

# 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

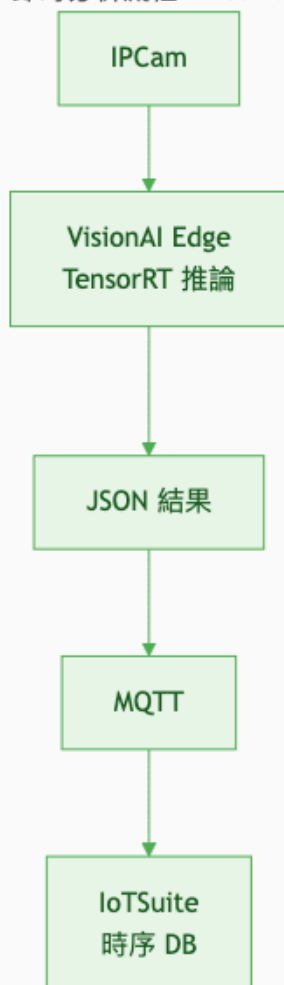
### 1.2 POC 結論



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

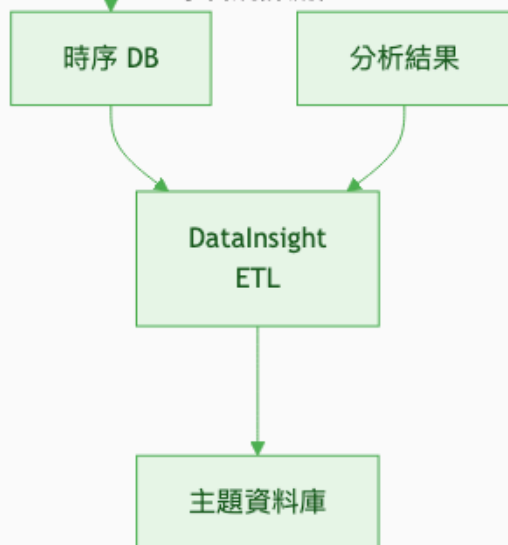
即時分析流程 < 100ms



批次分析流程



學習統計流程





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	YOLO11n + 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	<b>45ms</b> (σ=5.2)	n=1000	✓ Pass
處理幀率	> 25 FPS	<b>28.3 FPS</b> (σ=1.4)	n=10	✓ Pass
GPU 使用率	< 80%	<b>65%</b> (σ=4.8)	n=10	✓ Pass
記憶體使用	< 4GB	<b>2.8GB</b> (σ=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 ÷ 0.5 = 64x (理論值)  
考慮 I/O 瓶頸修正 = 64 × 0.3 ≈ 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 20–30ms
- 處理路數： $28.3 \text{ FPS} \times \text{效能係數} \approx 6\text{--}8 \text{ 路 } 1080\text{p}@30\text{fps}$

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 + YOLO11n
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	<b>6.2x</b>	<b>10x</b>	[附錄 1.2]
記憶體使用	< 16GB	<b>8.5GB</b>	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： $\text{M2 Max (38核)} \div \text{M3 Pro (18核)} = 2.11$

架構差異修正係數：**0.8**

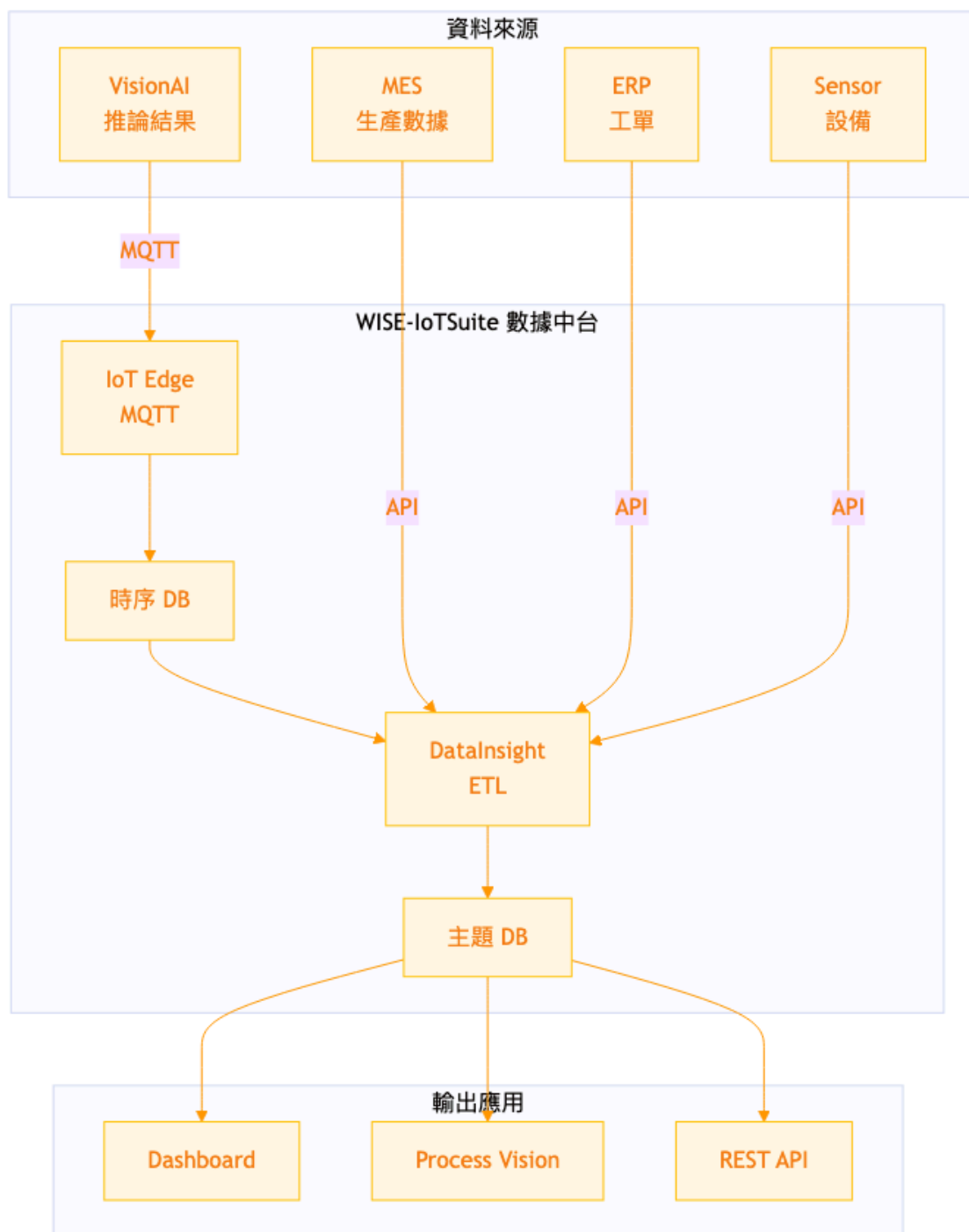
效能倍數： $2.11 \times 0.8 = 1.68$

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

驗證： $45\text{分鐘影片處理時間} = 45 \div 10 = 4.5 \text{ 分鐘}$

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%	<b>87.3%</b>	n=150	正確數÷總數	✓ Pass
分段類型準確率	> 85%	<b>83.3%</b>	n=150	正確數÷總數	△ 需優化
邊界時間誤差	< 1.0 秒	<b>0.7 秒</b>	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	<b>85%</b>	5%	3%	5%	2%
實際:定位	8%	<b>80%</b>	5%	4%	3%
實際:組裝	2%	3%	<b>90%</b>	3%	2%
實際:檢查	5%	8%	5%	<b>78%</b>	4%
實際:放置	3%	2%	2%	5%	<b>88%</b>



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
關鍵工站 Edge	MIC-730AI	2	NT\$150,000	NT\$300,000	研華報價 2024-01 (待更新)
一般工站 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	<b>795,000 + α</b>	

### 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	<b>600,000</b>	<b>900,000</b>		

**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 <b>16 個月</b>	$795,000 \div 600,000 \times 12$
3 年 ROI	<b>202%</b>	$(2,400,000 - 795,000) \div 795,000 \times 100\%$
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%	<b>600,000</b>	<b>16 個月</b>
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			