

# 112 年度工作研究報告

題目：機器人專案計畫之執行成果與後續規劃

撰寫人：工程處

研究員

杜青駿

有意願參加本會獎勵科技行政研究發展評獎

單位主管評語	機器人專案計畫於 106-109 年推動第一期，並自 110 年開始推動第二期，學界團隊赴「台灣機器人與智慧自動化展 (TAIROS)」等業界大型展覽展出研發成果，在產業應用面也展現具體成果，值得肯定。近期，生成式 AI 的快速崛起，隨即掌握此重要發展趨勢，規劃推動生成式 AI 導入機器人控制之整合與應用，期能有更好、更多元的產出。
推薦參加本會獎勵科技行政研究發展評獎	(請打勾)
單位主管簽章	

備註：

- 一、報告內容以 10 頁為原則。
- 二、本篇工作研究報告，如參加本部獎勵科技行政研究發展評獎，請依本會獎勵科技行政研究發展作業要點規定辦理。

# 目 錄

壹、背景說明.....	1
貳、前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫及推動成果.....	2
參、人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫及推動成果.....	4
肆、生成式AI導入機器人控制之整合與應用.....	7
伍、結語.....	14

## 壹、背景說明

在政策方面，德國於 2013 年將「工業 4.0 (Industrie 4.0)」納入「高技術戰略 2020」的十大未來專案，用來提升製造業的電腦化、數位化及智慧化。自從德國推動「工業 4.0」之後，相關議題迅速在全球發酵，美國隨即提出「先進製造夥伴計畫(Advance Manufacturing Partnership, AMP)」。行政院科技會報辦公室於 2015 年邀集相關部會共同研擬「生產力 4.0」，並於 2016 年開始推動。自 2017 年起，我國推動「5+2 產業創新計畫」，作為驅動台灣下世代產業成長的核心，為經濟成長注入新動能，其中包含智慧機械，行政院於 2016 年 7 月 21 日通過「智慧機械產業推動方案」，目的是將臺灣精密機械升級為智慧機械，使我國機械設備業者具備提供整體解決方案及建立差異化競爭優勢之能力。

為落實上述政策，國科會陸續規劃推動智慧製造專案計畫，舉例說明，(一)在智慧製造方面，推動「智慧網實系統(CPS)平台架構技術研發與應用驗證計畫(105-108)」、「先進製造技術：技術導向聯盟計畫(105-108)」、「先進製造技術：智動機電系統暨連網整合計畫(107-110)」、「單機設備或單元智能控制系統先進技術及增值軟體研發專案計畫(106-109)」、「虛實加工技術開發與智能化系統整合專案計畫(110-113)」、「次世代智慧製造關鍵技術研發專案計畫(111-115)」，(二)在 3D 列印方面，推動「智慧積層製造(3D 列印)跨領域研究計畫(106-109)」，(三)在機器人方面，推動「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫(106-109)」、「人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫(110-113)」。

受少子化、高齡化、缺工等影響，產業界導入智慧製造是必然趨勢，而機器人在智慧製造中又扮演重要的角色，例如像是重複性高、具有危險性、環境骯髒...等場合，可藉由機器人來提高生產效率、提高工作安全性、提高產品品質...等。本工作報告主要說明在機器人方面推動的專案計畫，諸如「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫(106-109)」、「人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫(110-113)」等二項專案計畫及推動成果，以及新規劃推動的生成式 AI 導入機器人控制之整合與應用。

## 貳、前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫及推動成果

「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫」係以學界之機器人相關技術的研發能量為基礎，與國內相關廠商共同合作，在兼顧技術前瞻性與產業應用性之前提下，由學界團隊開發具商品化可行性之機器人關鍵模組，研發內容著重與機器人系統之間的整合應用，規劃進行開發之前瞻模組的類型或技術內容包含感測(例如視覺、觸覺模組等)、驅動(例如多軸運動控制卡、智能夾爪模組、仿生驅動模組等)、演算(例如手眼力之校正與協作、複合控制、人機協作、人機安全、認知學習、情境理解、學習式軌跡規劃、智能化運動控制等)。學界團隊開發之關鍵模組需滿足之條件包含：(1)現階段國內尚未具有該類型模組之產品，(2)該模組可提高系統的附加價值，(3)該模組可在3-5年內商品化，(4)該模組可附加在現有系統或3-5年內會商品化之系統上，(5)前瞻模組所加載或整合之系統，需能在生產線、醫院等實際應用場域使用，例如工業用機械手臂、醫療機器人、健康照護機器人...等。

三年計畫期程進度包含：(1)原型開發(Phase I)：計畫團隊進行技術可行性確認，期能完成前瞻模組原型開發，並於本階段期末展示模組原型之功能，並與合作廠商確認後續商品化可行性與技術路程。(2)系統整合(Phase II)：計畫團隊與合作廠商，將開發之前瞻模組原型整合至該廠商所具有之相關產品或產品原型上，並於本階段期末展示系統整合完成後之系統功能。(3)功能優化(Phase III)：計畫團隊持續與其合作開發廠商進行系統整合與調校，所開發前瞻模組原型改良與優化，提升原型技術成熟度和穩定性至廠商可接手進行商品化之水準，並於本階段期末展示優化後之模組與系統功能。

「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫」之亮點成果，舉例說明如下：

### 一、手持式骨科手術機器人

臺灣大學生物機電系顏炳郎教授團隊研發出針對微創骨科手術的微小型機械手臂，可協助外科醫師精準地進行各類鑽骨，同時藉由專用於手持機器人的控制演算法，有效消除醫師手顫達到精密定位，並有獨

步全球的技术，可降低手持机器人运作时的反作用力，让医师清楚掌握鑽骨的手感。本项手持式骨科手术机器人系统，可广泛应用于以微创方式进行脊椎融合手术，髓内钉固定手术，大腿骨骨折骨钉骨板固定等，医师有了机械手臂的协助，对病患而言可大大减少辐射线暴露，缩短手术时间，减少感染风险与提升手术安全性。目前已有部分的相關技术，技术授权给高阶医材公司，未来也持续有更多延伸的商业应用。



108年8月21日在南港展覽館舉辦之「台灣機器人與智慧自動化展(TAIROS)」，顏炳郎教授團隊研發之手持式骨科手術機器人系統，是陳建仁副總統參觀國科會展館時的3個亮點成果之一。此外，藉由「研發成果萌芽計畫」的協助，成立「炳碩生醫」。

## 二、基於 ROS 架構之 3D 環境感知及工件姿態估測模組開發

陽明交通大學電機系宋開泰教授團隊透過 3D 視覺發展一套協作型機械臂(Cobot)即時避碰之工件取放控制模組，達成安全抓取功能。在協作機器人安全部分，機械臂執行工件抓取任務的過程中，當人員或物品接近機械臂任務路徑上，機械臂自主進行避障並持續追蹤與更新障礙物資訊。當人員或物品離開危險區域後，機械臂會回到原本的工作路徑上繼續完成工件抓取任務。本計畫所開發之 3D 視覺演算法已於 108 年 7 月技術移轉達明機器人股份有限公司，將 3D 視覺軟體整合於其產品 TM5 六軸協作型機械臂上。



108年8月21日在南港展覽館舉辦之「台灣機器人與智慧自動化展(TAIROS)」，本會陳有進副主委聽取宋開泰教授介紹其研發之協作型機械臂(Cobot)即時避碰之工件取放控制模組。

### 參、人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫及推動成果

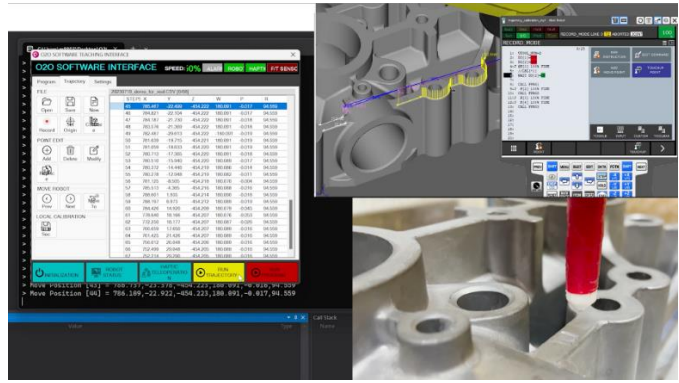
智慧製造的進程，部分工廠朝向全自動、無人化產線的方向發展，另有一部分工廠是人與機器人共存的生產場域。此可與人共同在一個空間內操作使用的人機協作機器人(Collaborative robot)屬少量和高端技術的利基市場，人機協作不僅為具備認知和協同操作的功能，以及讓人更輕易教導，也具備技藝學習與轉移的能力，使人機協作的情境，能由資深師傅與機器人學徒的階段，逐步轉移到無師傅與機器人高徒的階段。因此，在「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫」屆期後，接續推動的「人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫」，係聚焦於機器人人機協作技術和資深師傅經驗傳承技術，發展自主性與高技術門檻的高值化/智能化關鍵軟硬體整合技術，同時注重於將研發成果實際應用於製造業場域。透過補助學界進行具潛力、可落地應用之技術研發，提升我國製造業及機械加工設備之附加價值。

本專案計畫之目標包含：(1)以學界機器人人機協作相關技術之研發能量為基礎，與機器人設備廠商和應用廠商共同合作，由學界團隊開發關鍵技術模組，在兼顧技術前瞻性與產業應用性之前提下，開發可落地應用之機器人人機協作關鍵技術。(2)發展人機協作技術，同時結合 AI、5G、雲端等 ICT 新興科技，以協助臺灣機器人與自動化產業升級與轉型。(3)推動資深師傅經驗傳承，以機器人重現資深師傅工藝，提高臺灣機器人自動化水準，促使生產系統達到高值化輸出技術，在先進製造領域產生規模效應。

「人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫」目前尚在執行中，亮點成果舉例說明如下：

#### 一、人機協同工業機器手臂與無人車整合於鑄造件拋光研磨應用

臺北科大機電整合所蕭俊祥教授團隊研發之輕量化設計的電磁式主動式接觸裝置(ACF)，能符合大多數手臂的 payload，並且具有優異的柔順性及力控性能。與前一代設計相比，優化了力量控制模型能使 ACF 在不同行程上的穩態誤差下降，並加入估測器達成一定程度上的動態力量補償，柔順性也進一步得到提升，加入順應性控制能夠避免 ACF 在與工件接觸時所產生的衝擊，從而降低對工具及工件的損傷。在工件定位方面，二維影像定位系統可以允許工件隨意擺放，機器人可以正確得知工件在空間中的姿態。手動標定與預測物件姿態比較，結果顯示物件姿態辨識位移精度可達 8.5 毫米內，三維旋轉角度小於 2.5 度，可完成基本夾取任務；運用機器人自動化標記訓練資料可大幅減少物件分割標記時間至 1.5 秒內。姿態估計模型的輸出將與自動檢查結果整合，以確定物體的位置。計畫團對研發之主動式接觸裝置、機器手臂軌跡規劃、工件定位、深度學習瑕疵檢測等技術，可應用於電子組裝插件、焊接、塗裝、水五金拋光、家俱拋光等。

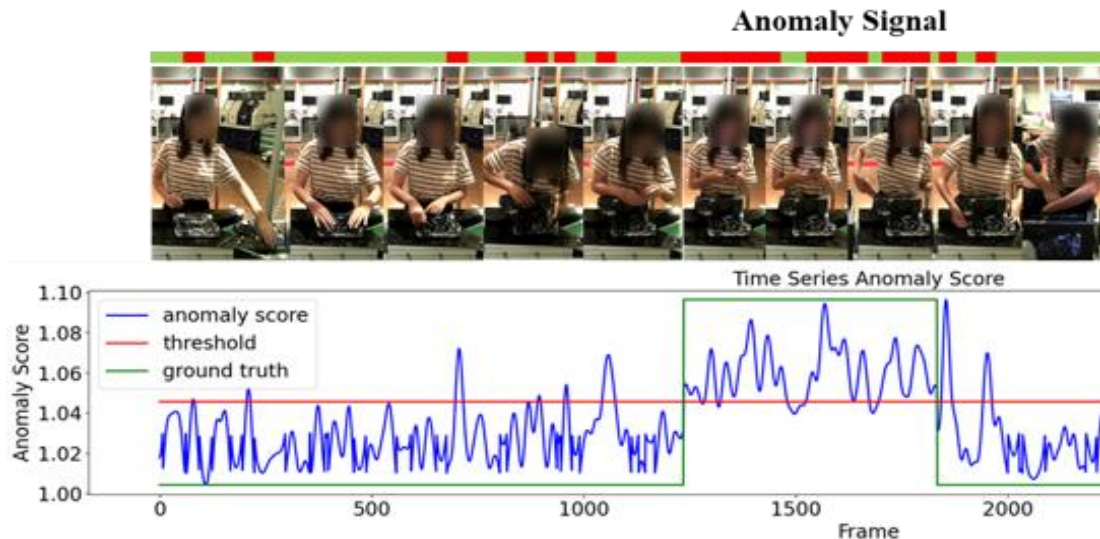


蕭俊祥教授團隊研發之輕量化設計的主動式接觸裝置(ACF)、O2O 人機協同工業機器手臂軌跡規劃技術。

## 二、應用高精全場立體視覺暨異質感測融合於人員姿態預測及機械手臂路徑規劃之 5G-AI 人機共工技術

臺灣科大機械系林柏廷教授團隊以立體視覺技術取得人員運動的立體骨架資訊，建立時空域的四維圖像卷積網路以分析人員與機械手臂間的共工因子；此外還開發光學輔助系統，引導人員在高度客製化製造產線中有效地進行製程操作。將光學輔助系統的投射誤差最小化後，達到有效工作距離 50~110cm、全場平均誤差小於 2%及全場最大誤差小於 5%之規格，且已經能夠進行立體的曲面投射及動態追蹤投射。

光學導引、人體辨識及機械手臂避障等技術已經整合至正崙精密工業股份有限公司，在電池組裝產線中協助評估人機共工因子，並安全地以機械手臂協助人員進行組裝工作。人體辨識及自主移動機器人導航等技術已經整合至嘉聯益科技股份有限公司，在捲對捲(Roll-to-Roll)軟式電路檢測產線中，配合人員的手勢以進行物件取放及搬運。



林柏廷教授團隊以圖像卷積網路、Transformer 及多模態特徵融合進行人體動作辨識，以標準化流(Normalizing Flow)過濾動作的異常訊號。

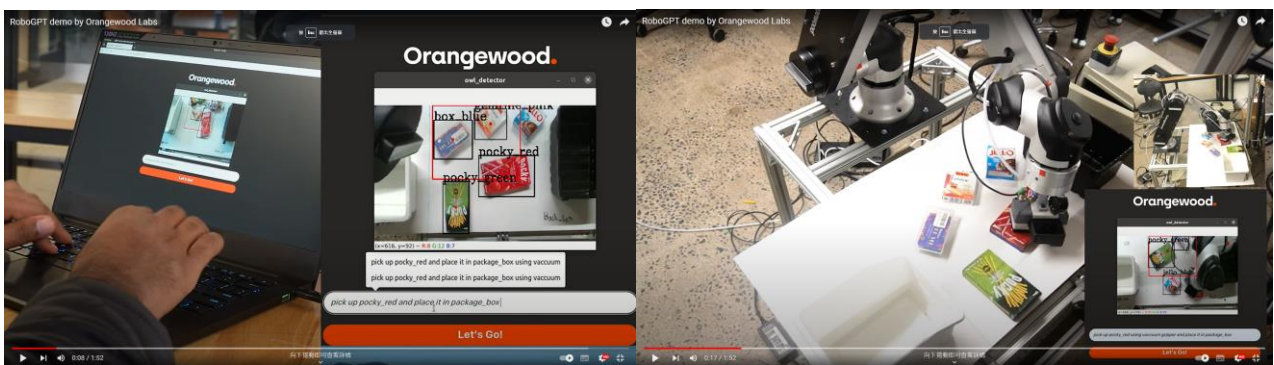
#### 肆、生成式AI導入機器人控制之整合與應用

2022 年 11 月 OpenAI 公司開發之 ChatGPT 生成式 AI 對話引擎問世，生成式 AI 對於許多產業已經造成重大影響。生成式 AI 之自然語言能力與大資料庫搜尋匯整能力可提升機器人智慧化水平。生成式 AI 在強化機器人控制，可以協助自動生成程式碼與協助程式除錯、提升機器人的學習能力，達到更佳的人機互動與協助、降低機器人控制的人力需求與誤判率，具有高度的發展潛力。

國際上也已經可以看到一些應用，舉例而言，Orangewood Labs 運用 ChatGPT 來控制機器手臂完成指定的任務；英國機器人公司 Engineered Arts 開發的人形機器人 Ameca，可使用 ChatGPT 與人進行流暢對話，同時能隨著談話內容做出相對應的逼真表情與手勢；英國新創公司 Wayve 運用生成式 AI，以真實場景及生成的虛擬場景，來達到快速訓練 AI 模型的目的，即使沒有光達等複雜的感測器及高精地圖，一樣可以在實際道路上達到自駕，此創新性的作法吸引了 Uber 首席科學家 Zoubin Ghahramani 的注意，並獲得其投資。

日本國際機器人展(International Robot Exhibition，簡稱 iREX)堪稱是國

際上最大的機器人貿易展，固定在在日本東京舉辦，第一次舉辦是在 1973 年，之後每兩年舉辦一次。2023 年 11 月底的日本國際機器人展(iREX)，展場以工業型機器人佔大多數(約佔 85%，服務型機器人約佔 15%)，可以開始看到例如 Mitsubishi、Denso...等廠商展示以語音下指令的方式來操控機械手臂完成任務。可能由於本次展出以工業型機器人為主(約佔 85%)，在工業應用的環境下，目前較少看到生成式 AI 的應用，不過，相信未來會看到更多生成式 AI 的應用。



Orangewood Labs 運用 ChatGPT 來控制機器手臂完成指定的任務。

<https://www.youtube.com/watch?v=56Ip4CBfX-E>

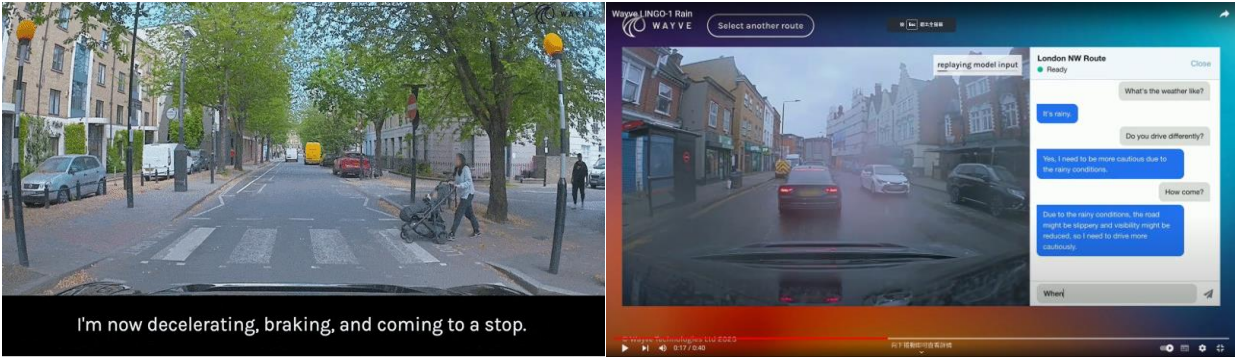
<https://www.youtube.com/watch?v=Rf9PG66smPI>



英國機器人公司 Engineered Arts 開發的人形機器人 Ameca，可使用 ChatGPT 與人進行流暢對話，同時能隨著談話內容做出相對應的逼真表情與手勢。

[https://www.youtube.com/watch?v=6\\_AumNS0ap4](https://www.youtube.com/watch?v=6_AumNS0ap4)

<https://www.youtube.com/watch?v=O7L3qUIXBjA>



英國新創公司 Wayve 運用生成式 AI，以真實場景及生成的虛擬場景，來達到快速訓練 AI 模型的目的。LINGO-1 可以解釋駕駛行為背後的原因，以便瞭解自然語言理解模型在關注什麼以及它在做什麼，舉例而言，可以向 LINGO-1 詢問目前天氣以及它如何影響其駕駛。

<https://www.youtube.com/watch?v=26Or4QbLbMM&t=3s>

<https://www.youtube.com/watch?v=XHNayesOcKE>





2023 年 11 月底的日本國際機器人展(iREX)，Mitsubishi、Denso... 等公司展示以語音下指令的方式來操控機械手臂完成任務。

目前推動中的「次世代數位製造關鍵技術研發與產業智能升級推動計畫」，已有計畫團隊建置基於 ChatGPT 之智慧製造知識管理系統，相較於翻閱紙本操作手冊，藉由知識管理系統可以提供更即時的回覆，有助於更便利、更快速的解決產線問題、提供新進員工教育訓練等。相信在未来可以看到更多生成式 AI 在智慧製造方面的應用。

在此重要的科技發展趨勢之下，實有必要盡速推動將生成式 AI 導入機器人控制之相關應用。再者，先前本會推動的「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫(106-109)」、「人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫(110-113)」，比較著重在「工業型機器人」，而新推動之生成式 AI 導入機器人控制之整合與應用，相信在「服務型機器人」方面會衍生很多創新應用，例如醫療照護、陪伴、教育、娛樂...等，以強化社會民生效益。經邀集學者專家討論後，初步規劃的重點議題說明如下：

## 一、生成式 AI 機器人系統之社會民生應用

### (一) 陪伴互動機器人

生成式 AI 陪伴互動機器人能提供更真實的對話體驗和情感連結，藉由多模態互動的豐富性實現個性化互動與智慧照護，為兒童陪伴、社交互動、傷病陪伴和高齡照護領域帶來創新的應用。在傷病陪伴機器人方面，生成式 AI 的對話生成能力有助於提供心理支持和娛樂，同時情感交流能力讓機器人能夠適應患者的情感需求，提供安慰和陪伴。除此之外，藉由生成式 AI，機器人能夠更全面地照護高齡長者，理解使用者的語言需求，並根據生活方式和健康需求自主執行任務，讓機器人更好地融入生活。

## (二)服務型機器人

生成式 AI 技術在服務型機器人領域有著廣泛的應用前景，通過語言生成、多模態互動、指令理解和環境感知等功能，能顯著的提升各個領域服務型機器人之功能性。除了居家照護機器人外，在服務業中，送餐機器人能利用生成式 AI 進行自然對話，確保準確的訂單處理和安全的運送過程；賣場機器人則能提供包括商品資訊和虛擬試穿等服務，透過生成式 AI 實現自然對話，多模態互動，指令理解和環境感知以提高購物體驗。生成式 AI 技術為服務型機器人帶來了智慧化、靈活性和高效性，為人們提供更便捷和智慧的生活體驗。

## (三)醫療應用機器人

生成式 AI 技術在醫療應用機器人領域亦具有高度發展前景，利用醫療感測裝置數據，結合實體機器人系統，達成協助或是提醒醫療人員、照護或是陪伴病患的目的。病房巡視機器人亦可在醫療院所中發揮重要角色，生成式 AI 協助機器人規劃巡視路線，感知環境，提供即時警報，並與醫院職員進行溝通，確保醫院的安全性和效率。

## (四)教育娛樂機器人

生成式 AI 機器人系統在教育娛樂領域，利用語意溝通技術提高學員陪伴學習，藉由機器人的互動感知技術，讓學生能夠在機器人陪伴中更自然地學習。同時，想像力生成技術激發了教育娛樂的無

限可能性，包括創意故事機器人和音樂舞蹈機器人，皆能啟發了學生的創造力和表演才能。動作生成技術則提供即時回饋，例如在音樂演奏和舞蹈方面，有助於提高學習技能；語言學習機器人通過語言學習遊戲提高語言技能。生成式 AI 機器人在教育娛樂中提供多種關鍵功能，改進學習體驗，促進知識傳遞和創意發展。

## 二、生成式 AI 之無人載具控制與應用

### (一)生成式 AI 之電動車系統研發

應用生成式 AI，開發電動車控制與應用平台。研發環境感知、導航定位、決策推論與動態控制等關鍵技術，可進行最佳路徑規畫、自動駕駛、車輛行駛軌跡估測、電源管理、車內溫濕度控制等功能，實現最佳能耗、最短里程、最少時間、安全駕駛等相關產業應用。

### (二)生成式 AI 之無人機系統研發

應用生成式 AI，設計自動飛行強健控制系統，抑制飛航氣流擾動。研發強健飛航控制、AI 無人機系統等關鍵技術，具飛行軌跡追蹤、自動避障、SLAM、編隊飛航等導航功能，並實現智慧巡檢、多機編隊、智慧監控、物流快遞、精準農業等特定場域相關產業應用。

## 三、生成式 AI 機器人在智慧製造之應用

(一)生成式 AI 技術在人機協作機器人領域扮演關鍵角色，能藉由物體辨識技術協助機器人精確識別工作環境中的物體，並利用視覺感知提升對環境的理解，包括場景分析和障礙物偵測，確保操作的安全和效率。生成之虛擬助手讓機器人能夠更自然地與人類操作員互動，接受指令和提供回饋，促進協同工作。建築協作機器人利用視覺感知和自主決策技術，在建設工地上與工人合作，提高了建築效率、安全性與廣泛的應用。

(二)在產線現場的作業員，可以拋棄傳統複雜的人機介面，改為口頭下指令給機器人去完成指定的工作，更為便利與提高工作效率。

(三)在高齡化、少子化、缺工的影響下，如何將老師傅的經驗傳承下來，

一直是個重要的實務議題。藉由生成式 AI 相關技術的導入，老師傅以口頭方式將加工技術教導給機器人，傳承工廠經驗給機器人學徒，達到老師傅經驗傳承的目的。

(四)以生成式 AI 協助產線製造班長，監控產線與針對異常狀況即時提出解決 SOP，確保產線可順利運作。

因應生成式 AI 在許多領域可產生的應用，國科會結合學界及轄下法人的能量，研發「可信任人工智慧對話引擎」(Trustworthy AI Dialogue Engine，簡稱 TAIDE)，係以臺灣文化為基底，融入在地特有的語言、價值觀、風俗習慣等元素，使其能理解和回應在地使用者的需求，未來亦將逐步導入不同主題領域可信任的繁體中文文本，建立特定領域應用範例，提高模型對不同主題領域的表現。在推動生成式 AI 導入機器人控制時，計畫團隊一開始可以先以 ChatGPT 進行前瞻技術研發及概念驗證(Proof of Concept)，俟國內自主開發之「可信任人工智慧對話引擎(TAIDE)」開發完成並釋出後，則須改以「可信任人工智慧對話引擎(TAIDE)」導入機器人相關應用。



國科會整合國內學研力量，並與業界協力合作，發展國內自主開發的可信任生成式 AI 對話引擎。112 年 6 月 14 日舉辦「TAIDE 計畫第一階段成果說明記者會」，對外說明計畫架構與方向，並展示「可信任人工智慧對話引擎」(Trustworthy AI Dialogue Engine，簡稱 TAIDE) 7B

模型。

## 伍、結語

「前瞻智慧型機器人模組開發與系統整合專案計畫(106-109)」推動下來，在產業應用方面已展現出不少具體成果，接續推動的「人機協作機器人技術開發與系統整合專案計畫(110-113)」，也秉持相同的推動模式推動中，各計畫團隊也陸續展現初步研發成果。前述這兩項專案計畫的計畫團隊，比較著重在「工業型機器人」。今年下半年新規劃之生成式 AI 導入機器人控制之整合與應用，已於今年 10 月 11 日發文公告徵求計畫，公告徵求之重點議題，參照前述的內容再做了一些調整與修改，預定於 113 年 1 月 5 日截止收件，希望可以激發學界團隊的創意，尤其是在「服務型機器人」方面的創新研發與應用，期能與先前兩項機器人專案計畫有些互補，研發成果可以導入社會民生方面的應用，讓民眾可以體驗更便利、更智慧的生活。