

# 設備介面規格文件

## VisionAI Edge × WISE-IoTSuite × Mac 整合介面

文件編號: SMAI-IFS-2024-001 專案名稱: 製程視覺 AI 分析系統 (Process Vision AI) 版本: 1.2 日期:  
2025-02-09 單位: 再生廠智慧製造

### 文件資訊

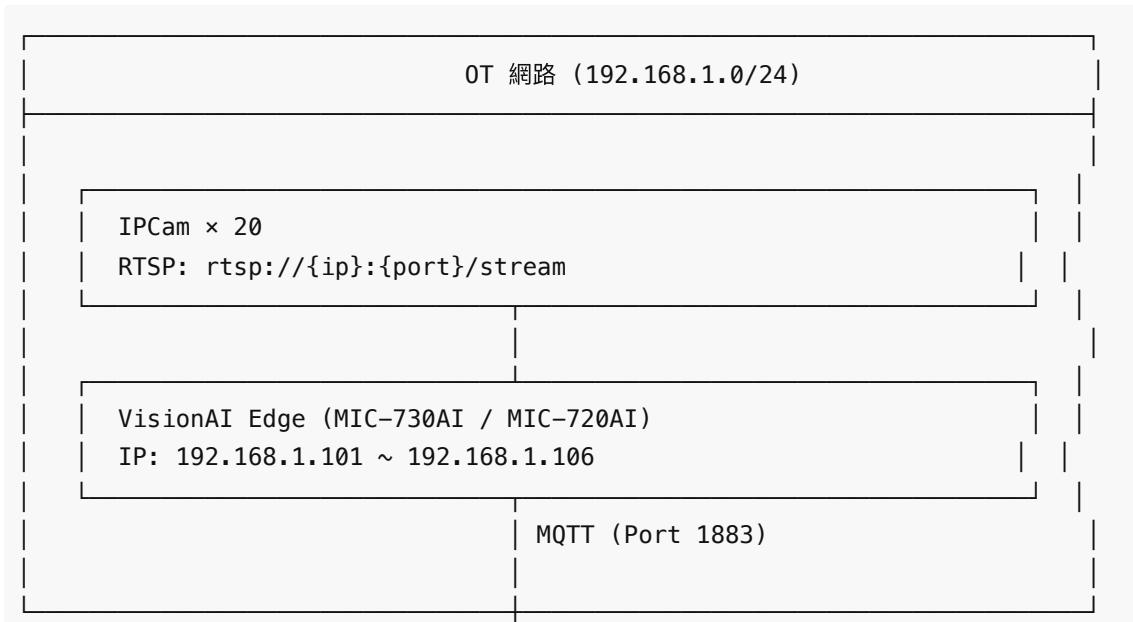
| 項目   | 內容      |
|------|---------|
| 需求單位 | 再生廠智慧製造 |
| 撰寫人  |         |
| 審核人  |         |

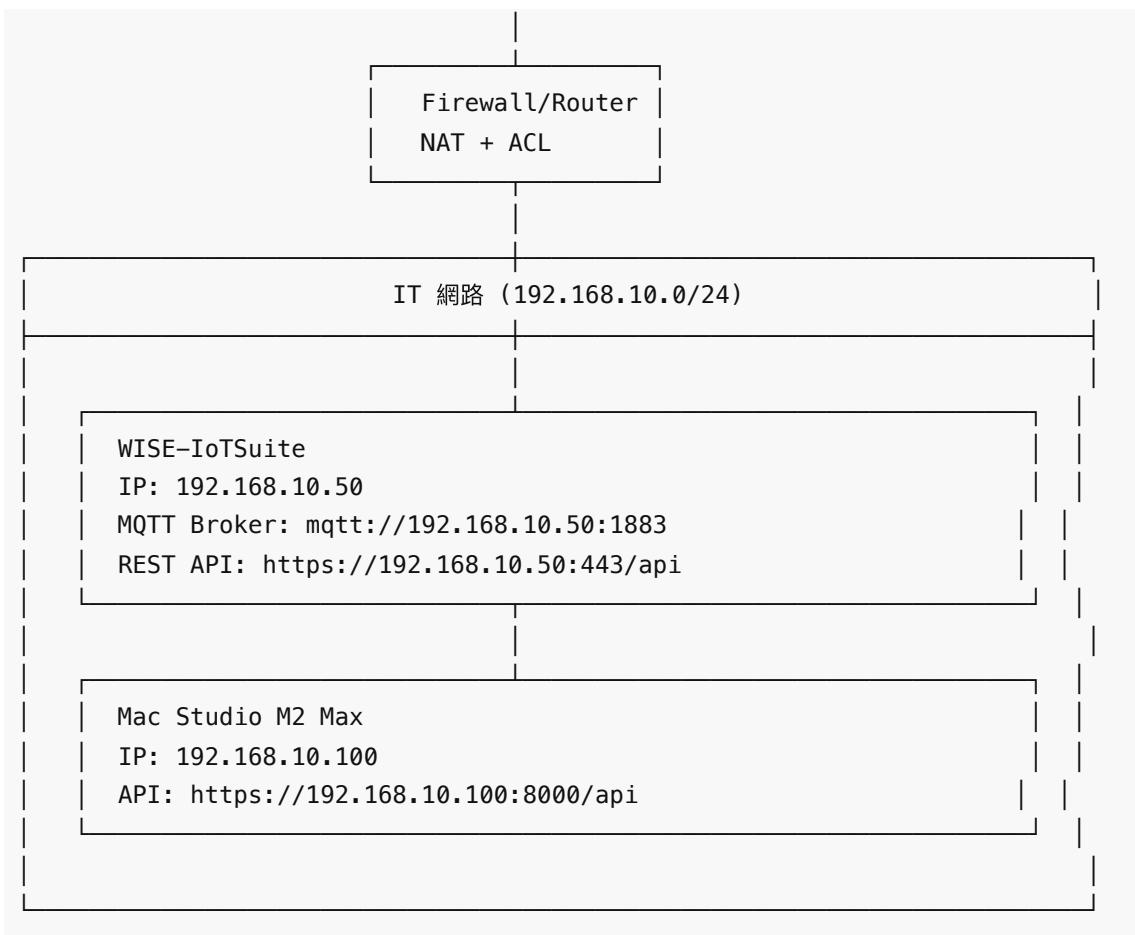
### 修訂紀錄

| 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         |    |
| 1.2 | 2025-02-05 | 介面規格細化、安全性規格補充 |    |

## 1. 系統架構概述

### 1.1 整合架構圖





## 1.2 介面清單

| 介面編號  | 介面名稱   | 來源            | 目的            | 協定      |
|-------|--------|---------------|---------------|---------|
| IF-01 | 攝影機串流  | IPCam         | VisionAI Edge | RTSP    |
| IF-02 | 推論結果   | VisionAI Edge | WISE-IoTSuite | MQTT    |
| IF-03 | 設備狀態   | VisionAI Edge | WISE-IoTSuite | MQTT    |
| IF-04 | 告警事件   | VisionAI Edge | WISE-IoTSuite | MQTT    |
| IF-05 | 時序資料查詢 | Mac           | WISE-IoTSuite | REST    |
| IF-06 | 分析結果回寫 | Mac           | WISE-IoTSuite | REST    |
| IF-07 | 設備管理   | Mac           | WISE-IoTSuite | REST    |
| IF-08 | 跨源查詢   | Mac           | DataInsight   | REST    |
| IF-09 | 模型部署   | Mac           | VisionAI Edge | SSH/SCP |

## 2. 介面規格詳細

## 2.1 IF-01: 攝影機串流介面

### 2.1.1 基本資訊

| 項目   | 內容            |
|------|---------------|
| 介面類型 | 視訊串流          |
| 協定   | RTSP over TCP |
| 編碼   | H.264 / H.265 |
| 解析度  | 1920×1080     |
| 幀率   | 30 FPS        |

### 2.1.2 連線格式

```
rtsp://{{username}}:{{password}}@{{ip_address}}:{{port}}/{{stream_path}}
```

範例:

```
rtsp://admin:password@192.168.1.11:554/stream1
```

### 2.1.3 攝影機清單

| 攝影機 ID  | IP 位址        | 連接 Edge      | 工作站   |
|---------|--------------|--------------|-------|
| CAM-A01 | 192.168.1.11 | MIC730AI-001 | 組裝線 A |
| CAM-A02 | 192.168.1.12 | MIC730AI-001 | 組裝線 A |
| CAM-A03 | 192.168.1.13 | MIC730AI-001 | 組裝線 A |
| CAM-B01 | 192.168.1.21 | MIC730AI-002 | 組裝線 B |
| ...     | ...          | ...          | ...   |

## 2.2 IF-02: 推論結果介面 (MQTT)

### 2.2.1 基本資訊

| 項目     | 內容                        |
|--------|---------------------------|
| 介面類型   | 訊息佇列                      |
| 協定     | MQTT v3.1.1               |
| QoS    | 1 (At least once)         |
| Broker | WISE-IoTSuite MQTT Broker |
| Port   | 1883 (TCP) / 8883 (TLS)   |

## 2.2.2 Topic 設計

```
edge/{edge_id}/inference
```

範例:

```
edge/MIC730AI-001/inference  
edge/MIC720AI-003/inference
```

## 2.2.3 訊息格式

```
{
  "edge_id": "MIC730AI-001",
  "camera_id": "CAM-A01",
  "timestamp": "2024-01-15T10:30:45.123Z",
  "frame_id": 12345,
  "detections": [
    {
      "class": "person",
      "class_id": 0,
      "confidence": 0.95,
      "bbox": [120, 80, 450, 520],
      "track_id": 1
    },
    {
      "class": "hand",
      "class_id": 15,
      "confidence": 0.88,
      "bbox": [200, 150, 280, 220],
      "action": "picking"
    }
  ],
  "scene_type": "operation",
  "inference_time_ms": 45,
  "metadata": {
    "model_version": "yolo11n-v1.0",
    "gpu_usage": 65,
    "temperature": 52
  }
}
```

## 2.2.4 欄位說明

| 欄位      | 型別     | 必填 | 說明         |
|---------|--------|----|------------|
| edge_id | string | Y  | Edge 設備 ID |

|                         |          |   |                   |
|-------------------------|----------|---|-------------------|
| camera_id               | string   | Y | 攝影機 ID            |
| timestamp               | string   | Y | ISO 8601 時間戳記     |
| frame_id                | integer  | Y | 影格序號              |
| detections              | array    | Y | 偵測結果陣列            |
| detections[].class      | string   | Y | 物件類別名稱            |
| detections[].class_id   | integer  | Y | 物件類別 ID           |
| detections[].confidence | float    | Y | 置信度 (0-1)         |
| detections[].bbox       | array[4] | Y | 邊界框 [x1,y1,x2,y2] |
| detections[].track_id   | integer  | N | 追蹤 ID             |
| detections[].action     | string   | N | 動作類別              |
| scene_type              | string   | Y | 場景類型              |
| inference_time_ms       | integer  | Y | 推論耗時 (ms)         |
| metadata                | object   | N | 附加資訊              |

## 2.2.5 scene\_type 列舉

| 值           | 說明          |
|-------------|-------------|
| idle        | 空閒 (無人/無動作) |
| preparation | 準備中         |
| operation   | 作業中         |
| inspection  | 檢查中         |
| transition  | 過渡/移動       |
| anomaly     | 異常          |

## 2.3 IF-03: 設備狀態介面 (MQTT)

### 2.3.1 Topic 設計

edge/{edge\_id}/status

### 2.3.2 訊息格式

```
{
  "edge_id": "MIC730AI-001",
  "timestamp": "2024-01-15T10:30:00.000Z",
  "status": "idle"
}
```

```

"status": "online",
"system": {
    "cpu_usage": 45.2,
    "memory_usage": 68.5,
    "disk_usage": 32.1,
    "uptime_seconds": 86400
},
"gpu": {
    "gpu_usage": 65.0,
    "memory_used": 4096,
    "memory_total": 8192,
    "temperature": 52
},
"cameras": [
    {
        "camera_id": "CAM-A01",
        "status": "active",
        "fps": 28.5,
        "resolution": "1920x1080"
    },
    {
        "camera_id": "CAM-A02",
        "status": "active",
        "fps": 29.1,
        "resolution": "1920x1080"
    }
],
"inference": {
    "model_version": "yolo11n-v1.0",
    "avg_inference_ms": 45,
    "total_frames_processed": 1234567
}
}

```

### 2.3.3 發送頻率

| 項目   | 頻率     |
|------|--------|
| 正常狀態 | 每 60 秒 |
| 狀態變更 | 即時     |

## 2.4 IF-04: 告警事件介面 (MQTT)

### 2.4.1 Topic 設計

edge/{edge\_id}/alert

## 2.4.2 訊息格式

```
{  
  "edge_id": "MIC730AI-001",  
  "alert_id": "ALT-20240115-001",  
  "timestamp": "2024-01-15T10:30:45.123Z",  
  "severity": "warning",  
  "category": "anomaly_detection",  
  "title": "異常動作偵測",  
  "description": "CAM-A01 偵測到非預期的動作模式",  
  "details": {  
    "camera_id": "CAM-A01",  
    "frame_id": 12345,  
    "detected_action": "unexpected_movement",  
    "confidence": 0.82  
  },  
  "snapshot_url": "https://storage.example.com/snapshots/12345.jpg"  
}
```

## 2.4.3 severity 列舉

| 值        | 說明 | 處理方式           |
|----------|----|----------------|
| info     | 資訊 | 記錄             |
| warning  | 警告 | 記錄 + 通知        |
| error    | 錯誤 | 記錄 + 立即通知      |
| critical | 嚴重 | 記錄 + 立即通知 + 告警 |

## 2.4.4 category 列舉

| 值                 | 說明    |
|-------------------|-------|
| anomaly_detection | 異常偵測  |
| device_error      | 設備錯誤  |
| camera_disconnect | 攝影機斷線 |
| high_temperature  | 溫度過高  |
| inference_timeout | 推論逾時  |

## 2.5 IF-05: 時序資料查詢介面 (REST)

### 2.5.1 基本資訊

| 項目 | 內容 |
|----|----|
|    |    |

|          |   |
|----------|---|
| 介面類型     | RESTful API   |
| 協定       | HTTPS   |
| Base URL | <a href="https://iotsuite_host/api/v1">https://iotsuite_host/api/v1</a> |
| 認證       | Bearer Token  |

### 2.5.2 API: 查詢推論結果

**Endpoint:** GET /timeseries/query

**Request Headers:**

```
Authorization: Bearer {api_token}
Content-Type: application/json
```

**Request Parameters:**

| 參數          | 型別      | 必填 | 說明              |
|-------------|---------|----|-----------------|
| measurement | string  | Y  | 量測名稱            |
| start       | string  | Y  | 開始時間 (ISO 8601) |
| end         | string  | Y  | 結束時間 (ISO 8601) |
| tags        | object  | N  | 篩選條件            |
| limit       | integer | N  | 筆數限制 (預設 1000)  |

**Request Example:**

```
GET /api/v1/timeseries/query?measurement=vision_inference&start=2024-01-15T09:00:00Z&end=2024-01-15T10:00:00Z&tags[edge_id]=MIC730AI-001
Authorization: Bearer eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9...
```

**Response Example:**

```
{
  "success": true,
  "data": [
    {
      "timestamp": "2024-01-15T09:30:45.123Z",
      "edge_id": "MIC730AI-001",
      "camera_id": "CAM-A01",
      "scene_type": "operation",
      "person_count": 1,
      "inference_time_ms": 45
    },
  ]}
```

```
{  
    "timestamp": "2024-01-15T09:30:45.156Z",  
    "edge_id": "MIC730AI-001",  
    "camera_id": "CAM-A01",  
    "scene_type": "operation",  
    "person_count": 1,  
    "inference_time_ms": 43  
}  
,  
{"meta": {  
    "total": 3600,  
    "limit": 1000,  
    "offset": 0  
}}  
}
```

## 2.6 IF-06: 分析結果回寫介面 (REST)

### 2.6.1 API: 寫入分析結果

Endpoint: POST /timeseries/write

Request Headers:

```
Authorization: Bearer {api_token}  
Content-Type: application/json
```

Request Body:

```
{  
    "measurement": "process_analysis",  
    "tags": {  
        "video_id": "abc123",  
        "work_station": "A01"  
    },  
    "fields": {  
        "cycle_time": 45.2,  
        "segment_count": 5,  
        "efficiency_rate": 0.92  
    },  
    "timestamp": "2024-01-15T10:30:00.000Z"  
}
```

Response Example:

```
{  
    "success": true,
```

```
        "message": "Data written successfully"
    }
```

## 2.7 IF-07: 設備管理介面 (REST)

### 2.7.1 API: 取得設備列表

Endpoint: GET /devices

Response Example:

```
{
  "success": true,
  "data": [
    {
      "device_id": "MIC730AI-001",
      "name": "Edge-A01",
      "model": "MIC-730AI",
      "status": "online",
      "ip_address": "192.168.1.101",
      "last_seen": "2024-01-15T10:30:00.000Z"
    },
    {
      "device_id": "MIC720AI-003",
      "name": "Edge-C01",
      "model": "MIC-720AI",
      "status": "online",
      "ip_address": "192.168.1.103",
      "last_seen": "2024-01-15T10:30:00.000Z"
    }
  ]
}
```

### 2.7.2 API: 取得設備遙測資料

Endpoint: GET /devices/{device\_id}/telemetry

Response Example:

```
{
  "success": true,
  "data": {
    "device_id": "MIC730AI-001",
    "timestamp": "2024-01-15T10:30:00.000Z",
    "cpu_usage": 45.2,
    "memory_usage": 68.5,
    "gpu_usage": 65.0,
    "battery_level": 85
  }
}
```

```
        "temperature": 52,  
        "uptime": 86400  
    }  
}
```

## 2.8 IF-08: DataInsight 跨源查詢介面 (REST)

### 2.8.1 API: 執行 SQL 查詢

Endpoint: POST /datainsight/query

Request Body:

```
{  
    "sql": "SELECT p.work_order, p.product_name, v.cycle_time FROM  
mes.production p LEFT JOIN vision.analysis v ON p.work_order = v.work_order  
WHERE p.date = :date",  
    "params": {  
        "date": "2024-01-15"  
    }  
}
```

Response Example:

```
{  
    "success": true,  
    "data": [  
        {  
            "work_order": "W0-20240115-001",  
            "product_name": "Product A",  
            "cycle_time": 45.2  
        },  
        {  
            "work_order": "W0-20240115-002",  
            "product_name": "Product B",  
            "cycle_time": 42.8  
        }  
    ],  
    "meta": {  
        "execution_time_ms": 125,  
        "row_count": 2  
    }  
}
```

## 2.9 IF-09: 模型部署介面 (SSH/SCP)

### 2.9.1 基本資訊

| 項目   | 內容        |
|------|-----------|
| 協定   | SSH / SCP |
| Port | 22        |
| 認證   | SSH Key   |

### 2.9.2 部署流程

```
# 1. 上傳模型檔案  
scp model.engine admin@192.168.1.101:/opt/models/  
  
# 2. 更新模型配置  
ssh admin@192.168.1.101 "echo 'MODEL_PATH=/opt/models/model.engine' >>  
/opt/config/inference.conf"  
  
# 3. 重啟推論服務  
ssh admin@192.168.1.101 "sudo systemctl restart ai-inference"  
  
# 4. 驗證部署  
ssh admin@192.168.1.101 "curl -s http://localhost:8080/health"
```

### 2.9.3 模型檔案格式

| 格式      | 引擎           | 說明             |
|---------|--------------|----------------|
| .engine | TensorRT     | NVIDIA GPU 最佳化 |
| .onnx   | ONNX Runtime | 通用格式           |
| .pt     | PyTorch      | 開發測試用          |

## 3. 安全性規格

### 3.1 網路安全

| 項目       | 規格              |
|----------|-----------------|
| OT/IT 隔離 | 防火牆 + NAT       |
| 傳輸加密     | TLS 1.3         |
| MQTT 加密  | TLS (Port 8883) |
| API 認證   | Bearer Token    |

### 3.2 防火牆規則

| 來源            | 目的            | Port | 協定  | 動作    |
|---------------|---------------|------|-----|-------|
| VisionAI Edge | IoTSuite MQTT | 8883 | TCP | Allow |
| Mac           | IoTSuite API  | 443  | TCP | Allow |
| Mac           | VisionAI Edge | 22   | TCP | Allow |
| Any           | Any           | Any  | Any | Deny  |

### 3.3 認證機制

| 介面       | 認證方式                    |
|----------|-------------------------|
| MQTT     | Username/Password + TLS |
| REST API | Bearer Token (JWT)      |
| SSH      | SSH Key                 |

## 4. 錯誤處理

### 4.1 MQTT 錯誤處理

| 錯誤          | 處理方式        |
|-------------|-------------|
| Broker 連線失敗 | 自動重連 (指數退避) |
| 訊息發送失敗      | 本地快取 + 重試   |
| Topic 訂閱失敗  | 記錄錯誤 + 告警   |

### 4.2 REST API 錯誤代碼

| HTTP Code | 錯誤類型                  | 說明     |
|-----------|-----------------------|--------|
| 400       | Bad Request           | 請求格式錯誤 |
| 401       | Unauthorized          | 認證失敗   |
| 403       | Forbidden             | 權限不足   |
| 404       | Not Found             | 資源不存在  |
| 429       | Too Many Requests     | 請求頻率過高 |
| 500       | Internal Server Error | 伺服器錯誤  |
| 503       | Service Unavailable   | 服務不可用  |

### 4.3 錯誤回應格式

```
{  
  "success": false,  
  "error": {  
    "code": "AUTH_001",  
    "message": "Invalid or expired token",  
    "details": "Token expired at 2024-01-15T10:30:00Z"  
  }  
}
```

## 5. 功能規格

### 5.1 MQTT 效能

| 指標     | 規格              |
|--------|-----------------|
| 訊息大小上限 | 256 KB          |
| 發送頻率上限 | 30 msg/sec/edge |
| 延遲     | < 100ms (p99)   |

### 5.2 REST API 效能

| 指標     | 規格            |
|--------|---------------|
| 回應時間   | < 500ms (p95) |
| 並發連線   | 100           |
| 請求頻率上限 | 100 req/sec   |

## 6. 附錄

### 6.1 Edge 設備清單

| Edge ID      | 型號        | IP 位址         | 連接攝影機       |
|--------------|-----------|---------------|-------------|
| MIC730AI-001 | MIC-730AI | 192.168.1.101 | CAM-A01~A06 |
| MIC730AI-002 | MIC-730AI | 192.168.1.102 | CAM-B01~B06 |
| MIC720AI-003 | MIC-720AI | 192.168.1.103 | CAM-C01~C04 |
| MIC720AI-004 | MIC-720AI | 192.168.1.104 | CAM-D01~D04 |

### 6.2 YOLO 類別對照表

| Class ID | Class Name | 說明  |
|----------|------------|-----|
| 0        | person     | 人員  |
| 1        | hand       | 手部  |
| 2        | tool       | 工具  |
| 3        | product    | 產品  |
| 4        | container  | 容器  |
| ...      | ...        | ... |

### 6.3 API Token 申請流程

1. 登入 WISE-IoTSuite 管理介面
  2. 進入「API 管理」頁面
  3. 點擊「建立 API Token」
  4. 設定 Token 名稱與權限
  5. 複製 Token 並妥善保存
- 

### 簽核

| 角色  | 姓名 | 簽名 | 日期 |
|-----|----|----|----|
| 撰寫人 |    |    |    |
| 審核人 |    |    |    |
| 核准人 |    |    |    |