能一覽表

功能或特點	設備或軟體	目的
輕便且符合功能的義肢	3D 列印之手部義肢	擺脫原有之笨重或無法實現需求功能義肢。
抓握	馬達驅動，以及可控制之義肢系統	幫助身障者實現基本手部功能需求。
上肢肌肉控制	EMG 感測器	讓肢障者能以方便且直覺的方式操作智慧義肢。
判斷所抓取物體的軟硬度	FSR 壓力感測器	讓肢障者能輕易地抓取不同軟硬度的物體。
感測器融合功能	EMG 感測器與 FSR 壓力感測器	讓伺服馬達可以根據兩種感測器做出最適當的控制方式。
智慧化控制	Micro:bit V2	讓義肢能夠實現功能。
無線操控 APP	手機 APP	透過 APP 使義肢能與使用者更貼近，並帶來更方便的生活。

如圖 4.8 所示，為本專題的整體硬體架構示意圖，以及如圖 4.9 所示，則為具備兩種感測器(EMG 感測器與 FSR 壓力感測器)融合所設計出的智慧義肢功能示意圖。在圖 4.8 中，我們使用 3 組 FSR 壓力感測器來偵測所握物體的軟硬度，1 組濕式或乾式的 EMG 感測器，以及 5 組提供握力的伺服馬達。最後，相關的資訊再透過藍牙傳回給手機觀看與控制。

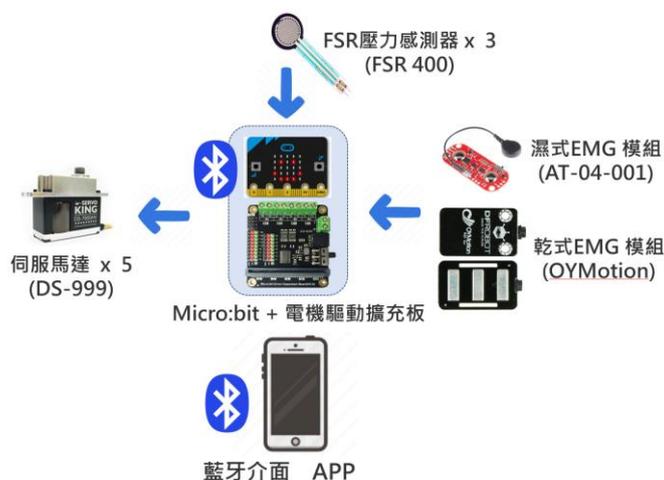


圖 4.8、本專題的整體硬體架構示意圖圖



圖 4.9、具備兩種感測器融合所設計出智慧義肢功能示意

## (一) 智慧義肢設計

### 1. 硬體設計

本系統採用 BBC Micro:bit V2 主控板來做為整體功能的核心控制板。如圖 4.10 所示，為 Micro:bit 主控板腳位連結示意圖。其中，Micro:bit 主控板在 P0~4 和 P10 具有 Analog-to-digital converter(ADC 轉換器)的功能，實現類比訊號讀取以及做為偵測 FSR 訊號的引腳(Pins)。此外，所有腳位除 3V 與 GND 外，皆可做數位讀取，類比/數位訊號和伺服馬達脈衝/訊號的寫入。

而 EMG 感測器則接於 P16，此引腳並無控制其他功能，可避免在 EMG 訊號輸入時造成主控板的誤操作，肌電訊號可以利用 Micro:bit 數位訊號讀取引腳的功能，故不必接於具有 ADC 的引腳。本專題運用乾式和濕式兩種 EMG 感測器來針對不同使用者提供最佳化的肌電感測解決方案。透過 EMG 肌電感測器，實現人性化且創新的義肢控制。因為不同使用者的皮膚表面均對肌電訊號的感測存在影響，且濕式電極可能會使部分使用者產生皮膚過敏反應。同時使用乾式和濕式兩種電極的 EMG 肌電感測器，讓使用者真對不同狀況選擇最合適的肌電感測控制方式

此外，FSR 壓力感測器可接於 P0~2(3 組 FSR 壓力感測器)，並運用 ADC 轉換器的功能，將可讀取 FSR 的類比訊號並轉換成數位訊號，以取得較為精細的壓力數值。而控制手指的五顆馬達分別接於 S4、S5、S6、S7、S8 共五個引腳，做伺服寫入的動作控制馬達。

### 2. 程式設計

BBC Micro: bit V2 擁有簡單且容易使用的程式編輯介面，採用 Blockly 的編程方法，將程

式語法或元件，表示成不同的形狀、大小的積木。對於我們所要實現的功能來說，十分的方便。透過這樣的系統，我們可以根據需求設計判斷肌肉運動和啟動馬達的程式，也能與 APP Inventor 整合，達成方便的控制功能。

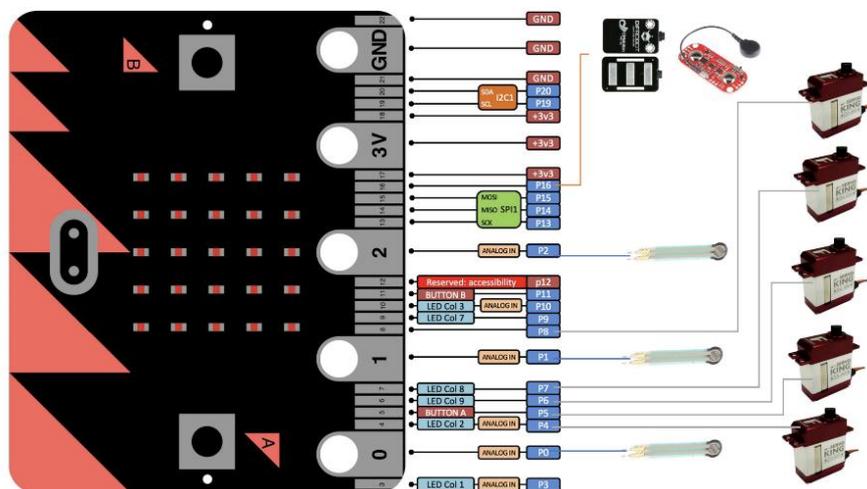


圖 4.10、BBC Micro:bit V2 主控板腳位連結示意圖

以下，說明本專題的 Micro:bit Scratch 軟體設計的方式與其實現的步驟。

## (1) 藍牙串口介面

藍牙擴展並未內建於 MakeCode 中，需將其加入擴展，已獲得完整的藍牙連線功能。如圖 4.11 所示，為在 MakeCode 加入藍牙擴展示意圖。首先，MakeCode 中，點選進階、擴展。進入擴展頁面後搜尋 bluetooth，後點選擴展，將擴展加入。

點選加入後，因藍牙擴展與原有廣播擴展不相容，MakeCode 將會顯示：「一些擴展將會被移除擴展 radio 與 bluetooth 不相容」。需要移除 radio 並添加 bluetooth。

當完成安裝後，在中央程式方塊庫即可見 bluetooth，此為加入成功，即可完整使用藍牙功能。如圖 4.12 所示，為 MakeCode 加入藍牙擴展完成示意圖。

為了達成 APP 通訊功能，點選藍牙、更多，加入。在「當啟動時」將變數初始化。加入「當藍牙連線時」、「變數 bluetooth 設為 1」，並呼叫藍牙串口服務。加入「當藍牙斷線時」、「變數 bluetooth 設為 2」。在藍牙斷線時，將變數 bluetooth 設為 2。加入「當藍牙串口數據中收到」，選擇結尾符號，將變數 BL\_DATA 設為藍牙串口讀取直到結尾符號”#”的數字部分。

如圖 4.13 所示，為 Micro:bit V2 啟動時與藍牙功能程式畫面。

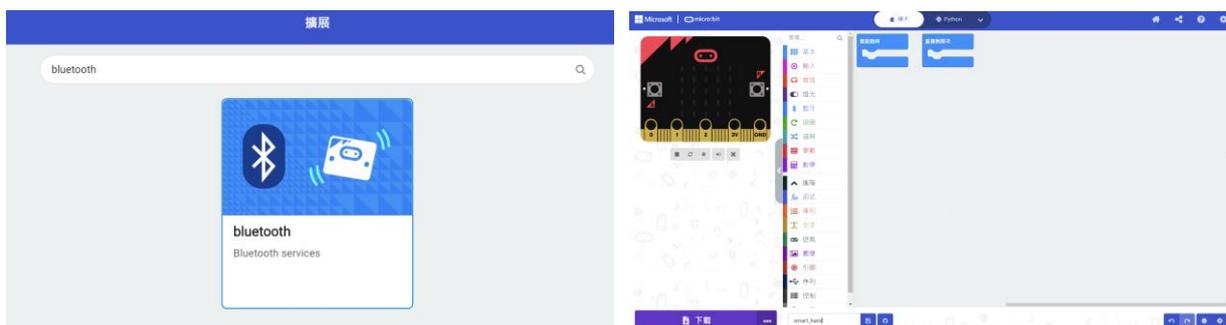


圖 4.11、MakeCode 加入藍牙擴展示意圖。圖 4.12、MakeCode 加入藍牙擴展完成示意圖



圖 4.13、Micro:bit 啟動時與藍牙功能程式畫面

## (2)EMG 感測器訊號讀取

建立 scan 函式，將變數 EMG 設為引腳 P16 數位讀取的數值，3 個 SFR 的變數設為各自對應的引腳類比讀取的數值。透過此函式，在程式中可以直覺的把功能集中，在主程式也能提高可讀性。如圖 4.14 所示，為定義 Micro:bit 讀取各腳位之 scan 函式畫面。

其中，將 EMG 接上引腳 P16。因只需知道肌肉是否運作，無需肌肉運作力道狀態等，採用數位信號讀取，獲得 0、1(低電位、高電位)作為肌肉是否出力的判斷標準。最後，將 3 個 FSR 分別接上引腳 P0、P1 與 P2，並採用類比信號讀取。



圖 4.14、定義 Micro:bit 讀取各腳位之 scan 函式畫面

### (3) 驅動伺服馬達

馬達屬於伺服馬達類型，Micro:bit 提供了兩種控制伺服馬達的功能，「伺服寫入腳位()至()角度」和「伺服設定脈衝 腳位()至 us()」。因此，Micro:bit 需要有擴充板才有足夠的電壓和電流驅動五顆伺服馬達，所以需要安裝擴充板專用的擴展功能。我們在擴展頁面貼上網址 <https://github.com/tangjie133/pxt-motor>，取得擴展 DF-Driver，DF-Driver 提供了許多的電機擴展程式，若要控制伺服馬達(簡體中文稱作舵機)需使用「舵機□角度○」的功能。但為了符合適應性的抓握，針對不同的角度，預先設定好不同的函式，在收到藍牙的傳送的強度訊號時，針對不同強度呼叫函式進行角度的設定。如表 4.2 所示，為各手指伺服馬達腳位，不同力道之馬達定位角度與藍牙數值表。

表 4.2、各手指伺服馬達腳位，不同力道之馬達定位角度與藍牙數值表

	大拇指	食指	中指	無名指	小拇指	函式名稱	藍牙數值
對應舵機接腳編號	S4	S5	S6	S7	S8		
力道:強	80°	100°	90°	90°	80°	flexion3	3
力道:中	77°	97°	87°	87°	77°	flexion2	2
力道:弱	74°	94°	84°	84°	74°	flexion	1
放開	0°	10°	0°	35°	0°	extension	0

其中，定義四種函式「extension」、「flexion」、「flexion2」、「flexion3」，共建立四種函式。如圖 4.15 所示，為定義 Micro:bit 各種馬達狀態之函式畫面。

其中，三種 flexion 函式分別代表強中弱不同的角度。在定義函式使用「舵機□角度○」，將每個伺服馬達轉至抓取的目標角度。在函式「flexion」、「flexion2」、「flexion3」中將變數 blue 設為 0 回歸預設，將變數 motor 設為 1 代表馬達啟動。在函式「extension」中將變數 blue 設為 0 回歸預設，將變數 motor 設為 0 代表馬達關閉(手指狀態為放開)。

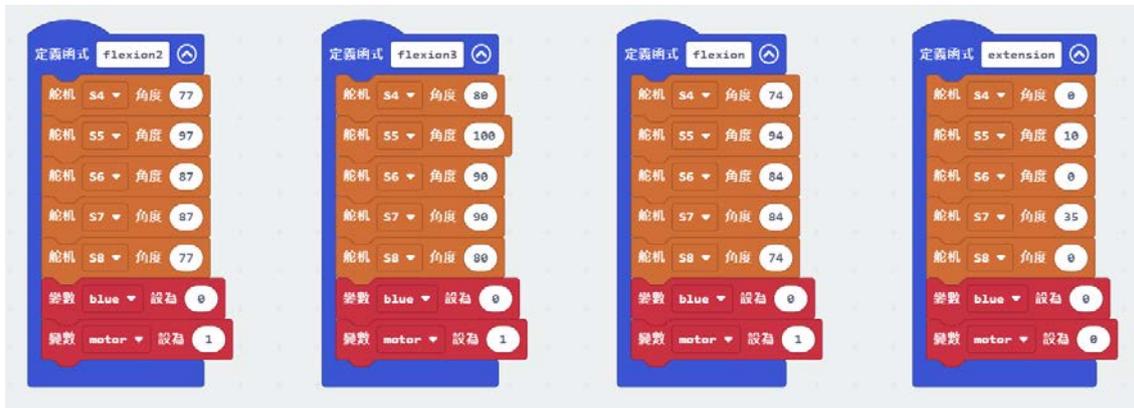


圖 4.15、定義 Micro:bit 各種馬達狀態之函式畫面

#### (4)智慧義肢資訊回傳功能

Micro:bit 透過藍牙串口與 APP 進行溝通，透過藍牙串口將資訊回傳給 APP，需要回傳的資訊有:EMG 訊號、馬達運作狀態、3 個 FSR 壓力訊號等共 5 個資訊。因藍牙串口傳輸具有大小限制，需要將 8 個資料分別傳送給 APP。透過在資料第一位加入序號，使 APP 程式能夠辨別資料內容，序號為 1 到 5，即為 APP 程式中清單儲存的順序。透過第一欄序號合併的方式傳遞，也能在 APP 程式中簡化資料分類。如圖 4.16 所示，為定義 Micro:bit 藍牙寫入之函式畫面。

其中，定義 send 函式，使用「藍牙串口寫入一行文字」的功能，透過字串組合將序號與讀取的數值結合，傳送至 APP。如圖 4.16 所示，為定義 Micro:bit 藍牙寫入之函式畫面。

#### (5)智慧義肢程式設計

在主程式中，使用重複無限次，且不間斷的進行的偵測和資料傳送，達成極低延遲的反應速度。因此，上述所設計的各种定義的函式就依序加以執行與作動。如圖 4.17 所示，為 Micro:bit 之主要程式執行畫面。



圖 416、定義 Micro:bit 藍牙寫入之函式畫面



圖 4.17、Micro:bit 主要程式執行畫面

## (二) 手機 APP 應用程式設計

APP Inventor 的程式積木模式程式系統，也可安裝許多擴充插件，使用更多功能的藍牙也與 Micro:bit 協同通訊。透過這些功能，我們可以設計更智慧的控制智慧義肢的 APP，也能讓使用者透過此 APP 監測智慧義肢的工作狀態。

以下，將說明智慧義肢的操控 APP 設計。在此，我們使用最簡易開發環境的 APP Inventor 軟體來實現 APP 應用程式設計。

### 1.APP 主程式設計

如圖 4.18 所示，為 APP 主程式流程圖。後續各章節，將依此流程圖依序加以說明。

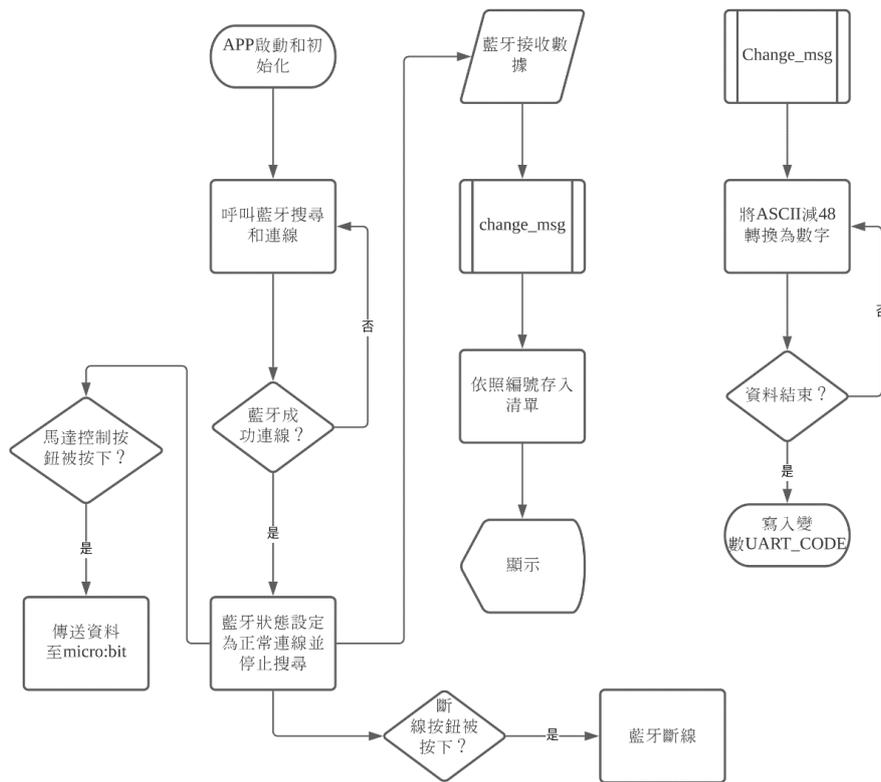


圖 4.18、APP 主程式流程圖

## 2.APP 使用者介面

此 APP 總共五個按鈕、一個清單選擇器、六個標籤、一個水平配置與一個表格配置。如表 4.3 所示，為使用者介面組件名稱和功能表。如圖 4.19 所示，為 APP 使用者介面圖。

其中，包含下列基本的功能。

- 五個按鈕功能為藍牙斷線和控制不同的馬達強度。
- 清單選擇器的功能為藍牙連線。
- 六個標籤分別顯示不同的智慧義肢狀況。
- 水平配置將藍牙連線之清單選擇器和藍牙斷線之按鈕配置於同處，方便在使用者視覺上整合功能。
- 表格配置將控制馬達強度的按鈕配置於同處，達成直覺化且方便辨識的操作。



圖 4.19、APP 使用者介面圖

表 4.3、使用者介面組件名稱和功能表

使用者介面組件	組件名稱	組件用途
按鈕	disconnect	停止藍牙的連線
按鈕	HAND_OFF	將馬達設置為放
按鈕	HAND_LOW	將馬達設置為弱
按鈕	HAND_MID	將馬達設置為中
按鈕	HAND_STR	將馬達設置為強
清單選擇器	BLE_LIST	進行藍牙的連線
標籤	condition	顯示目前運作狀態
標籤	EMG_condition	顯示 EMG 感測器偵測狀態
標籤	motor_condition	顯示馬達運作狀態
標籤	FSR2	顯示食指 FSR 壓力感測數據
標籤	FSR3	顯示中指 FSR 壓力感測數據
標籤	FSR4	顯示無名指 FSR 壓力感測數據

### 3.使用變數

在此，透過 3 個全域變數儲存通用資料，變數 HAND\_MONTOR 紀錄馬達按鈕數值，用以將數值傳送至主控板。如表 4.4 所示，為 APP Inventor 使用變數統整表。

其中，變數 UART\_CODE 儲存 Microbit\_Uart1.TXCharacteristicReceived 接受到的文字，方便在程序中轉換和在主程式中被取用。清單 number\_data 共 5 欄，分別代表 EMG、馬達狀況和 5 個 FSR 壓力感測器的數值，透過清單儲存，方便進行資料整理，在程式編寫時也能提高編寫的方便性和可讀性。

而如圖 4.20 所示，為 APP Inventor 程式使用之變數示意圖。

表 4.4、APP Inventor 使用變數統整表

變數名	HAND_MONTOR	UART_CODE	number_data
資料型態	數字	文字	清單
用途	紀錄馬達按鈕數值	儲存藍牙接收文字	儲存 UART_CODE 轉換後數值



圖 4.20、APP Inventor 程式使用之變數示意圖。

#### 4.藍牙串口與連線

透過 BLE，將 Micro:bit 透過 APP 與行動裝置(本研究使用 ASUS Zenfone 8)連線，以便控制和讀取智慧義肢。在 APP Inventor 的畫面編排中，將 BluetoothLE 放入會在螢幕下方以非可視組件顯示成功加入擴充套件。APP Inventor 會自動將其取名為 BluetoothLE1。

在程式設計頁面中，為了達成透過選單選擇連結設備的功能，使用清單選擇器來實現方便的操作。在程式設計頁面中使 Screen1 初始化時能開啟 BLE 的掃描功能(如圖 4.21 所示)，並將狀態顯示為「運作狀態:藍芽搜尋中」方便使用者了解 APP 的運作狀態。



圖 4.21、APP Inventor 初始化之程式畫面

在 APP 尋找到藍牙裝置時(如圖 4.22 所示)，將狀態顯示為「運作狀態:藍芽搜尋完成」，將清單選擇器 BLE\_LIST 的元素字串設為 BluetoothLE1 尋找到的設備列表以讓使用者選取。



圖 4.22、APP Inventor 當 BluetoothLE1 尋找到設備之程式畫面

在使用者選擇完成後(如圖 4.23 所示)，會呼叫 BLE 會進行連線，並將連線設置為清單選擇器 BLE\_LIST 的選中項索引，以利呼叫 BLE 連線的程式能夠順利運作。



圖 4.23、APP Inventor 當 BLE\_LIST 選擇完成之程式畫面

藍牙正常連接時，便會將狀態顯示為「運作狀態:藍牙正常連線」(如圖 4.24 所示)，並停止 BluetoothLE1 的搜尋。若未在連接完成時停止 BluetoothLE1 的搜尋功能，在連接後會因為 BLE 的搜尋出現與以連接之設備斷線之錯誤。



圖 4.24、APP Inventor 當 BluetoothLE1 正常連線之程式畫面

若在發生斷線、無法連線、連線錯誤等，狀態顯示將為「運作狀態:藍牙沒有連線」，方便讓使用者得知運作狀態。如圖 4.25 所示，APP Inventor 當 BluetoothLE1 斷線之程式畫面。



圖 4.25、APP Inventor 當 BluetoothLE1 斷線之程式畫面

## 6. Micro:bit 藍牙介面寫入功能

APP 與 Micro:bit 溝通，需透過藍牙與通用非同步收發傳輸器 Universal Asynchronous Receiver/Transmitter(UART)，又稱串口進行傳輸。在擴充套件中，即有 Micro:bit\_Uart 的功能與 Micro:bit 藍牙串口通訊，此套件具有收/發功能，能幫助我們達成 Micro:bit 與 APP 的資料傳輸。此功能在此作為將指令與動作寫入到(傳送給) Micro:bit 以控制智慧義肢的功能。

首先，在 APP Inventor 的畫面編排中，將 Micro:bit\_Uart 放入會在螢幕下方以非可視組件顯示成功加入擴充套件。APP Inventor 會自動將其取名為 Microbit\_Uart1。在稍前，已先加入 BLE(BluetoothLE1)的擴充套件，我們可以看到 BluetoothLE1 和 Microbit\_Uart1。

而智慧義肢設計為可由 EMG 感測器或 APP 進行控制，在 APP 控制的部分，由使用者按下按鈕，APP 便會發送數值給 Micro:bit，使 Micro:bit 能夠控制智慧義肢。其中，如表 4.8 所

示，按鈕分為強、中、弱等三種抓握模式以及一個關能夠使義肢放開。

而程式設計透過全域變數 HAND\_MOTOR 儲存馬達狀態。全域變數方便程式在不同區域讀取馬達資訊，也方便程序進行發送。在顯示部分，也能透過全域變數在程式中的使用，讓使用者也能讀取馬達狀態。

表 4.8、HAND\_MOTOR 數值與馬達運作狀態對應表

HAND_MOTOR 數值	0	1	2	3
馬達運作狀態	關	弱	中	強

其中，需定義程序 write\_motor\_mode(如圖 4.26 所示)。在 write\_motor\_mode 中放入 WriteRXCharacteristic 程式方塊，其能將訊息(字串 Strings)編碼成 UTF-8 並以 32 位元的整數型態傳送至 Micro:bit 的接收串口。在程式方塊 WriteRXCharacteristic 中，將全域變數 HAND\_MOTOR 與 Micro:bit 程式中設定的結尾文字” #” 合併，後將此合併後的文字發送至 Micro:bit 以實現智慧義肢的狀態控制。

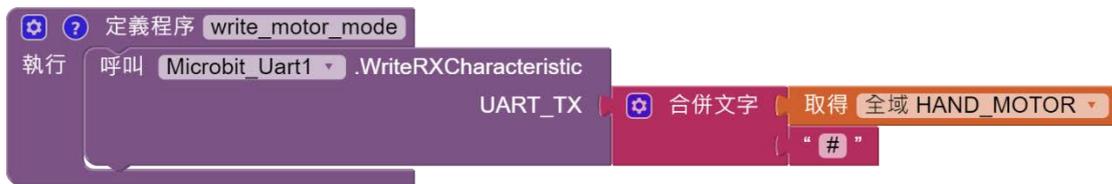


圖 4.26、APP Inventor 定義 write\_motor\_mode 之程序畫面

在智慧義肢的控制按鈕被點選後，將全域變數 HAND\_MOTOR 設定為指定的數值，後呼叫程序 write\_motor\_mode 將狀態發送至 Micro:bit 控制智慧義肢，其餘模式按鈕操作相同。如圖 4.27 所示，為當馬達強度按鈕被點選之程式畫面。



圖 4.27、當馬達強度按鈕被點選之程式畫面

## 7.接收智慧義肢資訊

因 Micro:bit 的藍牙串口發送資訊是採十進位的 ASCII(以下 ASCII 均預設十進位進行探討)發送。如表 4.9 所示，為 ASCII 與文字表。APP Inventor 則會以清單接收每個字元，例: BBC Micro:bit 發送 501，APP Inventor 會以清單儲存接收到的內容，範例儲存如下 [“53” ,” 48” ,” 49” ]。因此，設計程式將清單轉換為文字以供閱讀。因此，需定義程序 change\_msg，設定傳入數值 x，並加入一個 FOR 迴圈，範圍為 2 到清單 X 的長度減 2。最後，將清單的項目轉換為原本代表之數字並合併於 UART\_CODE 後方。

表 4.9、ASCII 與文字表

ASCII	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
文字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

因 0 的 ASCII 碼為 48，若要將 ASCII 碼轉換為可閱讀的文字，將 ASCII 碼減去 48 即可得到正常的十進位數字。在此，需將清單的每個欄位依序轉換為數字後合併，但因為接收會有共計兩位的結尾符號，需設定 FOR 迴圈的起始設為 2。因為傳入資料的第一欄作為傳遞的訊息種類標記，結束設為清單長度減 2，並只處理我們需要的數字部分，即可將第一欄的標記分離。

如圖 4.28 所示，APP Inventor 定義 change\_msg 之程序畫面。



圖 4.28、APP Inventor 定義 change\_msg 之程序畫面

緊接著，定義 display 程序，將清單 number\_data 中除的數據分別顯示在不同的標籤(如圖 4.29)。因為標籤 motor\_condition 和標籤 EMG\_condition 並非直接顯示數字，透過如果判斷式，將數值轉換為預設文字顯示。透過 Microbit\_Uart1 套件中的「當 Microbit\_Uart1.TXCharacteristicReceived」，即可在接收到藍牙訊息時運行程式，並呼叫程序 change\_msg 取得轉

換後的數值。此外，需將轉換後的數值放入清單 number\_data 中儲存，並透過接收到訊息的第一個欄位，放入清單中指定的位置，以及呼叫程序 display，在標籤中顯示資料。

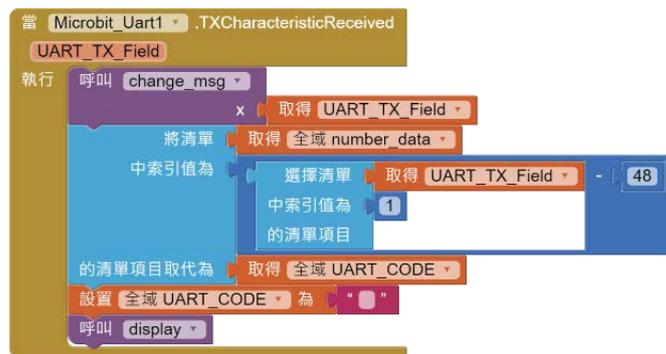


圖 4.29、APP Inventor 定義 display 之程序畫面

最後，如圖 4.30 所示，為 APP Inventor 收到藍牙內容之程式畫面。

### (三) FSR 壓力感測器訊號量測

為了得知義肢所抓握物體的軟硬度，智慧義肢可透過 FSR 壓力感測器讀取其握取的壓力數值。因此，即可讓使用者判斷手指抓握的伺服馬達輸出最佳的功率，進而確保伺服馬達不易燒毀。在此，使用 FSR 壓力感測器來量測標準砝碼，進而取得在不同重量下的數值。其中，FSR 壓力感測器量測數值能在 APP 以公制顯示，方便使用者做為參考。以下，針對 FSR 壓力感測器的量測來加以說明：

FSR 壓力感測器的直徑為 4mm，直接將砝碼押上無法測出精準的壓力感測數值。如圖 4.31 所示，為砝碼台 3D 預覽圖，以及如圖 4.32 所示，則為砝碼台實際圖。由於標準法碼無法直接放置於 FSR 壓力感測器上，因此，我們可以透過 3D 列印一個小型的砝碼台，底部為直徑 4mm 的圓形，置於 FSR 壓力感測器上，再放置砝碼。這樣可以降低 FSR 壓力感測器量測的重量誤差。

首先，使用三用電表歐姆檔測量不同重量的電阻值，後使用 Micro:bit 測量被讀取的數值。因 FSR 於 Micro:bit 讀取到的數值具有誤差，每次測量讀取 10 次，總共測量 3 次做為參考標準值。而 3D 列印的小型砝碼台重 4g，且因 4g 對壓力感測數值幾乎沒有影響，在此忽略不計。



圖 4.30、APP Inventor 收到藍牙內容之程式畫面

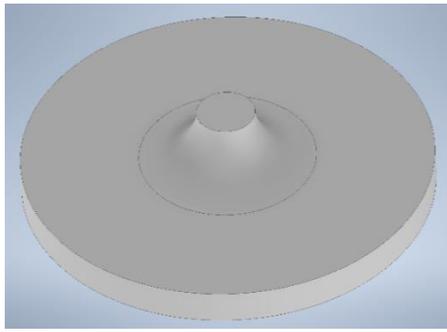


圖 4.31、砝碼台 3D 預覽圖



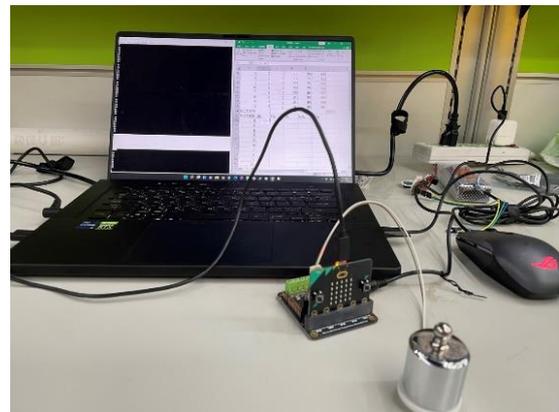
圖 4.32、砝碼台實際圖

如圖 4.33 所示，為了讀取所量測的 FSR 壓力感測器數值，我們編寫一量測程式，並讓 Micro:bit 能將數據透過序列埠傳輸至電腦中。當我們按下量測的按鈕後，即可傳送十次量測數據來觀察。而如圖 4.34 所示，則為使用 Micro:bit 量測 FSR 壓力感測器之實驗實體圖。

在實驗過程中，將砝碼置於砝碼台上，並壓於 FSR 壓力感測器上。此時，使用 USB 纜線將數值(0-1023 之間數值，2 的 10 次方)傳輸至電腦，並使用軟體 Tera Term 接收壓力數值。最後，則可以在 Excel 中進行整理與分析。



圖 4.33、Micro:bit 將訊號傳至序列的程式圖



圖

4.34、Micro:bit 量測 FSR 壓力感測器之實驗實體圖

表 4.3、使用 Micro:bit 量測 FSR 壓力感測器所讀取數值表

第一次重量	10g	20g	50g	100g	200g
1-1	2	2	352	431	652
1-2	2	2	352	429	651
1-3	2	2	352	430	654
1-4	2	2	353	429	652
1-5	2	2	352	431	653

1-6	2	2	352	429	655
1-7	2	2	352	430	655
1-8	1	2	353	430	653
1-9	2	2	353	430	654
1-10	2	2	351	429	655
第一次平均	1.9	2	352.2	429.8	653.4
第二次重量	10g	20g	50g	100g	200g
2-1	2	2	330	399	629
2-2	2	2	332	399	630
2-3	2	2	336	400	629
2-4	2	2	337	399	632
2-5	2	2	337	397	628
2-6	2	2	338	399	628
2-7	2	2	338	400	632
2-8	2	2	341	397	632
2-9	2	2	341	397	628
2-10	2	2	341	399	631
第二次平均	2	2	337.1	398.6	629.9
第三次重量	10g	20g	50g	100g	200g
3-1	2	2	329	418	594
3-2	2	2	329	417	592
3-3	2	2	329	419	591
3-4	2	2	330	419	592
3-5	2	2	329	417	594
3-6	2	2	330	418	591
3-7	2	2	329	418	591
3-8	2	2	330	419	592
3-9	2	2	330	419	593
3-10	2	2	331	418	595
第三次平均	2	2	329.6	418.2	592.5

如圖 4.35 所示，當我們操作時，需將砝碼與砝碼台連接，並放置於麵包板上。同時，使用三用電表儀器來量測電阻值。

如表 4.4 所示，為 FSR 壓力感測器所量測的電阻值數據表。其中，不同的砝碼重量所量測到的 FSR 壓力感測器的電阻值對應表，但由於 20 公克以下太輕，導致無法讀取到電阻值。

如表 4.5 所示，為根據量測結果計算出重量公制參考標準值。其中，我們量測範圍為 0-1023 之間(2 的 10 次方)數值。

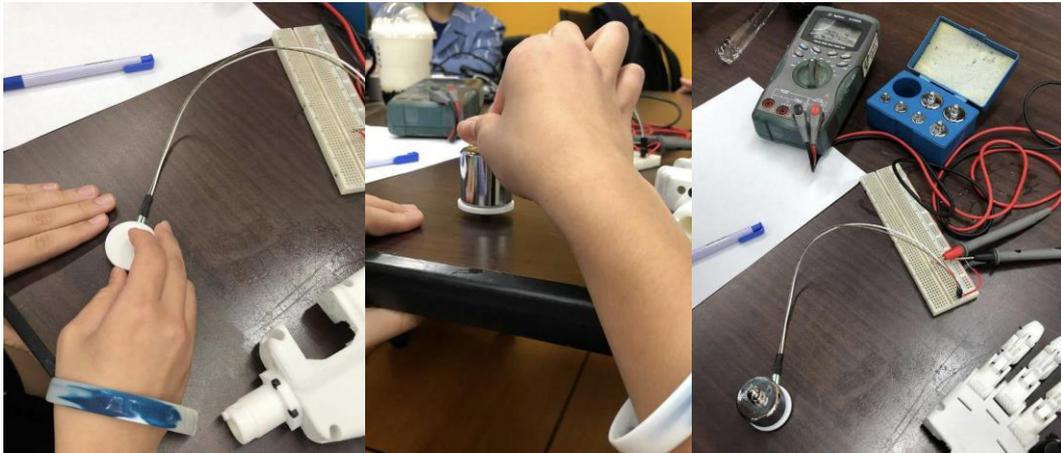


圖 4.35、進行 FSR 壓力感測器電阻值量測過程圖

表 4.4、FSR 壓力感測器所量測的電阻值數據表

砝碼重量(公克)	10	20	50	100	200
FSR 壓力感測器之平均電阻值(kΩ)	OL	OL	54.05	14.62	8.11

表 4.5、FSR 壓力感測器壓力參考表(表 4.3 之平均值)

砝碼重量(公克)	10g	20g	50g	100g	200g
Micro:bit 讀取數值	1	2	339	415	625

如圖 4.36 所示，則為 FSR 壓力感測器電阻值與重量對照圖。當我們讀取到不同的 FSR 壓力感測器的電阻值時，就可以換算所握取之不同物體的軟硬度。

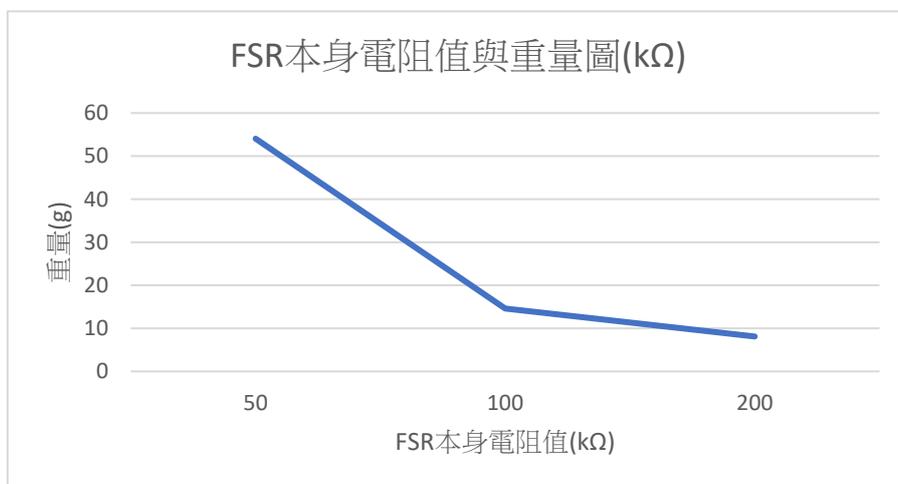


圖 4.36、FSR 壓力感測器電阻值與重量對照圖

## 伍、 研究成果

在本專題的相關研究成果中，我們依序實測感測器融合的智慧義肢功能。如圖 5.1 所示，當我們陸續印製好智慧義肢的各個部件後，即可開始進行組裝。當組裝完畢後，即可開始進行電路的引線連接，並將 Micro:bit 連接上機電擴展板，依序連接伺服馬達和 EMG 感測器，並下載程式至 Micro:bit 中。

如圖 5.2 所示，為智慧義肢安裝完畢示意圖。此時，將 APP 預先安裝於手機中，並加以開啟。在 APP 中，使用藍牙介面將手機與智慧義肢連線。緊接著，在手臂貼上 EMG 感測器，並使用手機所開發的 APP 進行操作。然後，將智慧義肢接上電源，與智慧型手機上的 APP 進行連接，並裝設 EMG 感測器位於手臂。如圖 5.3 所示，為基本的操作示意圖。如圖 5.4 所示，為操作 APP 操控智慧義肢之無物品抓握實體圖。其中，在無抓握物品時先行測試基礎抓握功能，確保義肢正常動作。

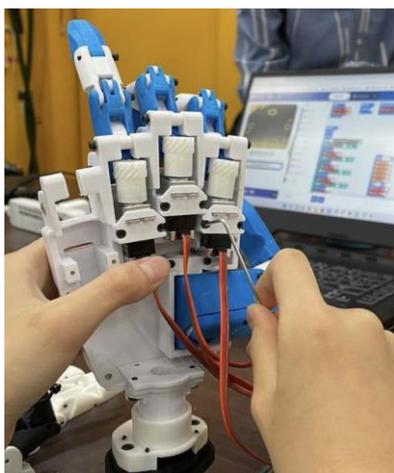


圖 5.1、安裝智慧義肢的操作過程示意圖

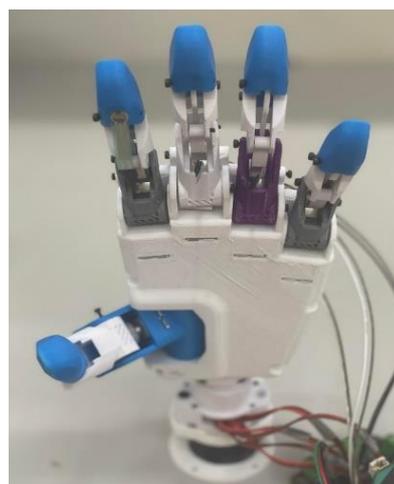


圖 5.2、智慧義肢安裝完畢示意圖

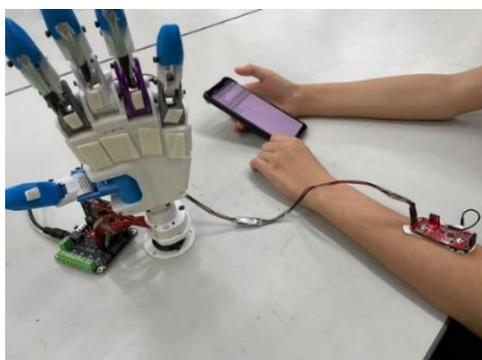


圖 5.3、智慧義肢與智慧型手機並裝設 EMG 感測器實際圖

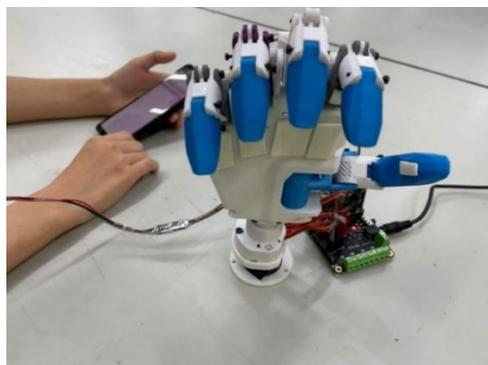


圖 5.4、APP 操控智慧義肢之無物品抓握實體圖

而在智慧義肢正常動作後，即可嘗試抓取物品。由於 FSR 壓力感測器對於過輕的衛生紙偵測不到硬度，因此，會全力捉緊。如圖 5.5 所示，為智慧義肢對於柔軟度過軟的物體抓取與放開示意圖。



圖 5.5、實際使用智慧型手機操作智慧義肢抓取物品。

如圖 5.6 所示，為智慧義肢對於柔軟度過硬與適中的物體抓取示意圖。



右圖 5.6、智慧義肢對於柔軟度過硬(左)和適中(右)的物體抓取示意圖

如圖 5.7 所示，為本專題於肢障測試者的調整與測試畫面，並針對實際的手部大小與 EMG 感測器的部分做調整，以逐步調整其使用的便利性。



圖 5.7、為本專題於肢障者的調整與測試畫面

## 陸、 討論

目前社會上，仍有許多人會因為手部有問題而導致生活上的困難。我們研製了一個融合壓力感測電阻器以及肌電圖感測器的智慧義肢，補足傳統義肢的缺點，並且我們打破傳統具創新的外觀和架構，擁有智慧感測融合及人性化和仿生技術的設計，同時具醫療保健及發展應用發展潛能。透過上述對於不同軟硬體物體的抓取實驗，證明了本專題-具備感測器融合之智慧義肢可以大幅改善肢障者的抓握做適應性的手指伺服馬達的控制。因此，本專題的感測器融合的創新創意將可為需要義肢的肢障者帶來智慧化與科技化的產品。

在智慧義肢的設計中，模仿了人類手部的構造，像是手指及手指間的關節，而義肢呈現最主要的功能是讓手部形成拳頭或是進行抓握，讓我們的義肢更具人性化。而為了更能貼近使用者的需求，義肢具備了基礎的抓握功能，並透過肌電感測器將電訊號傳送到馬達來控制義肢進行抓握。而有別於傳統義肢的地方是，我們增加了 FSR 壓力感測器，透過它來取得壓力回饋、偵測軟硬度來進行抓握。

此外，智慧義肢初期需要與手機 APP 應用程式連結，我們可以利用 APP Inventor 來撰寫 APP 應用程式，並透過手機的藍牙無線介面來與 Micro:bit 來溝通。而 Micro:bit 則連接擴充板用來控制馬達，同時接收 EMG 感測器與 FSR 壓力感測器的訊號，可以讓使用者透過手臂肌肉控制抓握並得知手指抓握的力道，了解義肢的狀況。未來，本專題透過 APP 應用程式調整測試後，會把符合肢障使用者的相關控制參數放到 Micro:bit 主控板中，如此，即可無需手機 APP 應用程式，並讓本專題作品更為便利性。

最後，由於我們的義肢是使用熔融沉積成形的 3D 列印技術所印製的，雖然容易修改與調整大小。但由於 3D 列印的義肢容易有脆化與磨耗的問題，因此，未來會再找尋不同的 PLA 材料，以延長智慧義肢的使用壽命。

## 柒、 結論

根據上述的研究方法與研究成果內容，我們可以初步可以驗證本專題-具備感測器融合之智慧義肢已具有可以輔助肢障者的基本生活需求。雖然無法完全取代很多細部的手指運動，但也已經具有部分輔助的功能。這對肢障的使用者來說，已有不錯使用效果。

透過本專題所實作的義肢並非作為營利性質。這是因為手部障礙的人不一定有工作能力，

更不能負起龐大的義肢費用。因此，將來我們可將智慧義肢與非營利組織合作，透過政府資助的金費，來幫助那些需要的人，並實現 SDGs 目標三的「確保及促進各年齡層健康生活與福祉」宗旨。而由於本專題是透過 3DP 列印與設計的，可以立即針對實際需要的肢障者做測試與調整，以符合使用者實際需求與提高便利性。

最後，透過感測器融合的概念，讓肢障使用者運用新的智慧感測科技，並採用 FSR 壓力感測器與 EMG 感測器來達到科技所帶來的便利性。未來，本專題還會持續改進，並朝更貼近使用者的需求來努力與邁進。

## 捌、 參考資料

- [1]. 國情統計通報 第 101 號(民 110 年 6 月 2 日)。行政院主計總處: 綜合統計處。民 110 年 11 月 23 日，取自:<https://www.dgbas.gov.tw/public/Data/162172111OM26LH57.pdf>
- [2]. 身心障礙者比率等(無日期。)。台灣就業通。民 110 年 11 月 24 日，取自:<https://www.taiwanjobs.gov.tw/upload/103/16917ab1-16a3-46bd-9278-6ea029ec1cb4.pdf>
- [3]. 王慈娟等(民 110。 )解剖學。高立圖書。
- [4]. Hand(2022) . Canada : qa-international .Retrieved November 21th,2021,, from <https://smallcollation.blogspot.com/2013/04/the-bones-of-hand.html#gsc.tab=0>
- [5]. 技術篇壓力感測器(無日期)。OMRON。民 110 年 11 月 20 日，取自:<https://www.omron.com.tw/solution/guideDetail/116>
- [6]. 肌電圖檢查(EMG)。2009 年 9 月 6 日。The Hospital for Sick Children (SickKids)。民 110 年 8 月 20 日，取自:<https://www.aboutkidshealth.ca/article?contentid=1278&language=chinesetraditional>
- [7]. 3-lead Muscle / ElectromyographySensor for Microcontroller Applications.(2015). AdvancerTechnologies . Retrieved November 20th,2021, from <https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/1897318/0/0/1/myoware-muscle-sensor-at-04-001-.html>
- [8]. APP Inventor, Micro:bit and UART .( November, 2021). Retrieved , November 23th,2021, from **錯誤! 超連結參照不正確。**

## 【評語】 032808

本作品利用 3D 列印、Micro:bit 開發板、EMG 感測、FSR 感測等技術，開發一套手部義肢，具有肌電、壓力訊號回饋做為調整義肢施力力度，可以示範抓取軟硬不同的物件，然而對於訊號解析，尤其是 EMG 如何正確解讀、各手指如何協調運作、眼與手如何配合而非被動感應物件壓力等方面較缺乏探討。鼓勵作者再接再厲，繼續精進，讓作品更完善。

## 作品簡報

# 具備感測器融合 之智慧義肢



具備感測器融合之智慧義肢

---

科 別：機電與資訊

組 別：國中組

關鍵詞：感測器、義肢、3DP

## 前言

---

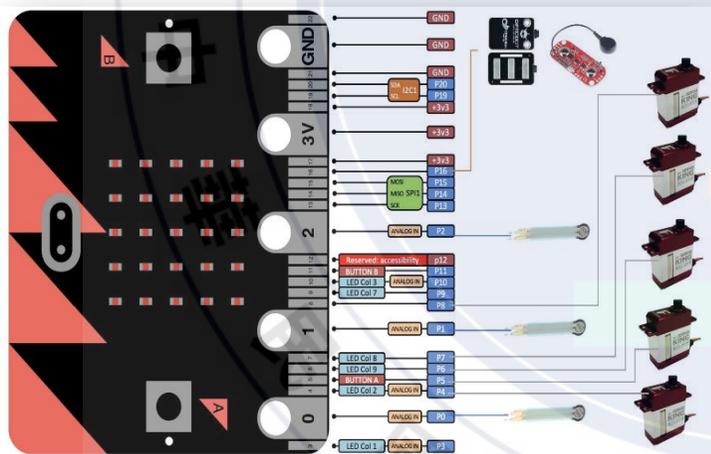
- 中華民國在110年3月的統計數據，神經、肌肉、骨骼之移動相關構造及其功能具有障礙之人口共計35.2萬人。
- 現有傳統義肢通常具有外觀、方便性、適應性等的問題，使用上也相對吃力且僅能完成一些基本的肢體動作。因此，較不具便利性與實用性。
- 在我們的研究中，針對了幾點進行設計：具有革命性的智慧義肢功能、方便且易於使用的介面、輕量且美觀的3D列印義肢。
  - 運用物聯網與智慧感測器來改善傳統義肢只能簡單的取物或是鬆開等功能。
  - 透過FSR壓力感測器與EMG感測器兩個感測器的融合判斷與分析，讓傳統義肢更具人性化與智慧化的功能。
  - 實現較為精細的人為操作模式，提升肢障者的生活便利性。



## 研究方法(一)

### ■ 整體規劃

- 實現功能所需之硬體: micro:bit控制板與擴充板、EMG感測器、FSR壓力感測器。
- 智慧功能讀實現: 上肢EMG訊號判斷、抓取物體的軟硬度判斷，並實現智慧化握力大小控制。
- 使用APP Inventor進行設計。直觀且人性化的app使用，透過藍芽與micro:bit通訊。



系統連結電路示意圖



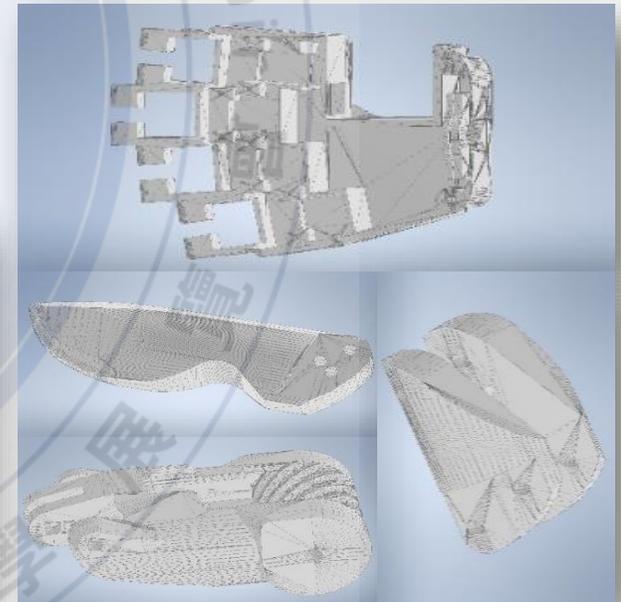
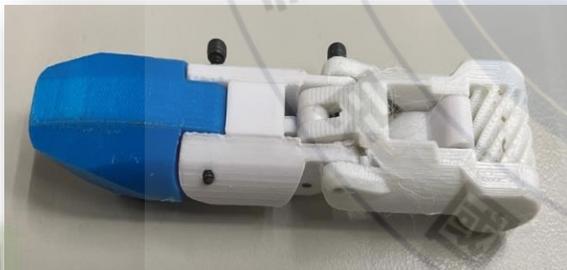
整體硬體架構示意圖



## 研究方法(二)

### ■ 義肢3DP設計

- 採用開源模型Taiwan God Hand 臺 ( 台 ) 灣神手開源義肢(TGH)並進行印製。
- 運用3D列印技術為Fused Deposition Modeling (FDM) 熔融沉積成型。
- 運用PING 300 PLUS (羽曜科技公司)來印製。



3D列印之零件與模型圖



## 研究方法(三)

- 同時讀取與融合兩種 EMG感測器(AT-04-001) 與 FSR壓力感測器(FSR400)。

透過**EMG**感測器偵測肌肉活動，並依照力氣大小去調肌肉之閾值

EMG : Electromyography

透過**FSR**壓力感測器偵測壓力受力情況，以得知物體軟硬度

FSR : Force Sensitive Resistor



雙感測器  
融合

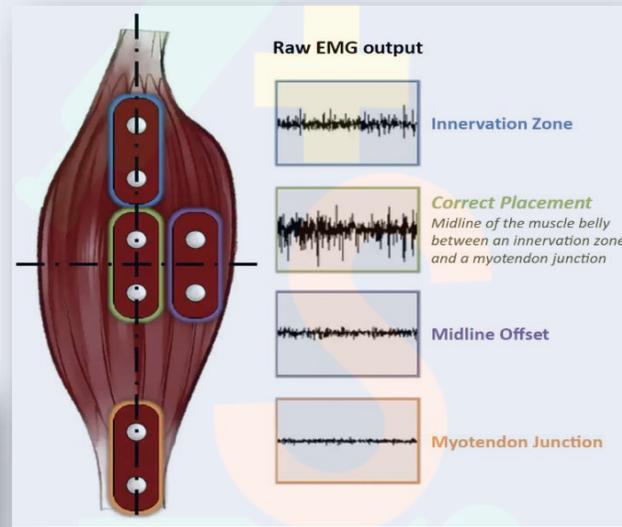


調整馬達旋轉程度，以達到穩定抓握不同軟硬度物品

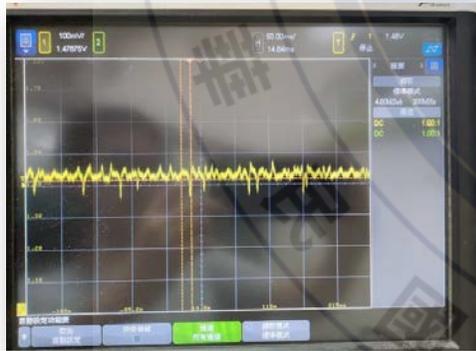


## 研究方法(四)

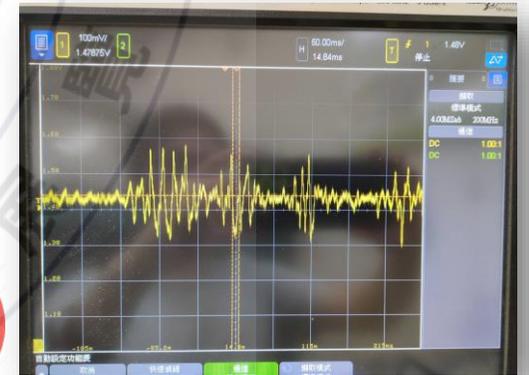
- EMG感測器判斷使用者所貼感測器位置的肌肉是否有出力與否。



EMG原始輸出訊號與位置範例圖



未施力的EMG感測器訊號圖



施力的EMG感測器訊號圖

## 研究方法(四)

- FSR壓力感測器判斷手指壓力的施力大小程度，進而推算所握取的物體軟硬程度。
  - 將標準砝碼置於砝碼台上，並壓於FSR壓力感測器上，透過Micro:bit讀取數值。

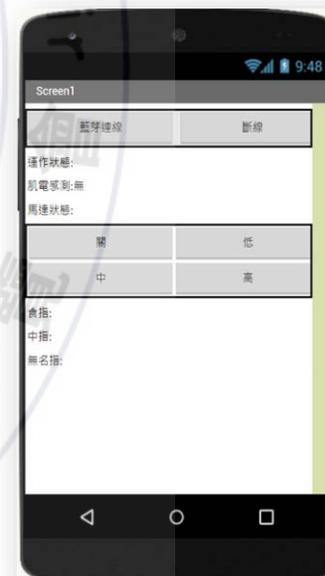
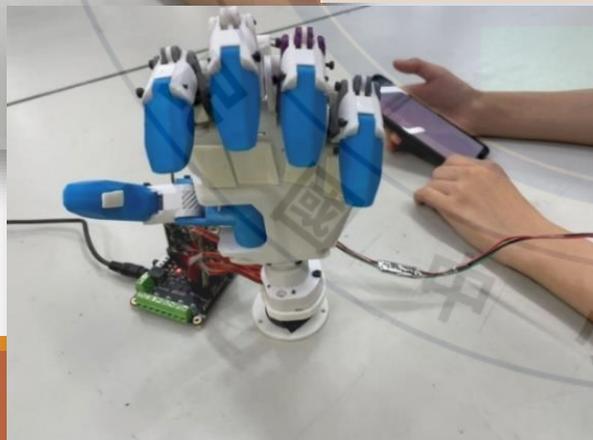
FSR壓力感測器壓力參考表

砝碼重量(公克)	10g	20g	50g	100g	200g
Micro:bit讀取數值	1	2	339	415	625



## 研究結果(一)

- 成功透過偵測EMG感測器控制手指馬達的開與關
- 成功透過判斷FSR壓力感測器去連動馬達驅動的施力大小。
- 可以根據使用者的EMG感測器與FSR壓力感測器，找到最佳的智慧義肢動作。



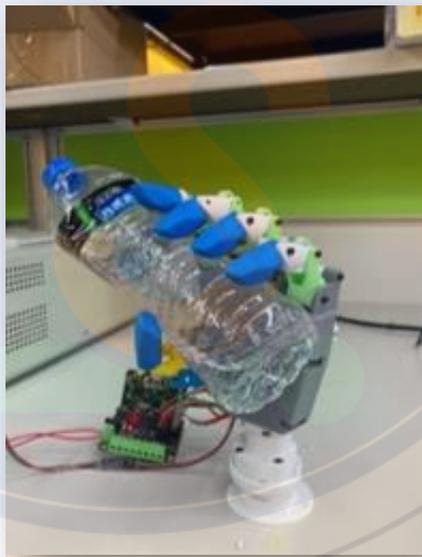
APP Inventor 開發的APP

## 研究結果(二)

- 抓取不同應力程度的物品:
  - 衛生紙(抓取硬度偏軟)。
  - 寶特瓶(抓取硬度適中)。
  - 螺絲起子零件盒(抓取硬度偏硬)。



軟材質



適中材質

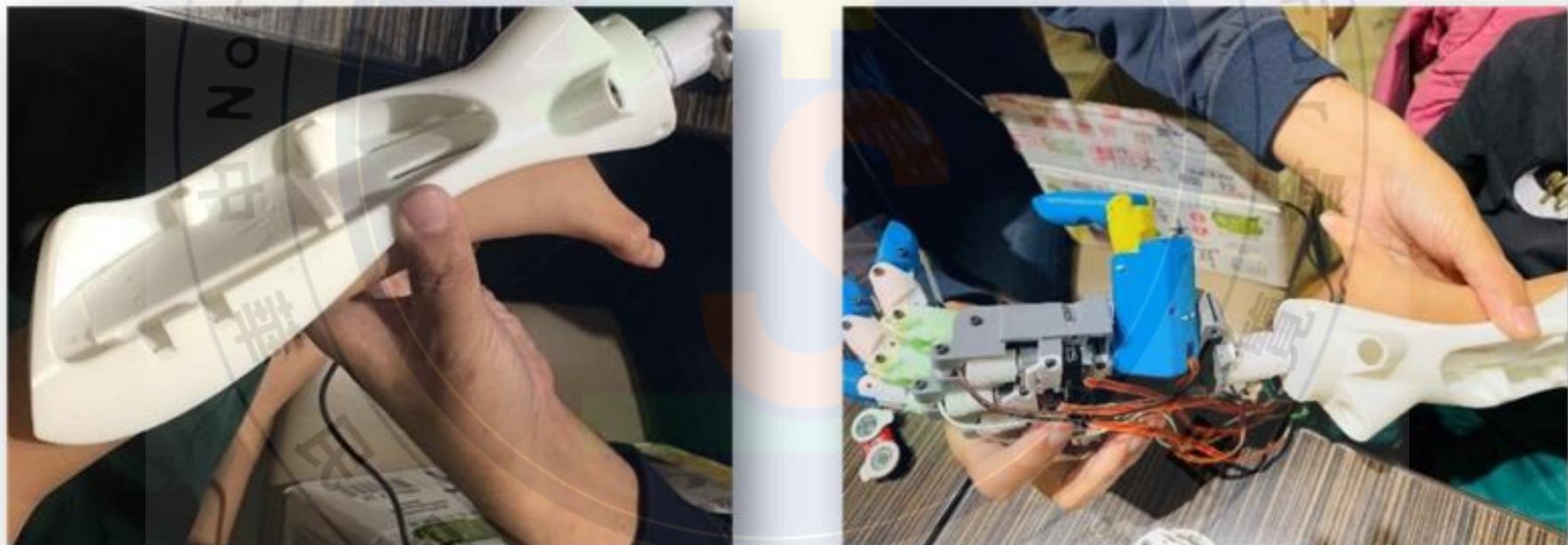


硬材質



### 研究結果(三)

如下圖所示，為本專題於肢障測試者的調整與測試畫面，並針對實際的手部大小與 EMG 感測器的部分做調整，以逐步調整其使用的便利性。



## 研究結果解釋

---

- 感測器融合的智慧義肢更貼近使用者的需求：增加EMG感測器與FSR壓力感測器融合判斷。
- 透過手機APP連結感測資料，藉此調整抓握力道，以調適成最適合每一位肢障者的施力與放鬆的肌肉狀態。當調適驗證成功，即有專屬特定使用者的參數，並不再使用手機。
- 客製化個人調整與設計，可改善使用者的生活便利性，並提高自我價值。
- 3D列印
  - 優點：個人化調整、製作更為便利。(快速客製化智慧義肢大小)
  - 缺點：脆化與磨耗問題。(可透過列印材料的替換來解決)



## 結論

- 透過實驗結果，初步驗證本專題-具備感測器融合之智慧義肢已具有改善傳統義肢的簡易握與放功能，並具備智慧化操作功能。
- 運用物聯網與感測器融合的概念，讓肢障使用者運用新的智慧感測科技，同步採用FSR壓力感測器與EMG感測器來達到科技所帶來的便利性。
- 運用新的3DP科技，解決義肢製作過程中，所需花費的繁瑣程序與調整時間。
- 期望將來我們可將智慧義肢與非營利組織等合作，尋找多方的資金來源，來幫助那些需要的人，並實現 SDGs 目標三的「確保及促進各年齡層健康生活與福祉」宗旨。

