

出國報告（出國類別：學術訪問）

**訪問德國埃朗恩-紐倫堡大學  
(Friedrich-Alexander-University  
(FAU) Erlangen- Nürnberg)、亞琛工  
業大學(RWTH Aachen University)、  
埃斯林根應用科技大學(Esslingen  
University of Applied Sciences) 報告**

服務機關：國立中正大學機械系/國立中正大學前

瞻製造系統頂尖研究中心(AIM-HI)

姓名職稱：敖仲寧教授

派赴國家：德國

出國期間：民國 101年 9月 10日至 101年 9月 22日

日報告日期：民國 101年 11月 10日

## 摘要

本次訪問是筆者敖仲寧教授與本校機械系/前瞻製造系統頂尖研究中心(AIM-HI)鄭友仁教授、劉德騏教授、陳世樂教授共同前往德國拜訪三個德國在的重點大學與研究中心德國精密機械以及先進製造系統領域之菁英大學研究所，分別是位於紐倫堡(Nürnberg)的埃朗恩-紐倫堡大學(Friedrich-Alexander-University, FAU, Erlangen- Nürnberg)的生產自動化與製造系統研究所(Institute for Factory Automation and Production Systems, FAPS)、亞琛工業大學(RWTH Aachen University)的工具機暨製造工程研究實驗室(Laboratory for Machine Tools and Production Engineering, WZL)、埃斯林根應用科技大學(Esslingen University of Applied Sciences)的車輛工程研究所 (Institute of Automotive Engineering)。希望藉此結識各研究所之教授與研究人員建立雙邊學術關係，進一步建立教育學術單位交流管道，並分別洽談進行大學部與碩博士生交換、學術研究合作，以及台德雙邊合作研究計畫。此次交流參訪並能收集各研究所之精密工具機以及其製造應用與機電整合最新研究方向與技術之資訊，強化本系以及前瞻製造系統頂尖研究中心在該領域之教學水準以及提昇國際合作之能見度與實力。

## 目次

項目	頁次
目的	4
參觀訪問過程	4
參訪心得	9
具體建議	9
攜回資料名稱及內容	9
附錄(活動相片)	10

## 一、目的

訪問三個德國在的重點大學與研究中心德國精密機械以及先進製造系統領域之菁英大學研究所，分別是：

1. 紐倫堡(Nürnberg)的埃朗恩-紐倫堡大學(Friedrich-Alexander-University, FAU, Erlangen- Nürnberg)機械工程學院的工廠自動化與製造系統研究所(Institute for Factory Automation and Production Systems, FAPS)，所長為Professor Jörg Franke。
2. 亞琛工業大學(Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen University)的工具機暨製造工程研究實驗室(Laboratory for Machine Tools and Production Engineering, WZL)，所長為Professor Christian Brecher。
3. 埃斯林根應用科技大學(Esslingen University of Applied Sciences)的車輛工程研究所 (Institute of Automotive Engineering)的Professor Martin Greitmann。

藉此訪問與各研究所之教授與研究人員建立雙邊學術關係，進一步建立教育學術單位交流管道，並分別洽談進行大學部與碩博士生交換、學術研究合作，以及台德雙邊合作研究計畫。此次交流參訪並能收集各研究所之精密工具機以及其製造應用與機電整合最新研究方向與技術之資訊，強化本系以及前瞻製造系統頂尖研究中心在該領域之教學水準以及提昇國際合作之能見度與實力。

## 二、參加活動經過：

鄭友仁教授等一行德國參訪行程表(2012.09.10.-09.16)，本參訪與交流活動行程表如下：

### Local Itinerary for Visit to Germany

(September 12<sup>th</sup> - September 15<sup>th</sup>, 2012)

日期	時間	工作項目	備註
2012.09.10	21:00	桃園機場啟程經香港赴德	
2012.09.10	21:00	桃園機場啟程經香港赴德	
2012.09.11	10:00am	經慕尼黑抵紐倫堡	Hotel Best Western
2012.09.12	10:00 am-12:00am	拜訪FAPS/E-Drive-Center, Prof. J. Franke 簡介與會談、參觀 Nuremberg Fuerther Str. 246b, 90429 Nuremberg;	FAPS聯絡人: Mr. Patrick Schmitt (+49.9131.85.28769)
	12:00 am	午餐 Electrolux with Prof.	FAPS聯絡人: Mr. Patrick

		Franke (討論學術合作內容)	Schmitt (+49.9131.85.28769)
	2:00pm-4:00 pm	拜訪巴伐利亞雷射加工研究中心(Bavarian Laser Center) Erlangen	FAPS聯絡人: Mr. Patrick Schmitt
2012.09.13	9:00 am- 11:04 am	德國國鐵 Nürnberg HBF to Frankfurt Main HB	
	11:29 am- 12:32 pm	德國國鐵from Frankfurt HB to Koeln HBF	
	12:43 pm- 1:19 pm	德國國鐵from Koeln HBF to Aachen HBF	
	1:45 pm	Check-in at IBIS am Marschiertor	Booking#: 66979230-66979233 Hotel Phone: +49.241.47880
	2:30 pm- 3:00 pm	前往 WZL RWTH Aachen	
	3:00 pm -5:00 pm	參觀實驗室 WZL以及 Fraunhofer Institute for Laser and Production Technology IPT	FAPS聯絡人:Mr. Stephan Bäuml (Phone: +49 241 80-27409, Mobile: +49 173 2677356)
	Night	Stay at IBIS am Marschiertor	
2012.09.14	10:00 am-11:00am	參訪WZL/IPT , Prof. Brecher 簡報詳細介紹WZL設備與研究	Contact Person: Mr. Stephan Bäuml (Phone: +49 241 80-27409, Mobile: +49 173 2677356)
	11:00 am-12:00pm	AIM-HI 介紹	陳世樂教授
	12:00 pm– 1:00 pm	Lunch	
	1:00pm – 3:00pm	與Prof Brecher討論合作研究事宜	
	Night	Stay over at IBIS am Marschiertor	
2012.09.15	08:00	德國國鐵Aachen經科隆前往 Stuttgart;	前往Esslingen University of Technology
	12:08	抵達 Stuttgart	Prof. Greitmann 於車站接至 Esslingen

	13:00-16:00	討論Friction Stir Welding摩擦攪拌銲接研究提出NSC/DFG參訪合作事宜。	
2012.09.16	08:00	德國國鐵由Stuttgart前往Frankfurt搭機前往法國Toulouse參加MNE2012學術會議。	
2012.09.21	:14:00	由法國Toulouse 經德國Frankfurt返國	
2012.09.22	15:00	返抵桃園機場	

我們四位團員此趟行程均身兼多項任務，細部行程不同。因此各自出發，預定共同於9/11於德國紐倫堡會合。筆者於 9/10 搭乘國泰航空 CX班機於傍晚出發至香港國際機場，再轉搭漢莎航空班機於德國時間上午10:00經慕尼黑抵達紐倫堡，再轉搭地鐵入住Best Western旅館。該飯店距離要參訪的 FAPS研究所僅一街之隔，十分方便。

9月12日晨十時準時至位於 Electrolux 集團工區之 FAPS 研究所，該所的聯絡人 Mr. Patrick Schmidt 以及部門負責人 Tobias Klier 博士在門口迎接。首先由 Michael Pfeffer 博士簡報介紹 FAPS 研究所。該研究所由 Klaus Feldmann 教授成立於 1982 年，為當年埃朗恩-紐倫堡大學新成立的自動化與生產技術領域的重點。在 2009 年，由 Jörg Franke 教授升任該研究所正教授兼所長。該研究所的總體目標是以電腦整合的概念整合製造工廠的所有功能。Prof. Jörg Franke 教授著力於機電整合產品的創新和跨學科的製造工藝方法的研究。FAPS 研究所的研究課題，包括從電子元件的封裝製程開始的機電整合產品之完整製程鏈，主要重點在裝配電子元件（銲接、印刷、組裝、回銲、測試），電子驅動裝置以及特殊馬達的組裝製程（繞組的方法，連接技術，磁鐵安裝），以及電纜系統連接和嵌入方法所需設備和組件之開發。FAPS 研究所系經由交通大學控制系林錫寬教授推薦而得以建立聯繫管道，林教授是該所之博士畢業生且為 Prof. Jörg Franke 的學長。經由筆者親自與 Prof. Jörg Franke 聯絡而獲邀往訪。

FAPS 研究所的人員與設備分於兩個地點。第一個在埃朗恩的 Friedrich-Alexander-University, FAU, Erlangen 的校區中，第二個在紐倫堡的前工業用地 AEG 的廠房中，後者即此次參訪之所在。FAPS 目前擁有大約 50 名研究人員與技術員從事跨學科的研究領域，涵蓋機械工程、電子工程、機電整合、計算機科學、數學和工程管理，約 75% 的資金來自非政府部門的委託研究計劃。該研究所 AEG 的廠房佔地約 2.500 平方公尺（約 800 多坪），擁有許多先進的

製造設備與量測儀器等。FAPS 也參與 FAU 的教學活動，是機械工程學院下的講座((Lehrstuhl)。支援以下領域之課程：機械工程、工業工程與管理、機電整合、國際生產工程與管理等。

Pfeffer博士簡報完後，由陳世樂教授以簡報介紹本校 AIM-HI，然後參觀他們的實驗設備。中午用餐時 Franke教授加入我們，午餐後我們與 Franke教授討論到未來合作方向。他對與我們合作非常有興趣，當場表示希望與 AIM-HI簽訂 MOU。在合作方向上，希望可以每年派 5名學生暑期來我們中心進行短期研究，並參加我們舉辦的「前瞻製造系統國際種子菁英營」，未來也希望可以有中鄭機械系或AIM-HI的研究生到他們實驗室做短期交換的研習。在研究方面，我們共同覺得可以在三個主題上合作：(1) 馬達繞線；(2) 以影像進行 5軸防碰撞；(3) 印刷電子 (printing electronics)。並協議由筆者與Mr. Patrick Schmidt規劃草擬MOU事宜。

結束與 Franke教授的會談後，Tobias Klier博士開車載我們前去埃朗恩的校區，參觀巴伐利亞雷射中心 BLZ (Bavarian Laser Center GmbH)。該中心相當於是埃朗恩-紐倫堡大學 Spin off出來的技術研究所，以公司(GmbH) 的型式經營。專接工業界計畫，並自負盈虧。該中心在雷射加工與相關的量測技術具有深厚的基礎，設備充實且均為最新之雷射機型與配套設施，令人印象深刻。該中心許多技術項目筆者深感興趣，與筆者之雷射加工研究朽許多可以互補之處。是日下午詳細參觀所有設施，對我們的介紹毫無保留。

隔晨 (9/13) 一行人搭地鐵至紐倫堡國鐵總站，再轉搭二段 ICE高鐵先至法蘭克福再到科隆，在由科隆搭歐洲之星鐵路至於下午 14:00抵達亞琛(或翻譯為阿亨Aachen)，入住火車站附近的 IBIS旅館。隨即搭公車於15:00抵達RWTH大學位於市郊理工學院為主的園區，工具機與製造工程實驗室(工具機研究所)(WZL- Laboratory of Machine Tools and Production Engineering, Chair of Machine Tools)，由該實驗室負責工具機部門的主任工程師 Mr. Stephan Bäumer負責帶領我們參觀。

亞琛工業大學RWTH是德國最負盛名的理工科大學之一。目前學校有學生約 3.5萬人，包括 4368名外國留學生、教授 322名，另外還有 260個研究所，顯示其雄厚的科研實力。一流的教育水準造就了一流的學校，現在許多外國著名公司如愛立信、福特、飛利浦、聯合科技等都在亞琛建立了分部，三菱也在亞琛附近建立了它的歐洲半導體中心以吸收人才，微軟的德國研究院也設在亞琛。該大學的機械工程學院尤其在規模以及研究成效上領先其他德國的大學。實作特性、與工業界間合作和國際性是亞琛工業大學的管理宗旨。通過參加各種活動學生們也可以領略到這一點。作為講求與實務結合的實作特性的大學，亞琛工大在最近幾十年中漸漸發展為亞琛市及周圍地區的一大經濟中心：目前大學擁有 1萬多工作人員(其中約 1900科技工作人員，6000非科技工作人員，1000左右實習或培訓人員和 1500中間工作者)，是此地區最大的一個雇主和培訓場所。

在 1870 年成立的“德意志王國-萊茵-西法倫 Polytech”(當時僅 29 位教師，

296 位學生)的基礎上，亞琛工大不斷開拓理工科目新領域。現在僅機械製造專業就有 15 門初等學位後的專修科目以供選擇。六十年代，更增加了機械工程以外的專業，例如哲學、醫學系等。各專業間的跨系合作給多種特種研究專案、學位後課程及發明創新創造了更多的機會。亞琛工大的畢業生中不僅包括高等學歷者，同時還有九百名培訓學生和實習生圓滿結束他們的工業、理工、醫科或商業方面的學業。目前亞琛工大擁有 60 多個專業學程，另有多種深造或補充專業課程、學位後課程以及各種學習項目，為求學者提供了繼續深造的機會。大學的科目表幾乎覆蓋了所有老牌大學可以提供的專業。50%左右的學生選擇了技術工程專業，如機械製造、電子等；18%左右理科專業，數學、物理等；餘下的學生則各有 10% 在文科系、經濟系或醫學專業就讀。

WZL 研究所目前有 365 位全職員工，約佔整個 WZL 的一半。它是整個德國幾十個卓越中心 (Cluster of Excellence) 中唯一一個以機械為主體的，與 AIM-HI 的角色相當。它每年獲得政府 800 萬歐元的補助，其人力、設備、廠房等規模其實比台灣許多工具廠都大。WZL 主要由四位教授負責，包括 Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher 負責工具機、卓越中心、齒輪科技與組裝技術 (machine tools, excellence cluster, gear technology, assembly technology)，Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh 負責生產系統與生產管理 (production systems, production management)，Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing E.h. Dr. h.c. Dr. h.c. Fritz Klocke 負責製造科技與齒輪技術 (manufacturing technology, gear technology)，Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt 負責虛擬製造與品質管理 (production metrology and quality management) 由此可知，我們所拜訪的 Brecher 教授尤其在工具機的核心領域是主要的領導者。我們也參觀了屬於 Fraunhofer Institute 研究機構的雷射科技研究中心。該中心負責人也是 Prof. Brecher。該中心的核心方向是結合工具機與雷射科技，開發許多機械加工與材料製程上的應用技術。結束一下午的緊湊參觀後，晚上由 WZL 負責控制與自動化部門的主任工程師 Wolfram Lohse 陪同我們在市政廳廣場附近之金天鵝餐廳晚餐。

9月14日一早，我們 10:00 與 Prof. Brecher 教授正式會面。首先，由他親自為我們詳細介紹亞琛工業大學與 WZL 及其卓越中心以及雷射科技研究中心。接著由陳世樂教授簡報介紹本校及 AIM-HI。中午用完餐後，我們繼續討論未來合作方向。我們同時邀請 Brecher 教授於 12 月來參加「頂尖大學暨典範科技大學工業基礎技術相關計畫成果及規劃重點發表會」，他也欣然同意，只要行程許可，他就願意來。

9月15日晨離開亞琛經科隆轉搭 ICE 高鐵至斯圖加特 (Stuttgart)，該日雖是周六，Esslingen 科技大學的 Prof. Greitmann 仍來車站接我至學校。中午簡餐之後即於辦公室詳談擬共同提案 NSC/DFG 雙邊合作計劃之工作項目，題目擬定為摩擦攪拌銲接搭接製程之材料流動行為研究。筆者亦曾於今年元月份親訪他，提出一些研究方向，經過半年餘之醞釀以及雙方研究上之一些初步結果，終能定出些具體方向。雙方將各自分別撰寫初稿，日後由 Prof. Greitmann 彙整向 DFG 提案，希

望年底能完成初稿。討論後並至實驗室了解他目前之研究重點與再磨擦攪拌銲接技術上之研究結果。Prof. Greitmann是筆者在University Stuttgart國家材料試驗所念博士時的學弟，談起合作自然十分親切，一切水到渠成。結束了今天的任務，筆者在德國的任務可謂圓滿完成。於傍晚時分與他道別後，利用晚上在訪問了以前的研究所退休老同事Mr. Enger。

9月16日晨搭德國國鐵赴法蘭克福機場，轉機至法國Toulouse參加MNE2012(Micro- and Nano-Engineering)微米與奈米科技國際學術會議並發表論文。此行程由於是發表國科會計畫研究成果各使用國科會之補助經費，將另撰寫報告。會議結束後於9月21日由Toulouse轉法蘭克福經香港返回台灣，於9月22日返抵桃園，完成任務與行程。

### 三、參加學術活動心得

工具機產業為國內機械產業在世界機械產業中十分具有競爭力之產業，台灣之CNC工具機以量計居世界前兩位，具有自有品牌，也是世界最大之CNC工具機OEM、ODM供應國。但目前我國工具機廠商技術與品質還無法與日本、德國等傳統工具機大國競爭，後有中國、韓國等國家持續追趕，造成經營上有極大的生存壓力。本土廠商在此關鍵時刻必須採取強化整合能力、開發關鍵零組件技術以及開發新的技術，來面對現在這個險峻的局面。學術界也必須與產業界攜手，致力於精密機械技術的創新研發，才有機會突破現有格局，向上提昇。這也是本校前瞻製造系統頂尖研究中心努力的目標之一。德國是這方面的模範生，它在精密機械技術的深耕與產學合作的密切度，都是我們學習的對象，也是本次造訪德國的動機。其中亞琛工業大學理工科實力強勁，電子、機械製造方面排名一直名列德國第一，Brecher教授所領導的WZL及卓越中心將是本校前瞻製造系統頂尖研究中心的學習典範，希望未來能多與他們互動。而Prof. Franke領導之FAPS則十分務實，我們未來可以送實習生或研究生前往做短期實作或研究。

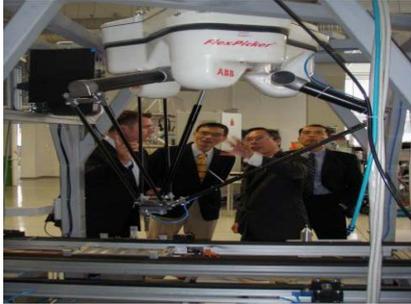
### 四、具體建議

- (一)持續參訪德國重要的工具機研究單位，建立學校實驗室互訪之機制，開拓本校前瞻製造系統頂尖研究中心與德國教育學術單位交流之管道，藉著教授和學者間的互動，促進台灣、德國雙方國際合作及師生合作交流，以落實國際化人才培育。
- (二)進一步舉辦台德工具機技術國際研討會。
- (三)國科會現有之各種台德合作研究實施辦法包括與德國之DFG即DAAD，提供雙方甚佳之交流管道，未來可再擴大額度，以鼓勵優質之學術交流與合作。

### 五、攜回資料名稱及內容

- (一)埃爾蘭根-紐倫堡大學及其工廠自動化與製造系統研究所介紹資料。
- (二)亞琛工業大學及其工具機與製造工程實驗室與卓越中心介紹資料。

六、活動照片(具代表性之活動照片 3-6張，並簡述相關內容)：



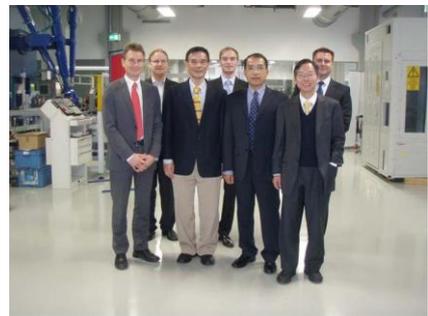
1.參觀 FAPS，Klier 博士解說



2.參觀 FAPS，Pfeffer 博士解說



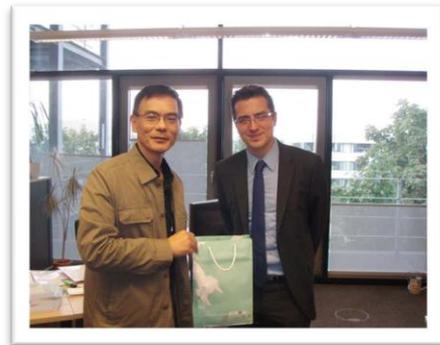
3.鄭副校長贈送禮物給 Jorg Frank教授



4.與 Franke教授及其幹部合影



5.參訪 BLZ



6.鄭副校長贈送禮物給 WZL主任工程師 Stephan Baumer