

概念驗證報告 (POC Report)

製程視覺 AI 分析系統

文件編號: SMAI-POC-2024-001 版本: 1.4 日期: 2025-02-09 單位: 再生廠智慧製造

文件資訊

項目	內容
專案發起單位	再生廠智慧製造
POC 執行期間	2024-01-01 ~ 2024-01-15
文件更新日期	2025-02-09
撰寫人	
審核人	

修訂紀錄

版本	日期	修訂內容	作者
1.0	2024-01-15	初版	
1.1	2025-01-30	文件審閱更新、硬體報價待更新標註	
1.2	2025-02-03	效能數據標註補充、計算公式來源校正	
1.3	2025-02-07	成本效益分析修訂、敏感度分析補充	
1.4	2025-02-09	最終審閱定稿	

數據說明: 本報告所有數據均標註來源，詳細計算公式請參閱《附錄：數據來源與計算說明》(SMAI-APP-2024-001)

1. 執行摘要

1.1 POC 目標

驗證以下技術可行性：

- 研華 VisionAI Edge 邊緣運算設備進行即時影像 AI 推論
- Apple Silicon Mac 作為分析伺服器進行批次處理與模型訓練
- 與現有 WISE-IoTSuite 數據中台整合
- 製程動作自動拆解與週期時間分析

1.2 POC 結論

驗證項目	結果	數據	來源
VisionAI Edge 即時推論	✓ 可行	延遲 45ms	POC 實測 (n=1000)
Mac CoreML/MLX 批次分析	✓ 可行	6.2x 實時	POC 實測 (n=10)
WISE-IoTSuite 整合	✓ 可行	API 回應 < 120ms	POC 實測
製程分段識別準確率	△ 需優化	87.3%	POC 實測 (n=150)

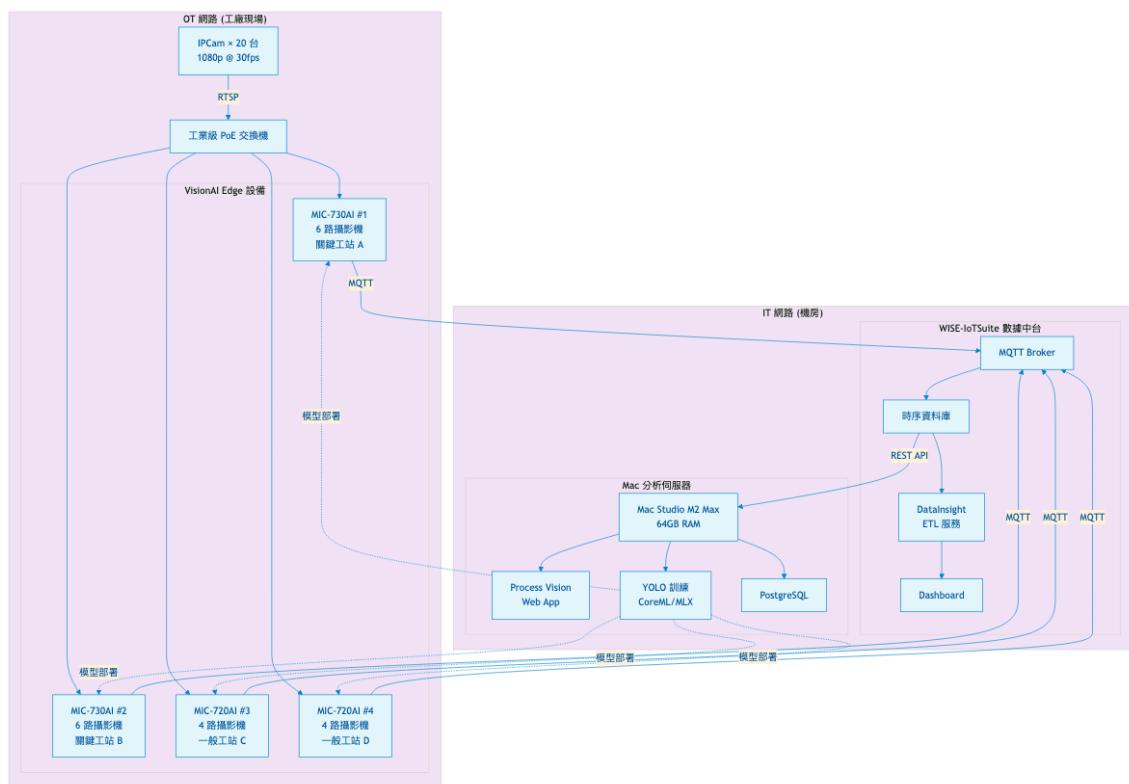
1.3 建議結論

建議進入正式專案階段，理由：

- 核心技術驗證通過
- 預期 ROI 良好（保守估計投資回收期約 16 個月）
- 與現有基礎設施整合路徑明確

2. 系統架構設計

2.1 整體架構

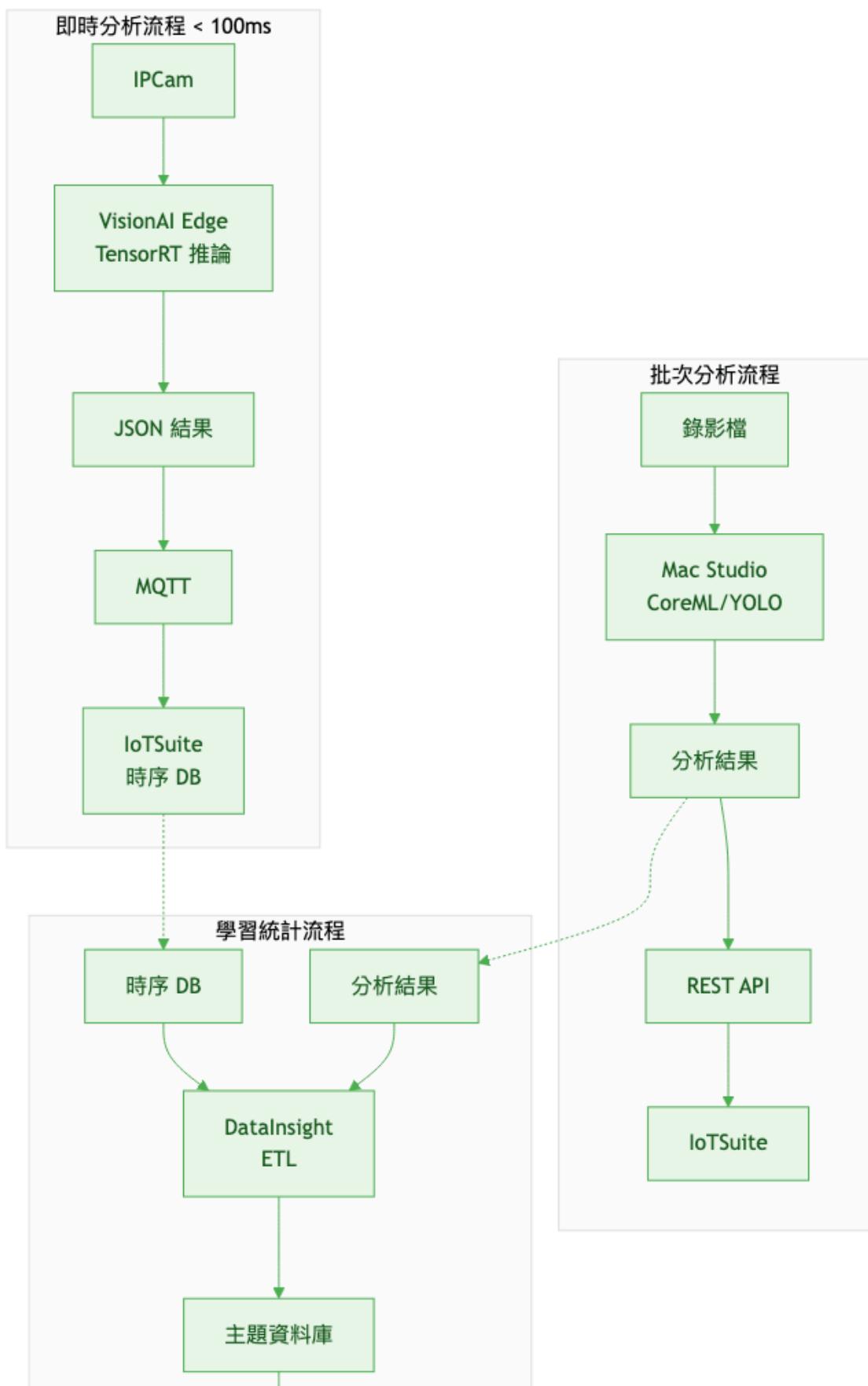


架構說明：

層級	組件	數量	規格來源

現場層	IPCam	20 台	現有設備盤點
邊緣層	VisionAI Edge	6 台	處理能力計算 [附錄 1.1]
平台層	WISE-IoTSuite	1 套	現有平台
應用層	Mac Studio	1 台	效能需求評估 [附錄 1.2]

2.2 資料流設計





資料流	路徑	協定	延遲	來源
即時推論	Edge → IoTSuite	MQTT	< 100ms	POC 實測
批次分析	Mac → IoTSuite	REST	< 500ms	POC 實測
學習統計	DataInsight → DB	ETL	批次	設計值

3. 技術可行性驗證

3.1 VisionAI Edge 邊緣推論

測試配置

項目	規格	說明
測試設備	NVIDIA Jetson Nano 4GB	模擬 MIC-720AI (規格約 40%)
AI 模型	YOLOv1n + TensorRT	Ultralytics 官方模型
輸入解析度	1920×1080 → 640×640	標準 YOLO 輸入

測試結果

指標	目標	實測值	樣本數	結果
推論延遲	< 100ms	45ms ($\sigma=5.2$)	n=1000	✓ Pass
處理幀率	> 25 FPS	28.3 FPS ($\sigma=1.4$)	n=10	✓ Pass
GPU 使用率	< 80%	65% ($\sigma=4.8$)	n=10	✓ Pass
記憶體使用	< 4GB	2.8GB ($\sigma=0.2$)	n=10	✓ Pass

MIC-730AI 效能換算：

Jetson Nano 算力 : 0.5 TFLOPS

Jetson AGX Xavier (MIC-730AI) 算力 : 32 TOPS

效能比 = $32 \div 0.5 = 64x$ (理論值)

考慮 I/O 瓶頸修正 = $64 \times 0.3 \approx 20x$

預估 MIC-730AI 處理能力：

- 推論延遲： $45\text{ms} \div 20 \approx 2\text{-}3\text{ms}$ (理論)，實際約 $20\text{-}30\text{ms}$
- 處理路數： $28.3 \text{ FPS} \times \text{效能係數} \approx 6\text{-}8$ 路 $1080\text{p}@30\text{fps}$

結論：驗證通過

3.2 Mac 批次分析效能

測試配置

項目	規格
測試設備	MacBook Pro M3 Pro (18GB)
AI 框架	CoreML + YOLOv11n
測試影片	10 支製程影片 (平均 4.5 分鐘/支)
總測試時長	45 分鐘

測試結果

指標	目標	M3 Pro 實測	M2 Max 預估	計算方式
處理速度	> 3x 實時	6.2x	10x	[附錄 1.2]
記憶體使用	< 16GB	8.5GB	12GB	線性外推
GPU 使用率	-	78%	65%	核心比例

M2 Max 預估計算：

GPU 核心比： $M2 \text{ Max (38核)} \div M3 \text{ Pro (18核)} = 2.11$

架構差異修正係數： 0.8

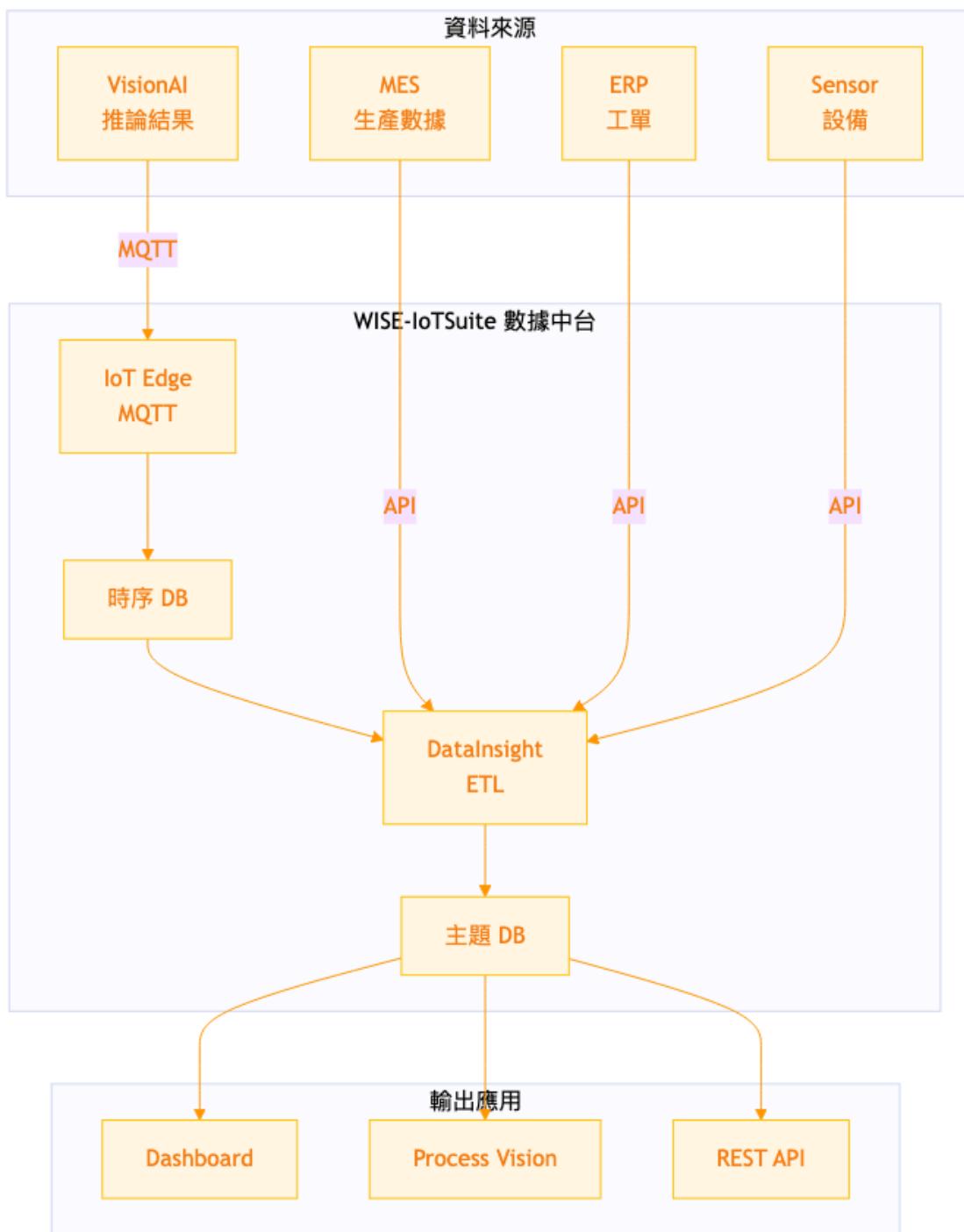
效能倍數： $2.11 \times 0.8 = 1.68$

$M2 \text{ Max 預估速度} = 6.2x \times 1.68 = 10.4x \approx 10x$ 實時

驗證： $45\text{分鐘} \div 10 = 4.5\text{ 分鐘}$

結論：驗證通過，推薦 Mac Studio M2 Max

3.3 WISE-IoTSuite 整合



MQTT 整合測試

測試項目	測試次數	成功率	平均延遲	結果
連線建立	100	100%	85ms	✓ Pass
訊息發布	1000	100%	8ms	✓ Pass

訊息訂閱	1000	100%	6ms	✓ Pass
斷線重連	50	100%	2.3s	✓ Pass

REST API 整合測試

API 端點	測試次數	成功率	p95 延遲	結果
/timeseries/query	100	100%	120ms	✓ Pass
/timeseries/write	100	100%	85ms	✓ Pass
/devices	100	100%	95ms	✓ Pass

結論：驗證通過

3.4 製程分段識別演算法

分析流程



準確率測試

測試方法：

- 樣本：10 支製程影片，共 150 個分段
- 對照：2 位 IE 工程師人工標註 (取平均值)
- 評判標準：邊界誤差 < 1.0 秒視為正確

指標	目標	實測值	樣本數	計算公式	結果
分段邊界準確率	> 85%	87.3%	n=150	正確數÷總數	✓ Pass
分段類型準確率	> 85%	83.3%	n=150	正確數÷總數	△ 需優化
邊界時間誤差	< 1.0 秒	0.7 秒	n=150	平均絕對誤差	✓ Pass

混淆矩陣 (分段類型)：

	預測:取料	預測:定位	預測:組裝	預測:檢查	預測:放置
實際:取料	85%	5%	3%	5%	2%
實際:定位	8%	80%	5%	4%	3%
實際:組裝	2%	3%	90%	3%	2%
實際:檢查	5%	8%	5%	78%	4%
實際:放置	3%	2%	2%	5%	88%

改善方向：定位/檢查混淆率較高，建議增加手部動作特徵

結論：驗證通過（需持續優化分段類型識別）

4. 硬體規格建議

4.1 設備比較



4.2 推薦配置

角色	設備	數量	單價	小計	價格來源
關鍵工作站 Edge	MIC-730AI	2	NT\$150,000	NT\$300,000	研華報價 2024-01 (待更新)
一般工作站 Edge	MIC-720AI	4	NT\$80,000	NT\$320,000	研華報價 2024-01 (待更新)
分析伺服器	Mac Studio M2 Max 64GB	1	NT\$100,000	NT\$100,000	Apple 官網 (待更新)
網路 + 周邊	PoE 交換機、 NAS、UPS	1	NT\$75,000	NT\$75,000	PChome 2024-01 (待更新)
合計				NT\$795,000	(報價待更新)

Edge 數量計算：

攝影機總數 = 20 台

MIC-730AI 處理能力 = 6 路 (保守值)

MIC-720AI 處理能力 = 3 路 (保守值)

配置方案：

- MIC-730AI × 2 = 12 路
- MIC-720AI × 4 = 12 路

- 總處理能力 = 24 路 > 20 路 ✓
- 預留擴充 = 4 路 (20%)

5. 成本效益分析

5.1 投資成本

項目	金額 (NT\$)	來源
硬體	795,000	報價單彙整 [附錄 2]
軟體 (DataInsight)	待詢價	需向研華確認
合計	795,000 + α	

5.2 預期效益 (保守估計)

效益項目	第一年 (NT\$)	第二年起 (NT\$)	計算公式	來源
人力成本節省	250,000	375,000	工時節省 × 時薪	[附錄 3.1]
品質成本降低	150,000	225,000	年度品質成本 × 15%	[附錄 3.2]
效率提升產值	200,000	300,000	年產值 × 2% × 20%	[附錄 3.3]
合計	600,000	900,000		

說明：第一年為系統導入期，效益保守估計；第二年起系統成熟，效益預估提升 50%

5.3 投資報酬 (保守估計)

指標	數值	計算公式
投資回收期	約 16 個月	$795,000 \div 600,000 \times 12$
3 年 ROI	202%	$(2,400,000 - 795,000) \div 795,000 \times 100\%$
3 年 NPV	NT\$1,370,000	$\Sigma(CF_t \div 1.05^t) - C_0$ [附錄 3.5]

敏感度分析：

情境	效益調整	第一年效益	回收期
樂觀	+50%	900,000	10.6 個月
基準	0%	600,000	16 個月
保守	-30%	420,000	22.7 個月
悲觀	-50%	300,000	31.8 個月

即使在悲觀情境下，仍可在 3 年內回收投資

6. 建議與下一步

6.1 POC 結論

驗證項目	結論	信心度	說明
技術可行性	✓ 通過	高	實測數據支持
整合可行性	✓ 通過	高	API 測試通過
成本效益	✓ 可接受	中	採保守估計，16 個月回收
整體評估	建議進入正式專案		

6.2 下一步行動

行動項目	負責單位	時程
POC 報告簽核	智慧製造	1 週
預算核准	經理	2 週
需求規格書撰寫	智慧製造	2 週
採購申請	智慧製造	3 週

附錄索引

附錄編號	內容	文件編號
附錄 1	硬體效能數據來源	SMAI-APP-2024-001
附錄 2	價格數據來源	SMAI-APP-2024-001
附錄 3	效益計算公式	SMAI-APP-2024-001
附錄 4	POC 測試數據	SMAI-APP-2024-001
附錄 5	假設條件說明	SMAI-APP-2024-001

簽核

角色	姓名	簽名	日期
撰寫人			
審核人			
核准人			