勞務委託採購規格書(A652001302)

多模態慣性感測動作資料即時擷取與影像同步系統建置

適用情境：日常步行、坐姿 / 坐站轉換與肢體復健 |

執行平台：iPad（資料可匯出至 PC）

一、委託目的及背景

為支援年長者、中風後復健者及肢體受傷者之日常生活與復健動作量化分析，規劃採用多顆慣性量測單元（IMU）取得肢段加速度、角速度及姿態資訊，建立可於 iPad 執行之即時資料擷取、時間同步、影像同步錄製、資料品質紀錄與存取系統，資料可匯出至 PC。資料應可供後續演算法估算關節活動角度、分析動作範圍與速度、比對適當參考範圍，並研發代償動作或動作異常偵測。本案聚焦「可用且可追溯的動作資料擷取流程」，提供後續關節角度計算所需之原始資料與標準化檔案，並完成情境驗證；不以單次感測器姿態值直接宣稱為臨床關節角度，也不將肢段座標校正、關節角度演算法、資料清理與插補、PC 端即時連線、疾病診斷、完整臨床演算法或醫療器材取證列為本案完成項目。

二、委託工作項目與技術需求

2.1 架構設計及設備盤點

確認每顆感測器型號、序號、韌體、測量模式、支援取樣率、可用資料欄位、BLE 傳輸路徑、iPad 端可同時連線數量及軟體使用授權；製作 iPad 擷取情境的架構圖、資料流程圖、相容性矩陣與風險清單。

2.2 即時資料擷取與多顆感測器管理

支援感測器藍牙搜尋、連線、閃燈識別、自訂名稱（可依配戴部位命名）、斷線自動重連、電量與韌體資訊顯示。提供三種測量模式：①歐拉角 + 自由加速度；②加速度 + 角速度；③歐拉角 + 自由加速度 + 角速度，輸出頻率 60 Hz。每筆資料須保有感測器名稱、MAC 位址、原始硬體時間戳（SampleTimeFine）、測量模式、取樣頻率與單位（歐拉角 °、加速度 m/s²、角速度 rad/s）；錄製中應能同時顯示各感測器即時數據曲線。

2.3 時間同步與影像對齊

採用感測器硬體同步建立多感測器共同時間軸，以第一顆感測器之 SampleTimeFine 作為統一時間基準，保存原始硬體時間戳及同步基準值；影像啟用時以 60fps 錄製，並記錄影像起始時間與感測器時間基準之對應關係，供回放時逐幀對齊。

2.4 資料品質紀錄

每次錄製自動產生資料品質摘要，記錄各感測器實際數據點數、依錄製時長推算之預期數據點數、資料完整度、取樣間隔異常次數、資料接收狀態及硬體同步狀態。原始量測資料依感測器輸出原樣儲存，不進行插補或平滑處理；同一時間戳之重複封包不重複寫入。

2.5 iPad 端情境

建立 iPad 即時擷取 / 顯示模組：多顆感測器連線監控、感測器依配戴部位命名、測量模式與疊加顯示項目選擇、即時動作數據曲線、錄製開始 / 結束、本機儲存、錄製清單（可依時間、時長、感測器數量排序）與分享匯出；整合 60fps 影像同步錄製，錄影畫面可即時疊加所選感測器數值；回放支援 0.1x–2.0x 變速、逐幀前進 / 後退、時間軸拖曳及多感測器切換，數據隨影像同步顯示，並保留 IMU 原始時間資訊與影像對齊結果。即時資料須於錄製時由 App 直接經藍牙串流取得；不得只展示回放畫面充當即時擷取。

2.6 PC 端資料存取

錄製資料夾可透過 iOS 檔案分享機制（AirDrop、檔案 App、電子郵件或雲端儲存等）傳送至 Windows 或 macOS 電腦；CSV 及 JSON 檔可直接以 Excel、Python、MATLAB 等通用工具開啟，影片為通用 .mov 格式。本案不建置 PC 端即時資料接收模組，亦不提供 iPad 至 PC 之即時轉送功能。

2.7 資料格式

每次錄製自動建立獨立資料夾（以錄製結束時間命名），至少包含：①各感測器原始資料 CSV（每顆感測器一檔，檔首記錄感測器名稱、MAC 位址、錄製時長、數據點數、同步基準時間戳、取樣頻率及測量模式）；②錄製 metadata JSON（起訖時間、時長、測量模式、同步基準及資料品質摘要）；③感測器設定 JSON（App 版本、iPad 型號與系統版本、各感測器輸出頻率、濾波設定及同步狀態）；④60fps 影片檔。資料以 SI 單位記錄，並提供資料欄位說明文件，供 Python 等外部程式讀取。

2.8 情境驗證與示範

至少涵蓋：①直線步行與轉身；②坐姿上肢活動；③坐下 / 站起；④上肢或下肢指定復健關節動作。每情境定義佩戴位置、啟停事件、參考動作與品質測試；示範多感測器與影像同步錄製、各感測器姿態與動態數據曲線、同步回放及資料匯出，並以資料品質摘要確認資料完整度及影像對齊結果。

三、資料系統建議架構

層級	iPad 情境	PC 端（資料匯出後）
裝置層	DOT → BLE / 官方連線機制	不直接連線感測器
擷取層	裝置管理、原始時間戳、本機儲存	接收 iPad 匯出之錄製資料夾
同步與對齊	共同時間線、影格對齊	以原始時間戳及同步基準進行後續分析
資料品質	斷線重連、資料品質摘要	依資料品質摘要進行檢核

存取與運算	本機檔案、檔案分享 / 傳送	CSV / JSON / 影片檔，可以 Python、MATLAB、Excel 等工具讀取

共同原則：原始資料不得覆寫；每次錄製獨立存檔並以時間命名；記錄設備、取樣與同步設定；錄製不需網路連線，資料儲存於 iPad 本機；資料來源可追溯。

四、交付成果

編號	交付項目	最低內容
1	系統說明文件	架構圖、設備 / 授權相容性、資料流程、同步機制、資料格式說明、測試規劃
2	iPad 端擷取模組	可安裝執行版本（含安裝設定）、即時連線 / 同步錄製 / 回放 / 匯出、操作手冊
3	情境驗證報告	2.8 所列情境之錄製測試結果、資料完整度及影像對齊確認
4	教育訓練及技術支援	操作教育訓練、驗收後技術支援（期間依契約約定）

附件一、模組組成環境

設備 / 授權	數量	本案用途
DOT Pro 動作感測器	6 顆	多肢段同步運動量測與姿態追蹤
DOT 動作感測器	5 顆	多部位姿態 / 動態數據擷取
充電暨工作站	1 台	感測器管理、充電與資料工作流程
資料擷取平台	5 台	依供應商實際介面支援擷取 / 轉接
影像動作分析軟體	1 式	iOS 端 IMU 與影像同步錄製、回放及檔案輸出
感測器束帶	1 組	固定與標準化配戴位置
便攜提箱	1 只	設備攜帶與收納