

2022 ARC CONTEST



@MATILDE

SAVE YOUR ASS

SMART SITTING POSTURE CORRECTING CUSHION

2022 Synopsys ARC 盃 AIoT 設計應用競賽 提案作品

智慧調整坐姿椅墊

Smart Sitting Posture Correcting Cushion

守護屁屁戰隊 Save Your Ass

團隊成員：阮柏愷、曾子薰、邱俊瑋、徐培哲

指導老師：溫宏斌教授

2022/07/22



Agenda



- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

Agenda



- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

作品概述 - 背景描述

- 身處後疫情時代，人們在家中之工作及讀書的需求增高，平均每人每天花9.3小時在椅子上
- 十大死因中慢性病占9成，而久坐加上長期坐姿不良容易導致慢性病的發生

“ Sitting has become the smoking of our generation. ”



NILOFER MERCHANT
TED2013

9.3 hours
spent sitting per day

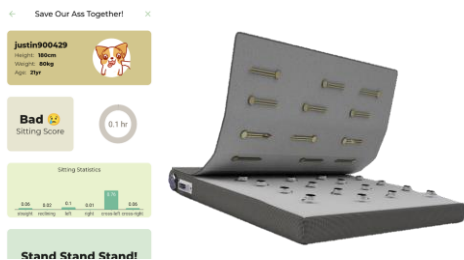
13 areas
of your body are
negatively affected by
excessive sitting

8/10 people
suffer from back pain at
some point in their lives

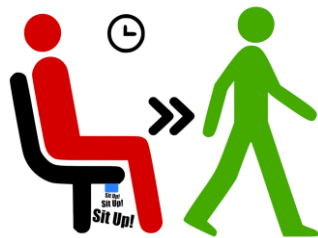
[圖片來源](#)

作品目標 – 為久坐者設計的便攜式椅墊

- 便攜式椅墊，可以應用於各種椅子
- 坐姿不良，椅墊會在相應位置震動提醒使用者調整坐姿
- 久坐提醒，超過一定時間會震動提醒使用者
- **APP**設計，建立資料庫，使用者可透過手機追蹤自身坐姿



用APP搭配椅墊紀錄坐姿分
數及久坐時間



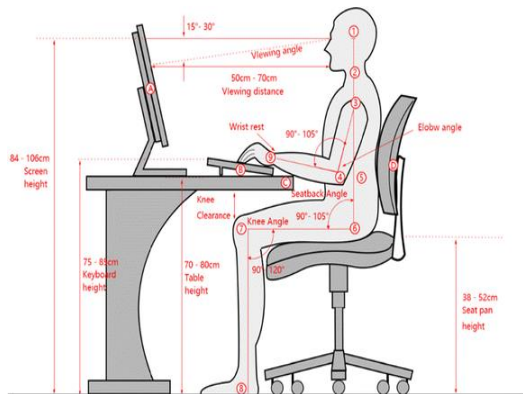
養成良好坐姿習慣

Agenda



- 作品概述
- **難點與創新**
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

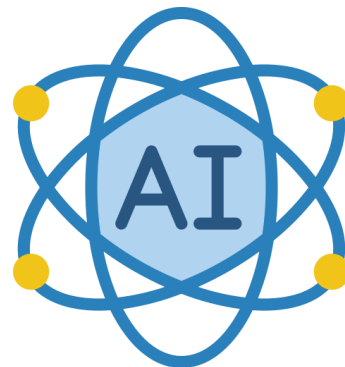
難點與創新



坐姿有多種因素影響



感測資料量龐大



坐姿判斷模型訓練

難點與創新

Comfortable
舒適性

震動馬達
感測器分配
作品設計

Portable
便攜式

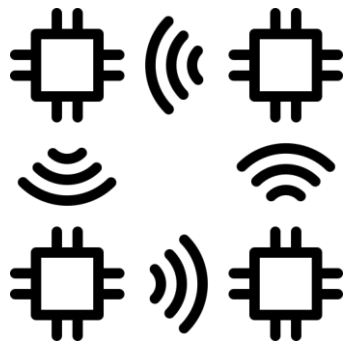
資料處理
樹梅派
模型訓練

難點與創新 - 舒適椅墊的硬體設計

Comfortable
舒適性

- 創新：最小化電子零件之使用

- 少量感測器以對稱排列：進行文獻探討，發現在32x32的椅墊中僅需10個以內的壓力感測器，在坐姿判斷的正確率即可達90%



許多電子元件需要整合



舒適的坐姿體驗

難點與創新 - 便攜式椅墊的硬體設計

Portable
便攜式

- 創新：龐大偵測資料處理方式

- 資料處理分工：壓力感測器先回傳感測資料給樹梅派做資料處理，再傳給 ARC EM9D 進行坐姿判斷
- 資料前處理：壓力感測器之數值如果顯示沒人坐在椅墊上的話不會進行資料傳輸及坐姿判斷，增加使用效率
- Data Mapping：若有數值的話，會先將壓力感測器的資料map到一個範圍內再傳給 ARC EM9D 進行判斷

難點與創新 - 便攜式椅墊的硬體設計

Portable
便攜式

- 創新：坐姿判斷模型訓練

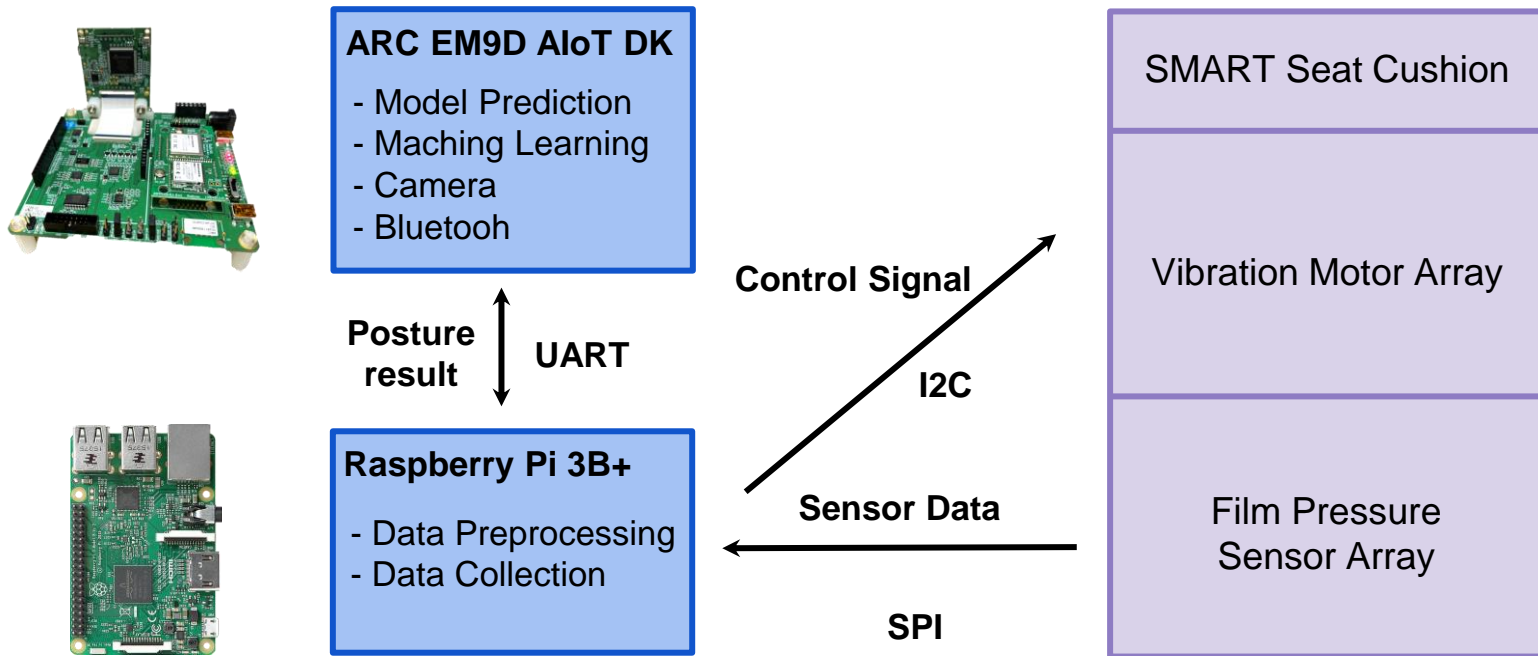
- Model Training：原本的模型大小稍大，我們使用 TensorFlow Lite 縮小模型空間，同時減少運算所花的時間
- Model Quantization：原本我們使用的 Post Quantization 的方式來 convert 模型讓我們在測試的時候會有不穩定的狀況。所以我們決定使用 Quantization Aware Training 的方式來提升模型的準確度跟提升模型的穩定度。

Agenda



- 作品概述
- 難點與創新
- **設計與實現**
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

設計與實現 - 硬體架構



設計與實現 - 成品設計

SMART Seat Cushion

Film Pressure Sensor Pattern

Vibration Motor Array

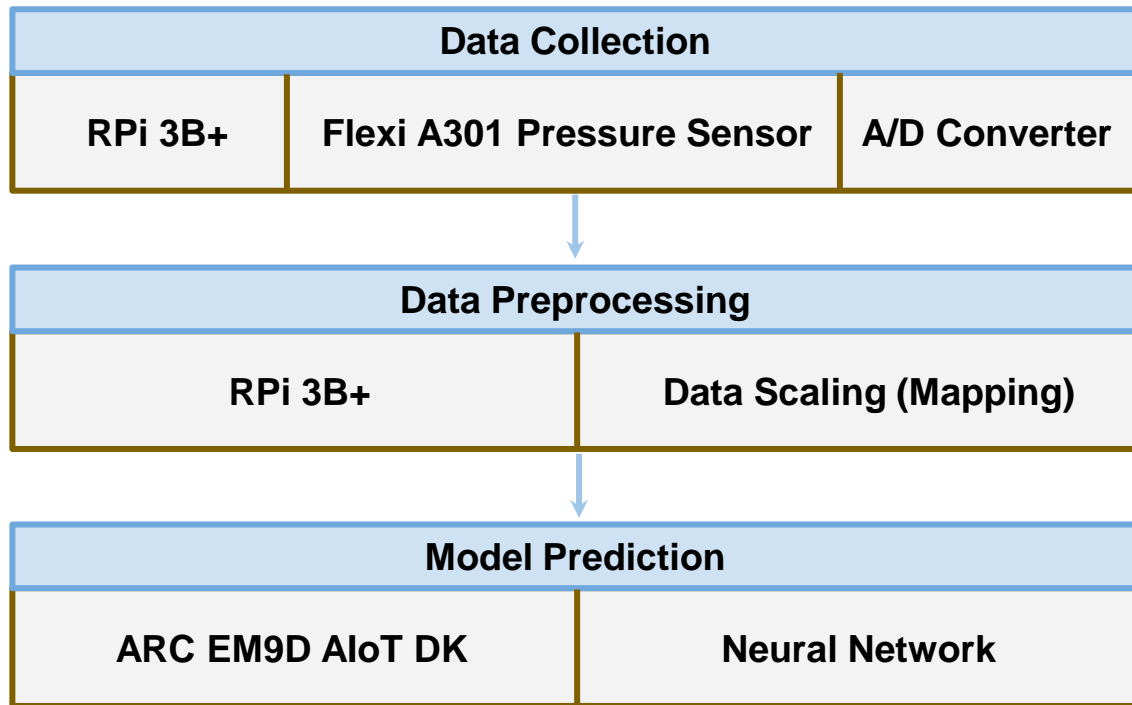
D-SUB Connector

- Connect to GPIOs
- Switch Signal
- Power
- Control Signal
- Sensor Data

Seat Cushion

- General Seat Cushion
- Thick 6 cm

設計與實現 - 軟體架構



設計與實現 - 資料搜集

- Training：預計請40位身高、體重、性別不同的測試者，在椅墊上坐右圖的**六種坐姿**(包含標準坐姿)，訓練模型
- Testing：隨機請測試者用不同坐姿測試模型



0 Straight



1 Reclining



2 Left sitting



3 Right sitting



4 Crossed left leg

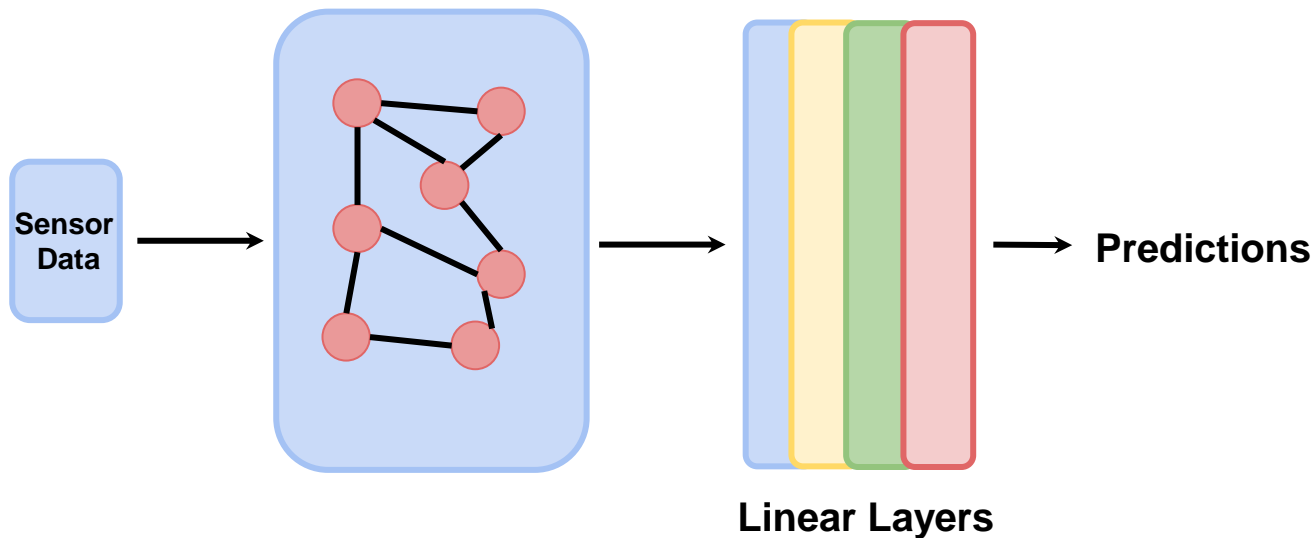


5 Crossed right leg

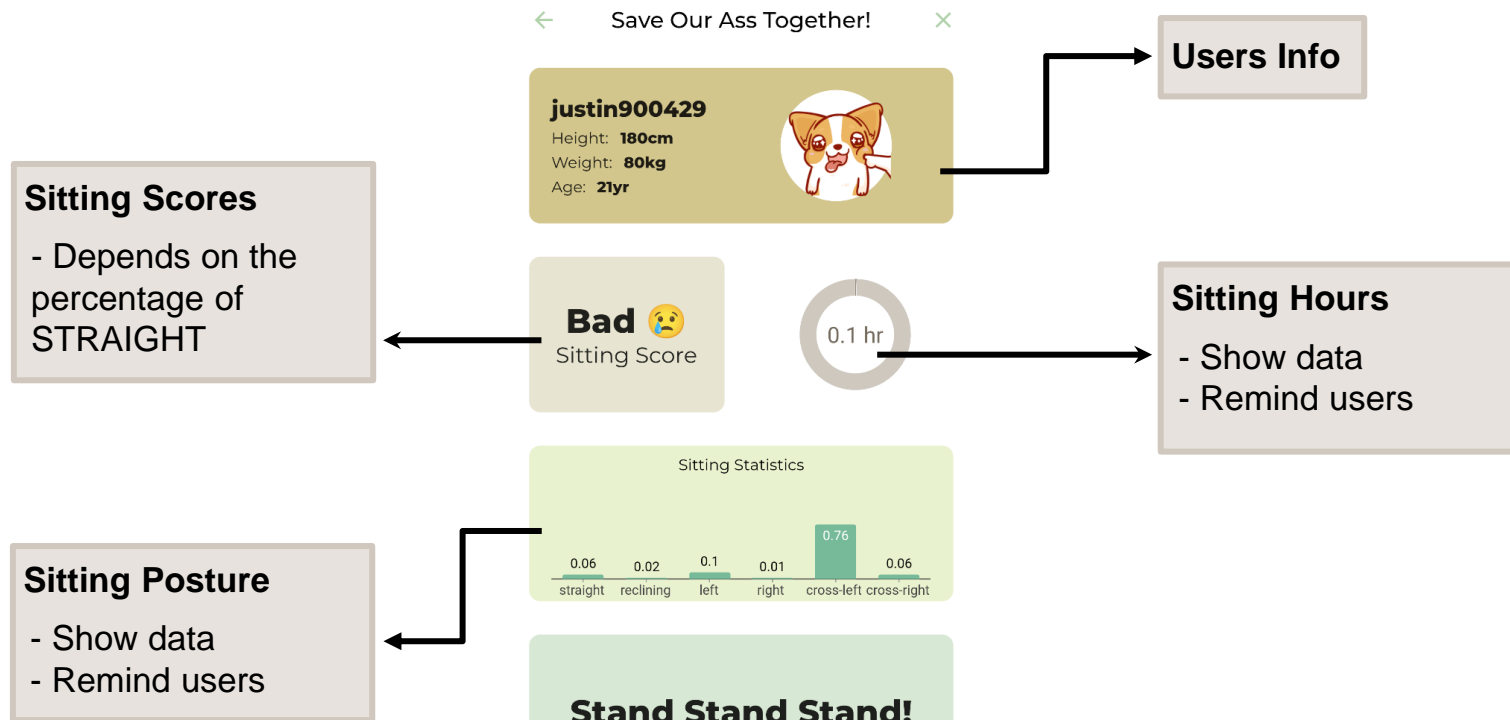
[圖片來源](#)

設計與實現 - Machine Learning

- 壓力點(Node)間可能有關係(relationship)
- 使用 Neural Network 預測「坐姿」



設計與實現 - APP架構



Agenda



- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- **作品進度**
- 測試結果
- 總結展望

作品進度



作品進度 - 椅墊硬體建置

PCA9685
PWM
Driver (I2C)

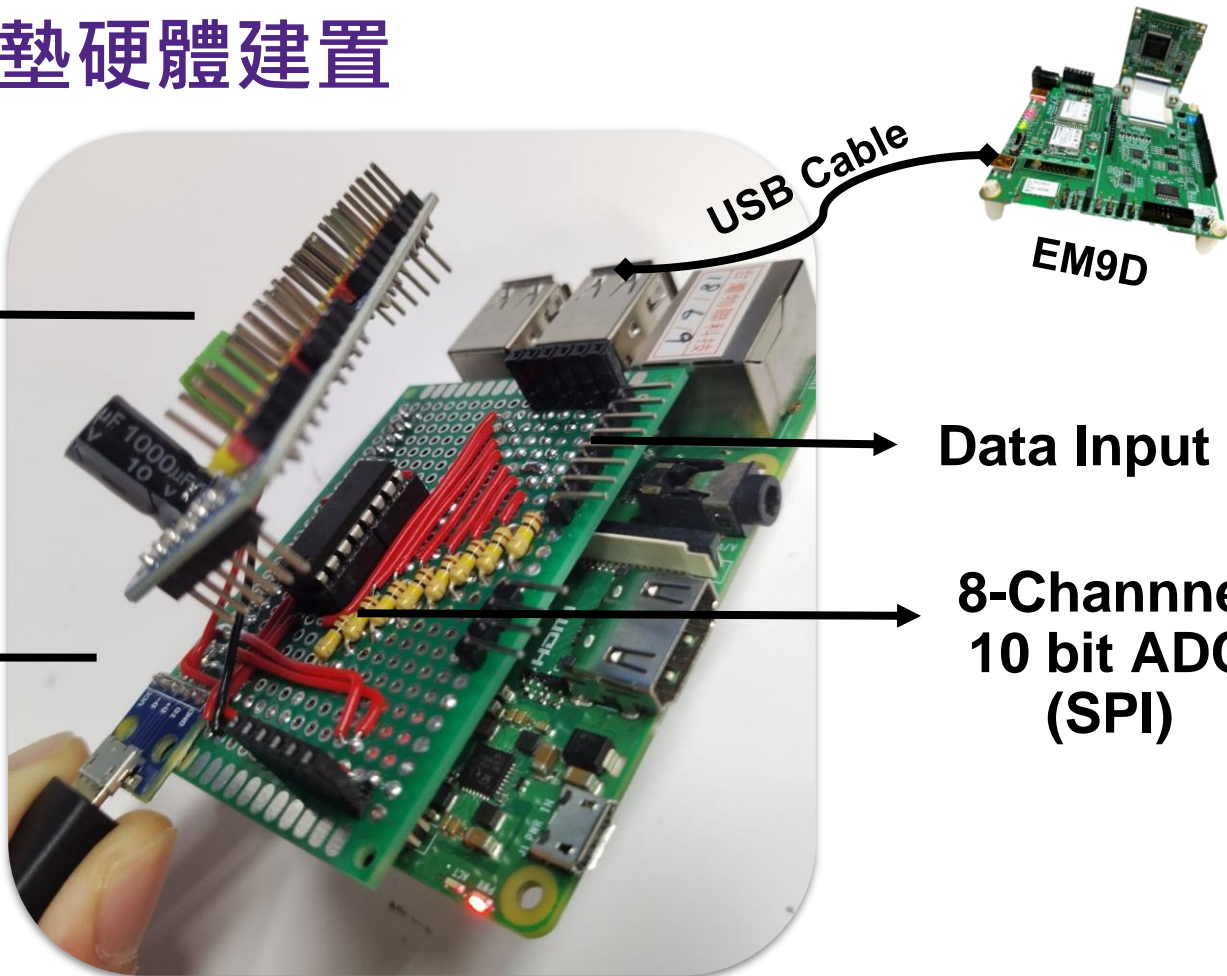
5V 3A
Power
Input

USB Cable

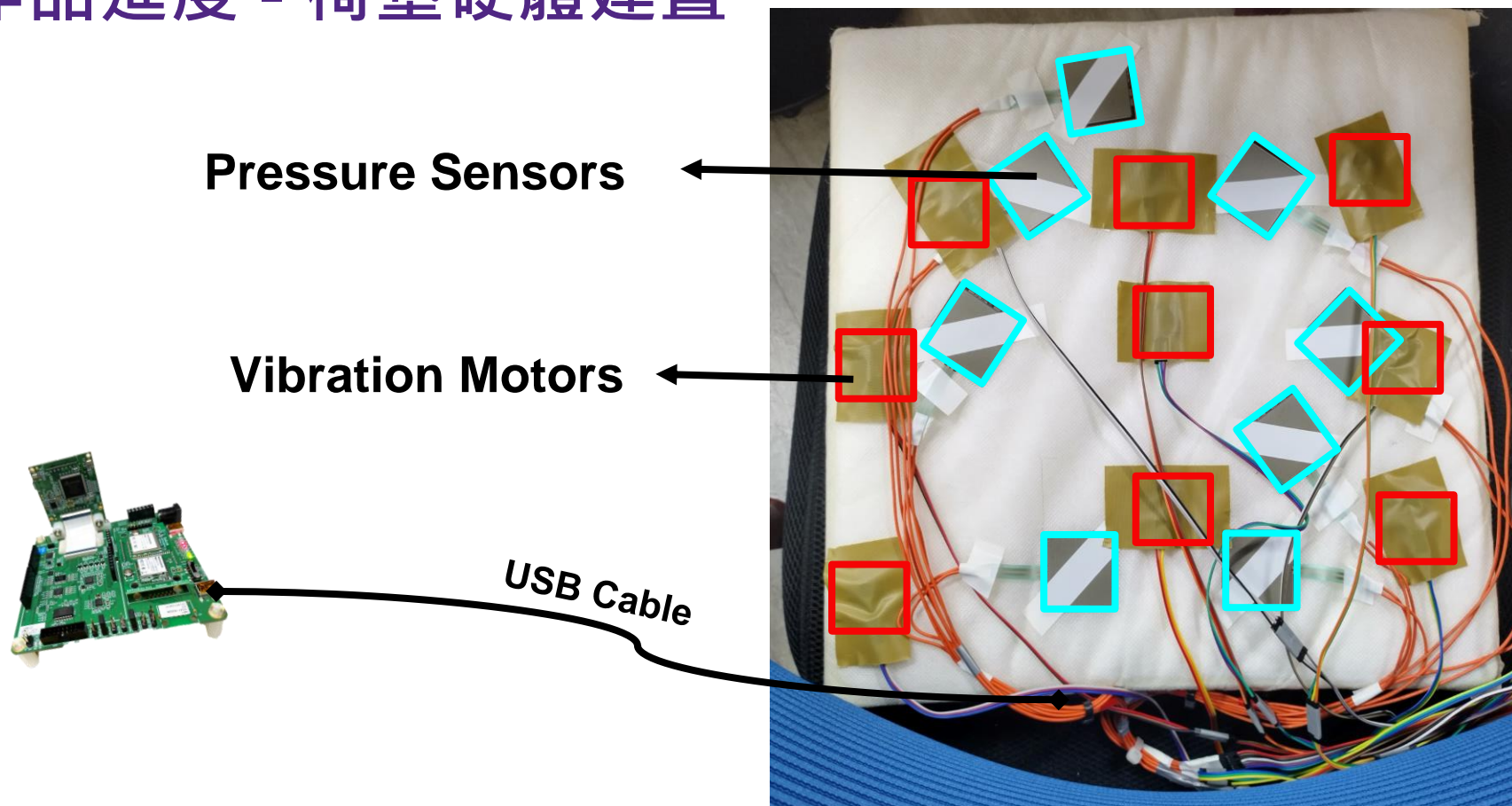
EM9D

Data Input Pin

8-Channel
10 bit ADC
(SPI)

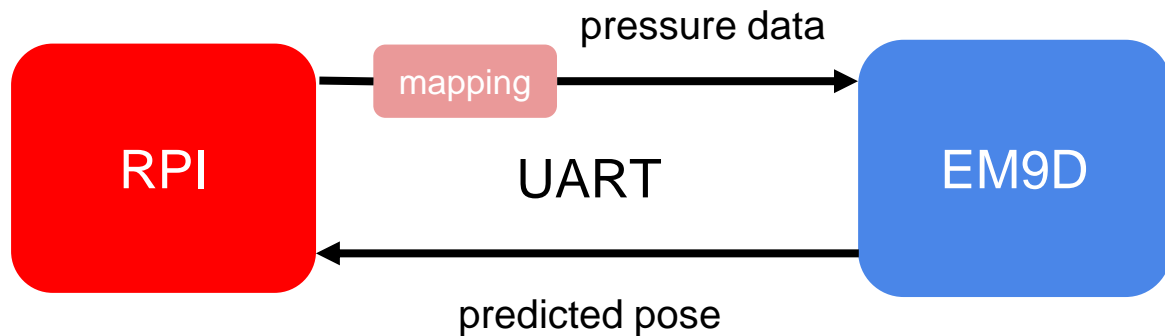


作品進度 - 椅墊硬體建置



作品進度 - 以 UART 溝通

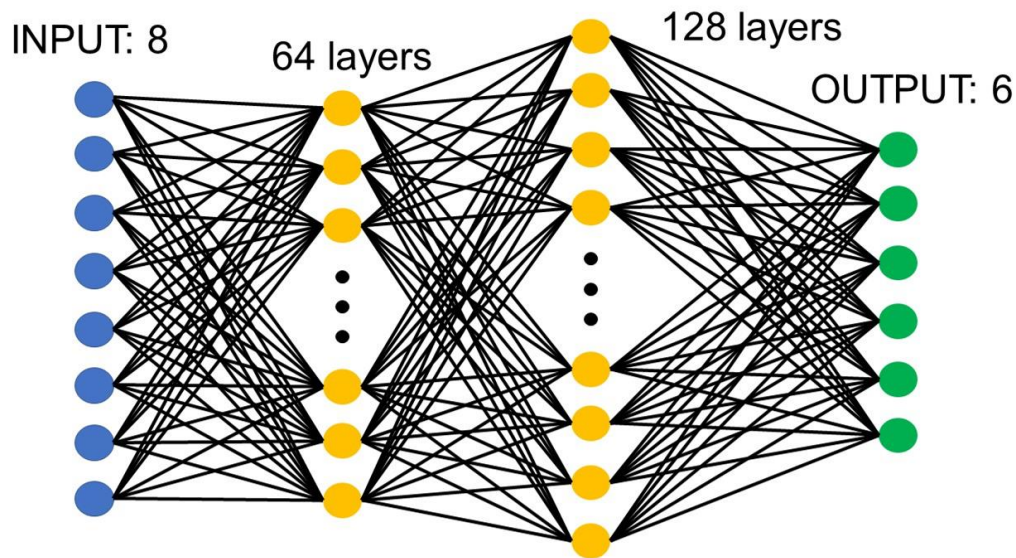
- 壓力資料會先 map 到 -128 ~ 127 後以UART送入EM9D來做預測
- EM9D會預測坐姿結果傳回RPI



```
2 Left Sitting  
[61, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 49]  
2 Left Sitting  
[61, 0, 1, 0, 0, 91, 0, 124]
```


作品進度 - 模型架構

- Input: 8 (代表八個不同的壓力值)
- Output: 6 (代表六個不同的坐姿種類)



作品進度 - 模型訓練

- **Data Collection**

- 100 data for each posture

- **Hyperparameters**

- optimizer: Adam
- learning rate: 1e-3
- batch size: 64
- Parameters: 10246

- **Training**

- 8:2 training and testing ratio
- test accuracy: 100%

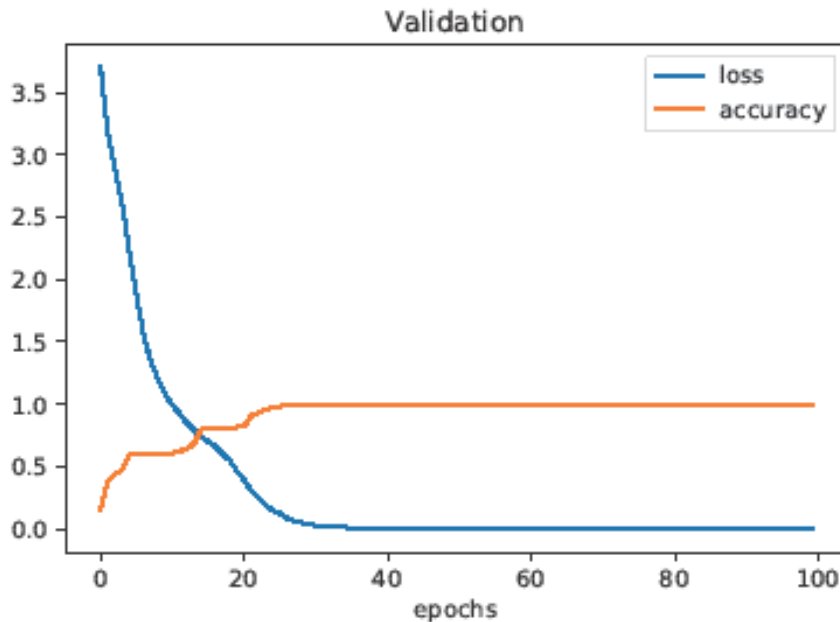


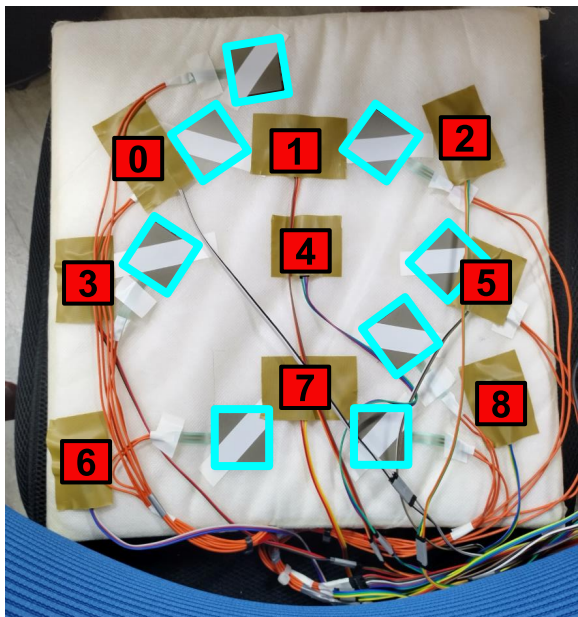
Figure: Validation Plot

作品進度 - 模型部署 (1 / 2)

- 將訓練好的模型轉換成 TFLite 並部署到 EM9D
- 在訓練時，我們就直接用 int8 下去訓練來減少轉換成 int8 後造成的準確率下降
- 我們採用 **Quantization Aware training (QAT)**

Training method	Validation Accuracy	Stability
Post Quantization	90.31%	low
Quantization Aware Training	100%	high

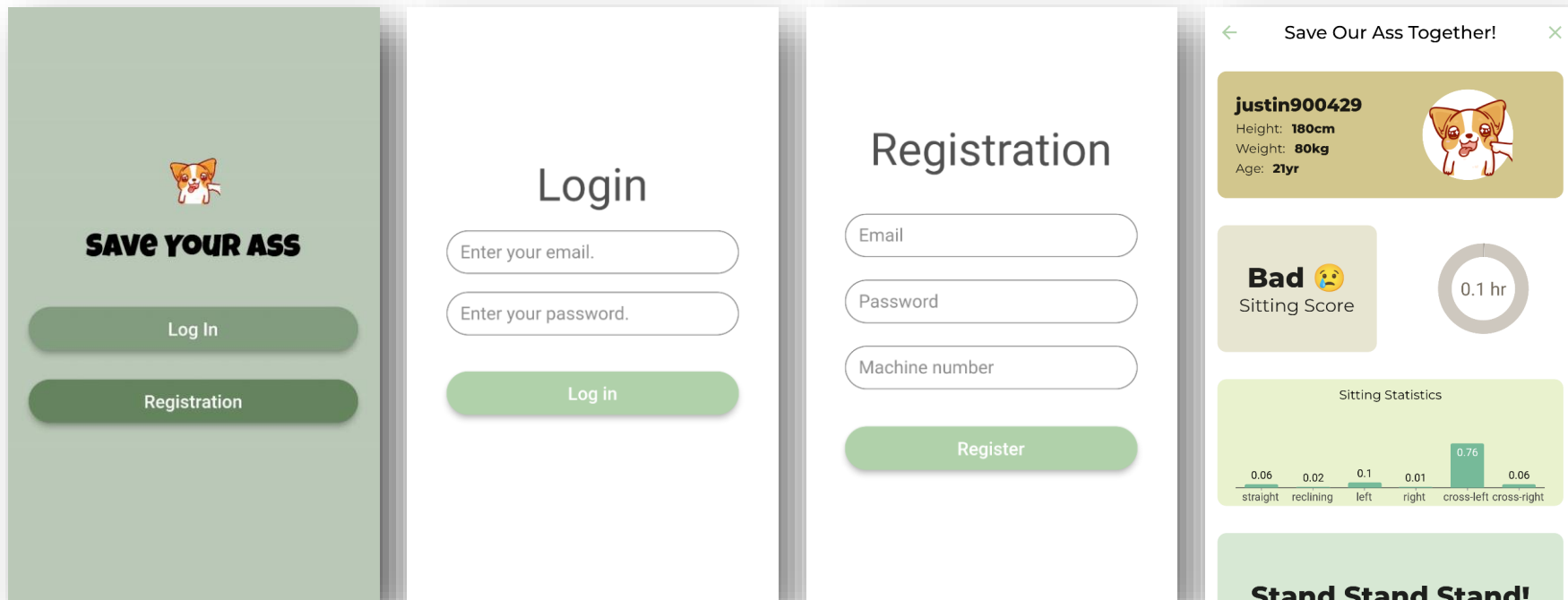
作品進度 – 馬達震動



Posture	Vibrated Motor
0 Straight	No motion
1 Reclining	Motor 1, 4, 7
2 Left sitting	Motor 0, 3, 6
3 Right sitting	Motor 2, 5, 8
4 Crossed left leg	Motor 2, 4, 5, 7, 8
5 Crossed right leg	Motor 0, 3, 4, 6, 7

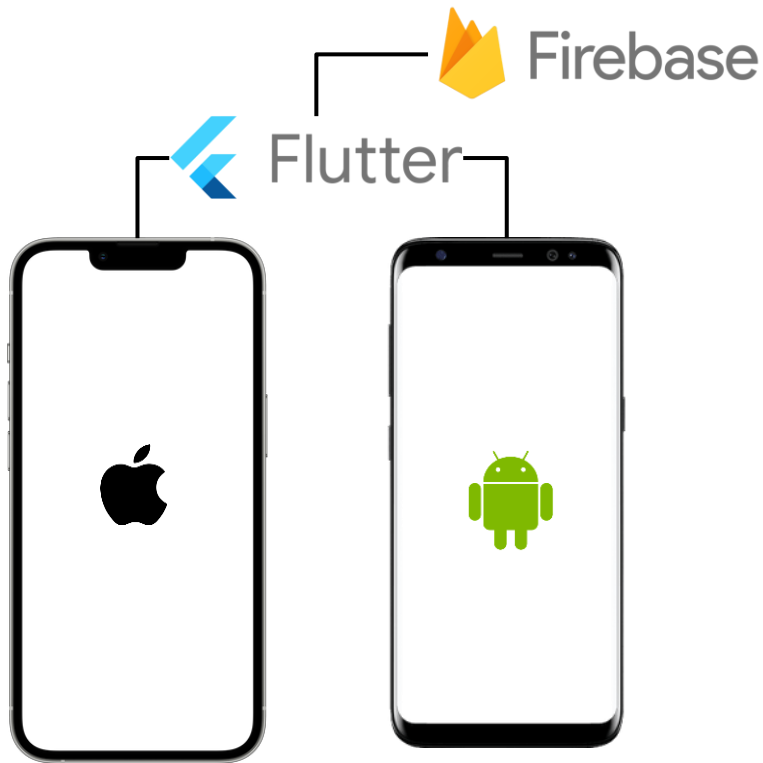
作品進度 - APP 介面

@MATILDE



作品進度 - APP 後端

- 使用 Flutter 搭配 Firebase 來串連整個應用
- Flutter 提供不同作業系統的用戶皆能使用，降低開發所需時間與工作量



Agenda



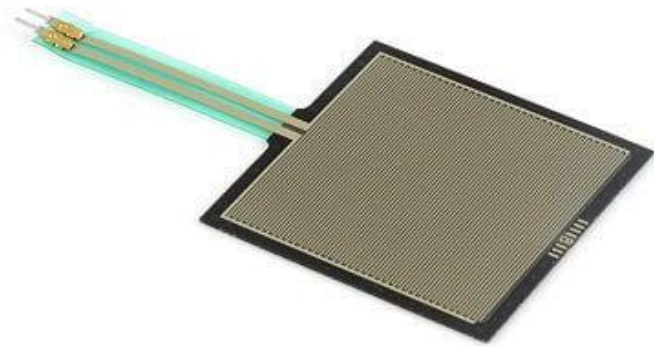
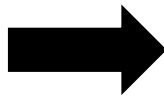
- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- **測試結果**
- 總結展望

測試結果 – 感測器選擇

- 換成感測面積大、更敏感的壓力感測器



FSR-402

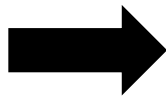


FSR-406

測試結果 – 資料正規化

絕對關係：

找到所有資料的**平均跟標準差**再將所有資料做標準化，模型不準確

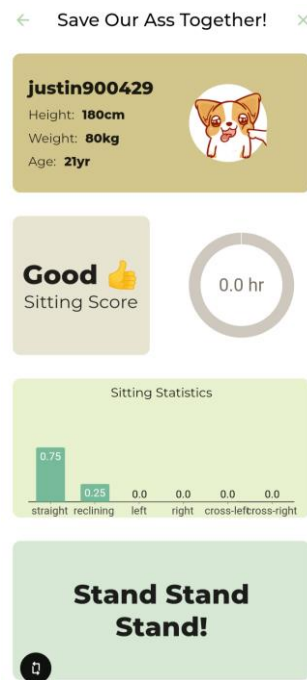


相對關係：

單筆各自進行標準化，得到的結果比起以前更加穩定

測試結果 – 判斷效果

- 此為組內成員親自使用椅墊並擺出指定姿勢後維持一分鐘所得結果，可見六種姿勢的百分比分別皆超過50%，準確判斷坐姿
- 正坐(straight)的結果更是高達75%，表示正坐和其他不良坐姿可以被明顯區別出來



0 Straight

Agenda



- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

總結展望

- 短期

- 模型訓練：尋找更多不同特徵(身高、體重)受試者進行更多筆資料的模型訓練，增加椅墊的應用性以及判斷準確度
- APP設計：架設更大的資料庫，讓使用者可以看到的坐姿周、月的紀錄
- 久坐提醒：連結手機通知，椅墊及手機同時發出久坐提醒
- 電源供應：將電源供應改為鋰電池，增加椅墊的便攜性
- 硬體架構：嘗試不同形狀/敏感度的壓力感測器，找出最適合進行坐姿判斷的元件

總結展望

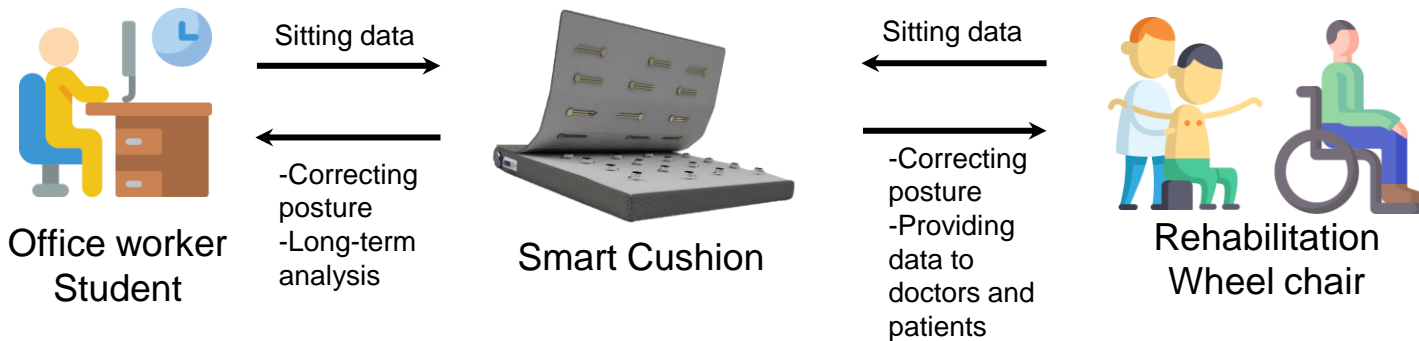
- 中期

- 趨勢分析：利用過往資料結合數據分析，判斷使用者坐姿、坐著的時間是否有成功調整的趨勢，以及相關疾病的發生
- 硬體架構：調整開發板放置位置，增加椅墊的便攜性
- 客製化界面：使用者可以自行設定震動模式、輸入更多相關資料

總結展望

• 長期

- 針對最常見的久坐者，上班族/學生，在椅墊本身的設計更符合正確坐姿的標準，從椅墊的型態以及感測器來調整坐姿
- 針對有追蹤坐姿需求者(輪椅、復健、慢性病追蹤)，提供診斷資料，並即時追蹤回傳坐姿/久坐情形



DEMO

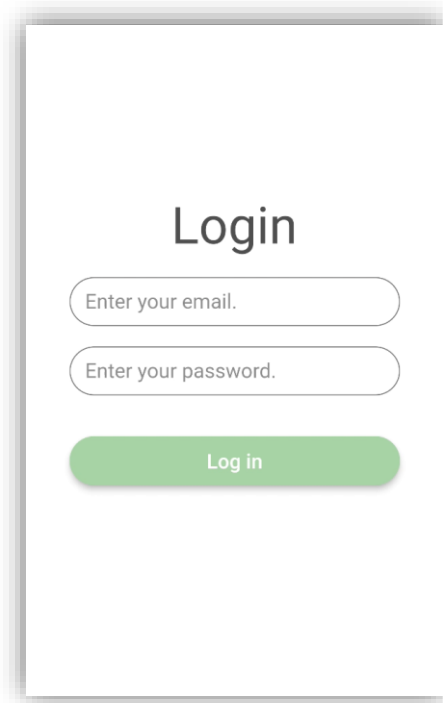


Thank You



作品進度 – 登入

- 使用者會使用於註冊介面註冊的帳號密碼登入

A login form interface with a white background and a thin grey border. At the top, the word "Login" is centered in a large, dark grey font. Below it, there are two input fields: the first is labeled "Enter your email." and the second is labeled "Enter your password." Both labels are in a small, dark grey font. Below the input fields is a green button with the text "Log in" in white. The entire form is centered on the page.

Login

Enter your email.

Enter your password.

Log in

作品進度 – 註冊介面

- 註冊方式為使用信箱和自訂密碼
- 需要求註冊者提供機器的ID以確保使用者有使用產品
- 每個產品只能被註冊一次，註冊過後無法重複使用

Registration	Registration Error
<div><h3>Registration</h3><div>Email</div><div>Password</div><div>Machine number</div><div>Register</div></div>	<div><h3>Registration</h3><div>Email</div><div>Password</div><div>Machine number</div><div>Register</div></div>

預設資料庫有兩個 machine id – 234567, 345678 供測試

作品進度 - 模型部署 (2 / 2)

- QAT 主要是在訓練時就做 quantize 來讓模型能在之後獲得更好的準確率

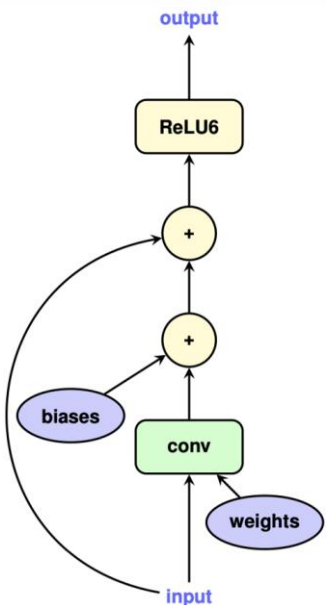


Figure: Common Training

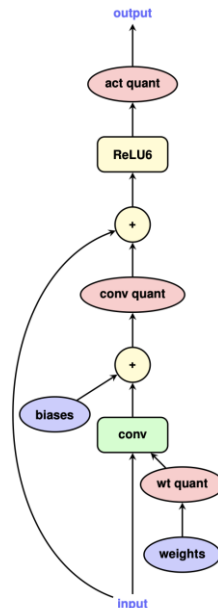
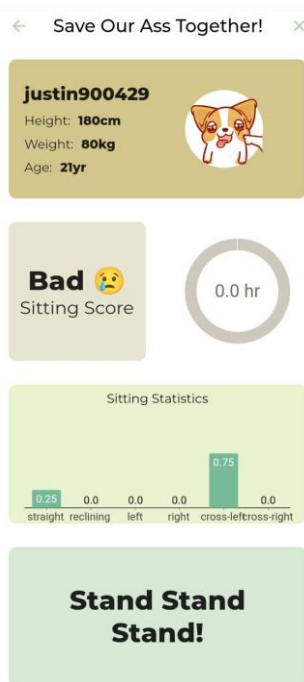


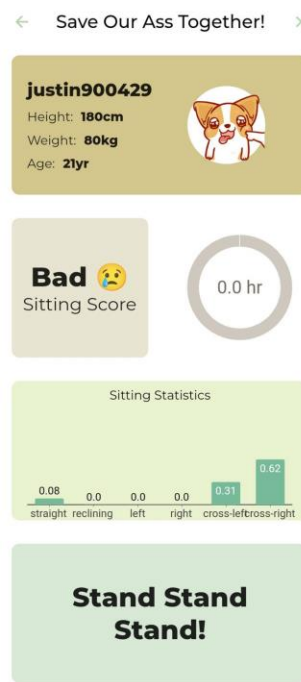
Figure: QAT

[圖片來源](#)

測試結果 – 判斷效果



4 Crossed left leg



5 Crossed right leg

作品進度 – 使用者介面

- 提供使用者紀錄身高、體重與年紀
- 具有自動評分功能，判斷使用者的坐姿分數
- 紀錄使用者坐了多久
- 提供使用者查看過去一天各種坐姿的比例

