

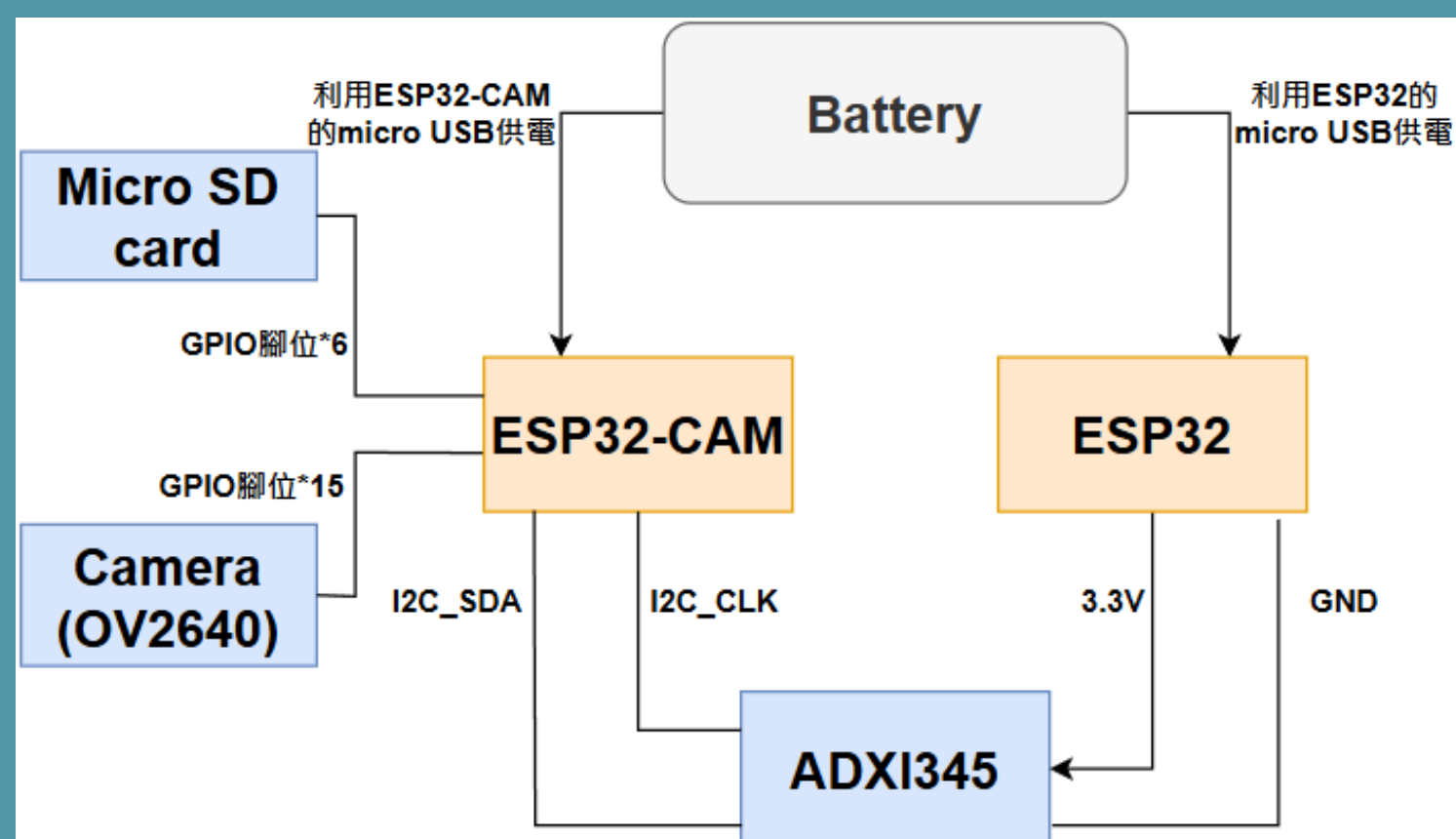
## 一、研究動機

在現代高樓建築中，電梯能源消耗約占總用電量的4.5%，因此提高電梯的能源效率成為關鍵議題。電力回生系統可以將電梯減速時產生的動能轉化為電能，並且儲存於電池中，後續再加以利用，節省能源並減少空調耗能。要達到此目的，就要先評估電梯的運作狀況，可以產生多少電力。在不破壞原來電梯系統的前題上，要如何收集電梯運作狀況、何時移動、樓層之間的變化等，就是一個麻煩的問題。本研究利用加速度計來監測電梯的運行狀態與樓層變化，以評估電力回生系統的節能潛力。本研究使用加速度計，具有安裝便利且不侵犯隱私的優勢，且在不干涉電梯控制系統的情況下，能精確提供樓層運行數據，降低系統安裝難度與成本。

## 二、研究架構

圖一為本系統的硬體設計架構圖，由以下幾個裝置所組成：

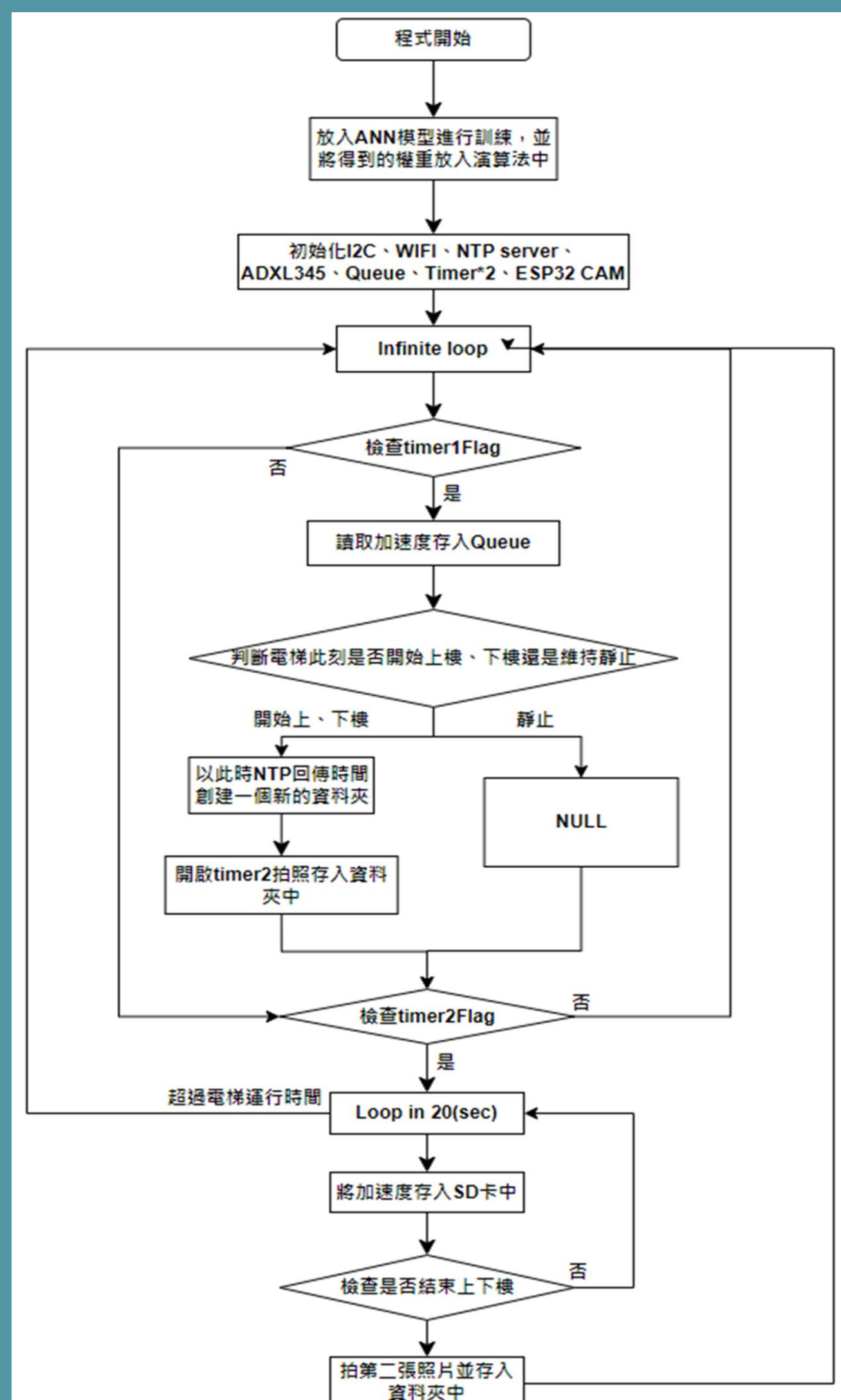
- ◆ ESP32-CAM: 運行程式、拍照以及存入SD卡
- ◆ ESP32: 供電給ADXL345
- ◆ ADXL345: 抓取Y軸加速度存入SD卡



圖一、硬體設計架構圖

程式流程透過Timer控制：

流程圖如圖二所示，Timer1用於讀取加速度數據並將其存入Queue。當檢測到加速度數據序列顯示電梯開始運動時觸發Timer2，將Queue中最新的加速度數據寫入SD卡，同時拍攝一張標記電梯開始運動的照片。直到電梯停止運動時停止寫入加速度數據，並拍攝一張電梯停止的照片。



圖二、ESP32-CAM中的程式流程圖

## 三、資料集與機器學習模型

### ◆ 系統設計

本系統結合ESP32 CAM與ADXL345加速度感測器，用於檢測電梯的運行狀態並自動拍攝照片與記錄加速度數據。將加速度經過機器學習訓練的模型放入esp32 cam中運行，並透過其拍照以及SD卡的功能來藉由照片和加速度做為驗證的工具，使用NTP sever取得時間，以此作為time stamp標識每次運動。

### ◆ 數據格式

右圖三為取樣頻率100HZ蒐集瞬時以及前四秒共五秒的加速度序列並判斷一次。

```
1.00 1.00 1.00 1.05 1.03.....1sec
1.00 1.00 1.05 1.03 1.00.....2sec
1.00 1.05 1.03 1.00 1.00.....3sec
1.05 1.03 1.00 1.00 1.00.....4sec
1.03 1.00 1.00 1.00 1.00.....5sec
1.00 1.00 1.00 1.00 0.95.....6sec
```

圖三、數據格式範例

### ◆ 機器學習判斷

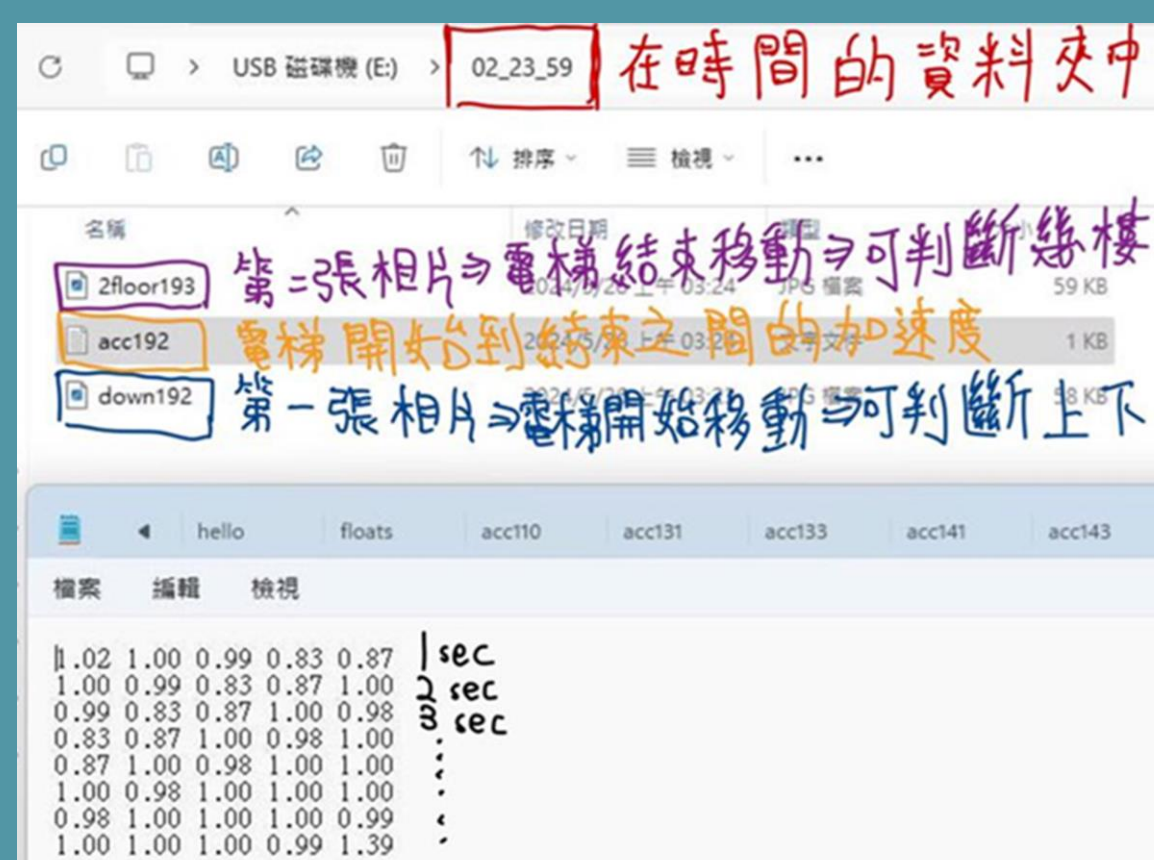
本實驗使用ANN模型進行判斷，因為相較於其他模型ANN在處理非線性和類別分類的問題上表現良好。訓練資料來源為加速度值序列並輸出成txt，並透過excel人工標出三個類別的label作為Training data set共有 39 筆，表一包含了主要參數和結構。

Learning Rate	Epoch	輸入層神經元數	隱藏層神經元數	輸出層神經元數
0.001	1000	5 (對應五筆加速度特徵)	16	3 (對應三種運動狀態上升、下降、靜止)
分類方式	激活函數	損失函數	權重更新方法	模型當前的輸入預測
One-hot encoding	Sigmoid	Cross Entropy Loss	反向傳播 (Backpropagation)	前向傳播 (Forward Pass)

表一、ANN模型的主要參數和結構

## 四、實驗成果與結論

先以人工手持的方式進行測驗發現準確率還不錯，但還是會有判斷錯誤的情形，結果如圖四，因此我選擇以圖五的方式將ESP32-CAM用腳架架設在螢幕前方進行實驗。

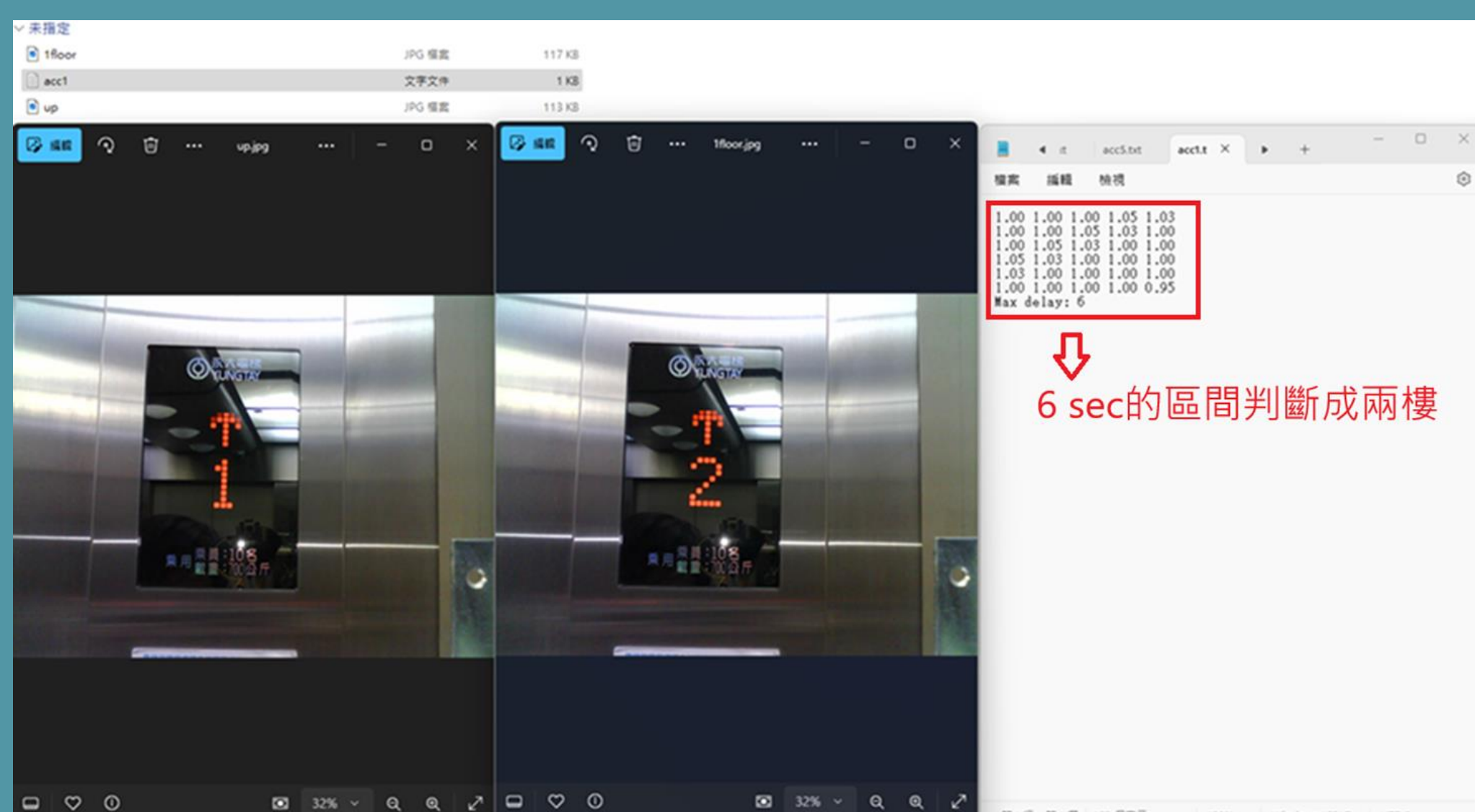


圖四、每趟運動開始和結束的照片以及運行中的加速度變化



圖五、實驗進行圖

因為電梯內網路是斷線的狀態，因此無法使用NTP sever來得到時間，因此我改為簡單的數字來辨別每次的電梯運動；在進行23次連續的電梯運動後發現上下樓的判斷都是正確的，但樓層數有五次誤判，圖六是判斷正確的例子。



圖六、實際實驗成果

在實驗過程中，我發現不同電梯的加速度變化存在差異，導致判斷準確度不穩定。若能蒐集更多訓練數據，使模型更加精準減少樓層誤判的情況，這項技術將有機會應用於更多建築。