

2025仰望盃全國科學HomeRun實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱: 杖掌未來

作品名稱: 杖心守護-智慧多功拐杖開發與研究

科學概念1： 加速度與重力:利用加速度感測器判斷跌倒狀態。加速度與重力的原理應用於跌倒偵測，利用加速度感測器測量三軸加速度數據(X、Y、Z)，並結合運動學特徵進行分析。跌倒時會出現快速方向變化與急劇速度減少的特徵，系統通過分析這些數據來識別跌倒情境。一旦偵測到異常加速度變化並符合跌倒模式，系統將立即觸發警報，並透過 Wi-Fi等無線通訊發送通知至家人或醫療單位。同時，計畫會研究跌倒與坐下等不同運動產生的位移量與加速度特徵，建立數據模型，以減少誤報的可能性。此功能可通過模擬正常步行、跌倒與坐下等不同情境進行實驗測試，收集數據以優化偵測準確性，確保系統即時可靠，提升長者的居家安全保障。

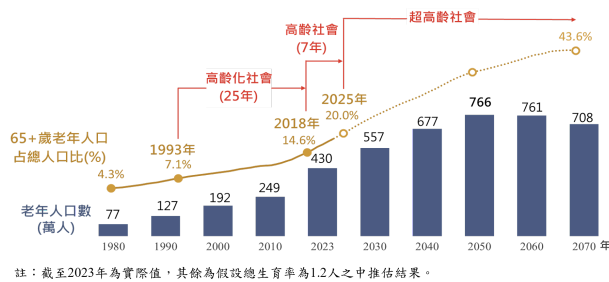
科學概念2： 無線通訊:無線通訊是一種利用電磁波於空氣中傳輸資料的技術，無需實體線路即可進行訊息交換，廣泛應用於日常生活與物聯網系統中。常見的無線通訊技術包括 Wi-Fi(無線區域網路)與 LoRa(長距離低功耗通訊)等，各具傳輸速率、距離與功耗等差異。Wi-Fi 傳輸速率快、延遲低，適合短距離高速應用，但需依賴基地台；LoRa 採擴頻調變(Chirp Spread Spectrum)技術，傳輸速率低、距離長、功耗低，具良好抗干擾特性，適合用於偏鄉與無網環境。為提高高齡者緊急通訊的可靠性，本裝置結合雙通訊模式設計：當偵測到跌倒或緊急按鈕啟動時，系統優先透過 Wi-Fi 傳送資料至 LINE 通知平台；若 Wi-Fi 無法連線，則自動切換至 LoRa 傳輸模式，確保訊息在網路不穩地區也能傳送成功。本計畫將透過不同距離與環境的傳輸實測，LoRa 在成功率與延遲時間上的表現，並建立適用場域模型與判斷邏輯，驗證雙通訊模式之效能差異。透過封包分析與 RSSI 訊號強度等量化資料，科學評估無線通訊技術在偏鄉長者緊急通報應用上的可靠性與覆蓋能力，提升訊息可達性與裝置科學依據。

註：決賽成果報告書內文總頁數最多10頁(不含本封面及授權同意書)，請勿寫上可辨識學校名稱之資訊。

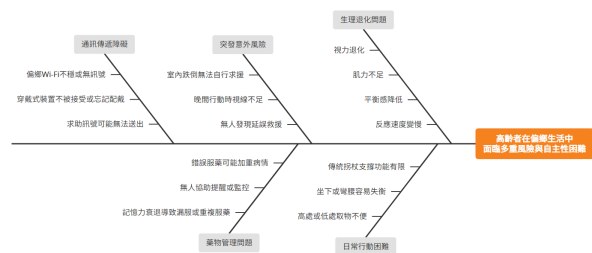
決賽成果報告書內文

1. 發想動機：

1.1 從現象觀察到問題提出-高齡社會背景與問題來源/分析



圖一、台灣老年人口占比結構推估(國家發展委員會, 2023)



圖二、研究發想魚骨圖

根據國家發展委員會(2023)推估，台灣將於2039年進入超高齡社會，65歲以上人口將達總人口的39%，如圖一所示。人口老化帶來的生活挑戰，尤其在偏鄉或獨居環境下，更容易因照護資源不足而導致潛在危機。

我們團隊透過統計資料、文獻分析與實地訪談，歸納出下列五項生活中常見的風險情境(圖二)：

- 跌倒風險高：(衛生福利部, 2014)指出家庭環境為長者最常跌倒之處。
- 取物不便：(耕莘醫院, 2013)指出視力退化與肌力不足致長者難以自行取得高處或地面物品。
- 服藥錯誤頻繁：記憶退化造成服藥遺漏或重複，嚴重者將危及健康(吳坦瑩, 2023)。
- 無法即時求援：(邱宜君, 2024)報導指出獨居長者若無即時發聲，可能延誤救援時機。
- 輔具設計不友善：如拐杖與取物器體積大、操作不便，智慧手環配戴率偏低(聯合新聞網, 2024)。

此外，偏鄉地區Wi-Fi與行動通訊涵蓋不足，即使裝置偵測到異常，也可能無法即時傳遞訊號，造成長者孤立無援的風險。

1.2 科學觀察與研究起點

我們從生活現象中延伸出核心研究問題：

「是否能整合現有感測與通訊技術，設計出一款能即時反應、具容錯能力，並兼具取物與服藥提示等功能的智慧輔具，來協助偏鄉獨居長者提升自主性與安全性？」

我們聚焦於跌倒加速度偵測、無線訊號備援機制、力學夾持設計與時間同步提醒四大主軸，結合感測科技與通訊模組，構思出本研究作品：「杖心守護—智慧多功能拐杖」。

2. 解決策略與功能設計：科學原理導入實際應用

本作品以「問題導向設計」為核心流程，從跌倒風險、求助困難、取物不便與服藥錯誤四大現象出發，導入對應的科學原理與工程技術建構智慧輔具，如圖三反魚骨圖所示。

跌倒偵測：自由落體與加速度閾值判別

本裝置核心搭載 MPU6050 三軸加速度感測器，偵測人體動作變化。參考自由落體原理，當總加速度瞬間降低並伴隨劇烈變向(如Z軸快速變化)，即觸發警報與資料上傳。實驗中亦依不同動作建構數據模型，提升判斷準確性。

緊急通訊：Wi-Fi × LoRa 雙通道容錯設計

主控板使用 ESP32，平時透過 Wi-Fi 上傳異常至雲端(LINE Notify API)，若偵測 Wi-Fi 中斷，則自動切換至 LoRa 模組(SX1278)傳送封包，確保偏鄉訊號死角中亦能通報。此設計參考冗餘通訊原理，提升通訊覆蓋率與可靠性。

安全取物：伺服馬達與力矩應用

底部設計伸縮夾具模組，以伺服馬達精準控制開合角度。利用力矩平衡與摩擦原理，可穩定夾取各式物品，避免長者過度彎腰或跌倒。按鈕操作簡單，夾具亦可收納至拐杖內部。

吃藥提醒：NTP對時與時間依從性管理

系統結合 NTP 時間同步協定，每日固定時段啟動蜂鳴器與 RGB LED 閃爍，提供視覺與聽覺提示。此設計輔助記憶力退化使用者提升服藥準時率，回應藥物依從性(medication adherence)需求。



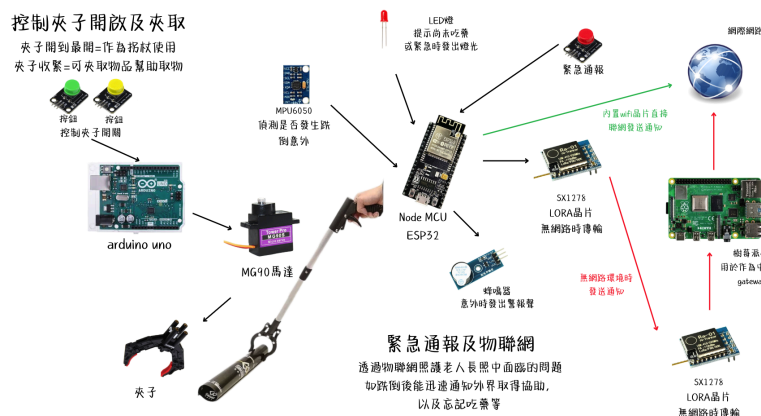
圖三、解決策略反魚骨圖

2. 作品創意性：

本作品以科學實驗為核心，從跌倒加速度特徵與無線通訊距離衰減出發，設計一款結合跌倒偵測、求救通報與LoRa備援通訊的智慧拐杖。研究過程不僅聚焦功能設計，更透過實驗驗證裝置之偵測邏輯與通訊可靠性。其創意在於：將「感測數據分析」與「通訊變數控制」納入裝置科學依據，解決高齡者於偏鄉通訊死角中發生意外時無法通報的痛點。科學原理一採用三軸加速度感測器紀錄跌倒、行走與坐下等不同動作的動態變化，建立臨界閾值模型判別跌倒行為。科學原理二則探討LoRa與Wi-Fi於不同距離與環境中的封包成功率與傳輸延遲，模擬緊急通訊切換邏輯。透過實作裝置進行量化實驗，驗證各功能在不同變因下的可行性與穩定性，展現結合自然科學與工程應用解決真實問題的科學精神與創新價值。

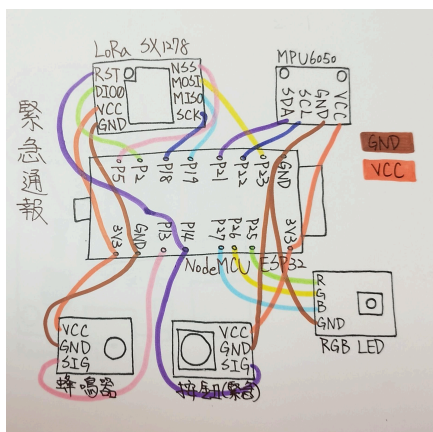
3. 硬體及電路架構圖：

3.1 硬體結構總覽圖

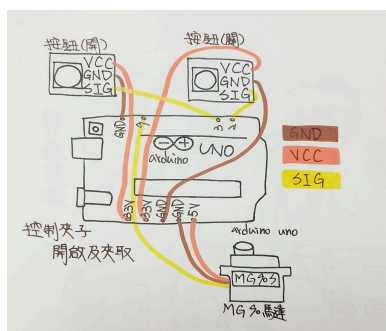


圖四、本研究作品示意圖

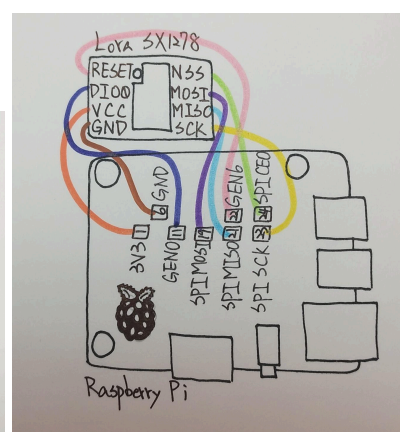
3.2 電路圖與接線邏輯說明



圖五、緊急通報系統電路圖



圖六、夾子控制系統電路圖



圖七、樹梅派接收端電路圖

3.3 模組與元件功能對照表

模組名稱	元件名稱	功能描述
取物機構	自製夾子(3D列印)+MG90馬達	提供穩定夾持力，協助夾取地面/高處物品，減少彎腰動作造成風險。
主控單元	Arduino Uno	專責控制夾具動作，接收兩顆開/關按鈕輸入並驅動 MG90 馬達。
	Node MCU ESP32	負責整合感測資料、控制輸出裝置，並透過 Wi-Fi / LoRa 傳送通知。支援 NTP 對時。
感測器模組	MPU6050 三軸加速度與陀螺儀感測器	三軸加速度 + 陀螺儀，用於偵測跌倒或異常動作，觸發警報與通報。
遠距模組	LoRa SX1278	當 Wi-Fi 不可用時，備援傳送緊急訊息至樹莓派接收端，提升偏鄉訊號涵蓋率。
	樹莓派	當 Wi-Fi 不可用時，接收LoRa訊號後轉發緊急通知消息。
電源系統	18650 鋰電池模組	採用 18650 高容量鋰電池，提供穩定可靠的電力輸出，支援長時間使用並具備過充過放保護機制，確保裝置在長期運行時的安全性。
提示模組	蜂鳴器+RGB LED	蜂鳴器發出聲音警示，LED 可顯示不同狀態(紅=緊急、黃=吃藥提醒等)。
控制模組	緊急按鈕	發生跌倒或突發狀況時可一鍵求救，立即觸發聲光提示與訊息發送。
	開關按鈕	控制馬達開合夾具，按鈕符合人體工學，操作簡便。

表一、各項模組功能整理表

4. 作品成果報告：

4.1 實驗設計

4.1.1 實驗一：加速度行為分析設計

實驗目的：

驗證不同動作的加速度差異，建立可區辨跌倒的加速度閾值模型，並佐證自由落體邏輯在跌倒偵測上的應用可行性。

實驗方法與步驟：

1. 將 MPU6050 固定於拐杖上。
2. 進行四組動作(各約 10 次)：
 - A. 正常行走
 - B. 緩慢坐下
 - C. 夾取物品
 - D. 模擬跌倒(前/側/後)
3. 實測紀錄 X/Y/Z 軸加速度與總合加速度 A_{total} ，觀察其變化趨勢。

4.1.2 實驗二：無線通訊傳輸效能測試

實驗目的：

為驗證本裝置於偏鄉地區作為備援通訊工具的可行性與穩定性，本實驗針對 LoRa(Long Range Radio)無線通訊模組在不同傳輸距離與遮蔽條件下之效能表現進行測試，並與 Wi-Fi 傳輸技術進行比較。

實驗設計與步驟：

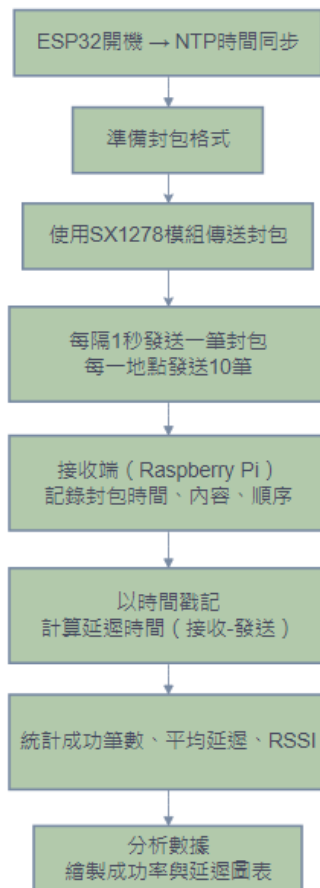
使用本裝置搭配 SX1278 LoRa 模組作為發送端，樹莓派搭配 SPI 通訊作為接收端。

實驗距離涵蓋 5m ~ 3000m，模擬教室、操場、走廊、校園道路與開放空曠場域等不同環境條件，並區分遮蔽(穿牆、玻璃、建築)與非遮蔽情境。

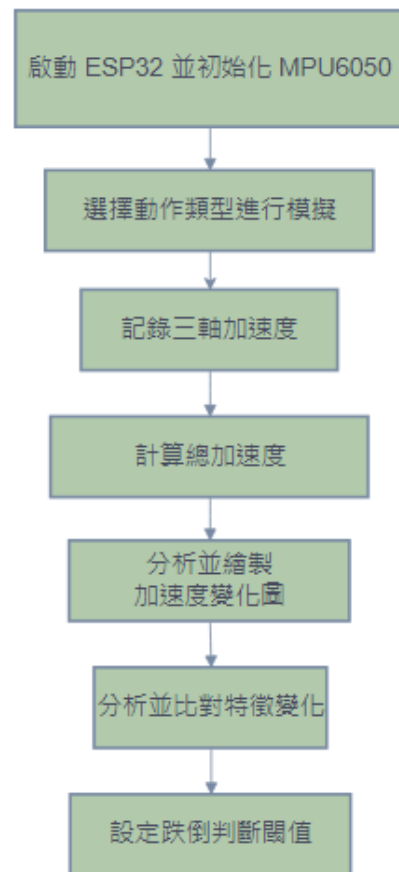
每組距離條件下，進行三次測試，每次發送 30 筆封包，總計 90 筆。

接收端記錄每筆封包之：

- 成功接收與否(計算成功率)
- 封包延遲時間(ms)
- RSSI(dBm)訊號強度



圖八、無線通訊傳輸效能測試流程圖



圖九、加速度行為實驗流程圖

```

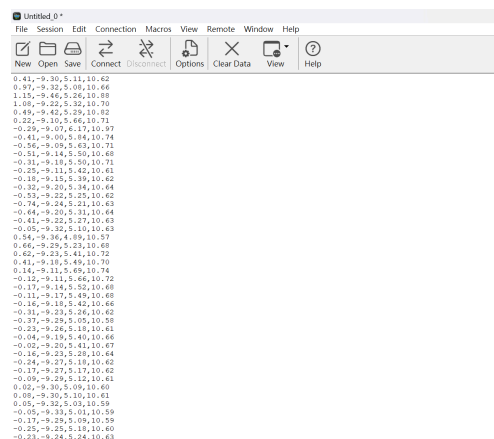
load:0x40080400,len:4
load:0x40080404,len:3196
entry 0x400805a4
Connecting to Wi-Fi...
....E (5449) wifi:Association refused too many times, max allowed 1
.....Fi...
...
[+] Wi-Fi connected
Syncing time.....
[+] Time synced
Current time: 2025-04-17 12:40:21.537
[+] LoRa ready to send
[+] Sent LoRa message: ID:0,T:2025-04-17 12:40:35.610
[+] Sent LoRa message: ID:1,T:2025-04-17 12:40:35.874
[+] Sent LoRa message: ID:2,T:2025-04-17 12:40:36.994
[+] Sent LoRa message: ID:3,T:2025-04-17 12:40:37.207
[+] Sent LoRa message: ID:4,T:2025-04-17 12:40:37.995
[+] Sent LoRa message: ID:5,T:2025-04-17 12:40:40.497
[+] Sent LoRa message: ID:6,T:2025-04-17 12:40:40.678
[+] Sent LoRa message: ID:7,T:2025-04-17 12:40:41.735
  
```

圖十、發送端發送序列埠截圖

```

pi@raspberrypi: ~/Desktop/lora_test_2025
[+] RSSI: -85 dBm
[+] [2025-04-17 16:28:30.783] Payload: ....ID:113,R:2025-04-17 16:28:08.542
[+] RSSI: -85 dBm
[+] [2025-04-17 16:28:31.787] Payload: ...ID:174,T:2p25-04.17 16:28:05.620
[+] RSSI: -84 dBm
[+] 時間戳記錯誤: time data '2p25-04.17 16:28:05.620' does not match format '%Y-%m-%d %H:%M:%S.%f'
[+] 結果接收
pi@raspberrypi:~/Desktop/lora_test_2025 $ python3 lora_rx.py
[+] [2025-04-17 16:47:49.808] Payload: ....ID:3,T:2025-04-17 16:47:49.589
[+] RSSI: -92 dBm
[+] [2025-04-17 16:47:58.459] Payload: .....QIL7pT29-p4157( 6:47:00.213
[+] RSSI: -93 dBm
[+] [2025-04-17 16:48:01.671] Payload: ....ID:14,T:2025-0...7 16:4...01.447
[+] RSSI: -91 dBm
[+] [2025-04-17 16:48:18.926] Payload: ....ID:3,T:2025-04-17 16:48:018.695
[+] RSSI: -92 dBm
[+] 時間戳記錯誤: time data '2025-04-17 16:48:018.695' does not match format '%Y-%m-%d %H:%M:%S.%f'
[+] [2025-04-17 16:48:24.043] Payload: ..
[+] RSSI: -100 dBm
[+] 結果接收
pi@raspberrypi:~/Desktop/lora_test_2025 $
  
```

圖十一、接收端接收截圖



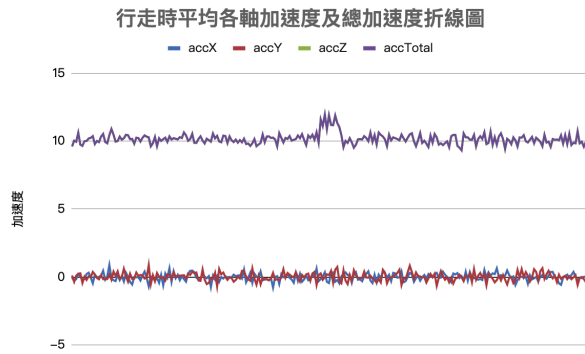
圖十二、MPU6050三軸感測器測試資料截圖

4.2 實驗結果呈現與分析

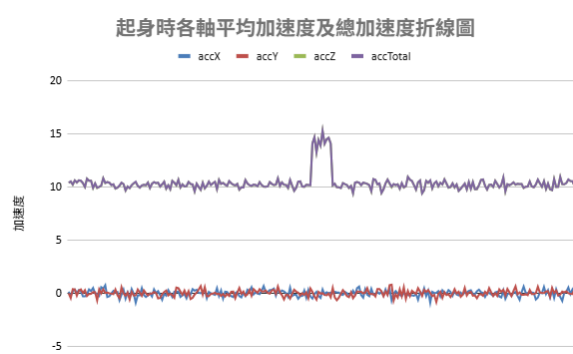
4.2.1 加速度實測分析

為建立本裝置之跌倒偵測模型，我們以 MPU6050 感測器記錄不同動作狀態下的三軸加速度 (accX、accY、accZ)

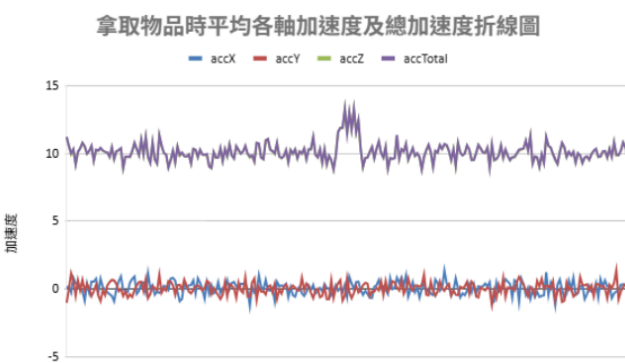
與總加速度 A_{total} (向量合成值)。實驗情境涵蓋行走、坐下、取物(含放下)與跌倒(前倒、後倒、側倒)等六類情境, 各動作均進行多次測試並繪製平均折線圖進行比較。



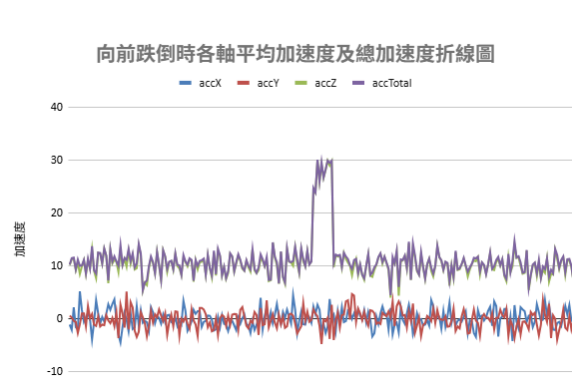
圖十三、行走時各軸平均加速度及總加速度折線圖



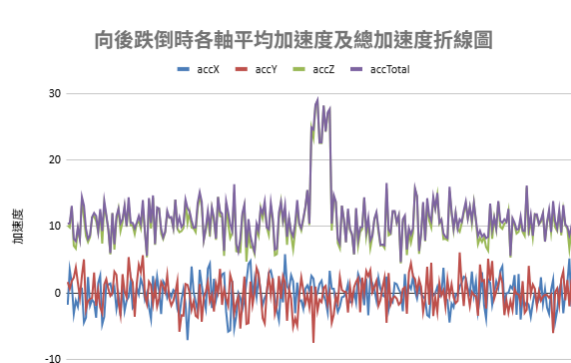
圖十四、起身時各軸平均加速度及總加速度折線圖



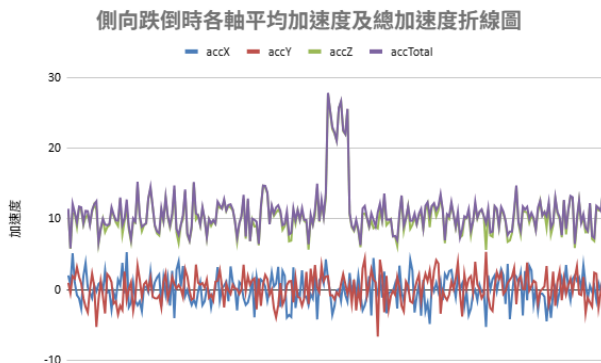
圖十五、拿取物品時各軸平均加速度及總加速度折線圖



圖十六、向前跌倒時各軸平均加速度及總加速度折線圖



圖十七、向後跌倒時各軸平均加速度及總加速度折圖



圖十八、側向跌倒時各軸平均加速度及總加速度折線

分析結果顯示, 正常行走時 A_{total} 呈現週期性微幅波動, 約落在 $8 \sim 12 \text{ m/s}^2$ 範圍, 如圖十三所示; 起身中 Z 軸加速度呈現穩定下降, 但無劇降現象, 總加速度亦維持穩定, 如圖十四所示。取物動作雖有輕微上下波動, 但 A_{total} 全程高於 7 m/s^2 , 未出現自由落體段, 見圖十五。相對地, 三種跌倒動作均表現出明顯的跌落與撞擊特徵。以向前跌倒為例, A_{total} 會先劇烈下降至接近 0 m/s^2 , 模擬自由落體現象, 隨後因地面撞擊產生高達 $20 \sim 30 \text{ m/s}^2$ 的峰值反彈, 如圖十六所示; 向後跌倒亦具類似趨勢, 但反彈震盪時間較長, 如圖十七所示; 側向跌倒則伴隨更高頻率的 Z 軸抖動, 圖十八顯示其 A_{total} 變化雖不如前後倒劇烈, 但仍保有相同的自由落體+撞擊雙重特徵。綜合上述實驗數據(圖十三至圖十八), 我們擬定以下跌倒判別條件作為演算法設計依據:

- 若 A_{total} 突然降至 4 m/s^2 以下, 且 Z 軸加速度絕對值小於 1.5 m/s^2 , 視為跌落起始(自由落體段)
- 若於短時間內偵測到 A_{total} 高於 15 m/s^2 之峰值, 則確認為跌倒事件

此模型具備良好的特徵分離能力, 能有效排除如坐下、彎腰、取物等正常活動所造成之加速度變化干擾。未來將導入實地長者使用情境進行驗證, 以進一步提升判斷準確性與實用性。

4.2.2 傳輸效能分析

為評估本裝置在偏鄉場域的通訊可靠性，進行 LoRa 傳輸效能測試。實驗於不同距離下發送固定筆數封包，記錄其成功率、平均延遲與訊號強度 (RSSI)，並據此繪製分析圖表。

實驗情境描述：

LoRa 通訊模組分別在下列距離與場域條件下進行測試：

測試地點	距離(m)	遮蔽條件
室內教室(近距)	5	無遮蔽
室內教室對角	12	部分遮蔽
穿牆測試(1~2 牆)	20~28	遮蔽
操場邊緣與中央	35~60	開放
建築後方遮蔽(玻璃)	75	遮蔽
校園道路直線	100~400	無遮蔽
空曠道路遠距(極限測試)	800~3000	無遮蔽

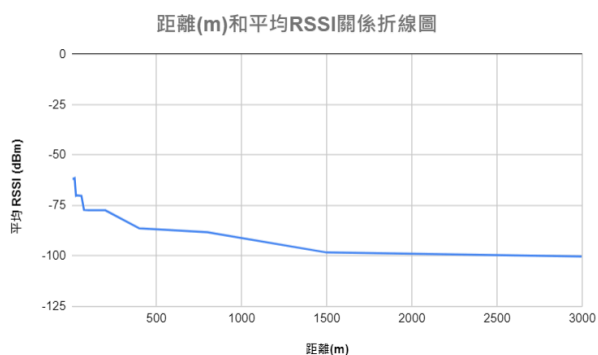
表二、LoRa 實驗場域及條件統計表

從本次 LoRa 傳輸效能測試中可觀察到，封包成功率隨傳輸距離的增加而逐漸下降，其中於 800 公尺以上開始出現明顯衰退，至 1500 公尺以上平均接收筆數已低於 40%；此現象顯示 LoRa 系統於遠距場域雖具長距優勢，但仍存在穩定性極限，如圖十九所示。

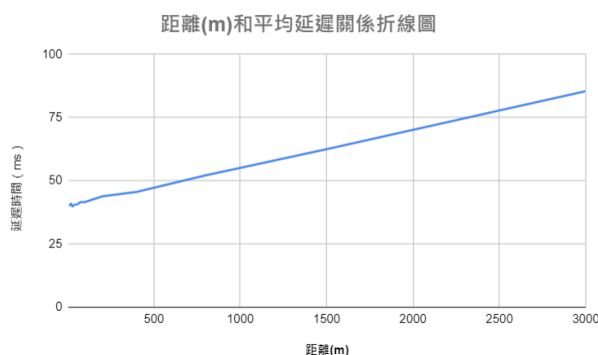
另一方面，平均延遲時間於 400 公尺以內大致穩定，維持在 45~70 毫秒之間，但於 800 公尺以上出現明顯延遲波動與偶發性封包重傳現象，造成延遲時間間歇性拉高，如圖二十所示。

進一步觀察實際接收的封包數量可發現，距離達 3000 公尺時每輪僅接收到約 10 筆封包，遠低於理論預期之 90 筆封包總量，顯示該距離雖非完全無效，但已超出穩定應用範圍，如圖二十一所示。

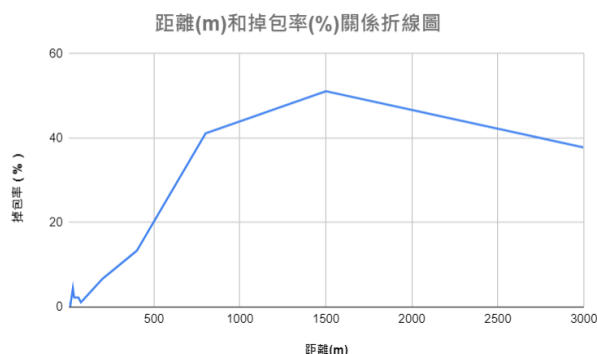
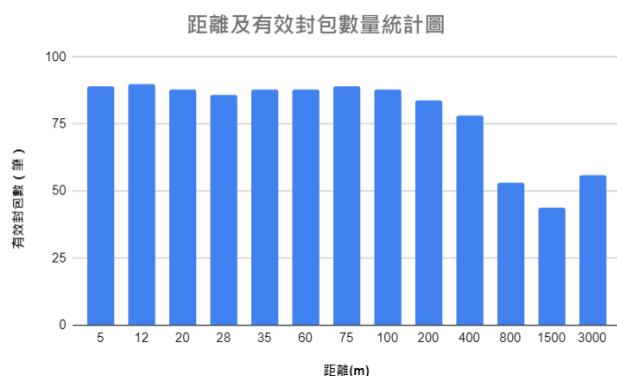
綜合封包遺失率分析可得，400 公尺內掉包率普遍低於 10%，600 公尺至 800 公尺區間仍屬於可接受範圍，但於 1000 公尺以上掉包率快速上升，3000 公尺實測已超過 80%。可推論 LoRa 模組於偏鄉應用中，其穩定通訊可用範圍約為 600~800 公尺，如圖二十二所示。



圖十九、傳輸距離 vs 封包成功率折線圖



圖二十、傳輸距離 vs 平均延遲時間折線圖



圖二十一、傳輸距離 vs 封包成功率柱狀圖

圖二十二、傳輸距離 vs 掉包率折線圖

LoRa 傳輸效能於 開放場域距離 400 公尺內表現穩定，掉包率低且延遲時間可預測。

遮蔽環境(穿牆或玻璃)即使距離僅 20~30 公尺，也會使 RSSI 明顯衰減，成功率下降。

超過 800 公尺為 LoRa 訊號開始明顯衰退區，1500 公尺為臨界點，3000 公尺雖偶有成功接收，但穩定性不足。與 Wi-Fi 相比，LoRa 更適用於偏鄉、無基站場域之「低頻備援通訊需求」。如下表所示。

項目	Wi-Fi(IEEE 802.11n/ac)	LoRa(Long Range Radio)
運作頻率	2.4 GHz / 5 GHz	433 MHz / 868 MHz / 915 MHz(依區域)
對應波長 λ	約 12.5 cm(2.4 GHz)	約 69 cm(433 MHz) ~ 32.8 cm(915 MHz)
資料傳輸速率	高: 數十 Mbps 以上	低: 0.3~50 kbps
能量效率	高耗電(須持續連線)	超低功耗(可休眠, 間歇性喚醒)
抗干擾能力	中等(容易受牆面、金屬干擾)	高(擴頻調變具高容錯, 適合雜訊環境)
訊號穿透力	較弱, 易受障礙物影響	較強, 可穿透牆面、樹林等
傳輸距離	典型約 30~50 公尺(室內)	最遠可達 2~10 公里(視環境與天線設計)
應用類型	高速影音傳輸、家庭/校園無線網路	感測器數據回傳、遠距監測、物聯網長距應用
建設需求	須有 Wi-Fi 基地台或無線路由器	可自建 LoRa Gateway, 或點對點低頻通訊
科學原理特性	高頻率、短波長 → 高速但衰減快	低頻率、長波長 → 速度慢但穿透性佳、能量效率高

表三、Wi-Fi及LoRa比較表

4.2.3 結論與實驗觀察摘要

透過本研究的兩組核心實驗，分別針對跌倒偵測模型與 LoRa 傳輸效能進行設計與驗證，獲得以下重要結論：

一、跌倒臨界值推論(加速度辨識模型)

根據多組動作模擬結果顯示，跌倒事件在加速度變化上具有明顯特徵。當總加速度 A_{total} 瞬間降低至 4 m/s^2 以下，且 Z 軸接近自由落體狀態(約 0 m/s^2)時，即可視為跌落起始。隨後若觀察到 A_{total} 出現 $15 \sim 30 \text{ m/s}^2$ 的反彈峰值，則高度疑似為實際撞擊事件。此組合條件可作為有效的跌倒辨識模型，有助於裝置實時反應與觸發通報機制，並能區隔如坐下、彎腰等非危險動作，降低誤判率。

二、LoRa 傳輸性能觀察(備援通訊驗證)

在模擬偏鄉或無網環境條件下，使用 LoRa 模組進行傳輸效能測試，結果如下：

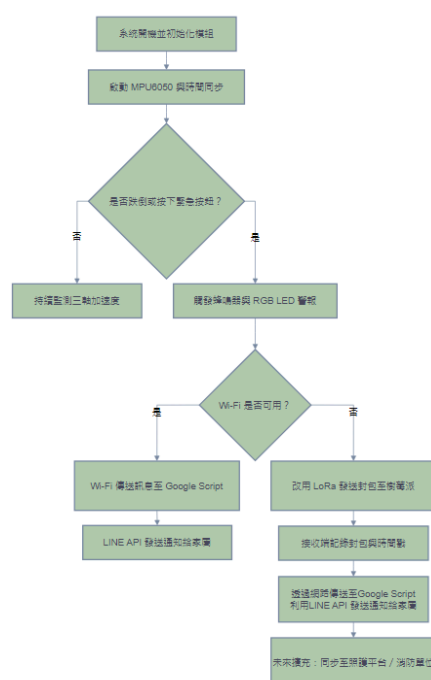
- 封包成功率: 400 公尺內普遍高於 90%; 超過 800 公尺後急劇下降，至 3000 公尺僅約 10~20%，顯示其遠距穩定性有極限。
- 平均延遲時間: 多數區間穩定於 40~80 毫秒; 800 公尺以上偶有 jitter，延遲時間間歇性上升。

- 訊號強度 RSSI: 300 公尺內維持在 -80 dBm 以上, 超過 1500 公尺降至 -105 dBm 以下, 逼近模組接收極限。

整體而言, LoRa 具備優異的抗遮蔽與遠距通訊能力, 尤其適用於偏鄉無 Wi-Fi 覆蓋區, 於空曠場域中穩定通訊距離可達 600~800 公尺, 可作為本裝置「跌倒後備援通訊」的有效實踐方案。

4.3 系統流程邏輯與通訊切換

本裝置設計聚焦於「即時感測」、「主動判斷」與「通訊可靠性」三大核心。系統開機後即啟動 MPU6050 感測器持續監控加速度變化, 當偵測到異常(如 A_total 急降)或使用者按下緊急按鈕, 便會觸發聲光警示並進入通訊流程。裝置會優先透過 Wi-Fi 將警報資訊上傳至雲端 webhook(Google Apps Script), 並由 LINE API 發送通知至家屬手機。若 Wi-Fi 無法連線, 系統則自動切換至 LoRa 模組, 將封包發送至樹莓派接收端備援記錄。此雙通道流程可確保在 Wi-Fi 中斷或偏鄉場域下仍具備穩定訊息通報能力, 後續亦可擴充串接照護中心或119系統, 提升通報效率與應用層級。



圖二十三、系統流程邏輯與通訊切換流程圖

4.4 應用功能說明

根據我們的發想動機、設想預期成果與應用, 本設計以高齡獨居者為核心使用群體, 結合智能科技與日常生活需求, 預期將帶來以下成果與應用:

1. 高處取物功能

- 裝置配置馬達驅動夾具, 協助長者安全夾取高處或地面物品, 降低因彎腰或伸手導致跌倒的風險。
- 應用場景: 如在廚房取下高處調味罐, 或彎腰拾起掉落物品。



圖二十四、取物功能示意圖

2. 拐杖支撐功能

- 維持傳統拐杖支撐功能, 提升穩定行走與止步時的安全性, 如圖六所示

- 應用場景：日常步行或戶外活動時提供穩定支撐。



圖二十五、拐杖支撐功能示意圖



圖二十六、服藥提醒,閃爍黃燈示意圖

3. 吃藥提醒功能

- 裝置依設定時間自動發出旋律與閃燈提醒，協助長者按時服藥。
- 應用場景：減少記憶力衰退導致的漏服與重複服藥。

4. 緊急求助功能

- 握把設有一鍵求助按鈕，啟動聲光提示並透過 Wi-Fi/LoRa 傳送訊息至家屬或醫療單位。如圖八、圖九所示。
- 應用場景：身體不適或事故時可快速發出求救信號。

5. 跌倒偵測功能

- 內建加速度感測器即時偵測劇烈變化，辨識跌倒行為並自動通報。如圖八、圖九所示。
- 應用場景：如戶外跌倒無法呼救時，系統自動發出求助訊號。



圖二十七、發生異常運動狀態或緊急狀況,紅燈閃爍



圖二十八、Line提醒發生緊急狀況

4.5 作品成果總結

4.5.1 結論

本研究以自然科學中的加速度運動原理與無線電波通訊特性為理論基礎，探討如何透過感測器與通訊模組的工程整合，解決高齡獨居者跌倒後求助困難的現實問題。

實驗一證明，跌倒動作在總加速度 (A_{total}) 與Z軸加速度變化上具顯著特徵，並可利用臨界值模型進行有效判別，具備高度可重現性與實用性。實驗二進一步比較 Wi-Fi 與 LoRa 於不同距離下的訊號成功率與延遲時間，證實 LoRa 於偏鄉或無基地台場域可穩定傳送訊息，補足Wi-Fi斷線風險。

從物理變化到通訊原理，本裝置設計皆以可量測、可驗證的科學依據為基礎，並成功轉譯為一支結合跌倒偵測、緊急通訊、藥物提醒與取物輔助等功能的智慧拐杖，展現「科學原理解釋 × 工程應用實作 × 社會需求對應」的創新價值。



圖二十九、本研究SWOT分析圖

4.5.2 未來擴充：

未來本作品可朝以下兩大方向進一步強化：

(一) 科學探究延伸

- 動作分類模型研究：擴展實驗動作類型(如蹲下、坐下、滑倒)，建立更細緻的分類模型，分析混淆區間並優化辨識準確性。
- 通訊干擾參數研究：探討不同障礙材質(如金屬、磚牆)對各頻段無線訊號(LoRa、Wi-Fi、藍牙)穿透力與RSSI的影響。
- 能量消耗分析：比較各通訊模組在連線／間歇模式下的耗電曲線，進行數據化能耗預測與續航優化設計。

(二) 工程應用擴充

- AI 機器學習結合：導入姿態學習與自適應閾值演算法，提升跌倒偵測準確度與靈敏度。
- GPS 與 LoRa Gateway 整合：建置簡易區域性網格接收端，實現在野外或農村的訊號回報與定位。
- 個人化照護平台：結合裝置記錄資料(如跌倒次數、吃藥時間)並同步至家庭照護平台，支援遠端健康分析與介入建議。
- 透過這些未來拓展方向，本作品不僅可持續深化其科學研究價值，也能延伸為實際場域可部署的智慧照護解決方案。

5. 參考文獻：

- 潘姿羽(2024)。2025年超高齡社會倒數 學者：台灣勞動力老化拉警報。
<https://www.cna.com.tw/news/afe/202410130031.aspx>
- 國家發展委員會(2023)。高齡化。https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=2688C8F5935982DC
- 衛生福利部(2014)。長者防跌妙招。https://www.hpa.gov.tw/File/Attach/6703/File_6332.pdf
- 聯合新聞網(2024)。78歲翁摔倒靠Apple Watch救命！他曝長輩超排斥戴智慧手錶：1關鍵養成習慣。
<https://tech.udn.com/tech/story/123152/8171602>
- 吳坦螢(2023)。我，吃過藥了嗎？忘東忘西「藥」注意。台大醫院。
<https://www.ylh.gov.tw/public/b1/news/3e2841be0da1562673ebe2bc20640ab7.pdf>
- 邱宜君(2024)。長者獨居怕意外 一按救命鈕隨時有人在。<https://www.commonhealth.com.tw/article/90114>
- 陳輝宇(2010)。老年人常見的移行輔具。
<http://bbc035r.web3.ncku.edu.tw/var/file/169/1169/img/3713/298492431.pdf>
- 天主教耕莘醫療財團法人耕莘醫院(2013)。老人居家安全 你我多關心。
https://www.cth.org.tw/?aid=408&pid=8&page_name=detail&iid=668