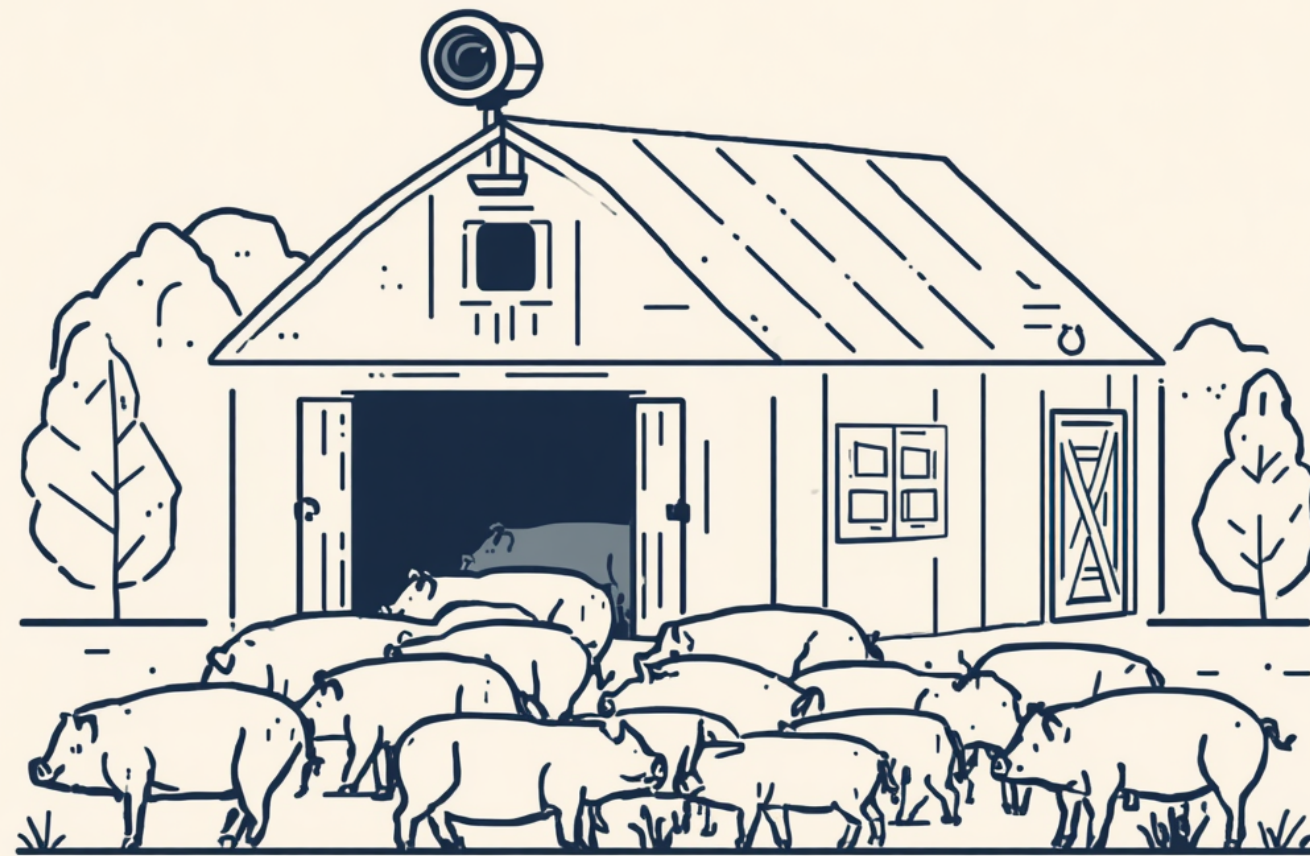


智慧豬場即時監控與行為異常偵測系統

Real-Time Monitoring and Behavioral Anomaly Detection System for Smart Pig Farm



成功大學 資訊工程學系 | 指導教授：陳朝鈞 | 學生：邱宣堯

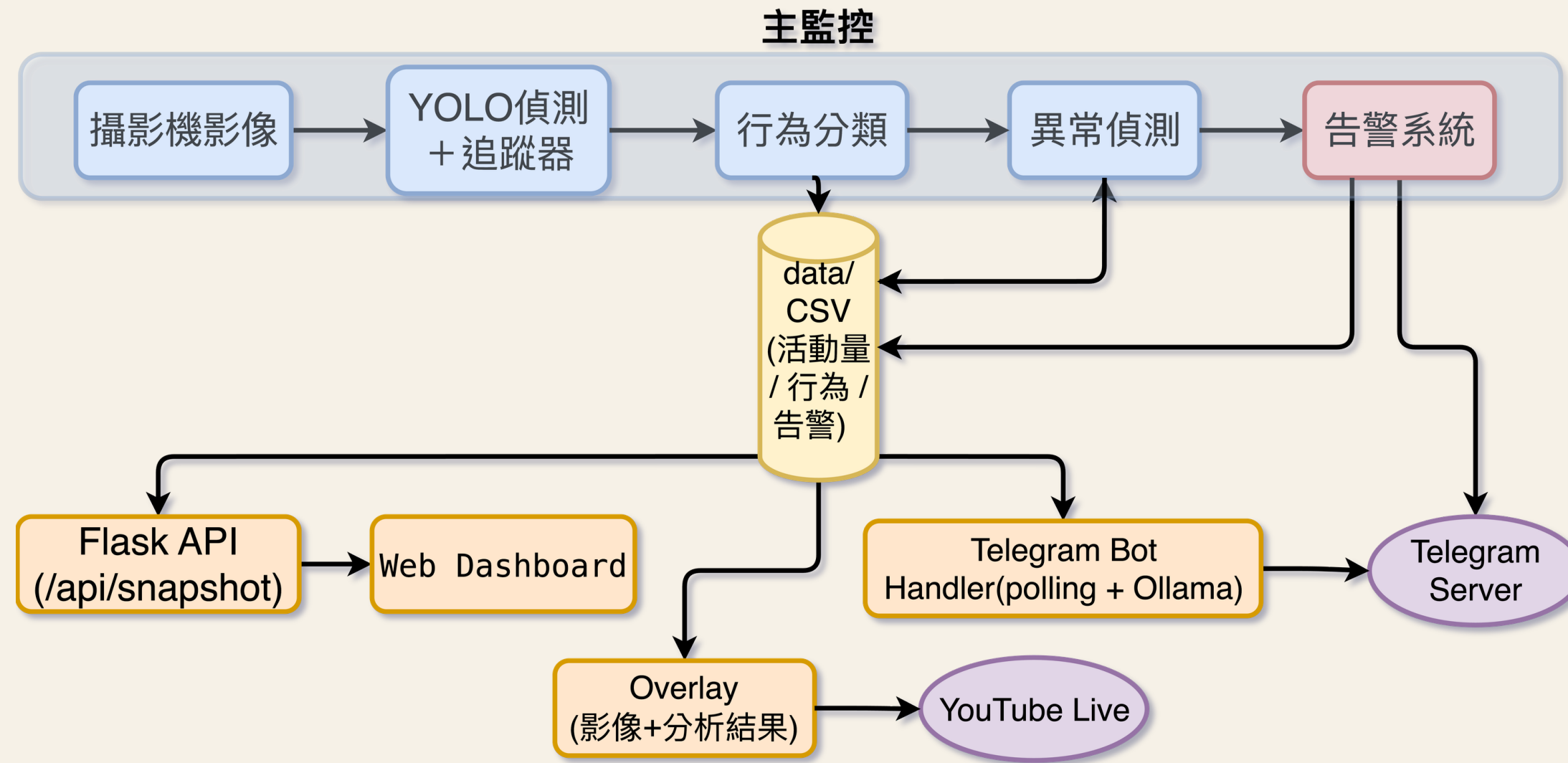
為什麼需要它？

- 1.人力不足：農牧業人力減少且高齡化，人工巡檢成本高、夜間難覆蓋。
- 2.疾病難及早發現：早期徵兆肉眼難察覺，發現時常已錯過最佳處置時機。

目標：用最少人力、照顧最多豬群，提升整體照護效率。



系統架構



主要行程：

- 行程 A：主監控（偵測→追蹤→告警）
- 行程 B：Telegram Bot 雙向
- 行程 C：Web Dashboard
- 三者可獨立啟動及暫停

系統特性：

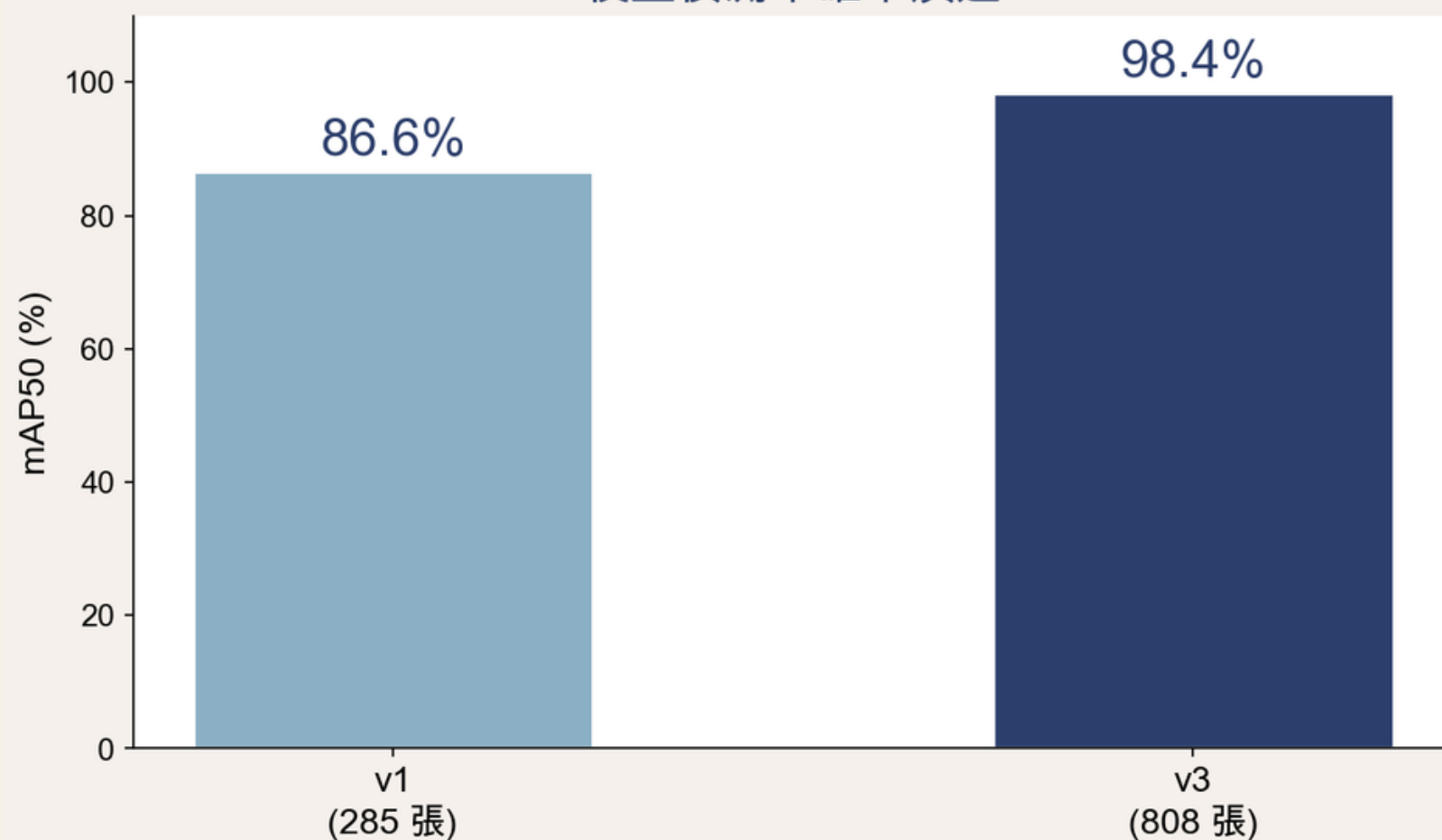
- 不共享記憶體
- 透過 CSV 解耦
- Dashboard 30 秒輪詢
- 各行程互不影響

偵測與追蹤的量化成效

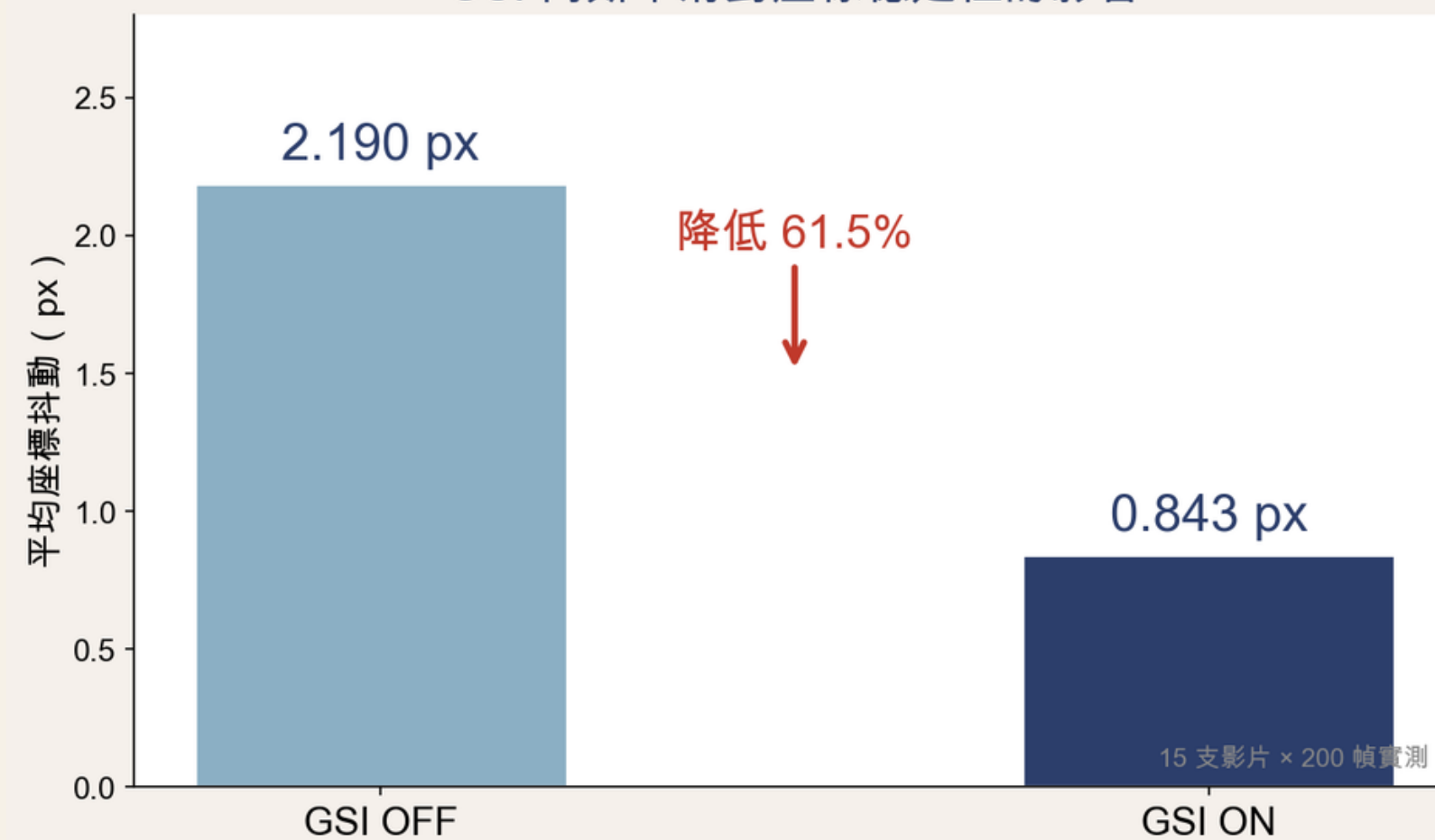
v1 : 285 張 → mAP50 86.6%
v3 : 808 張 → mAP50 98.4% (+水盆負樣本 20 張)

GSI 高斯平滑插值
GSI OFF : 2.190 px
GSI ON : 0.843 px
座標抖動降低 61.5%

模型偵測準確率演進



GSI 高斯平滑對座標穩定性的影響

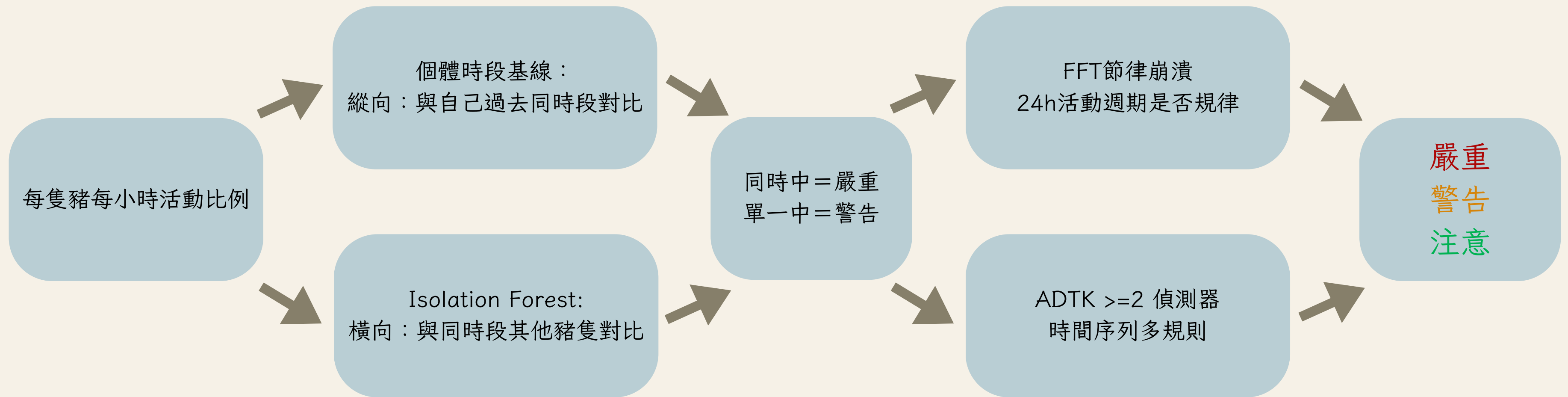


為什麼從「活動量」切入？

- 1.反應較早：豬隻生病/不適最先出現的外顯徵兆，幾乎都包含了「變得不愛動、離群、久臥」。相較體重、外觀變化，活動量變化出現得更早。
- 2.無需額外硬體：一支俯角攝影機即可全欄量測，沿用現有監視設備，不需在豬身上加裝耳標、加速度計或體溫計。
- 3.可量化、可分群：活動量能逐幀計算，且能同時做個體縱向基線與群體橫向比對。

因此本系統以「每隻豬每小時的活動比例」作為健康狀態的核心代理指標。

異常偵測與告警系統



告警可靠性設計

- 交叉確認鎖定基礎風險：個體縱向基線（與自己過去同時段比）與 Isolation Forest 橫向比對（與同欄豬比，6 維時域特徵）同時命中才升「嚴重」，單一命中為「警告」。
- 雙重升級訊號：FFT 日夜節律是否崩潰、ADTK 多規則 ≥ 2 項命中，作為告警升級依據。
- 壓制偽報：連續 2 小時確認（活動下降類）+ THI 氣象背景排除高溫造成的活動波動 → 特異度 97.9%。

量化驗證：合成注入測試

1. 如何模擬

- 生成 7 天正常活動資料（模擬晨/午/夜節律）
- 前 5 天 → 建立基線；後 2 天 → 測試窗
- 5 類異常各以副本注入測試窗，不污染基線（單隻驟降／群體驟降／單隻激增／全群崩潰／夜間異常活躍）

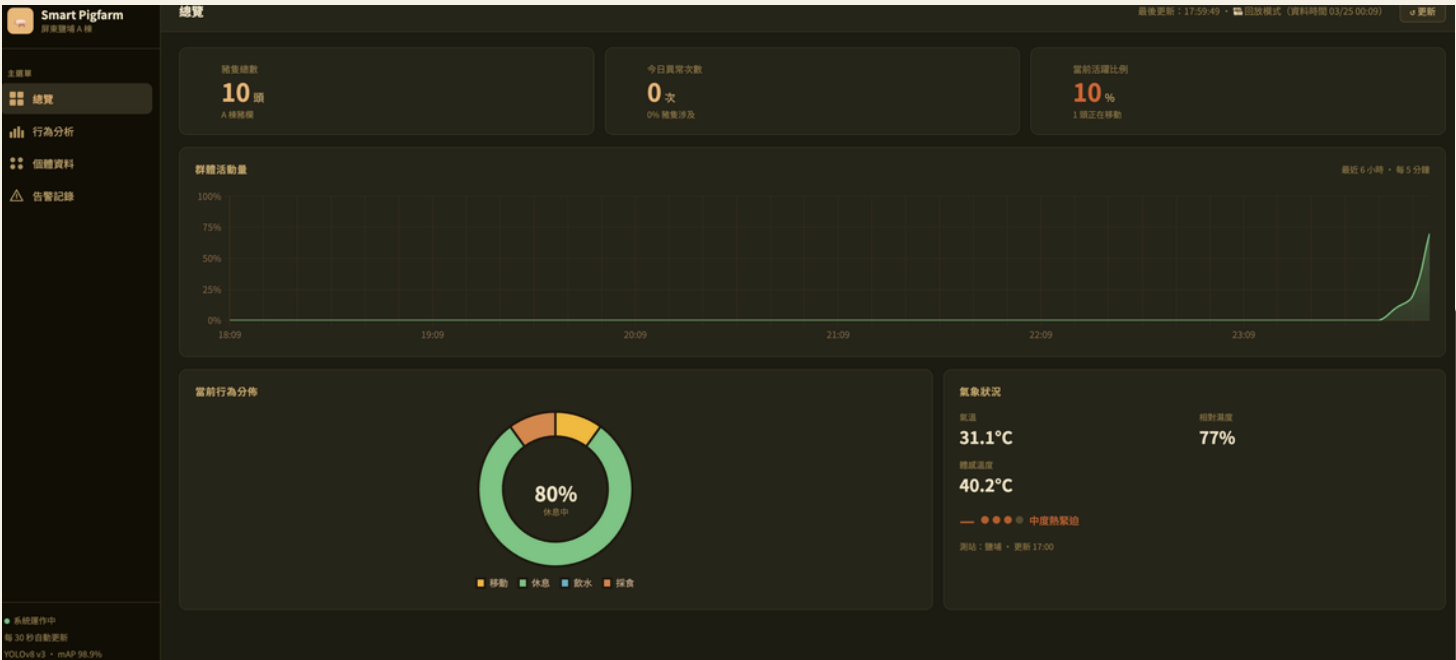
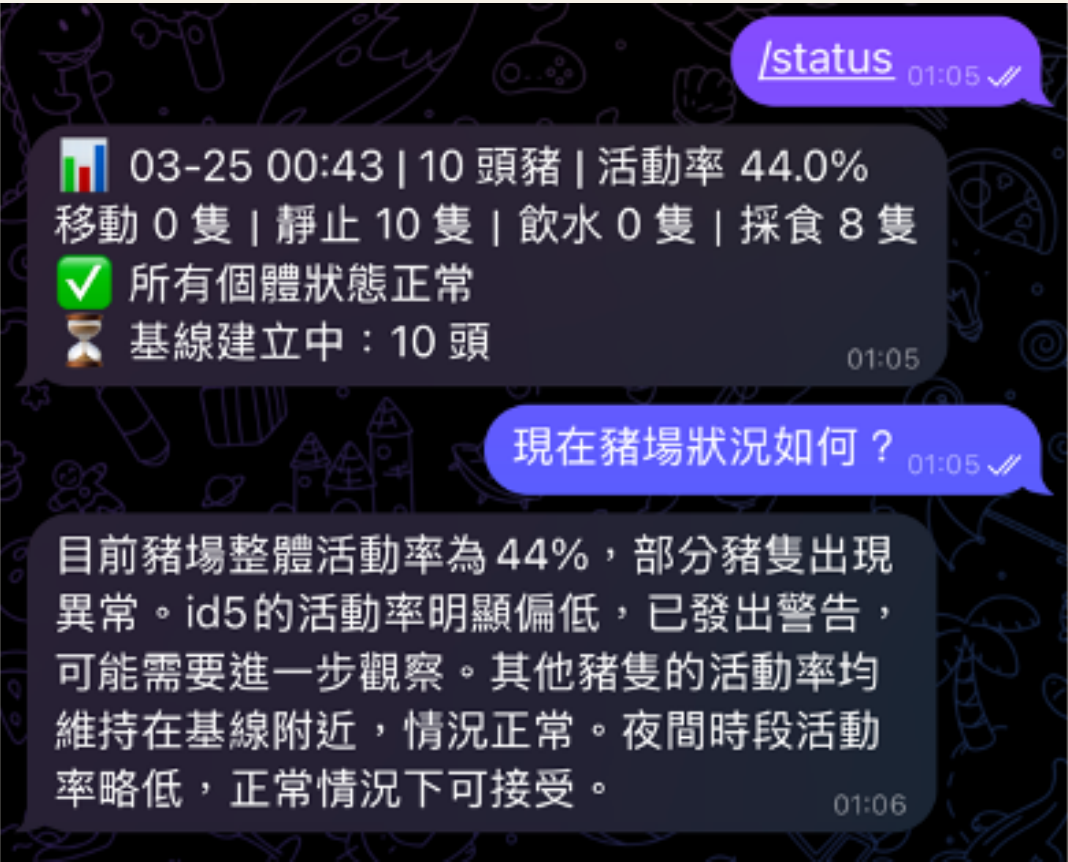
2. 活動率怎麼算

- 每 30 秒記錄各豬位移，速度 ≥ 5 px/s 才算「有動作」
- 活動率 = 一小時內「有動作」樣本佔比（0~1）

3. 結果

- 特異度 97.9%（48 正常小時僅 1 次誤報，目標 $>90\%$ )
- 敏感度：事件內 100%（5 類全偵測到）

整合成果展示



方法限制

- 敏感度數字來自合成模擬的「極端」異常（活動降至 5–10%）；對輕症的真實敏感度可能較低。
- 活動驟降類異常（疾病早期最常見徵兆）需連續兩小時都判異常才確認，以避免掉 ID 等假性觸發，因此從異常發生到告警約有 2~3 小時延遲——此為以延遲換取偽報抑制的取捨。（活動激增類事件則維持即時觸發）
- 模型於單一豬場訓練，無法直接跨場域泛化，部署前需場域特定校準。
- 尚未以真實病例驗證：目前僅證明「明顯異常下表現良好」，而非「已驗證可偵測真實疾病」。

下一步

① 驗證追蹤精度

完成 MOTA／IDF1 人工標注，量化多目標追蹤準確度。

② 單舍試點與校準

進實際豬舍運行，調整閾值、建立真實基線。

③ 真實病例驗證

以真實病例驗證告警敏感度。

結語

把看不過來的豬群，變成看得見的健康訊號



demo 影片

