

# 赴美國加州參訪控制科技發展

服務機關：國家科學及技術委員會工程技術研究發展處

姓名職稱：杜青駿研究員

派赴國家/地區：美國加州舊金山及洛杉磯

出國期間：113 月 11 月 9 日至 113 年 11 月 18 日

報告日期：113 月 12 月 18 日

## 目錄

壹、參訪背景與目的.....	1
貳、出國人員.....	2
參、參訪行程.....	2
肆、心得與建議.....	17

## 壹、參訪背景與目的

隨著全球科技創新的加速，人工智慧（AI）與控制工程的結合正在各行各業中引發深刻變革，並且已成為推動現代經濟增長的主要驅動力之一。根據 MarketsandMarkets™ 發布到 2030 年「全球人工智慧市場(Artificial Intelligence (AI) Market)」預測，AI 技術在過去幾年中已經實現了顯著的進步，並且未來將在各個領域中發揮越來越大的影響力。AI 從 2024 年 2,146 億美元將成長至 2030 年 13,391 億美元，複合年增成長率(CAGR)為 35.7% [1]。這一增長主要來自於 AI 在自動化、數據分析、智慧決策等領域的應用，尤其是在製造業、物流、醫療、金融等行業中，人工智慧與控制系統的結合正幫助企業提升效率、降低成本，並在複雜環境中實現精確控制。

同時，控制工程作為一門致力於精密工業系統控制、管理與優化的學科，與人工智慧的融合正引領著未來科技發展的趨勢。控制工程學的核心是設計系統以達到最佳運行狀態，而 AI 則能夠提供強大的數據處理和學習能力，通過智能算法進行實時決策和預測。這種結合使得自適應控制、精密自動化和智慧決策在複雜且動態的系統中變得可行。這不僅對於工業自動化、智慧城市建設等有著顯著影響，還為未來的健康照護、機器人控制、無人載具、能源管理、環境監控等領域提供了巨大的發展潛力。

根據國際機器人聯盟（IFR）的數據，2021 年全球機器人市場年增長率達到 31% [2]，機器人技術的發展已經成為現代製造業與服務業的核心。特別是在先進製造業中，機器人與自動化控制技術不僅幫助提高生產力，還能解決勞動力短缺問題。根據美國勞工統計局(BLS)的預測，到 2025 年，全球將有超過 3000 萬個工作崗位被自動化技術所取代。這一趨勢促使全球各國積極進行「再工業化」和「製造業回流」，利用自動化技術提升本國的製造競爭力和經濟發展潛力。台灣作為全球重要的高科技製造基地，也在這一趨勢中積極推動機器人技術與自動化控制的發展。根據政府統計，台灣的機器人和自動化產業從 2012 年到 2022 年取得了顯著增長，2022 年產值已經達到 1 兆元新台幣，且已有 43% 的產品出口至國際市場 [3]。這表明，台灣在精密控制、機器人技術以及自動化設備的研發和製造方面已具備了世界領先的技術水準。隨著高齡化社會帶來的勞動力短缺和高醫療需求，台灣的機器人與自動化技術將在未來的醫療健康領域發揮更大的作用。

AI 與控制工程的結合在解決當前社會挑戰中具有不可忽視的重要性。隨著全球科技日益進步，未來的競爭不僅是技術的競爭，更是智能化與自動化技術在各行各業的應用與創新。對於台灣來說，這是提升國際競爭力、推動經濟轉型與可持續發展的關鍵。在這一背景下，本次前往美國的參訪，期能進一步深化台灣學術界與國際領先機構之間的合作與交流，並且為台灣未來在 AI 與控制工程領域的發展注入更多創新動能。

## 貳、出國人員

本次出國參訪是由國科會工程處控制學門召集人李柏磊教授擔任領隊，團員包含：國立陽明交通大學電控工程研究所劉益宏教授及柯立偉教授、國立中正大學精緻電能應用研究中心余國瑞教授、國立臺北科技大學資訊工程系陳彥霖教授、逢甲大學自動控制工程學系林昱成教授、國科會工程處杜青駿研究員，總共 7 人。

## 參、參訪行程

### 一、參訪單位

本次赴美國，主要是參訪位於美國加州的重要研究單位，及瞭解控制工程關鍵技術發展現況與趨勢，參訪的單位包含：美國 Apple 公司之視覺顯示與技術育成部門(Vision Display and Incubation Technology)、美國 Google 總公司、MoJo Vision、美國加州大學柏克萊分校 Berkeley DeepDrive 中心及 California Partners for Advanced Transportation Technology(PATH)、駐洛杉磯台北經濟文化辦事處、美國南加州大學電機工程學系 Edmond A. Jonckheere 教授、美國加州大學洛杉磯分校 Mechatronics and Controls Laboratory。

此行 7 人於 113 年 11 月 9 日（週六）晚上搭乘長榮航空前往美國加州舊金山，參訪 Apple、Google、Mojo Vision、以及 UC Berkeley 大學，然後在 113 年 11 月 14 日搭乘美國國內航班從舊金山前往洛杉磯，參訪南加州大學(USC)、駐洛杉磯台北經濟文化辦事處、加州大學洛杉磯分校(UCLA)，然後於 113 年 11 月 17 日搭乘長榮航空返回台灣，於 113 年 11 月 19 日上午 5:40 返抵桃園國際機場。

此行主要參訪 3 所大學（UC Berkely 大學、南加州大學 USC、加州大學洛杉磯分校 UCLA），與 3 個公司(Apple、Google、Mojo Vision)，以及駐洛杉磯台北經濟文化辦事處，總共 7 個單位，這些單位如下：

- (1) Apple 公司之視覺顯示與技術育成部門(Vision Display and Incubation Technology) 黃乙白博士及其團隊。
- (2) Google 公司 Youtube 部門。
- (3) Mojo Vision 的 Micro LED 副總李雅琪博士及其團隊。

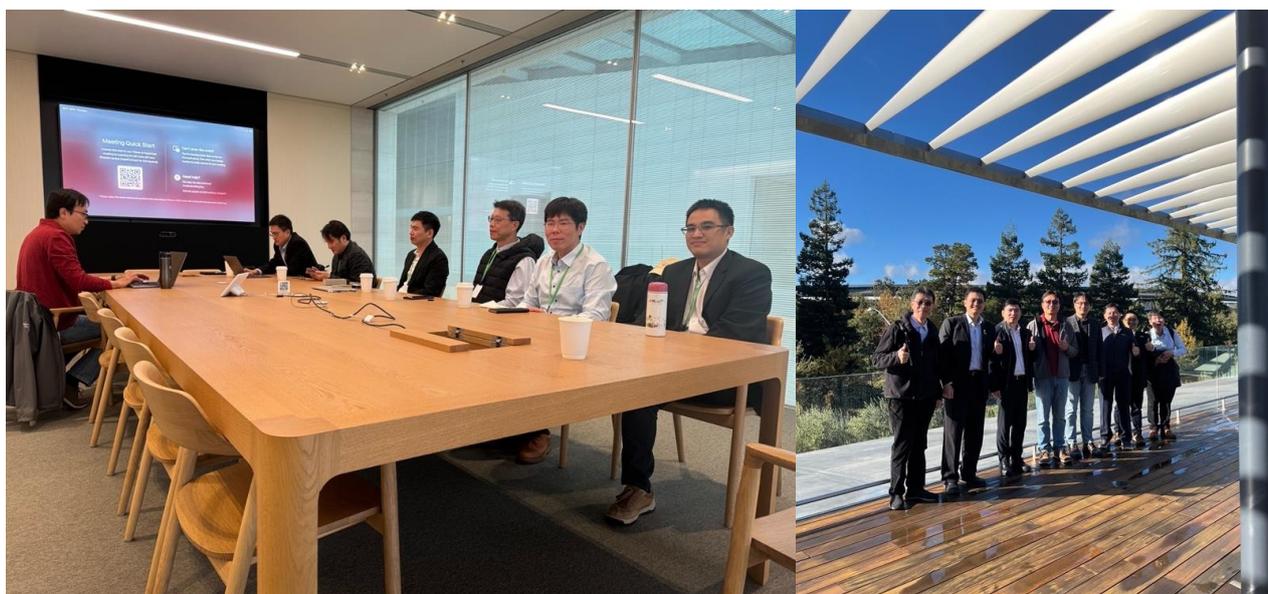
- (4) UC Berkeley 大學 DeepDrive 中心詹景堯教授。
- (5) 駐洛杉磯台北經濟文化辦事處紀欽耀處長、簡德源主任。
- (6) 南加州大學電機工程系 Edmond Jonckheere 教授。
- (7) 加州大學洛杉磯分校 Mechatronics and Controls Laboratory 曹子晴教授。

## 二、參訪行程

### (一) Apple 公司之視覺顯示與技術育成部門(Vision Display and Incubation Technology)

我們一行人於 11 月 11 日上午至美國 Apple 公司位於加州 Cupertino 總部之視覺顯示與技術育成部門(Vision Display and Incubation Technology)參訪，該部門主管為 Dr. Yi-Pai Huang 首席科學家，該部門主要負責最新式之頭戴式顯示技術以及未來前瞻顯示技術開發，今年發佈之 Vision Pro 便是該部門參與研發產品之一，期望能與台灣控制領域所研發控制相關科技接軌進行合作。在過去的幾十年裡，擴增實境 (AR) 和虛擬實境 (VR) 技術取得了長足的進步，特別是近年來，在運算能力和顯示技術的進步推動下，頭戴式顯示器 (HMD) 快速發展。本團隊此次受邀演講主題為探討 AR 和 VR 在腦機介面 (BCI) 領域的各種應用，例如虛擬駕駛中的心理狀態偵測、操作虛擬機器人以及虛擬學習環境中的注意力偵測。此外，團員柯立偉教授的演講也討論當前頭顯所面臨的挑戰，特別是長時間使用帶來的疲勞、頭暈、噁心等不適。一些研究發現，腦電圖功率的變化與沉浸式虛擬環境中的網路疾病高度相關。這催生了一個新的研究方向，即是否可以結合腦電監測來減少配戴 HMD 帶來的不適，最後，柯教授介紹未來可如何將腦機介面感測器整合到 Appl 公司開發的 Vision Pro (HMD 設備) 中的發展和未來前景，這項技術組合可望大幅提升使用者體驗，推動 AR/VR 和腦機介面 BCI 技術更進一步發展。劉益宏教授則介紹其運用腦電波信號處理、電子電路設計、人工智慧 AI 演算法，開發全球首創「失智症前驅期腦波 AI 精準輔助診斷系統」，此系統可精準、快速方便偵測失智症前驅期 - 「輕度認知障礙 (Mild Cognitive Impairment, MCI)」，讓銀髮族及早接受治療與介入，可降低發展成失智症之風險。在交流討論過程中，與會的 Apple 人員熱烈提問與討論腦機介面在智慧醫療於神經性疾病智慧科技如腦控外骨骼於中風復健，憂鬱症輔助

診斷和神經電刺激治療等新科技。藉由本次交流，期望未來與 Apple 團隊有更進一步的合作機會。交流會結束後，由 Apple 同仁林芳正博士帶領我們參訪 Apple Park 以及賈伯斯劇院(Apple 每年發表新產品的地方)，並分享在 Apple 團隊工作經驗。由於 Apple 門禁森嚴，園區內禁止拍照，僅私下拍攝以下照片供撰寫出國參訪心得報告使用。



圖左為在 Apple 會議室中，預計與 Apple 視覺顯示與技術育成部門進行研討；圖右為在 Apple Park 外合影。

## (二) Google 公司 Youtube 部門

我們一行人於 11 月 12 日上午至美國 Google 公司總部 Googleplex 參訪，該總部位於加州聖塔克拉拉縣的山景城圓形劇場園道 (Amphitheatre Parkway) 1600 號。該公司為全球最具影響力的網際網路公司，以其強大的搜尋引擎和廣告服務而聞名，Google 總部所在地山景城是矽谷的核心區域之一，更是全球科技創新的中心。Google 對於全球科技發展有著巨大的影響力，持續在人工智慧、自駕車、量子計算等先進科技領域進行探索和創新。本次參訪團隊在 Google Youtube 主管 Herman Hsu 熱情招待下，我們先從 Google 迎賓大樓 1900 建築進入，接著進入 Google 總部大廳參觀，Google 大廳的設計有著非常多的科技巧思，讓員工可以在舒適的環境中激發創造力、促進團隊合作，塑造創新的工作文化，進而提高公司的價值。我們接受 Herman

Hsu 等人解說 Google 歷代代表性科技進程，從搜尋引擎、Google Map、太空計畫、Youtube 各項技術、以及 Waymo 智慧車的最新發展趨勢，並為我們介紹了 Waymo 自駕車在舊金山、洛杉磯等大城市的導入狀況，並介紹了該車所使用的感知技術，每一台車均架設有完整的攝影機、全周光達感測器、且在各個後照鏡均裝有光達，以保證無死角滴水不漏的車周障礙物感知，以盡可能避免交通事故發生。但 Herman Hsu 亦分享了 Waymo 目前的限制，如 Waymo 本身看見前方有人則會立即停止以避免撞擊，但目前美國部分地區治安狀況不佳，一旦 Waymo 遇到歹徒前來敲擊車窗車體，依照其感知演算法會停下來挨打，但此時應該要保護搭乘者盡快駛離才是。也因此讓團隊瞭解到自駕車這個領域，仍有許多需要科技克服之處。當天中午，Herman Hsu 更招待我們至 Google 餐廳用餐，Google 對員工非常體貼，餐廳所有美食、飲料皆可免費享用，對於參訪人員也一樣皆可免費享用，讓人倍感榮幸親切。



圖左為在 Google 總部內合影；圖右為 Waymo 自駕車。

### (三) Mojo Vision 的 Micro LED 部門

我們一行人於 11 月 12 日下午至 MoJo Vision 參訪，當天由 MoJo Vision 美國總公司的副總李雅琪博士帶領介紹，李雅琪博士為台灣大學畢業，曾經在 Apple、Google 等公司工作。李雅琪博士介紹美國最新的 micro LED 發展，Micro LED 是一種次世代顯示技術，利用微小的發光二極體 (LED) 作為單個像素，每個 Micro LED 同時充當光源與色彩來源，因此不需要傳統的背光或彩色濾光片。這使得 Micro LED 顯

示器相比於傳統的 LCD 或 OLED 技術，具備更高的亮度、對比度以及能源效率。MoJo Vision 的 Micro LED 具有全世界最高的良率以及密度，可以應用於眼鏡、VR、AR、以及隱形眼鏡的應用，非常先進，為下一代的顯示器先驅。李雅琪博士介紹 Micro LED 有以下特點：高亮度：Micro LED 顯示器提供極高的亮度，非常適合戶外或高環境光的場景；廣色域：能夠呈現更加鮮豔且準確的色彩，提升整體畫質。高能效：Micro LED 在顯示黑色或暗色畫面時，每個 LED 可單獨關閉，從而降低能源消耗；壽命長：相比 OLED，Micro LED 的使用壽命更長，且不易出現「燒屏」問題；可擴展性：Micro LED 技術具備良好的可擴展性，適用於從小型穿戴設備到大型顯示牆的多種應用。Micro LED 正逐漸被應用於多種設備，包括：隱形眼鏡、智能手錶與智慧型手機、電視與顯示器、擴增實境（AR）與虛擬實境頭戴設備、車載顯示器、大型廣告看板與顯示牆。李雅琪博士當天也介紹了該公司的產品（包含尚在研發中的新技術），受限於商業機密，這部分無法拍照。



MoJo Vision 美國總公司的副總李雅琪博士介紹該公司在 micro LED 方面的發展成果。

#### (四) 加州柏克萊 Berkeley 大學 DeepDrive 中心

我們一行人於 11 月 13 日上午至加州大學柏克萊分校 (UC Berkeley) 參訪，當天由 UC Berkeley BDD 研究中心主任 Prof. Ching-Yao Chan (詹景堯教授) 親自接待我們。加州柏克萊大學 (UC Berkeley) 的 Berkeley Deep Drive (BDD) 深度駕駛技術研究中心研究團隊合作，該中心主要研究自駕車之新興技術與未來發展的關鍵技術，並集結自駕車之學術與產業界成員成立 BDD 聯盟。BDD 中心為除了與加州交通部 (Caltrans) 合作，由該大學交通研究所 (ITS) 管理，是一個跨領域智慧交通與載具研究中心。BDD 中心具有全球最大且多樣化的自駕車影片開源資料集 (BDD100K)，不僅可作為自駕車系統的訓練之外，也能作為自駕車發展的研究發展基礎。

詹景堯教授當天親自帶我們參訪 BAIR (Berkeley AI Research Center)、順道參觀 UC Berkeley 校園、與參觀 Berkeley Deep Drive (BDD) 深度駕駛技術研究中心。在當天首站 BAIR (Berkeley AI Research Center) 之參訪，該中心未在 UC Berkeley 校園入口一棟非常具有代表性之大樓頂樓，其研究中心為產學聯盟方式運作，以會員制接受全球各大廠商委託參與中心研究計畫的教師進行最新進 AI 技術研究開發，該中心所有辦公室均為透明，讓所有人員均可清楚互相觀摩，當天我們參觀了該中心最新的人型機器人、機器狗、以及各種人工智慧仿生技術研究成果，瞭解到本項技術在未來產業與國防應用的潛力，對於國內發展智慧載具與智慧機器人技術有著相當深刻的啟發。接著詹教授順道帶我們參觀 UC Berkeley 校園，為大家解說柏克萊校園內的重要歷史建築物、以及最知名的 Berkeley 鐘樓等，並解說 UC Berkeley 的諾貝爾獎得主的故事，讓我們對於該校卓越研究水準更加欽佩。到中午時分，詹教授宴請我們至 UC Berkeley Faculty Club 享用該校教師才能享用的餐點。

用完午餐之後，詹教授接著帶我們到 UC Berkeley 衛星校區之 California PATH 計畫研究中心參觀，在該中心我們看到了整個 PATH 自駕車計畫的實驗場域，詹教授詳細解說整個無人車實驗場域的建置，以及各種技術的導入，如車聯網、無車隊管理、自駕車運作場域等，讓參訪團得以完整瞭解整個 California PATH 研究中心團隊在自駕車關鍵技術領域作為領頭羊之前瞻性。最後詹教授招待團隊至 PATH 中心

辦公室進行座談，介紹整個 PATH 計畫從開創到成熟的過程，也讓參訪團隊得以瞭解 PATH 中心在自駕載具領域各項關鍵技術，從實車場域、關鍵技術、到如何落地，以及所提供的重要 BDD 實車資料集，對於國內自駕車團隊有著相當大的啟發。



詹景堯教授帶我們參觀 BAIR

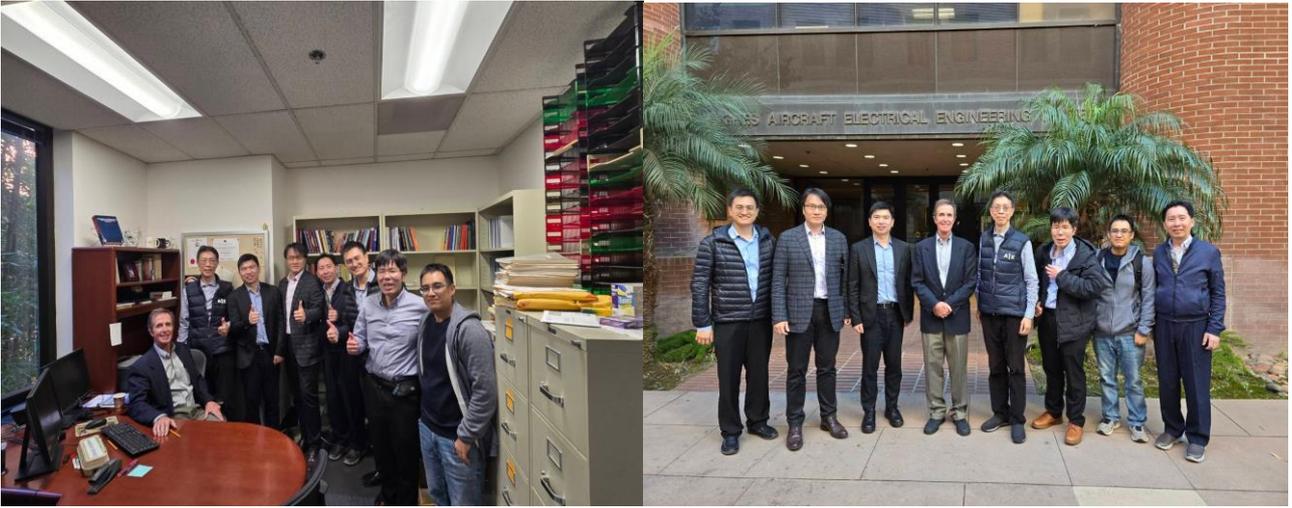


詹景堯教授帶我們參觀 PATH 中心

#### (五)南加州大學電機工程系 Edmond Jonckheere 教授

由於物聯網與 5G 應用日益廣泛，世界各國紛紛大力推動量子信息技術相關研究，量子信息學是量子力學與信息科學相結合的產物，它包括量子控制、量子網路、量子密碼、量子通信、量子電腦等，近年來，在理論和實驗上都取得了重大突破。此領域的相關技術與研究，其重要性可見一斑。11 月 14 日下午拜訪量子控制專家，在美國 University of Southern California (USC) 電機工程學系任教之 Professor Edmond A. Jonckheere，請教量子資訊科學與技術。Prof. Jonckheere 同時為英國 Cardiff 大學 Senior Honorary Research Fellow，於 1990 當選 IEEE Fellow，並於 2015 成為 IEEE Life Fellow。著有專書: Algebraic and Differential Topology of Robust Stability，曾任控制學門領域知名期刊 IEEE Transactions on Automatic Control、Automatica 副編輯，亦是 National Science Foundation 以及數個 IEEE Transaction 期刊的 reviewer，並是許多 Conference & Workshop 的 organizer。Prof. Jonckheere 除著作等身，發表多篇期刊論文，作育英才亦不遺餘力，桃李滿天下，已指導多名博士生畢業並在知名大學任教。

會中首先由李柏磊教授介紹國科會控制學門研究領域與參訪團成員，接著 Prof. Jonckheere 介紹絕熱量子計算與控制，討論重點摘錄如下：(1)間隙現象的微分拓樸是數值範圍微分拓樸研究的衍生，與絕熱計算與控制的連結在於，最小能階與平滑邊界曲線有關，而第一和更高的激勵能階與奇異臨界值曲線有關。我們進一步推測燕尾奇點是隧道效應的微分拓樸表現。(2)無線網路的基準 AQC 調度：一個備受爭議的問題是，如果不是量子加速，至少是否存在「量子優勢」。我們發現了量子優勢，即使最小能量解滿足干涉約束的能隙擴展技術在量子退火中比在經典模擬退火中效果更好。(3)相干量子系統具有令人驚訝的特性，即它們可以實現高保真度和對不確定性的低敏感性。交叉與反交叉是一種取決於同倫參數數量的拓樸現象。



圖左是與 Prof. Jonckheere 在其辦公室合影；圖右為與 Prof. Jonckheere 在電機系大樓前合影。



圖左為李柏磊教授介紹團員；圖右為 Prof. Jonckheere 及其二位博士生。

余國瑞教授於會中亦介紹設計先進量子行為粒子群優化演算法，進行光伏發電系統最大功率點追蹤控制。本研究提出先進量子行為粒子群優化技術，應用於光伏發電系統 (PGS) 的最大功率點追蹤 (MPPT)。MPPT 系統的功率級是串聯升降壓轉換器，控制級採用微處理器實現演算法。此系列升降壓轉換器由降壓轉換器和升壓轉換器組成，可提供 MPPT，在理想環境條件或部分遮蔽條件 (PSC) 下工作在最大功率點。本研究透過估計最大功率點和改變隨機率，改善了現有方法的早熟問題，提高追蹤速率，減少追蹤時間。本研究利用指數衰減來減少追蹤時間，提高收斂能力和搜尋能力。透過單峰實驗、多峰實驗、溫度變化實驗、日照變化實驗顯示本研究的追蹤時間和追蹤時間均優於螢火蟲演算法(FA)和 PSO。



圖左為余國瑞教授介紹其研究成果；圖右為與 Prof. Jonckheere 進行討論交流。

我們一行人於 11 月 16 日上午再度來到南加大電機系，與 Prof. Jonckheere 的博士生 Thanos Rompokos 進行學術交流。Thanos Rompokos 介紹所從事研究之量子網路控制，討論重點摘錄如下：(1)與具有擁塞核心的經典網路相反，量子網路具有反核心，僅非常低的機率去接收或傳輸下自旋的激勵，這種反核心需要透過量子路由器等設備的控制來消除。(2)量子路由器中選擇性激勵編碼訊息的量子控制是高度非經典的，與經典的穩健控制相反，在最小誤差方面最好的控制器也是對不確定性最不敏感的。當天是星期六，剛好遇到南加大舉辦校友回娘家與美式足球比賽活動，整個校園洋溢著青春歡樂氣息，讓人感受美國校園的活力。



圖左是在南加大校園合影；圖右是余國瑞教授與 Prof. Jonckheere 的博士生 Thanos Rompokos 合影。

#### (六)駐洛杉磯台北經濟文化辦事處

11月14日下午離開南加大之後，就前往拜會駐洛杉磯台北經濟文化辦事處，該辦事處位於洛杉磯市中心的 Colonnade Wilshire Corporation 威爾榭大道上，開車經過該區域時，發現附近有大量以韓文招牌林立的餐廳與商辦，後經辦事處組長得知，該區域也正是洛杉磯韓國人主要居住區域，也難怪洛杉磯的亞裔人口是全美各州最多的一個城市，而加州又是美國亞太裔(AAPI)最多的州，600萬人定居於此；又以南加州最多，且洛杉磯現已成為亞太裔重鎮。後經與紀欽耀處長交流中也得知，駐洛杉磯台北經濟文化辦事處也是全美公務最繁忙的辦事處，不論是國人換發護照、現居美國證明、簽證等皆須至辦事處辦理，同時辦事處還協助各項技術交流與美方聯繫等事務，舉凡科技事務、學術參訪、臺美合作商機、華僑聯繫、國內各校的南加州校友會活動等，皆是辦事處的服務範疇，公務相當繁重，更對臺美關係甚為重要。

當我們抵達駐洛杉磯台北經濟文化辦事處停車場時，就看到簡德源主任已經在停車場迎接我們，甚感親切與榮幸。緊接著我們一行人拜會駐洛杉磯台北經濟文化辦事處紀欽耀處長、簡德源主任、教育組李政翰組長、及教育組陳佩汝秘書。紀處長相當親切，一一詢問各位教授專長領域與研究成果，讓處長對國內目前科技發展更加了解，尤其是對於劉益宏教授在失智症前驅期-輕度認知障礙(MCI)之輔助診斷方面的研究相當感興趣，對於社會民生有相當大的助益。處長也表示，若學界對美方的學術及業界交流事項，辦事處也可協助接洽，促進更深入的臺美學術與科技交流。



於駐洛杉磯台北經濟文化辦事處與紀欽耀處長、簡德源主任、教育組李政翰組長、及教育組陳佩汝秘書等人合影。

討論會議結束後，紀處長還特地準備晚宴招待我們一行人以及南加大 Edmond Jonckheere 教授，餐廳位於辦事處附近由韓國人所經營的義式餐廳。晚宴中，紀處長多次詢問每位教授的專長領域與目前研發的方向及進展，尤其對生醫領域相當感興趣，例如劉益宏教授以腦波來偵測失智症及憂鬱症的應用，現代人工作繁忙，甚至連是否有失智症、憂鬱症或帕金森氏症都不知道，往往真的發生了較嚴重的病症才去治療，通常為時已晚，也因此劉益宏教授的輕度認知障礙腦波檢測系統，能於早期就精準且快速檢測失智症前驅期，使患者能更提早接受治療與介入，能確實有效降低發展失智症的風險。聽完劉益宏教授的簡介，紀處長與其他辦事處長官們也相當感興趣，更對國科會工程處控制學門的研究成果給予很高的肯定。紀處長也聊了許多駐外趣事，更讓我們了解到駐外人員的辛勞。另外也與 Edmond Jonckheere 教授談到，UC 系列的學校學費相當貴，南加大的學費，一學分就高達 2,200 美元，南加大大學部的錄取率很低，相當競爭，也難怪學生會非常認真學習，與台灣的教育環境有很大的不同。

(七)加州大學洛杉磯分校 Mechatronics and Controls Laboratory

由於機器人、四旋翼應用日益廣泛，尤其經由 AI 技術相關研究，近年來使得機器人、四旋翼控制等研發具輝煌成果，更顯其重要性。11 月 15 日拜訪機器人控制專家，在美國加州大學洛杉磯分校機械與航太工程學系任教之特聘教授 Professor Tsu-Chin Tsao，請教智慧機器人控制技術。Prof. Tsao 為 ASME Fellow，在專業社群中擔任許多編輯和領導職務，研究專長包括控制系統、機電整合和機器人技術，並獲得國際自動控制聯合會(IFAC) Mechatronics Systems Award 和 ASME Henry M. Paynter 傑出研究員獎等。會中首先由李柏磊教授介紹國科會控制學門研究領域與參訪團成員，並由林昱成教授、陳彥霖教授分別介紹自駕車相關研究，接著 Prof. Tsao 介紹機電控制實驗室，包含四旋翼控制、儲能轉換器系統、伺服控制、手術機器人等。

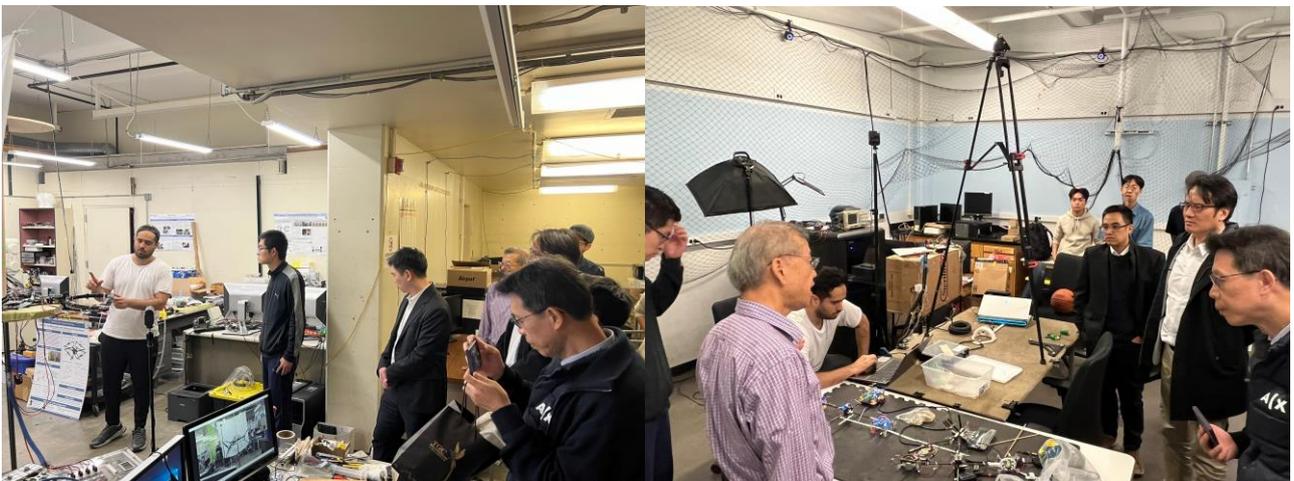


圖左為李柏磊教授向 Professor Tsu-Chin Tsao 介紹國科會工程處控制學門、參訪成員；圖右為與 Professor Tsu-Chin Tsao 進行研討。

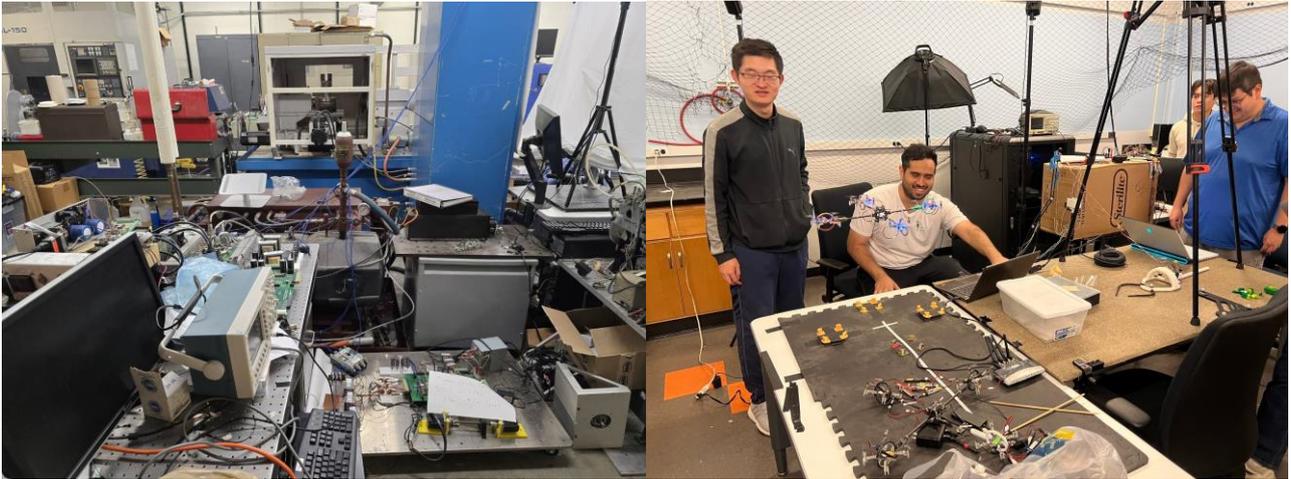


圖左為林昱成教授介紹自駕車方面的成果；圖右為陳彥霖教授介紹自駕車方面的成果。

接著 Prof. Tsao 帶領我們去實驗室參觀四旋翼控制、儲能轉換器控制系統，研究重點摘錄如下：(1)使用無人機模組當作致動器，以機構的幾何約束來達成傳統無人機無法做到的原地翻轉、功耗分配等控制操作。四台小型無人機以十字結構並聯，每台無人機又有兩個萬向的旋轉自由度，利用過驅動向量空間形成的零空間裕度，有四個空間中可任意指向的驅動力來達成傳統定翼無人機無法完成的運動姿態，亦有可能在其中一台無人機故障時仍然帶動本體返回整修處。(2)智慧電網運作中功率轉換的硬體在環模擬與控制，儲能系統內每個單元交換訊息，以便智慧電網能夠適應負載變化和其他影響。研究主題包含分散式能源的控制必須確保輸出的交流電與電網相容、併網與離網模式之間的轉換控制。



Professor Tsu-Chin Tsao 帶我們參觀其實驗室，由博士生介紹研究成果。



Professor Tsu-Chin Tsao 帶我們參觀其實驗室，由博士生介紹研究成果。

接著 Prof. Tsao 帶領我們去另一間實驗室參觀手術機器人控制系統，研究重點摘錄如下：(1)遠端手術機器人(LapaRobot)系統是一對 5 自由度主從機器人操縱器，允許 2 個使用者在不同的實體位置進行腹腔鏡手術中的遠端操作和互動式學習，以及協作遠端手術。換句話說，LapaRobot 系統允許經驗豐富的外科醫生透過腹腔鏡手術來教導經驗不足或新的外科醫生。(2) 眼內機器人介入手術系統是實驗室與 Jules Stein 眼科研究所合作研究的成果，目標是開發一個能夠透過遠端操作和自動化進行前路和後路手術的手術平台，可以透過相距毫米的眼部切口同時操作兩個手術器械。



Professor Tsu-Chin Tsao 帶我們參觀其實驗室，由博士生介紹研究成果。

## 肆、心得與建議

本次主要參訪人工智慧（AI）與控制工程在全球科技領域的快速發展與深遠影響。參訪單位涵蓋了頂尖科技公司（如 Google、Apple、Mojo Vision）以及美國著名學府（如加州大學柏克萊分校、加州大學洛杉磯分校、南加州大學）。行程不僅涵蓋 AI 與控制技術前沿應用的視野，也啟發了對未來研究與產業應用方向的深入思考。

控制工程作為科學與應用的關鍵學科，在這次參訪中處處展現了其價值。在 Google 總部的參訪中，Waymo 自駕車的發展是控制工程與 AI 深度結合的典範。該技術透過感測器融合、機器學習及即時控制，實現了自動導航。然而，其面臨的挑戰如如何應對複雜交通場景，正是控制工程在不確定環境中解決問題的核心任務。同樣地，Mojo Vision 展現的 Micro LED 技術雖專注於顯示領域，但其製造與應用也離不開精密的控制技術，尤其是在大規模生產中需達到高精度的製程控制。

在學術訪問中，我們進一步見證了控制工程在無人機、機器狗、機器手臂以及自駕車等領域中的應用與挑戰。於加州大學柏克萊分校參訪時，Berkeley Deep Drive（BDD）中心的研究充分展示了控制技術如何支撐自駕車的感測整合、路徑規劃及即時控制，並透過其全球最大的開源數據集 BDD100K 推動自駕車系統的發展。加州大學洛杉磯分校的參訪則讓我們親眼見識了無人機與智慧機器人在控制工程上的創新應用，從利用四旋翼結構達成原地翻轉及精準功耗分配，到智慧手術機器人實現遠端協作，這些成果展現了控制技術如何在高精度與實時性中發揮關鍵作用。此外，機器狗和機器手臂在 Berkeley AI 研究中心的展示，特別強調了控制工程在動態平衡、穩定性與多任務協作中的貢獻，啟發了我們對產業、社會民生與國防應用的許多可能性。

有關建議事項，透過這次與美方研究機構及學者的互動交流，不僅加深了雙方的學術連結，也建議在此基礎上可建立更進一步的合作與交流。在這次參訪後衍生的一些交流互動，舉例說明：（一）在參訪完 Apple 公司後，陽明交大柯立偉教授與劉益宏教授持續與 Apple 首席科學家 Dr. Yipai Huang 討論如何運用 Apple 新一代的 Vision Pro 在智慧醫療方面的應用。Vision Pro 可與學界團隊開發之穿戴式腦機介面整合，搭配 AI 演算法可應用在神經性疾病如憂鬱症輔助診斷與失智症的預防老化等，亦討論未來可能的智慧醫療商業模式，期待未來可與美國

Apple 公司更進一步的合作。(二)臺北科大的義隆自駕車研究中心團隊，陳彥霖教授過往每年均會邀請 UC Berkeley 詹景堯教授協助交流指導研究團隊自駕車感知與智慧車聯網研究方向與最新趨勢。114 年將邀請詹教授前來指導研究團隊進行更先進之自動駕駛感知技術，以期能將技術早日落地，此外，陽明交大柯立偉教授預計於 CACS 2025 大會邀請詹景堯教授前來分享其在 PATH 計畫中自駕車與智慧交通研究的傑出成果與經驗傳承。(三)南加大 Prof. Edmond Jonckheere 對於量子 AI 相當感興趣，與余國瑞教授有一些後續的交流，討論量子位元、量子觀測、旋轉閘等特性對於機器學習與求解最佳化之影響，以及在自動控制系統的可能應用。

參考資料：

[1] <https://outlook.stpi.narl.org.tw/index/news/4b1141008f5904ad01900fb6440268df>

[2] <https://www.inside.com.tw/article/29320-world-robotics-2022>

[3] <https://www.techlife.com.tw/Article/44533>