

單元三：設備管理、排程與AI 工具

單元三：設備管理與 AI 工具

- 製造業設備管理挑戰討論
- 設備效能指標說明（稼動率、良率、效率、OEE)
- AI 於設備管理應用（預測性維修、異常分析、設備助理)
- 製造業排程管理挑戰與 APS 概念
- 流程閉環概念與 AI Agent 的應用
- AI 輔助跨部門溝通（報告生成、決策說明)

製造業設備管理的常見挑戰



1 非計畫停機損失大

- 單次設備故障可造成數小時甚至數日的產線停擺，影響交期。
- 根據業界調查，非計畫停機可造成製造商營收的 **5%~20%** 損失。



2 維護策略兩難

- **被動維修**（壞了再修）：成本最低但風險高。
- **預防保養**（定期維修）：浪費仍可使用零件，增加例行成本。



3 維修知識難以傳承

- ✓ 資深維修人員退休。
- ✓ 年輕人不願接班。
- ✓ 異常處理 **SOP** 無法系統化。

設備管理挑戰



4 設備數據未充分利用

- ✓ 多數工廠已有 **IoT** 與感測器。
- ✓ 但資料僅用於監控，未進入預測分析。



設備管理若缺乏預測與系統化機制，將同時影響**成本、效率、交期與知識傳承**。

設備效能指標：稼動率

1. 稼動率定義



稼動率 = 實際運轉時間
÷ 計畫運轉時間 × 100%



反映設備在計畫時段內
能不能用

稼動率

2. 損失來源



故障停機（突發性）



換線、換模、調整時間



缺料、缺人、停電等外部因素



3. AI 在稼動率管理的應用



自動匯整多設備稼動率報表，
標示低稼動率機台



結合排程資料，
找出換線時間可優化的空間

4. 目標



將稼動率穩定維持在
85% 以上
（依產業而異）

設備效能指標：良率與效率



1 良率 (Quality Rate)

公式



良率 = 良品數 ÷ 總產出數 × 100%



反映設備產出品質



與品質單元的良率預測相互呼應



2 效率 (Performance Rate / 性能稼動率)

公式



效率 = 實際生產速度 ÷ 設計理論速度 × 100%



反映設備是否全速運轉



若設備能跑但跑得慢，
效率指標就會偏低



3 三指標的差別



稼動率

能不能用

VS



效率

跑得快不快

VS



良率

做得對不對

OEE：三個效率指標如何合成

- OEE 不是單一數字，而是能不能開、跑得快不快、做得好不不好的乘積。



AI 的角色： 抓出三個構面中最該改善的瓶頸，而不是只看總分。

案例：預測維護的意義與背景（電子製造業）

- 預測維護是電子製造業運營領域應用AI的另一關鍵案例。
- 傳統上，SMT產線與封裝測試設備的維護主要有兩種方式：
 - 一是**發生故障後才修復**，貼片機或迴流焊爐一停，整條線非計畫性停線
 - 二是**定期檢修保養**，雖降低故障風險但可能**浪費壽命尚未耗盡的零件**。
- 預測維護則透過感測器及資料分析(主軸振動、爐溫曲線、馬達電流...等)，提前預測設備故障徵兆，在換線或計畫停機的最佳時機安排維修，實現不多不少、恰到好處的維護策略。
- 預測維護利用AI掌握先機，有望大幅降低停線次數、穩定良率與交期，同時減少不必要的維護開支，是提高電子廠營運穩定性和效率的利器。

1

企業情境

- 以電子製造服務 (EMS) 業者為例
- 某大廠在 **3 座廠區** 導入預測維護系統



三座廠區



2

導入作法

彙整 **3 年** 設備稼動
與維修履歷資料



鎖定關鍵設備訓練模型：
貼片機主軸、真空泵等



貼片機主軸

真空泵



3

推動路徑



資料整備

彙整 3 年數據，
清理與標準化



模型訓練

以關鍵設備資料
訓練預測模型



產線試點

先在一條產線
試點導入並驗證成效



全廠擴散

試點成功後
擴展至整廠部署

4

成果效益



非計畫性停線時間
降低約

20%↓



設備總合效率
(OEE) 提升約

5 個百分點↑



維修成本
同步下降



透過數據驅動與 AI 預測，讓設備更可靠、產線更穩定、營運更高效！

提前預警

| 精準維修

| 降低停機

| 提升效能

| 成本優化



設備異常分析



1 異常分析的三個層次



第一層 偵測異常

感測器資料偏離正常範圍時**即時預警**。



第二層 分類異常

判斷是**震動異常**、**電流異常**或**溫度異常**等類型。



第三層 定位原因

結合歷史維修紀錄，推論最可能的**故障元件**。



2 技術應用



鑑別式 AI

辨識**異常與正常狀態**（如：CNN 處理震動波形）。



預測式 AI

估算**剩餘可用壽命**（RUL, Remaining Useful Life）。



生成式 AI

根據歷史維修紀錄，產出**處理建議**。



3 導入效益



非計畫停機減少 **20%~50%**



維修成本降低 **10%~25%**

設備助理：AI Agent 的角色

- **什麼是設備助理 (Equipment Assistant)?**
 - 以AI Agent 為核心，整合 MES、SCADA、維修紀錄、SOP 文件等資料源。
 - 維修人員以自然語言對話即可查詢、判讀、產出報告。
- **典型互動情境**
 - 3 號機今天稼動率為什麼這麼低？
 - 上次發生這個錯誤代碼時，我們是怎麼處理的？
 - 請幫我整理今天的異常處理報告。
- **設備助理的能力組合**
 - 資料調用能力：透過 API 取得即時設備資料。
 - 知識檢索能力：從 SOP、維修紀錄中找答案（AI KM模式）。
 - 生成能力：產出可閱讀的解讀文字、報告、處理建議。
- **AI Agent 已成為設備管理數位化的關鍵新工具。**

設備助理 AI Agent: 架構圖

設備助理像一個會查資料、會判斷、會產出文件與通知的維修協作層。



重點： Agent 不取代維修人員，而是把分散知識快速整理成可執行建議。

Schaeffler × Microsoft: Factory Operations Agent

用自然語言查詢製造資料的設備營運助理



帶來的價值



快速查詢資料



協助異常追查



減少人工
分析負擔



提升現場
決策效率



不必撰寫複雜查詢語法，也能快速取得製造洞察

No-Code工具練習



實作3：異常處理 SOP 建議

- **情境**

- 年輕維修人員遇到較少見的異常，不確定處理步驟，需快速找出參考流程。

- **操作步驟**

- 將設備手冊、過去維修紀錄、SOP 文件上傳至 NotebookLM 或 ChatGPT。
- 描述當前異常狀況。
- 請 AI 從歷史資料中找出最相似的處理紀錄並彙整成 SOP 草稿。

實作3：設備異常資料包

設備手冊摘要：CNC-03 高速加工機

常見異常代碼：E-BR-17

異常說明：主軸軸承振動值高於標準範圍。

可能原因：

1. 軸承潤滑不足
2. 軸承磨耗
3. 主軸偏心
4. 刀具夾持不良
5. 長時間高速運轉造成溫度上升

初步處理：停止高負載加工、檢查主軸溫度、檢查潤滑油量、檢查刀具夾持；若振動值持續高於 7.0 mm/s，通知設備工程師檢修。

學員任務

- 找出最相似的歷史案例
- 判斷目前異常最可能的三個原因
- 整理成 5 步驟 SOP
- 標示工具、負責人與預估時間

限制條件

急單生產中，可接受停機時間最多 3 小時。請要求 AI 依「先排除高風險、再恢復生產、最後追蹤」的邏輯排序。

實作3：歷史維修紀錄與當前狀況

日期	機台	代碼	異常現象	處理方式	停機	後續建議
5/12	CNC-03	E-BR-17	主軸振動 7.4	補油、校正刀具	2h	觀察三天
5/19	CNC-02	E-BR-17	主軸溫度 76°C	更換軸承	6h	每月檢查
5/27	CNC-03	E-TM-09	主軸溫度偏高	清潔散熱風扇	1.5h	每週清潔
6/1	CNC-01	E-BR-17	高速振動升高	檢查刀具並降速	1h	檢查刀把

項目	當前異常狀況
機台	CNC-03
異常代碼	E-BR-17
主軸振動	7.8 mm/s
主軸溫度	73°C
最近保養	5/10
生產狀態	急單生產中
現場描述	高速加工時聲音變大，低速時較不明顯
可接受停機	最多 3 小時

追問方向

請 AI 不只「列出 SOP」，還要說明：

1. 哪個歷史案例最相似？
2. 哪些原因最需要優先排除？
3. 若停機時間有限，先做哪三件事？

實作3：Prompt 與預期輸出

可直接複製的 Prompt

請根據設備手冊摘要、歷史維修紀錄與目前異常狀況，協助產出設備異常處理建議：

- (1) 找出最相似的歷史案例
- (2) 判斷目前異常最可能的三個原因
- (3) 整理成 5 步驟 SOP
- (4) 標示每一步需要的工具、負責人與預估時間
- (5) 若只能停機 3 小時，請提出優先處理順序
- (6) 列出仍需人工確認的事項。

預期輸出

- 相似案例比對
- 可能原因排序
- 5 步驟 SOP
- 工具、負責人、預估時間
- 3 小時內的優先處理策略
- 需人工確認事項

實作4：異常處理報告整理

- **情境**

- 每次異常處理完畢，需撰寫處理報告供主管審閱與後續分析。手寫報告耗時且格式不一。

- **操作步驟**

- 維修人員口述或條列處理過程的關鍵資訊。
- 上傳給AI，請 AI 套用標準格式產出正式報告。

- **效益**

- 撰寫時間從 10~20 分鐘降至 1~2 分鐘。
- 報告格式統一，便於後續資料分析與知識管理。

實作4：維修人員口述紀錄

口述紀錄

早上 9:20 左右，CNC-03 出現 E-BR-17，主軸聲音比平常大，振動值最高到 7.8。現場先把加工速度降下來，但警報還是出現。9:40 通知設備人員，先檢查潤滑油，發現油量偏低，補油後振動降到 6.9，但還是偏高。

後來檢查刀具夾持，發現刀把有輕微鬆動，重新夾持後振動降到 5.8。10:50 恢復生產，總停機約 1.5 小時。初步判斷是潤滑不足加上刀具夾持不良。建議後續把 CNC-03 列入三天觀察，並在每班開機前檢查刀具夾持與潤滑油量。

可直接複製的 Prompt

以下是維修人員的口述紀錄，請整理成正式異常處理報告。報告需包含：(1) 異常摘要；(2) 發生時間與處理時間軸；(3) 異常原因初步判斷；(4) 處理過程；(5) 停機時間與影響；(6) 預防措施；(7) 後續追蹤事項。請使用主管可以直接閱讀的正式語氣。

案例：工業 IoT 資料對AI與大資料運作的價值



第一區 問題脈絡



問題：

- 生產現場製程管控資訊即時度不夠
- 無法支援少量多樣式訂單的生產需求



第二區 解決架構



處理：

- ✓ 製程數位優化
- ✓ 整合排程系統
- ✓ AI管理提升良率

APS 概念介紹

1 APS 是什麼？



- ✓ 進階規劃與排程系統 (Advanced Planning and Scheduling)
- ✓ 以數學優化模型，根據訂單、產能、物料、設備限制，自動產出**最佳排程**

2 APS 的核心能力



多目標優化

兼顧達交、稼動率、
換線次數、成本



限制式建模

機台能力、模具數量、
工時、人力班別



情境模擬

突然插單、急單時
的影響評估

3 APS 與 ERP/MES 的差異

ERP



管該做什麼

物料需求計算 (MRP)

VS

MES



管正在做什麼

現場執行與監控

VS

APS



管怎麼安排最好

跨機台、跨班別
最佳化

APS 的限制與痛點



1. APS 不是萬靈丹



多數中小製造業導入 APS 後，仍仰賴排程人員大量手動調整。



APS 的限制與痛點



2. 常見限制



限制式設定複雜：
建模需要花費6~12個月。



資料品質不足：
BOM、製程時間、模具狀態資料不完整。



例外狀況多：
客戶插單、原料延遲、設備突然故障，APS 無法立即反應。



排程結果難解釋：
APS 給出的排程，現場無法理解為什麼這樣排。



3. AI 與 AI Agent 的補位機會



單據辨識：
自動將客戶訂單圖片轉為結構化資料。



客戶審核分析：
分析訂單可行性、風險。



排程模擬：
插單影響、急單評估。



排程解釋：
用自然語言解釋為何如此排程，協助跨部門溝通。

流程閉環概念

1 什麼是流程閉環？



從訂單進來、生產規劃、現場執行、品質檢驗到出貨，形成一個資訊與決策的循環。



每個環節的問題能**即時回饋**，並驅動下一輪決策的**優化**。

2 閉環的四個關鍵環節



3 傳統流程的斷點



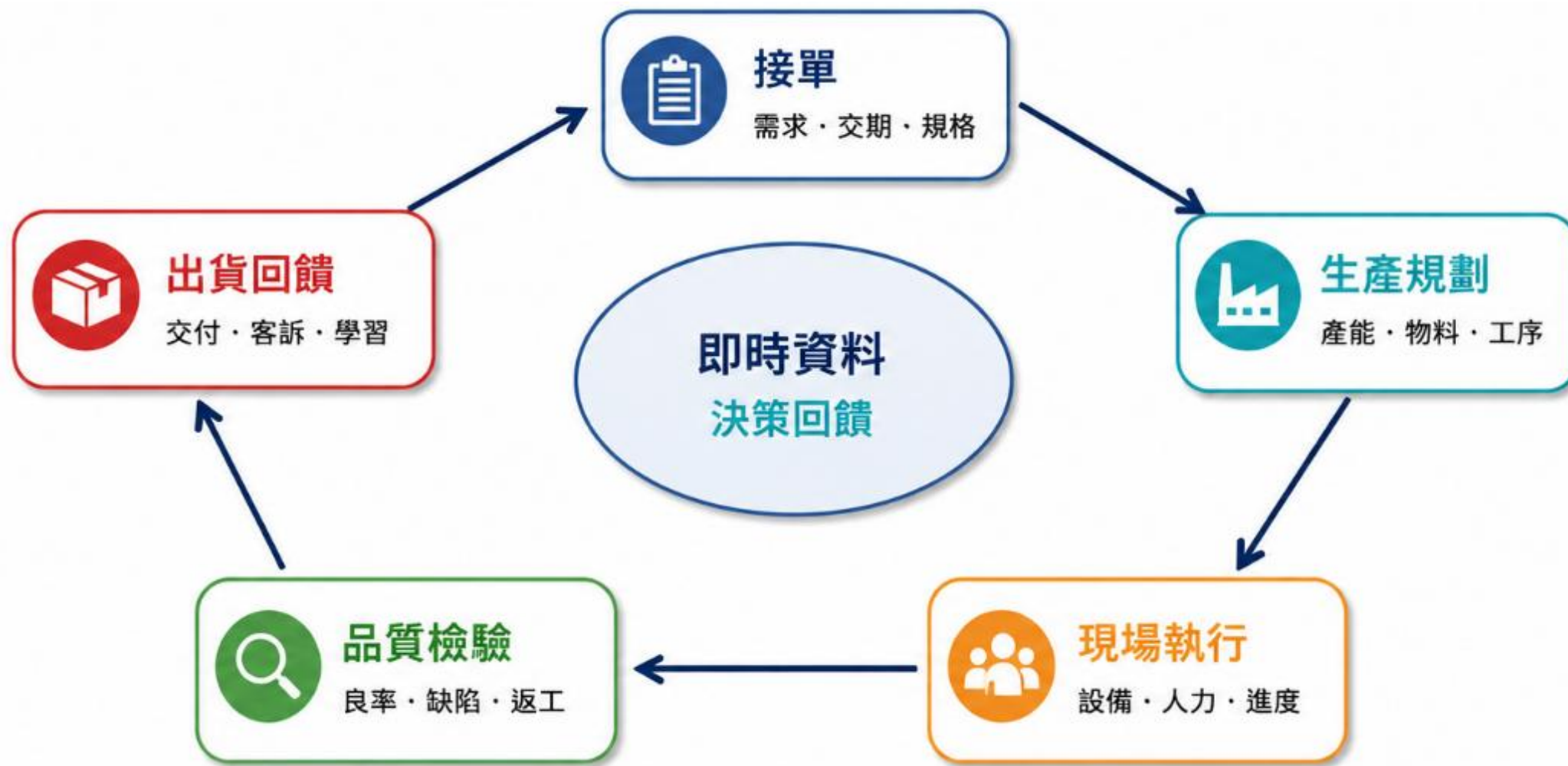
部門間資料不互通：
業務不知產線狀況，
產線不知客戶緊急性。



決策仰賴人工會議：
訊息傳遞慢，
知識難累積。

流程閉環：從訂單到回饋的循環

- 每個環節的結果回饋到下一輪決策，流程才真正閉環。



AI Agent 在流程閉環的應用

- **為什麼需要 AI Agent?**

- 單一 AI 模型只能處理單一任務（如：良率預測、異常偵測）。
- 流程閉環需要跨任務、跨系統的協調，這是 AI Agent 的強項。

- **AI Agent 的閉環能力**

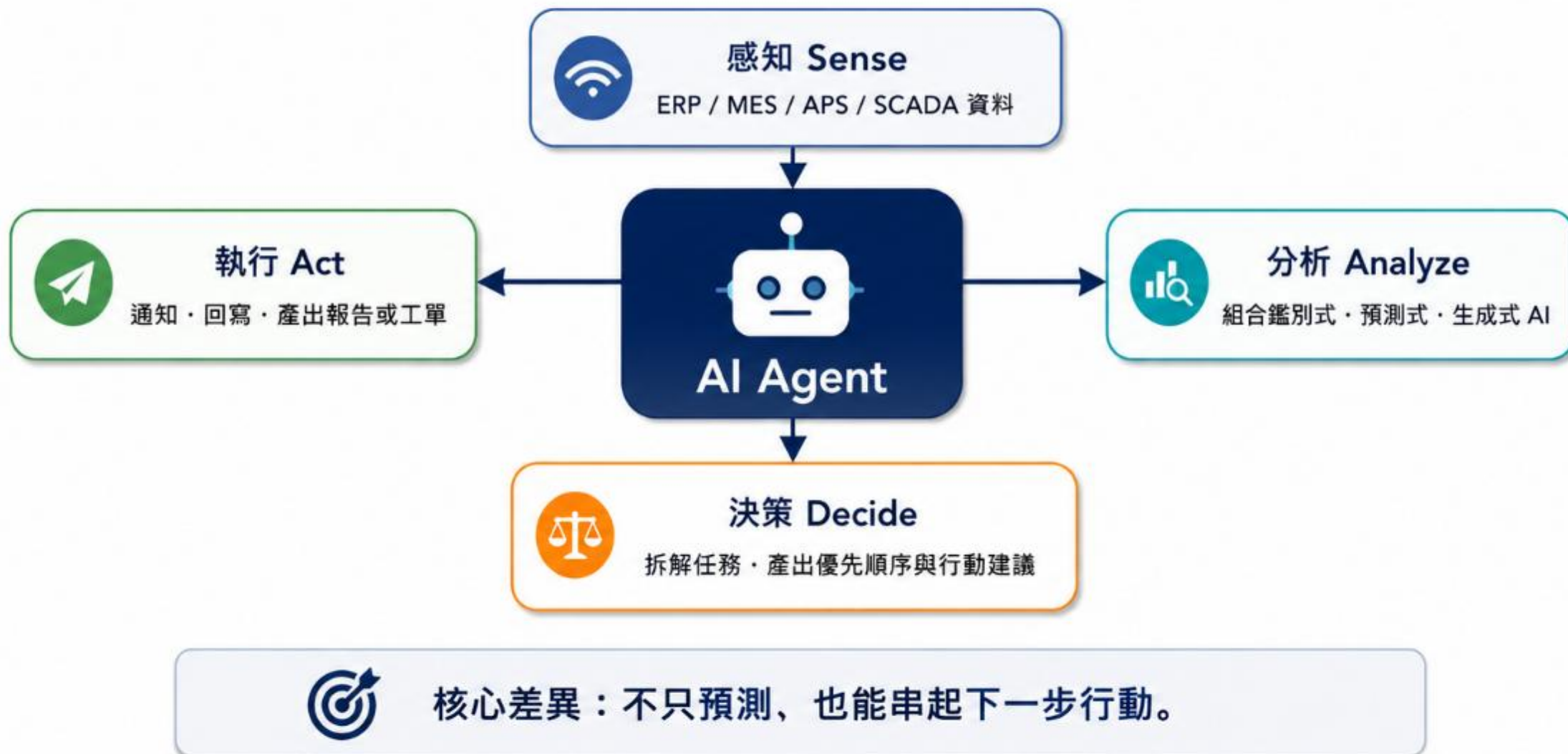
- 感知層：可調用 ERP、MES、APS、SCADA 的 API。
- 分析層：可組合多個 AI 模型（鑑別式、預測式、生成式）。
- 決策層：能做任務拆解 (Chain of Thought)，提出行動建議。
- 執行層：可寫回系統、發送通知、產出報告。

- **典型應用情境**

- 急單接到時，AI Agent自動評估產能、模擬排程影響、產出回覆業務說明。
- 設備異常時，AI Agent自動評估對排程的衝擊、調整後續訂單優先序、通知相關客戶。

AI Agent 在流程閉環中的角色

- Agent 把跨系統資料、AI 模型與行動建議接成一個可回饋的工作循環。



AI 輔助跨部門溝通

- **跨部門溝通的痛點**

- 業務 vs 生產：交期承諾、急單壓力與產能限制的拉鋸。
- 生產 vs 品質：良率壓力、製程穩定性的取捨。
- 生產 vs 設備：稼動率最大化與保養時間之間的衝突。

- **生成式 AI 在跨部門溝通的角色**

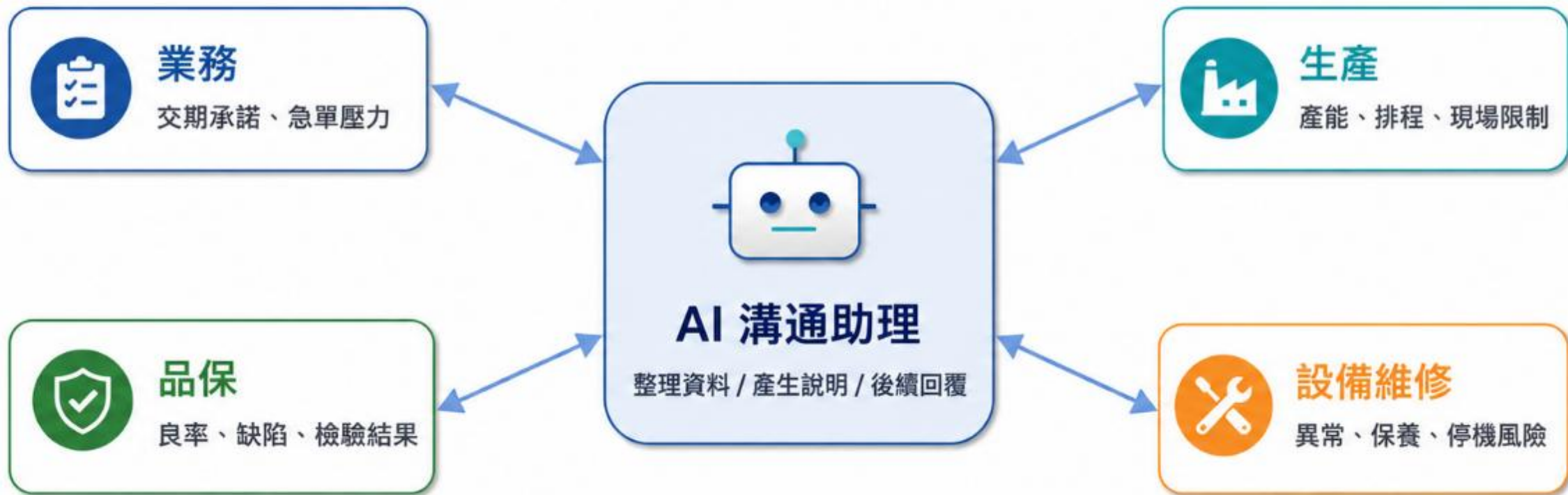
- 報告生成：自動將生產數據轉化為各部門能理解的摘要。
- 決策說明：用自然語言解釋 AI/APS 的建議，讓非技術人員理解。
- 跨語言/跨格式：自動翻譯為客戶語言，或轉為投影片、Email、簡報格式。

- **導入效益**

- 會議時間減少 30%~50%，討論聚焦在決策而非資料對齊。
- 部門間信任感提升，因為決策依據透明。

AI 輔助跨部門溝通：資訊流圖解

- 同一份資料，被轉譯成不同部門能理解與採取行動的語言。



把事讓從誰聽了算轉成資料如何支持決策。

No-Code工具練習



實作5：單據圖片辨識

- **情境**

- 業務收到客戶訂單通常為PDF、傳真或手寫單據圖片，需人工key至系統。

- **操作步驟**

- 將訂單圖片或 PDF 上傳至Chatgpt。
- 指示 AI 抓取結構化欄位。
- 輸出為 Excel 或 CSV 格式可貼回系統。

- **Prompt 範本**

- 以下是客戶傳來的訂單圖片，請以表格形式列出：(1) 客戶名稱；(2) 訂單編號；(3) 產品料號；(4) 數量；(5) 交期；(6) 特殊備註。若有欄位無法辨識請標示『需確認』。

- **效益**

- 單筆訂單 key-in 時間從 5~10 分鐘降至 1 分鐘以內。
- 錯誤率降低，避免人工漏 key 或誤 key。

實作5：模擬訂單圖片內容

採購訂單 Purchase Order

客戶名稱：ABC精密股份有限公司

訂單編號：PO-20260605-018

產品料號：P-203

品名：精密支架

數量：1,200 件

交期：2026/6/12

包裝需求：每箱 100 件，外箱需標示批號

特殊備註：表面不可有刮傷，需附出貨檢驗報告

聯絡窗口：林小姐

付款條件：月結 60 天

可直接複製的 Prompt

請辨識這張訂單圖片，並將內容整理成表格。欄位包含：客戶名稱、訂單編號、產品料號、品名、數量、交期、包裝需求、特殊備註、付款條件。若有無法辨識的欄位，請標示「需人工確認」。最後請輸出成可貼到 Excel 的表格格式。

延伸任務

根據辨識結果，列出業務接單前需要確認的三個問題。

備註

語音的話用NotebookLM很方便喔~

實作6：客戶審核分析

- **情境**

- 業務需評估新客戶或新訂單的風險（信用、技術可行性、產能可行性）。

- **操作步驟**

- 整理客戶背景、訂單規格、過去往來紀錄。
 - 上傳給Chatgpt。
 - 請Chatgpt進行多面向風險分析。

實作6：客戶審核資料卡

避免 AI 泛泛而談，提供信用、技術、產能與利潤判斷依據。

項目	內容
客戶	ABC精密股份有限公司
合作狀態	新客戶，尚未正式交易
產業	電動自行車零組件
訂單產品	P-203 精密支架，1,200 件
要求交期	7 天內
單價	比一般訂單高 12%
付款條件	月結 60 天
技術要求	表面不可刮傷，需附檢驗報告
業務補充	若首批順利，後續可能每月固定下單
生產補充	M2 滿載，M1 可排部分產能
品保補充	P-203 近期有表面刮傷異常紀錄
財務補充	尚未完成信用額度審核

可直接複製的 Prompt

以下是新客戶與新訂單資料。請從四個面向協助接單審核：

(1) 信用風險；(2) 技術可行性；
(3) 產能可行性；(4) 利潤與長期合作價值。

請用「風險等級：高 / 中 / 低」呈現每個面向，並提出是否接單的建議。若建議接單，請提出三個前提條件；若不建議直接接單，請提出替代方案。

備註

目前是上課範例所以較少，實務環境中補充資料可能是來自不同單位的PDF。

實作7：排程情境模擬

- **情境**

- 客戶下急單，排程人員需快速評估插急單對其他訂單交期的影響。

- **操作步驟**

- 1. 整理目前排程清單（訂單、機台、開始時間、結束時間）。
- 2. 加入急單需求資訊。
- 3. 請 AI 模擬不同插單方式的影響。

實作7：排程限制條件表

條件	設定
產品 X 可生產機台	M1
產品 X 生產速度	每小時 50 件
急單數量	1,000 件
所需生產時間	20 小時
換線時間	2 小時
正常班時間	08:00–18:00
可加班時間	每日最多 4 小時
加班成本	正常成本 + 8%
外包前置時間	2 天
外包成本	正常成本 + 18%
急單單價	一般訂單 + 15%
延遲交貨罰則	每延遲 1 天扣訂單金額 3%
不可延遲訂單	SO-004、SO-002
可協商延遲訂單	SO-006、SO-010

可直接複製的 Prompt

以下是目前 7 天排程表、急單需求與限制條件。請協助進行排程模擬：

- 提出三種插單方案；
- 每個方案都要估算需要多少機台時數；
- 說明會影響哪些訂單與可能延遲天數；
- 比較加班、延後訂單、部分外包三種方式的優缺點；
- 推薦一個方案並說明理由；
- 列出你的假設，並標示哪些數字需要人工用 Excel 再確認。

備註

生成式 AI 適合做快速評估，結果出來後，仍需要人工覆核。

實作7：排程情境模擬-操作流程

- 急單需求：客戶 A，產品 X，1000 件，6/7 前出貨，單價較一般高 15%。

訂單編號	客戶	產品	數量	機台	開始	結束	交期
SO-001	B客戶	產品Y	800	M1	6/2 08:00	6/3 18:00	6/5
SO-002	C客戶	產品Z	500	M2	6/2 08:00	6/2 20:00	6/4
SO-003	D客戶	產品Y	1200	M1	6/3 20:00	6/5 16:00	6/6
SO-004	E客戶	產品W	300	M3	6/2 08:00	6/2 14:00	6/3
SO-005	B客戶	產品Z	600	M2	6/2 20:00	6/3 12:00	6/5
SO-006	F客戶	產品Y	900	M1	6/5 16:00	6/7 06:00	6/8
SO-007	C客戶	產品W	400	M3	6/3 08:00	6/3 18:00	6/6
SO-008	G客戶	產品Z	700	M2	6/4 08:00	6/4 22:00	6/7
SO-009	D客戶	產品W	500	M3	6/5 08:00	6/5 20:00	6/8
SO-010	H客戶	產品Y	600	M1	6/7 08:00	6/8 06:00	6/9

實作7：預期 AI 輸出範例

- **方案 A：擠掉低優先訂單**

- 將 SO-006 (F客戶, 6/8 交期) 延後, 騰出 M1 機台 6/5–6/7 產能。影響：F客戶交期延後 2 天, 需事先溝通。

- **方案 B：M1 加班生產**

- SO-003 結束後 (6/5 16:00) 連續夜班生產急單。影響：原訂單交期不受影響, 但加班成本約增 8%。

- **方案 C：部分外包**

- 急單 1000 件中 400 件外包, 廠內 600 件以加班補上。影響：交期可達成, 但毛利率下降約 5%。

- **AI 推薦：方案 B (理由：高單價可吸收加班成本, 且不影響其他客戶交期)**

- **提醒：不同學員的Ai推薦會略有差異, 你會如何驗證 AI 的判斷?**

如何驗證 AI 的判斷: 四個檢核點

- **數字對得上嗎**

- 把 AI 算出的機台時數、加班費、外包成本，用Excel自己再算一次。AI 常會估算而非真的計算。

- **限制條件考慮全了嗎**

- AI是否漏掉模具切換時間、人力班別、原料到貨日、品質檢驗等現場限制。

- **重跑一次結果一樣嗎**

- 同一份資料，新開對話再問一次。若推薦方案大幅變動，代表 AI 的判斷不穩定，不能單獨採信。

- **找現場師傅交叉驗證**

- AI 是「快速產生選項」的工具，不是決策者。最終仍需排程主管或老師傅判斷可行性。

總結：三類 AI 解決方向

- **鑑別式 AI (Discriminative AI)**

- 適合解決**是/否、好/壞、屬於哪一類**的問題。
- 在生產流程的應用：瑕疵檢測、異常告警分類、零件分揀。

- **預測式 AI (Predictive AI)**

- 適合解決**未來會怎樣、預估值是多少**的問題。
- 在生產流程的應用：良率預測、設備剩餘壽命、需求預測。

- **AI Agent 與生成式 AI**

- 適合解決**需要解釋、需要建議、需要跨系統協調**的問題。
- 在生產流程的應用：報告生成、SOP 建議、跨部門溝通、流程閉環。

AI 的限制、幻覺與風險控管

- **AI 會「一本正經地說錯話」**

- 生成式 AI 會產生看似合理但其實錯誤的內容，這稱為「幻覺」。
- 它常會「估算」而非真正計算，數字、來源、規格都可能是編造的。

- **製造現場特別要小心的限制**

- 不懂你的現場：缺料、模具狀態、人力班別等隱性限制，AI 不會自己知道。
- 結果不穩定：同一份資料重問一次，建議可能大幅改變。
- 知識有時效：可能不知道最新法規、最新製程或公司內部規定。

- **定位：AI 是「副手」不是「決策者」**

- 用 AI 快速找方向、產草稿、做初步分析；最終判斷仍由人負責。
- 關鍵決策一定要**人在迴路中 (Human-in-the-loop)** 把關。

- **四個驗證習慣**

- 數字用 Excel 自己再算一次；要求 AI 列出假設與資料來源。
- 重跑確認穩定度；交叉比對現場紀錄與專業經驗再下結論。

三類 AI 解決方向：導入順序建議

- 不同 AI 類型適合解決不同問題；導入時先辨識問題型態，再選工具。

鑑別式 AI



判斷 / 分類

是/否、好/壞、異常/正常

瑕疵檢測、異常識別、品質分類

預測式 AI



數值 / 時間

會不會發生、可能多少

良率預測、需求預測、故障機率

生成式 AI / Agent



說明 / 協調 / 執行

如何解釋、怎麼處理、誰要知道

報告生成、SOP 建議、流程閉環



導入路徑：先解決單點問題，再把模型接入流程，最後形成 Agent 閉環。

Thank You!