

出國報告（出國類別：進修）

111 年「提升職業訓練師專業職能駐點計畫」智慧機械與機械手臂進修

服務機關：勞動部勞動力發展署北基宜花金馬分署、桃竹苗分署、中彰投分署、及高屏澎東分署

姓名職稱：張耀麒副研究員、吳祥裕副訓練師、謝道明助理研究員、林育賢副訓練師、陳建亦助理研究員、羅安琪助理訓練師、陳肇權助理訓練師、王泰凱助理研究員、張清水助理研究員等 9 位訓練師

派赴國家：日本

出國期間：111 年 11 月 23 日至 111 年 12 月 3 日

報告日期：112 年 01 月 06 日

摘要

由於機械工業為製造業，屬第二級產業，且所生產之設備與許多下游應用產業有密不可分的關係，其產品品質對下游應用產業之對外競爭力影響甚巨，故世界先進國家無不謀思發展機械工業。隨著工業 4.0 時代的來臨，以及為解決我國人口結構老化，勞動人口的減少帶來的負面影響，各大產業開始轉型智慧機械。當產業既有這樣的技術需求，就有相對應人才的職業訓練需求，而勞動部勞動力發展署所屬之各分署肩負為產業培訓人才之重責，各分署當務之急就需先提升訓練師個人專業知能，才能有效為產業規劃適切的相關課程，從而培訓產業真正所需人才。

放眼世界，日本實為鄰近我國中，智慧機械發展的翹楚，國內產業界、教育界與政府訓練單位之機具設備亦多以日製為其主流，必有可供我國借鏡之處，職是之故，本年度勞動部勞動力發展署規劃各分署訓練師赴日進修，透過智慧機械與機械手臂課程研習，以汲取智慧機械關鍵技術的專業知能。

本次進修地點為三菱電機名古屋製屋所，以及發那科總部與科學未來館參訪。三菱電機與發那科為眾所皆知的 CNC 設備、機械手臂與自動化產品製造商，於三菱電機學習如何透過軟體進行伺服調整、PLC 的建立與輸入，以及 NC 加工、機械手臂概論、機器人視覺應用與自動化整合；發那科總部則見識由機器人製作機器人的自動化工廠與嚴謹的產品測試及終身售後服務；科學未來館我們則由前端觀察者的角度反推設備與物聯網的連結。

藉由本次難得之進修機會，除了使職訓師拓展專業領域，並將研習所獲融入課程外，更能從中一窺鄰國產業製造現況，對比我國產業製造現況的異同之處，期盼未來在職業訓練與產業接軌能帶來助益。

日本三菱電機網址：<https://www.mitsubishielectric.co.jp/>

日本發那科株式會社網址：<https://www.fanuc.co.jp/>

日本科學未來館：<https://www.miraikan.jst.go.jp/>

目次

壹、基本資料-----	04
貳、進修目的-----	04
參、進修內容摘要-----	05
肆、進修過程說明-----	06
伍、受訓心得-----	14
陸、建議事項-----	40
柒、紀實照片-----	40

壹、基本資料

- 一、原屬單位(代表人)：勞動部勞動力發展署北基宜花金馬分署。
- 二、派訓單位：勞動部勞動力發展署。
- 三、級職姓名(代表人)：副研究員 張耀麒。
- 四、出國時間：111 年 11 月 23 日。
- 五、返國時間：111 年 12 月 3 日。
- 六、受訓地點及單位（中英文）：名古屋，三菱電機名古屋製作所（Nagoya, Mitsubishi Electric Corporation Nagoya Works）。
- 七、受訓班次名稱（中英文）：智慧機械與機械手臂進修課程。（Smart Machinery & Industrial Robots Application Course）。

貳、進修目的：

在行政院推動『智慧機械』方案，以及科技的日新月異推波助瀾下，國內智慧機械產業朝向專業多元化發展、技術逐步提升，應用領域越來越廣。智慧機械以通俗話來說，即是使機械智慧化，具體做法就是設備主體透過感測器、IOT、軟體系統的建置，藉以達到增加機械自身的作業能力、同時可及時擷取設備資訊供現場人員判斷設備與產線狀態、使設備與產線能維持一定水準，確保產品製程品質一致化。這些看似簡單，實則涉及相當複雜的技術與專業，相對地也產生許多相關技術人才的需求。

從經濟部工業局智慧機械產業 2022-2024 專業人才需求推估調查中，即可知智慧機械產業人力需求趨勢，該調查評估智慧機械產業於 2023 年平均已約有 1 萬 5,300 名的人力需求，包含 CNC 銑床車床程式設計人員、智慧化生產工程師、機器人感知系統工程師等相關專業人力。然而，智慧機械的相關設備購置成本都相當高昂，且人才的培訓相當耗費時間，民間產業又因人員招募困境而導致難以培訓人員，但又有人才的需求，因此，人才培訓的工作就需由政府來承接下來，但政府畢竟不是機械產業，對智慧機械產業所需的技術存在認知落差，而綜觀國內智慧機械產業也起步萌芽未久，仍無法作為政府標竿學習的典範，但人才培訓的腳步不能停下來，否則智慧機械進展將瞠乎其他國家之後，是以有必要向先進國家取經學習，藉以提升訓練師本職學能，掌握智慧機械產業發展先進趨勢，從而培訓更多優質技術人才，除可滿足產業人才需求，更希望透過這些人才，進而帶動我國智慧機械技術水準往更高層級發展。

參、進修內容摘要：

一、智慧機械課程：

(一)參訪工廠/地點：

1. 三菱電機名古屋製作所(教育訓練中心、W3 廠區、E4 廠區)。
2. 發那科總部。

(二)進修課程：

1. CNC 設備之進階智慧功能。
2. 智慧製造解決方案 (e-F@ctory)。
3. 操作 CNC 軟體：NC Configurator2、NCAnalyzer、NCAnalyzer2、GX Developer、RT ToolBox3、Cognex-In-Sight Explorer。
4. M80 TYPE 之參數設定、PLC 程序建立及寫入、實際加工。

二、機械手臂課程：

(一)機械手臂與基本動作：

1. 產品概要：三菱電機機械手臂歷史、核心、整合系統。
2. 新技術與新產品。
3. 應用案例。
4. 機械手臂基本實習。

(二)機械手臂附加視覺感測：

1. 視覺感測。
2. 視覺感測設定。

三、發那科工廠參訪：

(一)本部技術中心：

1. FA 產品導覽。
2. 機器人運用。

(二)本部廠區：

1. 機器人、伺服電機生產工廠。
2. 維修工廠。

四、科學未來館參訪：

(一)與地球相連：Geo-Cosmos。

(二)仿生機器人：

1. Alter。
2. Otonaroid。

肆、進修過程說明：

一、第一週：(111年11月23日至11月25日)

(一)日期：111年11月23日

抵達名古屋下榻飯店整理行囊與預習課程大綱。

(二)日期：111年11月24日

1. 名古屋製作所(教育訓練中心 FCC)

(1) 三菱電機歷史沿革、產品與服務。

(2) 三菱電機產品應用導覽：控制器產品、驅動控制設備(工業協作機器人、無感測器伺服系統、三相馬達)、機電整合產品(數控設備、放電加工機)、邊緣計算產品(工業電腦、邊緣計算軟體)、配電控制產品(電磁開關、變壓器)。

2. W3 廠區

該廠區主要生產 MELSERVO 系列伺服電機產品(中小型伺服馬達機件)，馬達所需轉子、定子、纏線、組裝等生產過程導入機械手臂與視覺檢測，並藉由引入製造執行系統(MES)提高設備利用率及降低人為疏失的高混合生產。

3. E4 廠區

該廠區為可程式化邏輯控制器(PLC)生產處，該廠區每月生產 30 至 40 萬 PLC，該廠區使用三菱 e-F@ctory 整合系統，該系統透過數據傳輸之方式整合研發、製造、邊緣計算、供應鏈等相關資訊，使產品在任何階段的資訊皆能輕易的獲取。

為了避免影響品質，生產過程多保持在低塵、低靜電之下，生產過程主要由機器自動生產，生產後配合視覺感測進行自動檢測及分類良品與不良品，不良品再由操作人員進行二次檢驗，二次檢驗的結果也將再次輸入系統中的生產程序分析，以降低未來生產過程的不良率。

在最後組裝的程序中，為了能夠實現少量多樣之產品，三菱電機採取單人獨力完成的單元式組裝程序，由於採取單人獨立完成組裝程序，組裝過程中所需要的工具及螺絲繁多，因此工作導引亦被融入 e-F@ctory 整合系統之中，其表現有二，一是工作清單的呈現，清單中呈現每一工序所需要的螺絲及工具；二是將指示燈與工具結合，即每個環節所需的工具會亮起指示燈。綜合兩者而言，該生產方式不但能夠避免人為錯誤，亦可使新人能夠快速投入工作。



三菱電機智慧機械研習



三菱電機技術中心

(三)日期：111年11月25日

智慧機械進修課程：M80 Setup training

(1) 硬體

(A) 注意事項。

(B) 硬體(驅動器、電路板)功能解說。

(C) 硬體連接設定與線路及電路安裝。

(2) 操作

(A) 操作面板解說與基本操作。

(B) 軟體解說與基本操作。

(3) 參數設定

(A) 使用軟體 NC Configurator2 設定主軸規格、日期及時間。

- (B) 使用 SD 卡寫入 PLC 程序。
- (C) 使用軟體 GX Developer 設定通用參數與 PLC 程序。
- (D) IO 檢查及使用軟體 NCAalyzer2 自動調整參數。
- (E) 座標系統的設定與極限行程設定。
- (F) 主軸動作確認。
- (G) 參數的備份及還原。



控制器與設備連接網域設定



NC 參數 PLC 寫入與設定

二、第二週：(111 年 11 月 28 日至 12 月 3 日)

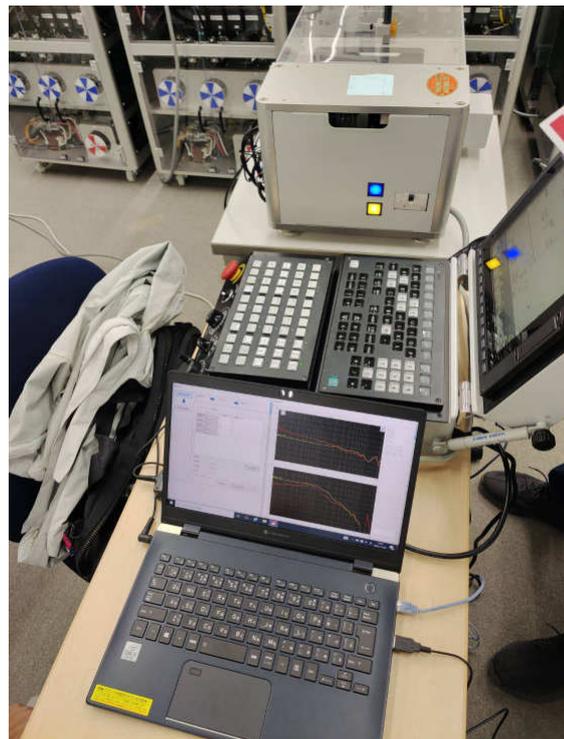
(一)日期：111 年 11 月 28 日

智慧機械進修課程：伺服調整(設備因馬達工作項目不同而有不同的功率；而馬達在作動時因負載條件及工作條件的不同而有其合適之功率，伺服調整即是藉由軟體與設備連接時讀取馬達功率產生的波段圖進行調整)

- (1) 伺服調整準備
 - (A) 伺服調整流程講解。
 - (B) NC 設備與電腦連接。
- (2) 伺服調整
 - (A) 使用軟體 NCAnalyzer 與 NC 設備通信。
 - (B) 進給速度設定。
 - (C) 主軸速度設定。
 - (D) 加減速設定。
 - (E) 主軸定位設定。
 - (F) 攻牙設定。
 - (G) 波型特徵與判讀：每一類設定皆可利用軟體進行波形採樣，每一類的波型皆透過標準數學公式而有其標準值，其後再依此標準值判讀前述設定之波樣是否在合理的區段，若不符標準則進行二次伺服調整。



伺服調整實習



伺服調整波形圖

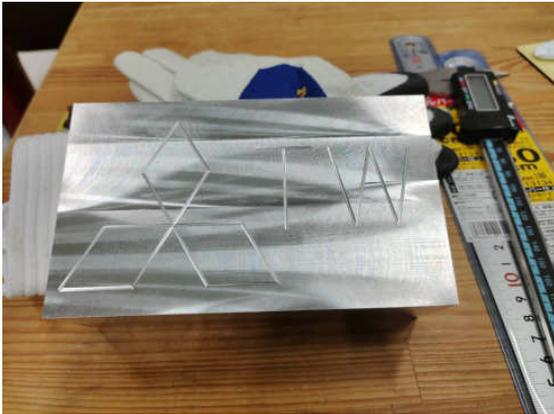
(二)日期：111 年 11 月 29 日

智慧機械進修課程：M 系機械操作實習

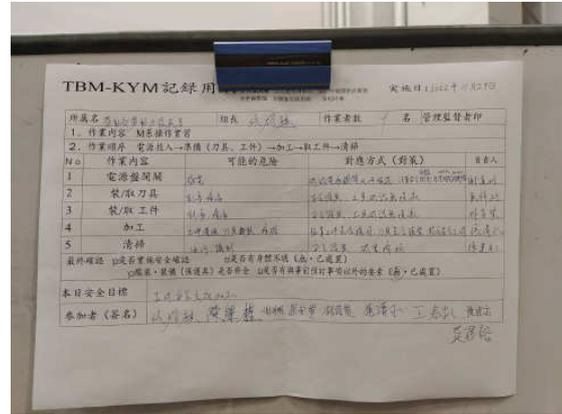
- (1) 勞工安全
 - (A) 工作安全與注意事項。
- (2) 機械實習
 - (A) 工作前會議(作業表討論，需討論工作前可能發生的危險與預防

措施，以及訂定各環節之負責人)。

- (B) 機械基本操作。
- (C) 刀具與工件裝卸及注意事項。
- (D) 工件與刀具原點的設定。
- (E) 加工成品。



訓練師共同製作程式與加工的工件



作業分配表

(三)日期：111 年 11 月 30 日

- 1. 機械手臂進修課程：三菱電機機械手臂歷史、核心、整合系統。
 - (1) 三菱電機專注於小型機器人(3~20 公斤)：垂直多關節式與水平多關節式。
 - (2) 核心自製：使用自製伺服電機與多核心控制器。
 - (3) 整合自動化
 - (A) 機器人的整合
 - a. 追蹤功能：視覺應用，將攝影機安裝於機械手臂，使機械手臂能夠讀取影像後再進行夾取判斷。
 - b. 附加軸功能：以機器人控制軸向(至多 8 軸)。
 - c. 適應特殊環境：具備防水防塵功能，使用者依照需求選購。
 - d. 模擬軟體：使用 Melfa works 能夠提前模擬設備擺放、點位校正及工作流程預覽，此後設備定位即可依照此模擬計畫進行設備擺放與設定。
 - (B) 智慧工廠解決方案 e-F@cory(以 CC-Link Tsn 開放式網路架構將廠區軟硬體設備串聯)。
- 2. 新技術與新產品
 - (1) 視覺應用
 - (A) 3D 視覺：以 2D 線掃描視覺架構再加上投影，使機械手臂能夠抓取不規則且無固定形狀之工件。

- (B) 視覺夾取分類：機械手臂能夠依照工件外形選擇合適的夾具夾取工件。
- (2) 力覺應用：利用設定輸出扭力方式控制機械手臂支出力大小，運用方式常見有兩種，其一為當扭力值到達設定值後，機械手臂隨即停止動作；其二為使機械手臂之出力恆定於某一扭力值，使機械手臂作動時的力量一致。
- (3) Melfa smart plus：整合性系統，使機械手臂可與各種感測器連接使機械手臂自動啟動視覺、溫度補償、軸同步、力覺、安全檢查等等功能。
3. 應用案例：3C、汽車、半導體、太陽能、食品加工、製造等產業。
4. 機械手臂基本實習
- (1) 工業機器人
- (A) 定義符合 ISO8373 之多關節或多自由度的機器人。
- (B) 作業時周圍需有防護網與人員隔離，需有專業技術人員操作。
- (C) 通常應用於大量生產，具有效率高、準確性高、耐久性高等特點。
- (2) 協作機器人
- (A) 定義符合 ISO TS 15066，作業時無需安全柵欄，容易導入現有設備之中。
- (B) 通常應用於簡單工作，目的在節省人力且應用上可以立刻使用，較不需要專業技術人員。
- (3) 基本操作
- (A) 負載設定：當機械手臂法蘭面的工具不在中心時，會因為力矩關係影響到慣量，尤其是將工件水平平舉時各軸馬達對應的剛性，因此為了使機械手臂在運行時達到平衡、作用力小等優點，故在運行前會先做此設定。
- (B) 使用機械手臂教導器與軟體 RT ToolBox3 進行工業機器手臂點位設定。



機械手臂應用概論



協作型機械手臂講解

(四)日期：111 年 12 月 1 日

機械手臂進修課程：視覺感測

- (1) 機器人視覺：機器人視覺是將感測器(相機)與機器人結合，使機器人具備觀察的能力，而後賦予機器人判讀之工作，以降低人為判讀失敗的可能性。
- (2) 視覺感測設定
 - (A) 設定機械手臂抓取角度：需注意避免奇異點問題，意即機械手臂因為角度限制導致自由度減少，而無法達到某些運動或是無法控制。
 - (B) 利用 Cognex 軟體(In-Sight Explorer)進行相機校正(需注意感測器之佈線，避免機械手臂旋轉時被線材限制角度：設定相機讀取範圍及識別物，識別物需擺放多次不種角度，避免因識別物角度不同而導致無法判斷。
 - (C) 識別物特徵校正：找出識別物的某一特徵供機械手臂判斷是否為夾取之工件。
 - (D) 設定機械手臂取放工件時機點及取放工件時的相關路徑(搭配軟體 RT ToolBox3)與 3D 加工流程模擬。



機器人視覺應用



機械手臂移動點位運算

(五)日期：111 年 12 月 2 日

1. 日本發那科總部：企業沿革與未來展望。
2. 技術中心：Fanuc 產品導覽，旗下依產品計分四大類，FA(控制器及馬達類)、機器人、數控工具機、IOT。
3. HQ1 大樓、第一機器人工廠、伺服組裝工廠

三廠區皆採自動化生產管理。HQ1 為機械手臂、線切割、雷射機部品加工大樓，每月生產約 7000 部機器人、160 部激光發射器；第一機器人工廠區為機器人組裝及測試工廠，每月約生產 1.1 萬部機器人；

伺服組裝廠區為伺服電機及放大器組裝工廠，每日約組裝產品 1200 部。

4. 信賴評價棟

該棟大樓為旗下產品(軟、硬體)開發完成後之測試處，舉凡伺服馬達最大出力、主軸最大加速壽命、加工軟體應用測試、控制器軟體測試、設備所需之配線耐久度等試驗。

5. 修理工廠

該工廠主要維修 CNC 控制器、伺服電機、機械手臂、伺服放大器等產品，廠內有 470 部修理試驗機，可進行 16000 種部件維修。惟客戶維修時是以替換品方式進行，意即以更換的方式先解決客戶損壞之部件，再將損壞之部件修復完成後再成為下一次更換之備品。



2022.12.2 FANUC Headquarters



2022.12.2 FANUC Headquarters

日本發那科總裁、事業本部長、事業副本部長、台灣總經理等主管合影

(六)日期：111 年 12 月 3 日

日本科學未來館：科學未來館展示日常生活相關的最新科技、地球環境與宇宙探索，常設展覽為與地球相連、創造未來、探索世界。

1. Geo-Cosmos：館內指標物體，由 LED 組成的地球體，以宇宙角度觀察地球，顯示人造衛星拍攝地球之衛星雲圖。

2. 仿生機器人：

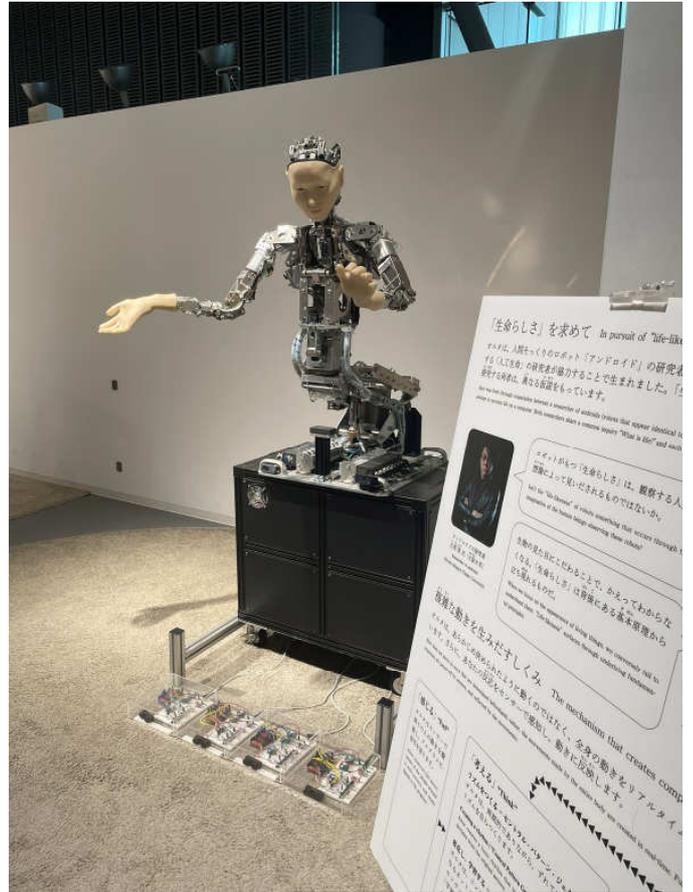
(1) Alter-上半身約 140 公分，重量約 80 公斤，手臂與臉部由仿真皮膚覆蓋，其餘部位則裸露機械元件。該機器人擁有自己的神經網路系統，

能夠模擬人類大腦的運作；機械元件則由 42 個氣動裝置驅動身體動作，能夠做出趨近於人類的複雜動作與不同的表情。

- (2) Otonaroid-以 Android 系統為核心開發之機器人，與 Alter 不同在於它是女性機器人，且裸露部位皆有仿真皮膚，擁有更接近於人類的細微動作，如眨眼、講話動作、頭部擺動等。



Geo-Cosmos



Alter

伍、受訓心得：

一、學習心得：

(一) 智慧機械：

行政院自 105 年 7 月 21 日第 3507 次會議通過「智慧機械產業推動方案」，其願景乃使國內機械產業由精密機械透過感測器、機械手臂、物聯網等各式軟硬體轉型為智慧機械，並以達到「亞洲高階製造中心」為目標，此行於三菱電機名古屋製屋所便完整體現智慧機械與智慧製造的全貌。

三菱電機名古屋製屋所內廠區於生產過程中皆使用智慧機械的方式運行，其自行開發之終端管理系統 FA-IT 整合解決方案「e-F@ctory」為其智慧製造之核心。該系統管理廠區內產品的所有信息，自產品及流程設計起，其後採購、供應鏈、工程鏈、生產製造、銷售及物流、運用及維護等相關資訊皆能透過物聯網收集資料後再從系統中獲得相關訊息，尤其在生產現場中的設備狀態、生產效能、產品狀態等皆能即時回傳於系統供工程人員檢視並視情況做出合適的調整。

影響產品加工精度、平滑度的因素很多，於此部份我們研習的相關專業知識主要在主軸相關的參數設定與實際加工。在主軸相關的參數設定方面，學習如何透過軟體進行 PLC 寫入與備份參數及伺服調整，最後再藉由截取出來的設備波形圖判斷參數設定是否合宜。該設定通常於設備組裝之時動作，當所有參數設定完成後才會交付使用者使用，然而參數設定是在工具機廠商之處，隨著機臺設備定位的地形或鎖固等因素影響之下，就有可能需要再次進行伺服調整，以求加工產品的品質與設備的穩定性。

(二) 機械手臂：

1959 年 Joseph F.Engelberger 發明第一部工業用機械手臂「Unimate」，此後機械手臂便開始蓬勃發展。機械手臂的運用廣泛，依產業需求而有不同的種類，常見之類型有水平垂直機械手臂(如架設於 CNC 車床，又稱門型機械手臂)，進行給料與出料之任務、水平多關節機械手臂(反應快為其特點)、並聯式機械手臂(高準度及高速移動)、多軸機械手臂(泛指 6 軸機械手臂)。使用者選用機械手臂之種類後，再依照產品需求配備相對應的夾具，最後再進行移動點位及工件取、放點位設定，完成後便可進行自動化生產。

在工業領域運用中，多軸機械手臂因為軸向的自由度高，故使用相當廣泛，舉凡汽車業、製造業、科技業等產業皆能有其身影。對於機械手臂而言，重要之處莫過於點位設定，諸如安全點位、移動路徑點位、抓取及放置點位等位置，機械手臂點位設定影響自動加工時能否安全移動與準確夾持及放置工件。

工件點位為機械手臂運作時之核心，意即要讓機械手臂知道工件在何處，唯有確認工件位置後才能設定機械手臂抓取的座標，在不使用其他夾治具而僅用機械爪之情況下，有關此運用大致有兩種常用的方式。第一種是利用料盤(架)的方式固定工件點位，這一類屬於傳統式的抓取，

其優點是工件位置被料盤(架)固定，工件的擺放方向皆相同，可以明確選擇夾取點位與夾持處，然而這個優點卻也是一種缺點，因為要讓工件擺放的方向一致，便需要透過料盤(架)固定工件，倘若在沒有料盤(架)的輔助之下，工件的擺放方向與點位勢必截然不同，那麼就可能造成因為機械手臂之夾爪沒辦法對應工件外形與點位偏差而造成機械手臂無法夾取的情況。為了補強上述方式的缺點，於是便有了第二種方式，第二種方式是利用感測器與相機的方式輔助機械手臂尋找工件，即視覺應用，此種輔助方式又可分為 2D 視覺與 3D 視覺的運用。2D 視覺屬於單一平面式的影像辨識，透過相機進行特徵分析與雷射測得距離後，即可讓機械手臂夾取任意位置的工件，最後再讓機械手臂夾取，此種方式可以省去料盤(架)的製作成本，工件亦可以不必受到料盤(架)的約束，能夠而不受固定座標的限制，惟其主要缺點是容易因為相機拍攝的角度與周邊環境光源等因素影響。3D 視覺與 2D 視覺相比，又多了深度偵測，也就是原本侷限於平面 X、Y 方向座標的影像擷取再加上 Z 方向座標的影像擷取，如此便可得到一個立體空間的資訊，也大幅提高影像辨識的精準度，此時工件的擺放限制也就更小，可以脫離平面空間的擺放方式，而其主要缺點則是所需費用不貲。

機械手臂的運用在產業界行之有年，於機械加工領域多用於夾取工件給予機臺設備進行加工，其後為了增加效益再加入機器視覺的應用，使工件擺放的限制被降低、亦使人力能夠進行更有效益的安排，進而降低生產成本。除了視覺相關知識外，亦學習使用模擬軟體進行機械手臂產線布局。三菱電機軟體機械手臂軟體 RT ToolBox3 具備程式編輯與參數設定、監視、3D 模擬，簡而言之即是紙上談兵的動作，當設備尚未定位或加工流程尚未決定時，可利用該軟體進行設備位置擺放、加工順序與方式安排、程式編輯等動作，當中若有問題便可立即進行調整直至方案確定，當方案確定後，後續設備擺放與加工流程便可依照該計畫進行，避免因為沒有先行安排流程而手忙腳亂。

(三) 發那科工廠參訪：

1972 年 Fanuc 公司成立，主要提供數控工具機與機器人之產品，旗下今日分為四大部門，工廠自動化部門、機器人部門、數控工具機部門、物聯網部門，每個部門的產品在市場上皆占有舉足輕重的地位，機器人方面更有與日本安川電機、瑞士 ABB、德國 KUKA 並稱四大機器人之美譽。

本次參訪發那科總部內廠區見識多樣化的機械手臂運用，比如應用於汽車產業的塗膠作業、點焊作業，該類型之機械手臂荷重較重，其外型尺寸也較大型，危險程度也越高；應用於食品加工業或生技業的並聯式機器人則搭配視覺應用，將不同形狀、顏色之產品進行快速分類；協作型機器人則設置多重感測器，強調能夠與操作員共同安全的工作並降低操作員可能因物品太重而造成身體傷害。

參訪的廠區中，HQ1、第一機器人工廠、伺服組裝工廠為自動化生產工廠，廠內生產機械手臂、伺服馬達等部品零件以及組裝。進入廠區後，映入眼簾便是全自動化之生產，從自動倉儲起，乃至自動導引車送料、機械手臂給料與加工，直至成品完成皆無操作人員參與，此運作方式便是 IIOT 的展現。

信賴評價棟為其產品壽命與極限測試地點，過程中透過數據分析以獲取設備之資訊，其中最令人驚訝的是設備所附電源線材耐久度測試。電源線材對於大眾認知而言，通常不會將它視為主要產品的一環，如同買一部手機通常在意的是手機的耐用與穩定程度，而比較不會關切充電線可以使用多久，畢竟與設備主體相比，它的價值是比較低廉的，但是對於發那科而言卻仍將此細微處視為本體。

參訪的最後一站是維修工廠，維修工廠主要任務是維修 CNC 控制器、伺服電機、機械手臂、伺服放大器等產品，廠內有 470 部修理試驗機，可進行 16000 種部件維修。發那科重視營運持續計畫(BCP)，認為企業要永續經營，而非著眼在短期的獲利，因此供給者的責任重大，於是對於發那科而言，只要是公司賣出去的產品，即便年限 30 年以上的產品他們也會進行維修。

(四) 科學未來館參訪：

2001 年日本科學未來館開館，由曾任太空人的毛利衛出任第一任館長。科學館展示現今最新的科學技術與研究，於此民眾可以透過展覽或研究報告獲取有關科學之新科技、新技術、新研究等方面的資訊。展覽部分常設展覽有「與地球相連」、「探索世界」及「創造未來」。「與地球相連」展區以探索及解析地球為主軸；「探索世界」以宇宙觀點出發，進而探索地球與生命的循環關係；「創造未來」則以現在的世界反思與如何創新。

「與地球相連」展區利用 1 萬 0,362 片 LED 螢幕組成直徑 6 公尺的球體，再將地球衛星雲圖影像透過螢幕輸出，呈現一個由宇宙觀看的地球，名為「Geo-Cosmos」。探索世界內的展覽較屬於地球科學類型，「微中子探索宇宙」展區為透過模型發現微中子在牆面的排列，以及利用「雲室」裝置找出游離輻射的蹤跡；「地球環境與我」展區以因果循環的方式呈現地球環境的改變，亦展示已經可以實現的未來能源；「與 100 億人共存」展區透過感測器偵測各式災害數據，其後再由數據判斷災害所在與危險程度。「創造未來」展區最搶眼的莫過於仿生機器人 Alter 與 Otonaroid，Alter 是只有上半身的機器人，臉部與手部有局部仿生皮膚覆蓋，由於擁有 42 個氣動裝置的關節，可以模仿人類做出複雜的動作；Otonaroid 則是很像人的機器人，裸露處皆有仿生皮膚覆蓋，亦有服裝及髮型搭配，此外能做出更類似人類的細膩動作，比如表情變化、眨眼等貼近人類之行為。

科學未來館展示以地球科學結合生活科學與生命科學為主軸，藉由研究展示與體驗區供民眾體驗，使科學走進群眾生活，也使科學更淺顯易懂而不侷限在文獻資料，進而實現生活中的科學；科學中的生活之概念。科學未來館與智慧機械相對照之下，其實不難發現資料收集的共通概念，比如「與 100 億人共存」展區中的災害數據的統計或預估，其身後便是各種災害數據的資料收集與整合，與智慧機械中 IIOT 透過各式感測器擷取單一設備資訊，再透過物聯網收集與分類，最後再將全部資訊呈現之方式雷同。

二、個人參訓心得：

(一) 張耀麒參訓心得：

本次赴日參訓重點可歸類三點，智慧機械、智慧製造與機械手臂，課程內容與預想的內容大抵相去不遠。工業 4.0 一詞最早見於 2011 年漢諾威工業博覽會，蓋以物聯網及網際網路為基礎而建立系統發展的智慧工廠，我國亦於 2016 年 7 月 21 日第 3507 次會議通過『智慧機械』產業推動方案，推動產業升級以達到智慧機械與智慧製造。

智慧製造與智慧機械的相關應用在三菱電機名古屋製作所廠區及發那科總部參訪時便一覽無遺，然而要達到產線智慧製造之前通常會先將設備主體升級為智慧機械，其後再搭配物聯網收集與統合所需之相關資訊。以 CNC 車床或 CNC 銑床設備主體而言，智慧機械的方式可以藉由

各式各樣的感測器獲取設備資訊或及時調整某部分參數設定，比如主軸顫振抑制，藉由裝置於主軸之感測器獲取主軸運轉或切削時的顫振資訊，而其主要功能在於切削時若切削參數設置不當而產生主軸顫振時，系統將自行運算並更改主軸轉速與進給以避免顫振的情況；又如刀具即時磨耗偵測，在加工前先設定刀具負載，當加工時刀具發生異常前便能發出警告，避免加工過程中刀具斷裂或因刀具斷裂而使工件損壞；又或將攝影機安裝於設備內以達到及時監控，即便現場主管或操作人員不在設備前也能隨時掌握加工情況，諸如此類的應用不勝枚舉，其目的皆是提升設備智慧化之表現。

IIOT 為近來工業的解決方案，參訪三菱電機與發那科廠區皆導入 IIOT 模式進行生產。IIOT 在製造業的實現，大抵可由硬體設備、雲端運算、軟體系統、可視化四個層面構成。硬體設備是由各式的感測器蒐集並讀取硬體設備的資訊，其後為了將讀取出來的資訊整合，於是利用網路雲端串聯各個單一設備收集資料，當設備資料都被串聯後，再將它整合於系統之中，最後再透過螢幕呈現而串起 IIOT。簡而言之，所有設備的資訊會經由網路串聯並加以整合，舉凡設備狀態、加工狀態、生產進度、加工報表等等相關訊息，皆能夠以螢幕輸出提供使用者即時檢視。

IIOT 的導入，使工廠作業流程更為簡便且一致化，以生產過程而言，可以細分自動化生產與輔助生產。以零件加工業自動化生產為例，當 MES 系統發送派工任務後，自動導引車便能至自動倉儲領取加工物料，領取後再將物料送至待加工區，再由機械手臂夾取至設備中進行加工，加工完成後再由機械手臂夾取至量測區進行自動量測(該步驟也有最後才量測的方式)，量測後機械手臂再區分良品與不良品，最後再由自動導引車將兩類物料運送至各自區域存放，其生產過程中沒有人員的介入，皆透過網路傳輸所有命令與程式，如此便串起自動化生產的智慧製造，三菱電機與發那科的生產過程亦多有雷同之處。至於輔助生產，以三菱電機 E4 廠區為例，其少量多樣的單站組裝區便是先將工單的工序與所需工具輸入系統之中，啟動工單後便會顯示工作順序與所需工具，比較特別的是三菱電機為避免人員選擇錯誤的工具，於是又將不同的工具結合不同顏色的指示燈，因此作業過程中除了顯示工序外，所需之工具也會同時亮起燈號，操作人員便可以及時選擇工具。此類輔助生產模式，可以使產品在生產過程中不因為人員不同而有不同的做法，達到工序標準化，企業亦不會因為人員流動而造成技術流失，即便是新進人員亦能很快投入生產作業。

機械手臂的運用廣泛，它可以視為單一設備主體，也可以視為輔助設備成為智慧機械的一環。當機械手臂被單獨使用時，它僅是單一設備主體；當它與不同的工具母機串聯作業時，它便成為將傳統精密機械升級為智慧機械的推手，又或當機械手臂加上視覺裝置輔助，它亦能體現自身的單機傳統作業升級至智慧機械的一種方式。普遍喚名為機械手臂之機械手臂型態大抵可分為兩類，工業用機械手臂與協作型機械手臂，前者外型通常較大，多屬於定點式作業，具有高速度與高準度的特點，多應用於較無變化的量產作業，其程式編輯較為困難，往往需要專業操作人員，作業時需以安全護網與人員隔離；後者外型通常較小，多屬於不定點式作業，能夠與操作員共同工作，程式編輯較為簡易，即便非專業操作人員也能輕易操作。

點位設定為機械手臂重點，包含了移動點位與抓取點位，尤以抓取點位最為主要，因為要讓機械手臂能夠準確的抓取到工件，在不使用其他夾治具而僅用機械爪之情況下的抓取方式已自上述機械手臂學習心得概說，故不再闡述，於此僅針對 3D 視覺延伸。機械手臂課程結束後再針對 3D 視覺深入學習，得知這是一種方式的統稱，其下又因技術的不同而有所區別，主流大抵有立體視覺(Stereo Vision)、飛時測距視覺(Time of Flight, TOF)、結構光視覺(Structured Light)三類。立體視覺通常使用 2 個或以上的相機對物體取景，再透過三角關係演算距離；飛時測距視覺以光的信號源照射到物體後，由相機捕捉物體的折射光，再透過計算光的來回時間取得與物體之間距離；結構光視覺以光的信號源照射到物體，由相機捕捉物體的折射光斑點位，再透過三角關係演算取得與物體之間距離。當機械手臂加入視覺裝置後，使工作效益提高，也能跳脫工件擺放的侷限性，比如量產作業時，胚料送來是推疊且沒有任何方向性的情況，便能藉由 3D 視覺引導機械手臂夾取胚料，於是便跳脫工件擺放的侷限性，此外亦能節省將胚料擺放至相同方向性的人力，使人員能夠進行更有效益的安排，也可以避免因長期擺放過重的胚料而造成人員的職業傷害。

智慧機械與智慧製造帶動產業升級，生產過程中不再像以往完全依賴人員的操作技術與生產經驗，可以提前將其轉化為標準數據與標準製程，或透過機械化生產降低職安事件與提升產品良率，對於企業人事而言，亦可避免因人員流動而產生技術斷層的困境。

本次研習過程除專業科目外，尚有職業安全衛生的細節，比如在三菱電機實際操作課程中，操作機臺設備的人員除了安全鞋、長褲與小帽的

基本要求之外，上半身亦需穿著長袖服裝。簡而言之，除顏部與頸部外的皮膚都是要被遮蓋而不外露，以降低職安發生的機率。職業安全衛生若能從微小處著手且嚴格執行，便能有效降低勞安意外的發生。最後，感謝本署及分署的長官給予職本次研習的機會，未來將藉由此行所學傳授於學員，以拓展學員就業機會及掌握未來產業發展趨勢。

(二) 吳祥裕參訓心得：

很榮幸獲分署長官指派前往研習，對從來沒有出國經驗的職而言，真是受寵若驚，本次研習共 11 天，其中有 8 天(11/24~12/1)是在日本三菱電機名古屋製作所進行研習，後兩天(12/2~12/3)則到靠近東京山梨縣的 FANUC 參訪及東京日本科學未來館參觀，此行原本擔憂有語言溝通的困擾，所幸本署有安排日文翻譯老師協助生活上及課程上語言溝通的困擾，非常感謝本署的貼心安排。

11/24-首日上午先針對三菱電機名古屋製造所整體概況介紹、了解三菱公司沿革及各項電機產品，並安排至三菱電機示範類產線觀摩，由三菱專業的人員解說三菱產品，包括：馬達、CNC 控制器、驅動器、工業型機械手臂及協作型機械手臂的模組整合；下午為教室課程，上課老師介紹 NC 機能、周邊工具軟體示範可在控制器螢幕上以觸控方式建立滑動功能及多點觸控功能，將控制器操作變成簡單、快速、智能化；亦展示能以軟體的干涉模擬功能對 CNC 銑床 3D 實際加工前，進行模擬，以減少加工錯誤。

11/25-研習科目為：M80 控制器 Setup training；首先說明三菱 M80 控制器的特色與以往 M70 控制器提升微小線段處理能力(利用高速加工程式處理能力來實現縮短加工時間由〔168 千單節/分鐘〕提升至〔270 千單節/分鐘〕達 1.6 倍；PLC 處理能力 (PCMIX 值) 亦由 16.2 提升至 26(1.6 倍)，NC- 驅動系統間的通信能力則提升 3 倍；觸控式螢幕，可類似於智慧型手機的操作方式，可直覺式地進行舒適操作。簡報完成後進行實作練習，學習以 SD 記憶卡備份控制器內存之所有資料，再重置控制器進行設定，也練習利用 RJ45 網路線連結筆記型電腦與 NC 控制器，透過筆記型電腦中的專用應用軟體，直接進行伺服參數修改設定。

11/28-研習科目為：學習伺服參數調整；需使用筆記型電腦連接控制器，透過筆記型電腦轉屬軟體立即抓取伺服參數，並隨時調整，透過軟體功能自動調整出合理的伺服器參數，再搭配產生波形判斷後微調，最

終得到最佳化參數數據，以利工具機有最佳的加工特性。

11/29-研習科目為：CNC 銑床實務製作；老師先要求學員填寫安全目標確認書，由各位組員進行小組討論，列出完成工件的必需流程表，再針對流程中的動作，找出可能潛藏的危險因子，並寫出對策表，以強調注重操作者全面性安全，也讓我們見識到日本兼顧品質與安全的精神；接著以組為單位自行設計圖案再以 CNC 銑床手寫程式輸入至控制器並完成工件裝夾，再啟動程式切削完成實作產品，組員大家通力合作在鋁材上加工出 TW 三菱圖型。

11/30-研習科目為：機械手臂研修；上午上課老師先介紹解三菱電機產業生產的 Robot 種類及特色，在功能上分類有標準型、防油霧型(M 型 IP67)、防塵型(C 型)、潔淨型(食品藥物專用 ISO Class 3 等級)等；抓取能力等級區分，從 3kg 到 20kg；在作動方式區分則有垂直多關節機器人、水平多關節機器人等類型，也說明產線如何利用機器手臂建置 e-F@ctory 的自動化產線(也就是具有自動化產線+機器手臂整合)；也介紹機器手臂的作動原理及物件追蹤功能，如何搭配上相機(初步位置判讀)、下相機(補償工件外斜部分)及手臂上的檢視鏡頭完成 3D 視覺分檢，並說明機器人機構如何考量因作動下產生的溫度進行補償功能(金屬熱漲冷縮)，並舉例三菱機器手臂如何克服輸送帶運送產生的延遲(輸送帶為 $\pm 1\text{mm}$ ，要控制至 $\pm 0.05\text{mm}$)，以展現物件抓取的精準度，尤其要控制三菱 8 軸機械手臂，就頗為複雜；另外也介紹如何透過加裝安全傳感器作到人靠近機器時，動作會停止或放慢以達到兼顧安全控制面向有別於一般工業型機器人是以前加裝安全護欄來維護安全；並展示機器手臂可搭配業界飯用電腦輔助機械設計製圖 SolidWorks 3D 軟體進行模擬(Melfa Works)以 3D 全視角模擬觀察所設定的程序；另介紹 MELFA Smart Plus 功能，比較 A 型與 B 行差異。下午則至 2 樓機器手臂研發測試實驗室進行機器人實作體驗，實驗室裡，具備工業機器人與協作機器人可供實際作動體驗，透過兩種手臂實際動作比較，可明顯比較其差異性。

12/1-研習科目為：機械手臂的抓取物件便是定位；上午說明機器手臂如何透過鏡頭辨識工件位置，以矩陣演算出工件的偏位，使機器手臂能準確抓取不同角度的工件，下午進行機器手臂搭配傳專用軟體，從初始設定到完成待工件之辨識、編寫程式以實際抓取物件的連續動作，並完成協作型機器小手臂的模型組裝；完成機械手臂 2 日的研習課程，深感目前訓練場的數值控制機器也應規劃搭配機器手臂，以完成類產線整合之前置應用。

12/2-研習地點由名古屋移至”被譽為「富士山下的黃色巨人」-FANUC(由名古屋搭新幹線到三島站車程約 1 個半鐘頭，車站下車後，再由 FANUC 專車接送至山梨縣總部工廠)，共參訪了 FANUC 終生服務客戶的維修工廠(只要客戶送修，使命必達)、FANUC 產品展示及各類生產線手臂應用展示廠(其中展示機械手臂的各類應用，從可搬的重量從 5 公克的一顆藥丸到 重達 1.7 噸的一部車輛，充分發揮精確”快速、智慧、偵錯..) 、品質測試工廠(振動、電磁波、耐腐蝕、耐候性等測試) 、機器人測試工廠…等，見識到此等規模，能被譽為日本最強製造業，為 CNC、工業機器人的世界領導品牌一點都不足為奇；另外印象最深刻的是，由 FANUC 社長及公關單位所交換的名片發現，即使是公關部門，名片也沒有電子郵件地址；雖然覺得好像會不方便，但馬上能夠理解，公司為保護技術所做的各種努力，可說是到了滴水不漏的程度，故本次研習能進入場內參訪，實屬不易。

12/3-研習最末日，至東京日本科學未來館參觀，館內介紹宇宙與機器人等最先端科學技術的博物館，裡頭展示了許多由日本代表性科學研究家耗費心力與時間所創造的智慧結晶，除了可以以視覺觀賞外，還有能夠接觸、體驗的展示品。

為期 11 天的日本研習參訪，深深了解在社會迎接第 4 次工業革命之際，製造業的智能化已迅速發展；未來如何把開發、製造及物流等層面的工廠自動化設備連結 IT (IoT 物聯網)，並加以分析活用收集到的龐大數據，以降低客戶從開發、生產、到維護保養的經營總成本將是企業的終極目標。

(三) 謝道明參訓心得：

感謝本署辦理 111 年提升職業訓練師專業職能駐點計畫研習，同時也感謝分署舉薦，有機會至日本三菱電機名古屋製作所進行 NC 數控工具機與工業機器人研習，分享其整個工廠實現其虛實整合 e-F@ctory 理念，然後到山梨縣發那科總部參觀工廠數控工具機與工業機器人結合，進行機器人生產機器人的自動化生產過程，最後至東京科學未來館參觀。本次在名古屋製作所、產業機電製作所 6 天進修主要研習範圍包括:

- 1.三菱電機名古屋製作所概況介紹、FCC 參訪
- 2.NC 研修
 - 三菱 CNC 介紹
 - NC 機能介紹 (Cycle time、高精度相關)

- NC 驅動部介紹、周邊工具軟體介紹
- Demo (NC Trainer2、NC Monitor2、NC Explorer、伺服選定工具軟體)
- M80 Setup training
- 伺服調整
- IOT 製品介紹、Demo (NC Visualizer/NC Optimizer)
- DRC 說明、Custom 介紹、Demo (NC Designer2)

3.機械手臂研修

- 產業用 Robot 的基本動作(包括安全性、原理)
- 程式解說、操作(包括：工業機器人與協作機器人)
- 2D 視覺應用(包括：原理、軟硬體設定與操作、機器人整合應用 DEMO)

近年來，先進國家紛紛對德國提出的工業 4.0 概念皆有不同應對與訂定發展階段，而 4.0 最重要的基礎是根植於 3.0 的建設，換句話說，沒有 3.0 就沒有 4.0，而工業 3.0 就是自動化。我國提出 5+2 產業創新計畫，其中智慧製造為主軸發展之一，而智慧製造基礎三大支柱則為 CNC 數控工具機、ROBOT 機器人與 PLC 可程式控制(機電整合)，完成軟、硬體基礎建設，後續進行智動化佈局進行軟體與監控(SCADA)整合，其中整合了 IOT(工業上發展為 IIOT，結合人工智能則為 AIOT)、雲端(無線傳輸、儲存與運算)、大數據(進行工廠數據收集、儲存，進行分析從而改善能源、原料、人力成本與生產能力、稼動率、品質，甚至改善其人員與機器安全性)、智慧設備(結合平板、虛擬實境協助生產、加強製程正確率)。

目前智動化控制、CNC 控制與分析領域一直處於缺工狀態，技術層次較高是其主要原因，因此技術人才培育相對不易。對求職學員而言，多熟悉 CNC 數控工具機、機器人與 PLC 可程式控制技術，則比別人多一些就業機會，對國家與企業而言，機械、電機與資訊整合性質技術人才，能帶來更大技術性提升，甚至現在或未來具備能與世界先進國家智慧製造技術比肩。

三菱日本工程師曾提到目前 NC 與 PLC 兩者都精通人才非常少。目前正缺乏這種整合性人才，而面對整場域整合前端生產裝置與機台互相連結通訊，到中層資料傳輸儲存到後端生產管理與分析，工業上每一層連結技術都是嚴謹架構，世界工控大廠(包括歐洲西門子(SIEMENS)、美國洛克威爾(Rockwell Automation))都提出自家智慧工廠完整架構，日本三菱 FA、發那科(世界級 NC 工具機與工業機器人)這種大廠都不會提工業 4.0，而是在技術上提出朝向虛實整合架構，追求生產現況與後端無秒差監控整合與分析報告(包括稼動率、故障率、產能等，甚至模擬預估加工

時程精確路徑能讓工程師提前提出改良方案，避免更多材料與工時浪費(降低成本與 Schedule 達成)，改善製程與品質)。

日本三菱電機是過去三菱重工重新調整其事業群(重新分成三菱各獨立公司，分跨不同領域)重要產業之一，其中 FA 負責工業自動化服務與技術，而針對產業界，e-F@ctory(三層架構：主生產現場、邊際運算、IT 系統)為其提出對應德國工業 4.0 智慧型工廠、智慧型生產概念及工具架構，為解決生產流程、提高產量及預測問題應運而生。

三菱理念在於將工廠運作可視化、可分析、可改善與可利用化，解決工廠問題與煩惱，為實現 e-F@ctory 而努力(參觀工廠現場解說，其工廠完全依此架構真實實現(軟、硬體整合))，提出 iQ Platform 基礎，邁向開放網路 CC-Link IE TSN，除佈局全球性服務之外，更提出為人類與未來，積極致力環保事業(包括氣候、資源再利用、人才長期培育、地域共生(促進地區社會和諧)，永續經營)，這種眼光與宏觀佈局不但是其企業楷模，也足以讓我們學習其精神。

後續研習中，則以 NC 控制器 M80 Series 為主，進行學習模擬加工機設定與操作(其內容也是三菱 PLC 控制器)，並學習其透過遠端電腦軟體連線，設定及其參數最佳化調整，尤其連線各加工軸伺服馬達驅動器，利用其軟體進行設定、分析與調校，重設原控制器之使用參數，並實習 X、Y、Z 與加工主軸真實運轉(NC 加工機銑床、車床等因應不同特性分析調校參數)，並參觀其伺服馬達、PLC 生產工廠。而在進行實際 NC 加工機前則講述遵守其安全性內容，除遵守國家安全標準外，還依自身需求制定其標準 E10 作業安全，其中進行安全職業衛生教育，5S(Seiri 整理, Seiton 整頓, Seisou 清掃, Seiketsu 清潔, Shitske 躡(教養習慣))與我國 5S 稍有一點不同，但執行精神一樣，最後操刀實作，經大家努力設計(包括現場進行路徑模擬)正確無誤製作出三菱 LOGO 成果，老師與學生非常高興，紛紛拍下成果留影，依依不捨離開加工廠。

最後二天進行其工業機器人原理並介紹新研發協作機器人，結合三菱機器視覺進行操作設定(透過 MELFA Works 與 Smart Plus 軟體進行設定與操控)，可智慧判別工件、預防異常與損壞，從而預估進而避免影響工廠生產等功能，而其協作機器人目前正在進行研發測試，此次正好學習其遵守機器人安全規格，需符合 2015 年 JISB8433-1 協定(比較新的規定：世界 ISO 是在 1992 年制定，日本 JIS 則在 1993 年制定)，其中對於機器人風險與安全構件考量，歐洲與日本不同，歐洲是機器人本身對人類需

達無安全疑慮，而日本則是周圍安全環境(機器人工作範圍圍起來形成安全空間)，由於理念不同研發方向也會不同，因此協作機器人與工業機器人不同，除力覺感測外，更重要速度降到可隨時反應停下，可與人協同工作，不用特別隔離空間。

到三菱學習從一早進門，即看到三菱員工在打掃街道與庭院，大廳排隊量測溫度進入內部，接待人員親切口語，每層都有水與杯供應、販賣機與可愛分類回收桶(回收入口都經設計過)，廁所整潔尤其都提供手洗液與自動感應洗手與沖水，上課教室與工場整潔，模擬機模組化彈性教學，都值得學習，設計與改善教學學習環境。其依 e-F@ctory 理念從而執行貫徹實現，經一次次努力改善(聽其員工建議與現場 Ethernet 連線操作、數據收集、觀察、分析)，此過程中累積許多經驗，也改善了其軟、硬體產品，一種由衷佩服日本三菱電機真實嚴格執行的貫徹。

自從德國提出工業 4.0 以來，各國莫不是全力以赴為提升”智慧” 化工業國家轉型，而智慧型機器人與智慧型工廠更是被列入發展重點，其中智慧型工廠基礎正是工廠自動化。發那科公司(Fanuc Co.)身為首屈一指數控加工機與工業機器人翹首(該領域目前排名第一，尤其大型工業機器人)，真實看到機器人生產機器人現場場景與每一間廠房生產製造設計功能、研發(設專門研發大樓與學院，其研發人員佔其總員工 30%)，產品 100%在地生產，品管測試直接以最嚴格方式進行極限測試(伺服馬達與驅動器)，若非對其產品相當有信心不會對其產品進行如此嚴苛檢驗，非有大局觀佈局發展無法完成，對於此完全屬於家族私人企業經營者，佩服之情油然而生，現今發展重點也是朝協作機器人與虛實整合研發，尤其虛實整合在追求無秒差，這種精益求精精神也是此行很大收穫。

很感謝發那科高層重視，發那科相關高層從總經理到一級主管都出席接待這次職訓師參訪，解說人員更是由生產製造部長親自解說，連台灣發那科協助翻譯的王經理都直呼收穫良多(帶好多回參訪也沒有進一步深入了解日本發那科，這次因職訓師熱烈提出生產相關技術問題，從部長回應時，了解更多發那科技術)，每處工廠設置專門解說影音(還能選不同語言)，令人印象深刻的部分除了技術外，尤其在服務區塊，發那科甚至連 20、30、40 年前舊產品還有維修服務。參訪後回會議室進行座談，個人提出是否有機會合作提供職訓師到該公司學院進修機會，董事長親自答應，連王經理都覺得真的非常難得(因過去只培訓該公司海內外員工，尤其台灣只有台灣發那科工程師有機會)，感覺此行收穫圓滿。

對於未來教學，將三菱電機虛實整合 e-F@ctory 理念，提供職訓學員學習，其中課程也迎向工控 Ethernet 與 PLC,CNC 虛實整合的時代來臨，因此網路化 PLC 教學模式將會漸漸取代原來單機教學模式，但單機學習仍是基礎。工業 4.0 的精神在虛實結合，硬體部分，其中一塊便是網路硬體架設，然後透過軟體程式編寫，使生產可相互連結與監控，工業手臂課程則加入機器視覺整合，彈性安排內容進度與深度，提升學員自主學習願意。在此非常感謝本署與分署長官，讓職訓師到日本三菱電機與發那科總部學習，未來更有信心面對學員，了解真實工廠虛實整合真實落實於工廠每一處，分析與改善數據是真的在發生，面對新的硬體架構、新的編輯軟體，學習新的觀念與技術，融合新舊技術，將使教學與學習整合化，除自我成長外，更能幫助教導學員學習新技術與觀念，提升學員求職能力，與世界潮流技術接軌。

(四) 林育賢參訓心得：

本次赴日研修三菱機電智慧化與機械手臂，以及赴發那科參觀工廠、日本科學未來館，感謝接待方的三菱機電、發那科的大力協助，無論是研習內容、交通食宿、翻譯等諸多幫助，能讓研習順利完成，十分感謝。

11/24 老師於課堂中介紹目前產業概況、三菱電機新式數控系統所擁有強大的硬體與軟體功能，如 NC Virtual Simulator 透過擷取機台運動控制相關參數，進行數位模擬，以預測加工後表面品質、加工時間、刀具與結構件移動間之干涉檢查;以及實現智慧工廠之 NC Machine Tool Optimizer 監控系統和工具機遠端增值服務…等，且也藉由參觀 showroom、伺服電機與 PLC 製作工廠一窺日本現代製造工廠的面貌。

11/25、11/26 了解控制系統之驅動器架構與串接通訊方法，系統重製設定，且也運用軟體透過網路線之連結，搭配智慧化參數調整功能，針對影響控制精度顯著之參數因子(伺服軸頻率響應、循圓量測、主軸定向與同期攻牙…等)進行智能化調校，以迅速獲得較為合理化之參數值，最後再依據量測數據藉由關鍵參數細部的微調，讓設備達到最佳化控制之品質。

11/29 為 CNC 銑床操作實作課程，藉由本堂課深刻體會日本職人對於設備操作安全之嚴謹度，與加工前中後風險評估和解決方案，此作為將可導入實務訓練課程中。

11/30、12/01 為針對機械手臂產品與核心技術進行介紹，因為職目前預

計導入此應用課程，在這兩日的學習中，對於 2D 視覺原理，到整合後的辨識或抓取位置補償等核心基礎技術，以及提升 TCP 校正精度方法與操控安全性傳感器或規範等知識都有所獲，相信對於後續課程內容的規劃有所助益。在三菱電機研修過程之中有諸多值得台灣產業及推動職業訓練借鏡之處，此外也見識到日本非常敬業、一絲不苟的匠人精神，工作有條不紊，也應證了原先對日本工作精神與態度的想像，確實有獨到之處。

本次研習有自名古屋移動至山梨縣發那科總部參訪的行程，實際參訪約 3 個多小時，雖然只有一日參訪，在發那科由社長親自迎接，共同拍照合影後於離開時沖印合照，與參訪工廠產線中詳細的介紹和技術無私的分享，整個過程由入門迎接到接待足見對於本分署訓練師參訪的重視程度，也充分體會到日本「一期一會」，珍惜與重視每次交流的機會，此次參訪的富士山下合影成為珍貴回憶。

由於分署訓練師皆有教學、行政、檢定與選手培訓相關任務的安排，此次進修若不是疫情影響，以致於出國時間較為匆促，相信更能充分進行研習準備工作。最後再次由衷感謝促成此次研習與協助的長官、行政同仁以及分攤教學任務的老師們，出國研習除了是難得的體驗，從過程體驗各地文化、工作態度、教學方式及行政協助也是可以借鏡與改善之處，未來將依據本次經驗參考我國產業發展所需規劃職業訓練課程、場地與師資相關資源，讓學員更有競爭力，安心投入職場順利就業。

(五) 羅安琪參訓心得：

本次赴日本參訪研習主要行程有位於名古屋的三菱電機名古屋製作所，另外兩個行程分別是山梨縣發那科公司與東京科學未來館參訪，在三菱電機名古屋製作所共有六天時間課程的安排。

第一天透過三菱電機老師的介紹讓我們了解三菱電機將 e-F@ctory 智慧製造的概念實作，透過使用機械手臂，減少產線空間並且更富彈性，適合運用到少量多樣的產品生產線上，並可利用網路無線傳輸可查閱生產履歷、雲端資料儲存，遠端監控讓生產效率與品質提升、進而節能減碳，以達到永續發展 SDGS 的 17 項標準做為公司的目標。另外也介紹三菱電腦數值控制 CNC 新機能，超精細 3D 加工模擬功能除了舊有的動作干涉模擬外更強化了模擬結果更趨近實際加工的表面品質，讓使用者從模擬的結果就可以對表面加工後的微細凹陷或髮絲紋進行相關參數的

調整，如此也大幅的減少多次測試的時間與材料的浪費更可以提升加工精度與品質。針對模擬後所出現的加工路徑的誤差則採用 SPLINE 補間功能讓加工表面更加的平滑化達到高品質的加工面。另外在加工速度上新機能為最佳機械響應軌跡控制 OMR-CC 功能它主要是縮短伺服器訊號傳輸的延遲時間以達到高速加工的目的，這功能也未因高速加工而降低精度反而精度再提升，圓弧切削也更提升。其他還有沖攻的攻牙加工、打上 QR CODE 二維碼加工、機械手臂直連控制手臂的程式語言結合至 NC 程式碼中、NC 控制器搭無線網路模組等功能。除了公司的簡介與產品的介紹外，也去參觀實際加工工廠，從實際參觀會發現每一工廠都採用全自動的設備並大量使用機械手臂再搭配少許的技術人員大幅減少現場人力，僅有少數需仰賴工程師例如定子繞線加工則需工程師純熟的技術搭配半自動機器協助，完成繁複的工作。

第二、三天為 M80 設定課程透過老師的講解後依老師的指示安裝線路後使用編輯軟體確認信號輸入輸出警報手動操作是否異常，接著做位置檢測系統設定依不同的參數碼去調整 X,Y,Z 軸的數值，去觀察不同數值的差異化，接著就換主軸的設定與加工禁區的參數設定，在伺服的調整課程中利用軟體設定最佳化參數再依使用者加工後的實際狀況再做微調以達到最佳的狀態。這些參數設定對我們使用端的使用者而言是很少有機會去接觸到，經過這課程的解說與實際操作讓我們有更深的了解，對於未來遇到問題的產生也更能迎刃而解。

第四天是機械操作實習課程這課程也是我們最熟悉的課程，實習前老師仔細的講解機台操作的安全守則以及服裝的穿著注意事項。來到實習工廠老師拿出一張有加工作業內容表格要我們每位學員討論按照不同的加工程序內容，可能所會產生的危險寫在表格內，並且也要寫出針對這危險動作做出如何避免危險的因應對策。最後還有再確認所有服裝設備是否完備還有預計今日要達成的安全目標。這對於強化工作安全的方法，確實很值得我們學習做為我們實習訓練學員機具安全操作的項目之一。老師所教學機械操作的部分我們很快就熟悉，在操作的過程也都按照老師講解的安全守則與討論的注意事項一步步地完成。

第五、六天則是 ROBOT 機器手臂的課程三菱電機的機械手臂主要專注於 20KG 以下的 6 軸小型機器手臂為主，運用的產業含蓋 3C、汽車、液晶顯示器與半導體及太陽能產業、食、藥品產業及零件加工相關產業，還有比較特殊的運用例如漫畫產業，因此運用的非常廣泛只要想得到的都可以運用它來完成。機器手臂依不同產業需求會有不同功能的設計，

例如食品用的機械手臂就必須採用防油汙且潔淨需符合 ISO CLASS 3 的等級機械手臂。倒掛式軸機械手臂則運用在 APPLE 手機生產線上。機械手臂核心技術主要為伺服電機與控制器，透過多 CPU 運算與訊號傳輸可讓機械手臂有主從關係的設計。另外機械手臂的高附加價值是結合感測器與相機讓移動中的物體也可以讓機械手臂準確的抓取物體，具有追蹤功能，也可以伺服結合機械手臂產生附加軸功能，還有防油汙防塵的功能，對於機械手臂移動的軌跡更可以透過模擬軟體的功能驗證軌跡是否正確。機械手臂新技術有 3D 視覺技術更換產品容易與 3D 視覺分揀技術可辨別不同物件還有力覺力傳感控制力量的大小，溫度補償與預知維護功能。機械手臂可分為工業機械手臂需要有安全圍欄確保人員安全，協作型機械手臂可精準控制速度位置監視，實現人機合一的機械手臂，在人手不足的地方也能夠和人一起工作。像人一樣行動、與人一同工作。搭載的安全機能，即使沒有安全柵欄，也能與人在同一個區域內一起共同作業。操作比工業機械手臂更加容易，無需機械手臂的專業知識也可輕鬆操作。對於中小型企業就非常適合採用協作型機械手臂於產線上。

結束了 6 天三菱電機名古屋製作所研習，收穫滿滿離開三菱電機名古屋製作所，來到山梨縣「有富士山腳下的黃色巨人」之稱的發那科總部，該公司位處富士山下黃色是該公司代表顏色廠房牆壁也是黃色，廠區位於樹林內抬頭一望就可以看到富士山美麗的風景，感覺非常清幽的工作環境。很驚訝此次參訪發那科公司總部是由公司社長帶領各部門主管為我們作介紹，台灣分公司經理幫我們翻譯。從產品面來看該公司有工廠自動化（FA）部門、機器人部門、數控工具機部門，發那科在台灣電腦數值控制器的市占率名列前茅，我們實地走進參觀生產工廠，幾乎都是使用機械手臂的自動化廠房，運用機器人來製造機器人，其中讓我印象深刻的是信賴性評價廠房，此廠房是針對新開發機種進行評估，測試在嚴苛的外在環境下機具可以承受的最大極限，其中以加速壽命測試為最多，以各種不同條件下確認長期的可靠性。另外還有振動、油霧、溫溼度、極限試驗室，其中還有一間電波暗室實驗室，主要在測試電磁波對機台的影響。因應現在機具都具有物聯網的功能，電磁波勢必要將其測試是否對加工生產影響。另外還參觀一間維修工廠，只要是發那科公司的產品，就有終生維修，不會因無法維修被迫報廢。

抵達東京隔天也是最後一天的行程，來到東京科學未來館參觀，進入館內即可看到一顆懸掛在挑高屋頂上的大型地球，躺在座椅上可以慢慢的欣賞地球之美。來到三樓是創造未來區，在這個展區可以讓大家去描

繪理想中的社會與生活方式，思考如何實現這些理想。其中網路物理模式區，就以黑球與白球滾動的方式來將電腦網路運作傳遞的過程實體化，讓參觀者更容易理解。來到 5 樓探索世界區，透過不同的視野探索我們所居住的世界。裡面有多個展區，從宇宙、太陽系、地球環境及生命誕生的祕密都有豐富的介紹。

這次來日本有別於之前與家人跟團來日本觀光，因此在日本這 11 天中更能深感他們各行各業都秉持職人精神、將工作品質達到極致的精神、與守時守規矩的態度等等，都是值得我們學習的。最後感謝本次計畫所有協助的各級長官、同仁與台灣三菱電機公司及日本三菱電機公司、台灣發那科公司與日本發那科公司安排的研習參訪行程，內容非常的豐富，授課老師也傾囊相授技術教導與問題的解答，讓我們帶著滿滿的收穫回台。另外也認識其他分署的老師在生活上及研習中大家都可以互相支援協助，相信這一次的研習將是我很難得的一次經驗與回憶。

(六) 陳肇權參訓心得：

本次奉派前往日本三菱電機名古屋製作所學習，學習項目計有公司沿革、CNC 控制器、驅動器、伺服電機、工業型機械手臂、協作型機械手臂…等項目，在授課老師以及翻譯老師的指導中，學習了這一系列的知識，讓職受益良多。職以往在 CNC 數控方面僅著重於後端的運用、製成規劃、刀具選用等等，對於控制器本身的原理涉獵不深，本次深度學習，結合自身所學有種豁然開朗的感覺，在此由衷感謝本署提供本次學習的機會。

11/24 上課在老師的介紹中了解，現今的觸控螢幕建立滑動功能及多點觸控功能，可簡單實現快速的智能化操作，3D 加工模擬，可進行干涉模擬，防止加工錯誤，依據伺服馬達的參數來模擬出加減速對於加工品質的影響，高精細模擬加工痕跡可清晰顯示，亦可利用高速高精度功能，自行依據時間、精度、品位來選擇控制精細程度。OMR-CC 最佳機械響應軌跡控制，可在保持加工精度的同時並縮短加工時間（對圓弧有明顯的作用）。在加工效率方面，高速同期攻牙 2，可用主軸最大轉矩做同期攻牙，使加工更有效率。亦可依客戶需求進行客製化，沖攻加工循環是某公司的特需求，搭配沖壓加工攻牙的專用刀具使加工更有效率。目前更具備了二維碼加工功能，可以加工出 QR CODE，也具備機械手臂直連控制（使用對話式簡單作成機械手臂動作專用 G 指令）、NC 控制器搭載無線網路模組，可與各式外部機器無線通信、NC Virtual Simulator 3D 加工

模擬軟體，可使用 STP 檔 與加工模擬結果重合檢驗。在監控方面稼動監視 NC Machine Tool Optimizer 對各種 FA（自動化）機器設備進行統合監視（訊息的搜集、情報的可視化）不管種類、不管新舊「類似智慧產線的戰情中心」三菱的 CNC 設備可直接透過 NC Machine Tool Connect 蒐集其它廠牌 CNC 設備可透過 MTC Connect Agent adapter 進行連結。

11/25 上課學習三菱控制器與驅動器和電源供應器的結合：V1 代表一個軸向、V2 代表兩個軸向、亦有所有軸向加上電供的合一版本。實作練習利用 SD 記憶卡備份控制器所有資料，重置控制器設定，利用網路線連結電腦與控制器，透過軟體抓取伺服參數並進行設定，由於自行設定程序過於費時，於是使用備份的資料進行還原並透過軟體進行伺服調整。

11/28 上課學習伺服參數調整，透過前一天學習內容，利用電腦對控制器進行連線，抓取伺服參數，利用軟體自動調整合理的伺服參數，並進行手動微調，以其取得最佳化數據，讓 CNC 工具機加工可得到最佳化品質。

11/29 上課為 CNC 銑床實作，本日課程為職的本職學能，從老師的教學過程中，觀察到日本匠人精神、以及對安全方面的要求多麼嚴謹，從基本的安全護具到加工前的風險預判、以及遇風險如何處置。而日本體系與歐洲體系截然不同，歐洲體系是以機具設備為主來考慮安全的問題，日本體系則是以人來考量，嚴格規範人要怎麼操作機具設備來規避風險，由於 CNC 實作方面是職的專長，故僅在細節內觀摩學習，在風險管控上著實受益良多。

實作教室內有部分展示機(如下圖)，職認為在國內逐漸受少子化影響的情形之下，部分職前訓練班級可開設為進階班隊，以 10 人的小班制為主，採購高階訓練設備及訓練機，以既有的教室空間，小班制教學的情況下，訓練機可放置於教室中間，學員則可以理論及實作同時進行教學。原型高階設備價錢高昂及佔地面積過大，不利於開班，小班制剛好可以解決這個問題。



11/30、12/1 上課則學習機械手臂，課程著重於三菱電機機器人產品介紹，目前專注於小型機器人，垂直多關節機器人，計有 3kg 到 20kg 等類型，標準型、防油霧型、潔淨型、食品藥品行業專用型（關鍵在潤滑油的問題）。水平多關節機器人，計有 3kg 到 20kg 等類型，懸臂式加工範圍可 360 度，挑選重點在於垂直上下行程多大，計有標準型、防油霧型、潔淨型（Z 軸行程 120mm）、食品藥品行業專用型。其核心部件均為自製，控制器、伺服電機、網路通訊與 PLC 控制器直接通訊，直接通訊靠多 CPU 控制面板（高速機板），亦有研發協同機器人，協同過程中會有很多訊息交換，建議使用高速機板高速通訊。機器人可搭配視覺-3D 視覺、3D 視覺分檢、力覺-力傳感（力覺回饋感知）力量控制臨摹、機器人機構溫度補償功能（金屬熱漲冷縮）暖機後再進行試校。安全控制方面，工業型機器人建議加裝安全護欄(STO 功能)，不可以有柵欄時可加裝安全傳感器（雷射掃描儀）人靠近機器動作停止或放緩(SLS SLP 功能)，人機協作型機器人 Assiata（STR 功能）。

12/2 則從名古屋搭新幹線到三島站，前往發那科參訪，本次參訪幸好有發那科王經理協調派車接送，不然攜帶大型行李的我們著實無法順利前往，在發那科參訪時，參觀維修工廠、手臂工廠、品質測試工廠…等，其中品質測試工廠讓人驚豔，發那科的產品售價昂貴是一個事實，在參觀完這個工廠後，赫然發現他們花費了大量的人力物力及財力要求品質，自家的產品每項參數以及各種不同環境下的影響，都作了嚴謹的測試，來確保自家產品的穩定性，維修工廠則是另外一個亮點，他們標榜終身維修，只要購買發那科產品，就可以終身維修，不會因為缺料，或

技術過時無法維修。發那科在手臂上的研發與成就，著實為業界龍頭。

12/3 參觀東京日本科學未來館，館內從人文、腦科學、航太科技、環境危害…等等都有介紹，類似台灣的自然科學博物館，頗有參觀的價值。

(七) 陳建亦參訓心得：

這次奉派參加日本研習，主要在日本三菱電機名古屋製作所研習，學習內容有參觀工廠瞭解產線狀況、M80 控制器參數狀況與調整、伺服馬達應用與檢測、CNC 切削程式概況、機械手臂應用與差異等，學習收穫良多，本職股內機台型式雖沒有三菱的機種，但原理概念是大致上相同的，調整的先後順序也是，經過這次的研習，瞭解更多機械的原理與內部構造，可讓職再未來課程內容更加豐富，在此感謝署提供這次研習的機會。

11/24 三菱電機 名古屋製作所介紹與參觀工廠

早上 7 點起床下樓用飯店早餐，一行人約 8 點一起出發搭乘 JR 至三菱電機，抵達三菱電機後，9 點便開始今天的行程，起初介紹三菱電機創辦歷史與由來，原本三菱是全部都是一間公司統籌，後來因為二戰後因素被要求解散大型產業集團，因此現在三菱產標的公司都變成獨立的個體，不再是由一間企業統一管理；接著介紹公司現況與未來計畫，主推 e-F@ctory，可透過遠端控制就可以瞭解產線狀況、故障排除等，省下了不少需要人力移動與確認的時間，讓客戶可以縮短停機時間，增加產能，也可以透過遠端線上模擬產線加工狀況，模擬出來的成品與實際上加工出來的成品幾乎一致，節省了不少測試加工的成本，未來都可以透過模擬後再進行實際加工，這方面個人覺得非常便利。接著就去參觀三菱電機名古屋製作所裡面的工廠，這次參觀工廠有兩間，一間是伺服馬達組裝工廠，一間是面板製作組裝工廠，透過參訪後深刻體會到日本人嚴謹的精神與空間的利用，廠房內空間利用的相當徹底，但是又不會讓人覺得凌亂，每個工具與機器擺放的空間都有相對應收納的空間，製作也都有標準流程，每項的標準作業與防呆設置相當到位，讓人為因素造成的不良品降至最低，展現了職人的精神。參觀結束後，一行人就再搭車回飯店休息準備明天的課程。

11/25 三菱電機 M80 控制器應用

學習一樣早上 9 點再三三菱電機開始今天的課程，今天學習的內容是三菱電機 M80 的控制器與驅動器的結合與相對應的參數應用，首先是驅動

器的型號態樣，V1 代表一個軸向，V2 代表兩個軸向，也有可以多個軸向共用的驅動器，雖然空間可以節省許多，但如果裡面有一個軸向故障損壞需全部更換，單軸向與多軸向各有優缺點；接著連接 M80 控制器，利用光纖線路與控制器連結，透過控制器調整參數控制驅動器，瞭解各項參數的代表意思，M80 控制器裡面也有內建說明，只需要點擊進去就可以知道參數代表的意思與設置範圍，另外 M80 介面使用觸碰螢幕，點擊螢幕或者面盤都可以操作，功能可以說是相當多，一整天學習下來收穫滿滿，對於參數的瞭解也增進許多，未來可應用在股內的機器設備內，簡易的調整讓學生瞭解差別。

11/28 三菱電機 伺服調整

這天學習調整伺服馬達，一樣也是應用 M80 控制器去調整伺服馬達內的參數，但還應用了三菱內的電腦軟體，可以快速地找出較佳參數，調整完後也會產出圖表讓調整者知道差異，這次調整的有機台內的真圓度、直線加減速、轉角加減速等，軟體內都有內建程式測試，測試完會自己將參數代入控制器內，相當方便，也可以手動調整參數去看差異，參數與參數間都有相對應的比例存在，不是一位的調高或調低就好，參數調整是需要經驗值去累積的，雖然都有建議值的參數，但是依照成品的要求參數的最佳化調整還是需要靠時間與經驗去琢磨。

11/29 三菱電機 CNC 實際製作

這天為實際將調整後的參數代入機器內實際加工觀察成品的差別，日本人對於工安要求非常嚴謹，再進去工廠前的安全鞋與鴨舌帽都沒馬虎，確實配戴好後才能進工廠，進工廠後也沒有馬上實作，而是先針對今天實習的內容會產生相對應的風險，讓我們討論各項的風險與應對措施，讓工安意外降至最低；之後老師就操作機器給我們看，如何夾持工件、校刀長、尋工件圓點等，這方面與我們操作大同小異，所以很快就熟練沒問題，因為有兩位老師本職不是 CNC 機械加工，機器也只是一台，所以將大多機器操作時間給兩位老師練習操作，而我們其他人設計一個加工程式並將他做出來，簡單設計三菱的 LOGO 與 TW 字樣，產出的成品如下圖所示，加工完後今天的課程內容也差不多結束，對於公安與機器操作的概念又有新的感受。

11/30、12/1 三菱電機 機械手臂研修

首先先介紹手臂的差異性與大小，每種手臂都功能可依照客戶廠館內需求而去選用到最適合的機械手臂，因產線設置好後，機械手臂基本上不會變化動作，所以透過三菱內的軟體，事先將客戶內的廠房與動作需

求設置好，可以先在軟體上先模擬產線概況，基本上模擬如果沒有問題，現場安裝測試實作也會像模擬內的動作實行，非常便利；三菱電機的機械手臂內的部件都是三菱自家公司的產品，從控制器、伺服電機、PLC、電子零件等都是自家的產品，所以功能變化測試可以相當多元與準確，也有結合其他公司的零件做結合，像是 3D 視覺、力覺傳感、溫度補償等，也可帶入軟體內進行模擬測試，為機器手臂的動作需求達到更進一步的功能，三菱也有協作型機器人，協作型機器人不需要圍欄保護，在教學上可能更安全的讓學生操作演練，但是效率上還是工業型機器手臂較高，就看客戶的需求是什麼去選購機器手臂；之後老師也有實際操作手臂給我們看，由於日本對於操作機械手臂的要求非常高，需要有證照才能操作，所以就沒辦法給我們每個人實際操作。經老師詳細講解功能與動作，收穫良多，對於機械手臂也有更進一步的瞭解；最後三菱電機也做一個課程總結與頒發證書，對於三菱電機的研習教導非常感謝。

12/2 名古屋至 FANUC 總部參觀工廠

移動到 FANUC 總部參訪，一早全部人退房一起搭新幹線至三島站，原本是自行轉巴士前往 FANUC 總部，經過事前與台灣 FANUC 的王經理協調後，日本 FANUC 同意派車從三島站接我們至 FANUC 總部，讓我們解決了不少移動上的不便，在此先感謝王經理，抵達 FANUC 總部後，第一眼就被眼前的富士山景色抓住，雖然當天天氣沒有很好，希望有機會能夠親眼再見證它的全貌；抵達 FANUC 總部後由本社社長與我們介紹公司概况與介紹 FANUC，非常感謝 FANUC 社長這麼看重我們，簡單介紹後就帶著我們去頂樓參觀富士山與拍照留念，也將相片洗出來送給我們，相當有紀念價值！；之後就去參訪 FANUC 內的工廠，光是在富士山下的廠區就有 25 個工廠之多，這次參訪的行程時間有限，沒有辦法全部參觀，所以挑了幾個工廠參觀，有機械手臂製造工廠、測試實驗室、手臂零件加工工廠、零件維修工廠等，參觀完非常感嘆，雖然 FANUC 產品價格不俗在業界都是公認的，但是參觀後覺得那個價格是符合在它的產品品質上的，對於每項產品的測試以及事後維修工作都投入相當多的資源下去維護，只要是 FANUC 的產品，不管年代多久之前都能維修，也將全球內的電子零件做庫存管理，以利維修很久以前的產品，更是增設了電波測試實驗室，實驗室造家不斐，只為了生產出最好的產品通過最高的品質與環境需求；這次參訪時間太短，希望下次能夠有機會去 FANUC 研習，參訪結束後 FANUC 再派車送我們至三島站搭新幹線至東京。

12/3 參觀東京日本科學未來館

一進館內就被碩大的地球儀吸引住，拍攝了各個角度的照片，館內有許多過去現在與未來的技術變化，像是交通、通信、音樂等，對於未來可能只要腦袋有念頭，所有東西都可以立即完成，館內還有航太科技、腦科學、環境危害、海底探勘等，參觀完後因為回程飛機大家搭乘的都時間都不一樣，就各自準備搭機回台的搭飛機，多留下來隔天才回的就自行遊覽東京。

(八) 張清水參訓心得：

此次參加發展署 111 年提升職訓師專業職能駐點計畫，遠赴日本名古屋三菱電機公司受訓 9 天，以及到日本發那科公司參訪，受訓參訪期間接觸到先進智慧製造整合化生產線、安全便捷協作型機器手臂及產品研發測試的過程，除了一般眾所皆知的日本企業文化之外，期間令我印象特別深刻有下列幾點：

1. 注重安全

在上各階段課程皆會提到安全事項尤其在加工工廠實作時，加工工廠中機檯上隨處可見檢點表，安全報表等，進行加工程序前會先進行演練，討論可能發生的情況並提出解決對策，藉由小組討論方式凝聚專注力這點值得我們學習。

2. 政策落實

無論是日本三菱公司的 Changes for the better 或發那科公司的 Service First 都不僅僅是口號，廠區內皆能看到為了實現此政策所做的努力與成效。例如在三菱電機工廠看到如何活用 FA 及 IT 技術，減少橫跨開發、生產、維護的全面性總成本，達到生產效率提高、品質提高、節能、生產安全及資訊通訊安全。在發那科工廠見識到只要客戶使用發那科的產品，發那科就會一直提供維修服務包括不再生產的零件，讓客戶安心。

3. 重視教育訓練

在三菱電機期間除了我們外，每天都有公司內部員工、代理商、客戶使用端接受各種不同的教育訓練。另外發那科公司總部設有培訓專用建築和酒店住宿，提供各種 CNC 和 ROBOT 課程，並且將維修數據積累在知識庫中，供 FANUC 全球維修部門參考，人員定期回總廠接受訓練以提高他們的專業知識，並反饋給產品開發部門。

4. 產品研發測試

三菱電機運用集團資源，在軟體開發和硬體上達到與對手的差別化，印象深刻的是 CNC 的 NC Viture Simulation，在軟體上模擬加工件成品檢查，最終目標達到零試加工。在發那科專業領域即工廠自動化，積極投資於該領域的研發成立各部門的實驗室，針對產品做一連串的測試開發，藉以維持高度競爭力。

做為世界產業的領導者，三菱電機與發那科致力於自身產品的開發並將其實際的運用在生產線，並著力改善產線達到節能、循環經濟零浪費的目標，實在令人感佩。

(九) 王泰凱參訓心得：

11 月 24 日

今日的課程為介紹三菱電機名古屋製造所這次課程的研習概要，組織架構及產品與營業方針。於 FCC 一樓參觀目前三菱 NC 的控制器與伺服馬達的應用，協同機器手與一般機器手的應用。也到看到目前新型設備應用在智慧製造上的優勢。下午參觀 W3 的伺服馬達製造工廠，作為 NC 的核心元件之一的伺服馬達的構造與生產方式，除少數需人為組裝外，皆是無人自動化生產。定子的線圈纏繞，焊接至組裝都靠機器手完成。之後是 Q 系列 PLC 的基本生產線參觀，焊接與電路板印製，組裝時與協同機器手與作業員互相對應方式。三菱的協同機器人發展較其它家晚，但安全上與生產速度上也逐步追趕。然後介紹目前 NC 加工模擬軟體的仿真度與實用性，減少測試加工與生產時錯誤的機會。

11 月 25 日

今日的課程於教室實習 NC M80 系列的實習機，搭配 AB 軸與主軸。課程內容主要是如何設定個伺服馬達放大器之參數，我因非電腦數值加工製造職類，對 NC 面板的操作上比較生疏，但於 PLC 參數與伺服馬達設定上較快上手，與同組的同事實習起來很快適應並了解各種優缺點。課程內容屬於設備製造商的相關知識，獲益良多，了解 NC 機器設定的方式。

11 月 28 日

今日的課程為 NC M80 系列的延續，不同的是這次以伺服馬達的設定為主，換上 X-Y TABLE 的控制平台，透過軟體設定馬達的速度，邊界範圍，以及兩軸同動之圓形補間方式，是當參數校正與共振消除方式。主軸馬達的轉速設定與零點的設定。

11 月 29 日

今日的課程為 M80 的實際加工操作，由講師先宣導安全規定與注意事項後，到工廠時以組長為中心討論各種可能的公安危害與防護對策。日本相當重視勞工安全。下午實際操作 NC 機台，因為我與謝道明老師是 NC 生手，從換刀具，手動操做，上加工件到零點調教花比較多的時間。之後正式加工時分成兩組，機電整合專長的老師作課程指定的平面加工，NC 專長的老師自由設計一個加工程序，在時間內完成效果不錯的成品。

11 月 30 日-12 月 1 日

接下來的兩日為機器手臂之介紹與實際操作。三菱機器手臂搭配 SOLIDWORKS 的模擬套件，先在教室內模擬操作與調整。三菱機器手臂搭配 Camera，執行 3D 視覺判斷之觀念，以向量之觀念去計算座標與旋轉量，能夾取範圍內任意擺放之元件並整列放置。協同機器人以教導器操作，實際去靠近時之安全性與力道測試。

12 月 2 日

今日的行程是參觀 FANUC，一早開始移動往富士山。有別於三菱的行程，今日都以工廠參觀為主，先到總公司聽完介紹後，移動至第一個工廠，同樣也是介紹伺服馬達與 NC，及機械手臂。不同於三菱，該公司應用機械手臂於產線的規模較大，大型汽車零件組裝，加工，小型扣件的加工與組裝，及利用協同機械手完成人與機械之同步作業。再來是參觀伺服馬達製造工廠以及維修中心。雖然該公司成立時間較晚，但優點是維修方面，由 30 年前至今的設備都還有在維護保養及零組件替換。之後參觀研究所看公司新設計產品的各種測試運轉，以及產品在高電磁波環境下的運轉狀態等。最後參觀機械手臂製造的無人工廠。

12 月 3 日

今日參觀日本台廠之科學館。介紹宇宙與機器人等最先端科學技術的博物館，裡頭展示了許多由日本代表性科學研究家耗費心力與時間所創造的智慧結晶，除了可以以視覺觀賞外，還有能夠接觸、體驗的展示品，次世代移動工具、宇宙站、飲食等未來可能面對的科技需求產品之假想。

陸、建議事項：

- 一、由於本次出國進修時程受日本 COVID-19 疫情及當地簽證規定的影響，經多次變動，以致於訓練師前置準備研習工作較為匆促，建議日後出國行程一旦確定後，不論出國時間變動，可先通知各分署預為準備，讓訓練師有更寬裕的時間進行事前準備。
- 二、訓練地點安排上，宜避免跨行政區，因交通時間導致無形中失去許多學習機會；若仍有必要跨區研習，建議出發前與當地廠商安排專車接送事宜，降低身處異地而有不必要的交通與安全風險。

柒、紀實照片



三菱電機名古屋製屋所



領取結訓證書



仿生機器人-Otonaroid



100億人的生存挑戰