

出國報告(出國類別:國外研究、考察及國際會議)

參加 2012 日本國際工具機展 (JIMTOF)暨 訪問精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司

服務機關: 國立中正大學機械系

姓名職稱: 陳世樂 教授、蔡孟勳 教授、

任春平 教授、林榮信 副教授、崔曉倩 副教授、

林派臣 副教授

派赴國家: 日本

出國期間: 民國 101 年 10 月 31 日 至 101 年 11 月 4 日

報告日期: 民國 101 年 11 月 15 日

摘要

為發揮學術研究機構的發展能量，特出席活動，參訪日本著名的精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)，可了解日本精密工具業者其製造理念與管理觀點，並開拓未來合作契機的新視野。同時於日本國際工具機展(JIMTOF 2012, Japan International Machine Tool Fair)收集各類型精密工具機在光學量測、進給系統及 CAD/CAM 之相關技術及資訊，整合運用研發資源，開拓工具機系統與日本教育學術單位交流之管道，與日本專家學者共同商討世界性的工具機技術之發展脈動與趨勢，強化在該領域之產學合作實力。

此行主要目的為參加第 26 屆日本國際工具機展 (JIMTOF 2012, 26th Japan International Machine Tool Fair)，收集工具機相關技術之最新資訊及未來發展趨勢，以強化本校先進工具機研究中心在工具機領域教學與產學合作之實力。同時利用此行之機會，訪問日本頂尖的精密工具機公司 (YAMAZAKI MAZAK)，以建立與日本精密機械領域產業與學術單位交流。

至日本後的過程，參觀精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)的美濃加茂一場。由該公司瀋顯東專員及臺灣分公司許有著協理接待，它是一家全球知名的工具機生產製造商。公司成立於 1919 年，主要生產 CNC 車床、複合車銑加工中心、立式加工中心、臥式加工中心、CNC 雷射系統、FMS 彈性生產系統、CAD/CAM 系統、CNC 裝置和生產支持軟體等。

也是為要參加 11/2~11/3 舉行之第 15 屆國際工具機工程師研討會(The 15th IMEC)以及 11/1~11/6 舉行之第 26 屆日本國際工具機展(JIMTOF 2012)，促進工具機創新的核心技術 (**New core technologies accelerating innovation in machine tools**)。邀請全球相關領域之學術與產業專家針對大會設定的四個主題進行多場演講，包含了下世代工具機發展趨勢、誤差補償與精度驗證、顫振預防技術、以及高效率與新材料加工技術。

觀訪心得除參觀日本 JIMTOF 展，更參訪精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)，Okuma，Yaska 等工具機大廠，主要針對 FANUC 控制器這兩年的技術開發進行分析。臺灣在控制器方面的發展還有很大的進步空間，由於控制器佔成本的三成以上，而且智能化的功能必須仰賴控制器的自主性，才能將工具機的性能提昇到最佳的狀態。其實參數最佳化、振動抑制以及顫振抑制其理論以及應用，臺灣學術界已經有相當的經驗，如果能夠結合業界的實務經驗，開發此技術應該不是問題，期待學校能與控制器廠商結合，能提供智能化控制器的技術給工具機廠商使用。

目次

項目	頁次
壹、目的	1
貳、參觀訪問過程	1
參、參加學術活動心得	3
肆、具體建議	14
伍、攜回資料名稱及內容	14
陸、附錄(活動相片)	15

壹、目的

此行主要目的為參加第 26 屆日本國際工具機展 (JIMTOF 2012, 26th Japan International Machine Tool Fair)，收集工具機相關技術之最新資訊及未來發展趨勢，以強化本校先進工具機研究中心在工具機領域教學與產學合作之實力。日本國際工具機展為全世界三大工具機展之一，每二年舉辦一次，每次皆吸引數萬人次參加，是工具機產、學界的盛事。

同時利用此行之機會，我們也順道去名古屋，訪問日本頂尖的精密工具機公司 (YAMAZAKI MAZAK)，以建立與日本精密機械領域產業與學術單位交流。

貳、參加活動經過：

此行團員除筆者外，還包括本校陳世樂、蔡孟勳、林榮信、林派臣、崔曉倩教授，中興大學機械系邱顯俊、陳昭亮、及盧銘銓教授，以及彰師大黃宜正副院長等共 10 位。本參訪與交流活動行程包含

- (1) 參加第 26 屆日本國際工具機展。
- (2) 參加 15th IMEC
- (3) 參訪精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司位於名古屋的美濃加茂一場及鳳凰工場(地下工廠)

行程如表一所示。

表一 參訪行程

日期	行程	地點
10/31	由台北前往名古屋	台北 -> 名古屋
11/1	訪問精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司	名古屋
11/1	由名古屋前往東京	東京
11/2	參訪日本國際工具機展 2012 與參加 15th IMEC	東京
11/3	參訪日本國際工具機展 2012 與參加 15th IMEC	東京
11/4	參訪日本國際工具機展由東京返回台北	東京 -> 台北

我們於 10/31 搭乘國泰航空 CX 530 班機於中午 12:00 出發，日本時間約下午 15:30 抵達日本名古屋機場，通關後轉搭一個多小時之電車入住位於名古屋市中區附近的 Kiyoshi Nagoya No.1 旅館。隔日一早，我們搭乘電車至犬山車站後，轉搭計程車至精密工具機公司 (YAMAZAKI MAZAK) 的美濃加茂一場。由該公司瀋顯東專員及臺灣分公司許有著協理接待，精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司是一家全球知名的工具機生產製造商。公司成立於 1919 年，主要生產 CNC 車床、複合車銑加工中心、立式加工中心、臥式加工中心、CNC

雷射系統、FMS 彈性生產系統、CAD/CAM 系統、CNC 裝置和生產支持軟體等。

此行之另一個目的地為參加 11/2~11/3 舉行之第 15 屆國際工具機工程師研討會(The 15th IMEC)以及 11/1~11/6 舉行之第 26 屆日本國際工具機展 (日本國際工具機展 (JIMTOF 2012, Japan International Machine Tool Fair))，研討會會場位於日本國際展覽會場之國際會議廳地下一樓演講廳，今年的主題為促進工具機創新的核心技術 (New core technologies accelerating innovation in machine tools)，議程如表二所示。

表二 15th IMEC 議程

Program for Oral Session November 2nd, 2012	
Opening Address 09:10~09:20	Mr. Motohiko Yokoyama, Chairman of Japan Machine Tool Builders' Association Prof. Dr. Shinji Shimizu, Chairman of Organizing Committee
Keynote Session Machine Tools in Next Stage	Chairperson: Prof. Dr. Shinji Shimizu (Sophia University) Co-Chairperson: Mr. Tetsuro Shibusawa (Mitsui Seiki Kogyo Co., Ltd.)
09:20~09:30	Chairperson's Address
09:30~10:20	Keynote Speech "Desirable Deployment of Japanese Machine Tool Industry in Not Distant Future" Emeritus Prof. Yoshimi Ito, Tokyo Institute of Technology (Japan)
10:20~10:40	Coffee Break
10:40~11:30	Keynote Speech "Trends and future possibilities of ISO standards for machine tools - accuracy tests, capability tests and environmental assessment" Dr. Wolfgang Knapp, Engineering Office Dr. W. Knapp (Switzerland)
11:30~12:20	Keynote Speech "Expansion of manufacturing technologies into the medical field" Prof. Dr. Mamoru Mitsuishi, The University of Tokyo (Japan)
12:20~12:30	Q & A for Keynote session
12:30~13:30	Lunch Break
Technical Session 1 Accuracy evaluation and error compensation of machine tools	Chairman: Prof. Dr. Atsushi Matsuura (Kyoto University) Co-Chairman: Dr. Makoto Fujishima (Mori Seiki Co., Ltd.)
13:30~13:40	Chairperson's Address
13:40~14:30	Keynote Speech "The latest trends and future possibilities of volumetric error compensation for machine tools" Dr. Heinrich Schwenke, CEO, ETALON AG (Germany)
14:30~15:15	Speech "Error calibration for five-axis machining centers and new proposal to ISO standards" Assoc. Prof. Dr. Soichi Ibaraki, Kyoto University (Japan)
15:15~15:35	Coffee Break
15:35~16:20	Speech "Machining adjustment and evaluation method with 3D in-machine measurement system" Mr. Kenichiro Ueno, Manager, C Development Project Office, Technology Elements Development Section, Mori Seiki Co., Ltd. (Japan)
16:20~17:05	Speech "Compensation technology for Volumetric error in Machine Tool" Mr. Yusaku Yamada, General Manager, CNC Software Laboratory, Laboratory Division, Fanuc Corporation (Japan)
17:05~17:15	Q & A for Technical Session 1
Program for Oral Session *Program is subject to change without notice.	

Program for Oral Session November 3rd, 2012	
Technical Session 2 Chatter free technologies	Chairperson: Prof. Dr. Tojiro Aoyama (Keio University) Co-Chairperson: Mr. Atsushi Ieki (Okuma Corp.)
09:00~09:10	Chairperson's Address
09:10~10:00	Keynote Speech "Phenomena regarding chatter and its core characteristics" Emeritus Prof. Hisayoshi Sato, The University of Tokyo (Japan)
10:00~10:45	Speech "Suppression of chatter vibrations in multi-tasking machine tools" Prof. Dr. Erhan Budak, Sabanci University (Turkey)
10:45~11:05	Coffee Break
11:05~11:50	Speech "Analysis and Suppression Technology of Tool Deformation Error" Mr. Yoshihiko Yamada, Manager, Research & Development Center, Advanced Fundamental Research Dept., JTEKT Corporation (Japan)
11:50~12:35	Speech "Machining condition search function and its application example" Dr. Harumitsu Senda, General Manager, R&D Dept., Okuma Corporation (Japan)
12:35~12:45	Q & A for Technical Session 2
12:45~13:00	Awards ceremony for The 15th IMEC Poster Session
13:00~14:00	Lunch Break
Technical Session 3 High efficiency oriented technologies in machine tools and new material machining	Chairperson: Prof. Dr. Hidenori Shinno (Tokyo Institute of Technology) Co-Chairperson: Mr. Shingo Suzuki (Makino Milling Machine Co., Ltd.)
14:00~14:10	Chairperson's Address
14:10~15:00	Keynote Speech "Energy-Efficient Machine Tools and Technologies" Prof. Dr. Bernd Denkena, Leibniz University of Hannover (Germany)
15:00~15:45	Speech "The trend and manufacturing engineering challenges toward aircraft components" Mr. Ryota Shibata, Manager, No.1 Manufacturing Engineering Section, Production Department, Guidance & Propulsion Division, Aerospace Systems, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (Japan)
15:45~16:05	Coffee Break
16:05~16:50	Speech "Innovative high-efficiency machining technology of CFRP" Mr. Hiroto Kojima, Manager, Manufacturing Technology R&D Team, Manufacturing Engineering Dept. & Production Dept., Aerospace Company, Fuji Heavy Industries Ltd. (Japan)
16:50~17:35	Speech "Advanced Machining Technology for Difficult-to-Cut Materials While Providing Both Increased Productivity and Tool Life" Mr. Hiroshi Ueno, Manager, Customer Application Group, Makino Milling Machine Co., Ltd. (Japan)
17:35~17:45	Q & A for Technical Session 3

此研討會邀請全球相關領域之學術與產業專家針對大會設定的四個主題進行多場演講，包含了下世代工具機發展趨勢、誤差補償與精度驗證、顫振預防技術、以及高效率與新材料加工技術。全場以英文或日文演講，另提供英文之即時翻譯。除了參加演討會外，在會場內團員也與中部大學竹內芳美教授、土耳其 Sabanci 大學 Erthan Budak 教授、東京電器大學之松村隆教授以及顫振主題主席慶應大學之青山院長之溝通互動與討論。研討會除了主題演講外，並舉行海報展示以及競賽，展示展出日本學術界近來之重要研究，日本致力於工具機相關技術研究之學校均有參加，包含了著名的東京大學、東京工業大學、東京農工大學、大阪大學、東北大學、名古屋大學、京都大學、神戶大學、上智大學、九州大學等名校。海報展示位於國際展覽會場東展場之東側第三區，與 DMG-Mori Seki 之攤位比鄰，展出之海報共 59

面，參與工具機展之人員均可自由參觀並提問。此行之另一個目的地為參加 11/1~11/6 舉行之第 26 屆日本國際工具機展（日本國際工具機展 JIMTOF 2012, Japan International Machine Tool Fair），此展覽為世界三大工具機展之一，亦為亞洲地區最大之工具機展，每兩年舉辦一次，第一屆於 1962 年舉行至今年為第 26 屆，此次展出項目有：

- (一)工具機類：金屬切削、金屬成型設備。
- (二)工具機附件類、高速鋼刀具、碳鋼刀具、鑽石刀具、CBN 刀具。
- (三)砂輪和研磨劑類。
- (四)齒輪和齒輪設備。
- (五)油、空壓機器類。
- (六)精密量測設備與儀器類。
- (七)光學量測儀器與測試機器類
- (八)控制器與軟體類（CAD/CAM 等）
- (九)其他相關機械與設備、原材料、技術和出版物類。

展覽會場同樣位於國際展覽會場，主要包含東展覽館與西展覽館，東展展覽館分為 1~6 區，主要以展出以工具機系統廠商與控制器為主，另外還有臺灣外貿協會整合 14 家臺灣廠商於同一區域展出(Taiwan Pavilion)，臺灣廠商包含陸聯、慶鴻、東台及永進等廠商參展。西展覽館分為兩層，展出項目主要為工具機之零組件，包含刀具、主軸、傳動元件、量測儀器等，上銀公司則獨立在現場展出。

經過在東京地區 5 天的參訪行程，訪問團於日本時間 11/4 下午 15:25 搭成國泰航空 CX 451 班機於台北時間下午 18:35 到達桃園中正國際機場，結束此次的訪問。

叁、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，臺灣之 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。

本年度之日本國際工具機大展指出了幾個工具機之未來發展趨勢，其中之一是多軸運動系統的大量運用，包括多軸複合化工具機、並聯式工具機及工具機與機器人系統之合作互動等。多軸運動系統具有許多優點，因而大大提昇了工具機之加工效率。首先，它可整合許多

功能於一體，即多合一機台，如車銑複合機、攻牙中心機等。以往一個工件必須經過幾個不同功能機台之加工，利用多軸運動系統，幾乎所有加工程序在一個機台即可完成。另外，機器人之引進則取代了許多功能，如換刀機構、旋轉平台等。最後，多軸運動系統可突破傳統工具機之限制，進行更複雜幾何形狀之加工。然而，也因為多軸運動系統之動態與運動學較複雜，使其命令規劃與運動控制非常困難，也是目前產業界與學術界之研究重點。

除了關鍵零組件持續的在性能上提昇外，由今年的日本國際工具機展 (JIMTOF) 可發現除了過去大型加工工具機、智慧化功能的整合、複合化加工技術持續受到注目外，節能高效率也是此次全球廠商努力的方向。第 15 屆工具機工程師研討會今年以促進工具機創新的核心技術 (New core technologies accelerating innovation in machine tools) 為主題，從研討會之各場次口頭報告之內容來看，不像過去幾年強調多軸複合等較複雜的設計，而著重在工具機基礎技術的精進，以提升工具機之精度與效率，顯見節能與提高品質與效率為現今工具機發展的重要方向，此趨勢的發展也顯示工具機產業與學術研究朝向基礎技術之建立實為提昇產品附加價值重要的因素之一，臺灣朝此方向務實的建構基礎能力，才能為我國工具機產業開創新的藍海市場與產業。

此行除了參加工具機展外，拜訪精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)的美濃榮加茂一場及鳳凰工場(地下工廠)也是此行的重點。美濃榮加茂一場可以看到精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)最高技術的展示與呈現，包含各式精密工具機及相關技術的展示，車銑複合的五軸智能化工具機的組裝線，另外透過解說人員的說明，了解 Cyber Factory 全球工廠管理系統的運作方式。最後，參觀精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)自製滾珠導螺桿的生產線，傳統螺桿受加工精度限制僅能達成 3 點接觸，容易產生振動、背隙及低剛性等問題，然而，精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)自製則可達成理想的 4 點接觸狀態，是其機台性能優異的重要原因之一。之後參訪鳳凰工場(地下工廠)，此工廠日前榮獲日本節能大獎，根據介紹地下工廠可有效利用地下土地的溫度(18 度)，以最低的能源提供穩定的工作環境溫度(全年變化率在 1~2 度間)。雖然建廠成本較一般廠房高 30% 左右，但可接近 100% 的土地面積利用率，並僅需十分之一的運作能源，是綠能工業的具體實踐。

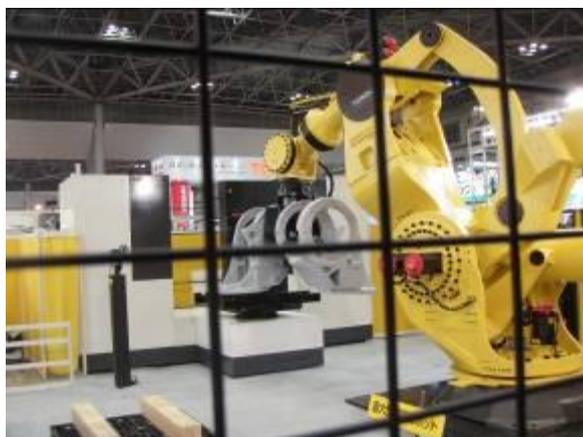
3.1 多軸複合化機台、機器人與自動化

本屆展場最常見的多軸工具機為五軸銑削加工機，而最常見的複合化工具機為車銑複合機，幾乎各大工具機廠(包括臺灣廠商在內)在本屆日本國際工具機展(JIMTOF)皆有展出相關產品。例如日本精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司的車銑複合機 Integrex 所標

榜的「Done-in-One」。精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)甚至提出 2019 年開發出一台超複合機 (ultra-tasking machine)，希望結合車、銑、磨、雷射加工、與光學量測於一機。複合化工具機可節省工時，又可避免因工件移動所造成的誤差累積。但複合加工機由於軸數增多與工件形狀複雜，需要工件主軸主動式平衡、振動抑制與防干涉碰撞等智能化功能。

並聯式工具機的發展歷史從 1965 年史都華平台的提出已近 50 年，也一直有公司投入研發。然而，並聯式工具機存在許多技術問題，包括工作空間較小且可能有奇異點、動態非線性且複雜不易即時控制、檢測與誤差校正技術尚不成熟等。因此，其發展受限，應用並不普遍。直到近幾年，其技術上難題已較能克服，有許多公司推出新機種。上一屆 (2010 年) 日本國際工具機展 (JIMTOF) 中，日本 FANUC 公司即展出多款以三軸並聯為主的工具機，取名「拳」，它並搭配視覺系統 iRVision，提供多種功能，如取放、分類、檢測、甚至加工。本屆日本國際工具機展 (JIMTOF) 中，FANUC 公司延續這個主軸，增加許多功能 (例如學習振動抑制功能)，並大幅提昇其性能 (例如速度更快、定位更精準)。另一方面，我國的上銀科技也展示了幾組並聯式工具機，與 FANUC 公司的「拳」很類似，唯自由度較低。

工業機器人之引進是近幾年國際各大工具機展的特色，許多工具機大廠皆有展出工具機與機器人整合系統。本屆日本國際工具機展 (JIMTOF) 中，德國最大廠 DMG/Mori-Seiki 即展出幾種其所開發之工具機與機器人整合系統。大部分機器人的角色定位為使生產自動化，因此最常見的功能為取放，它除了可以取代人力外，也可以取代工具機中的許多功能，如換刀機構、旋轉平台等。除此之外，事實上機器人的功能可以非常多元，包括檢測、噴漆、鑽孔、去毛邊、甚至加工等。在本屆日本國際工具機展 (JIMTOF) 所展示的機器人系統還有一個趨勢，即是朝大型化發展。究其原因，應該是因應大型工件之加工所需，主要應用於航太業、汽車業、及綠能產業。以往要加工大型工件，光是上下料就是一大問題，工件的定位又是另一難題。引進大型工業機器人後，這些問題就迎刃而解，加工效率自然大幅提昇。



FANUC 所開發的大型機器人



FANUC 所開發的並聯式工具機「拳」



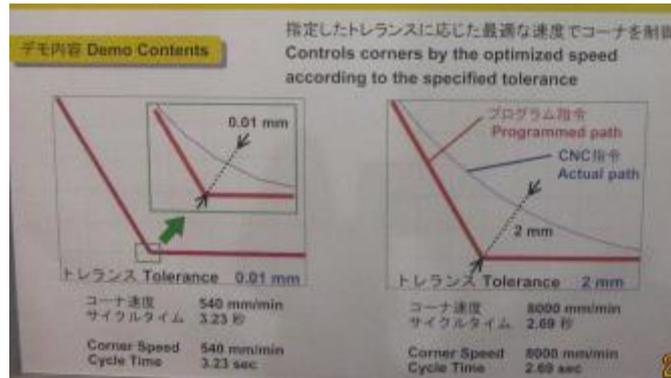
DMG/Mori-Seiki 所開發的工具機與機器人（紅圈處）整合系統

3.2 智能化控制器技術

在智能化控制器的相關技術部分，由於展場位在日本東京，因此控制器大廠 FANUC 在展場有相當大的攤位並展示其最新的技術。相關技術如下所列：

1. 自動轉角減速功能

除了針對五軸的功能之外，針對控制器參數最佳化也提出了新的想法，下圖乃是針對轉角速度的最佳化法則，當設定一定的轉角誤差下，程式會自動設定最佳之轉角速度，如轉角誤差設定為 0.01mm 時，轉角速度最高可以設為 540mm/min，加工時間為 3.23 秒，當轉角誤差設定為 2mm 時，轉角速度可以提升到 8000mm/min，加工時間降為 2.69 秒。這部分說明了轉角速度與誤差的關係。



2. 學習振動抑制

本次展覽 FANUC 除了控制器外，主要展出多款並聯式 robot 的設計，其中最特別的是學習振動抑制功能。如下圖所示，未加入學習控制之前，安裝於 robot 上面的加速規訊號如圖二所示，經由學習後其加速規的訊號則大幅降低。這樣的技術稱為學習振動抑制 (learning vibration control, LVC)，也就是將加速規的訊號經由分析後將其內嵌於控制器的設計當中，通常這種方式稱為 embedded repetitive control 這樣的方式可以使得 robot 的運動時間降低約 20%



特長 Features

- 振動を抑えることで滑らかな高速動作を実現
 - 従来では稀れってしまう領域での、高速化が可能
 - 特別な技術を必要とせずに、高速化が可能
- Realizing smooth and high-speed motion
 - Speeding up by vibration control
 - Requiring no special skill for adjustment!

機能概要 / Processing

- 学習させた1個のプログラムで学習済みの加工条件に依存せず高速化を実現
- 目的プログラムを編集する事なく、任意に高速化されるから、学習済みの加工条件で、高速化と学習済みの加工条件を切り替える事が可能
- 学習済みの加工条件を切り替える事が可能
- 高速化と加工の両立が可能になります
- Insert LVC instructions before and after motion start to be better
- Start the TP program and rapid learning with the learning percentage monitor (LVC)
- Use playback mode to apply learned high speed motion

高速化した時に発生する振動 (Vibration of speeded-up motion)

学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration)

学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration)

学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration) → 学習済みの加工条件 (Learned Vibration)

3. FANUC robot with iRVision

本次展覽除了 FANUC 傳統的 robot 以外，有一個相當大的空間展現 FANUC 影像處理以及並聯式機構快速移動的功能。目前這個設計有多種款式，除了配合影像進行 pick and place 之外，還可以進行加工等功能。這方面除了有賴於機構與控制外，還必須結合影像處理的技術方能達成。



4. Okuma 的顫振抑制

顫振抑制乃是近年來相當熱門的技術，本次參展由於崔老師懂得日文，因此在參觀於特別在非展示的時段請 Okuma 的技術工程師說明並展示顫振抑制的技術。下圖中間段為開啟顫振抑制功能時加工時的光滑表面，兩邊則為顫振發生的現象。顫振的理論基礎已經相當完整，在臺灣必須有相當強的整合技術才能將此技術開發出來。



本次參觀日本國際工具機展(JIMTOF)，除了參觀精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)，Okuma，Yaska 等工具機大廠外，主要針對 FANUC 控制器這兩年的技術開發進行分析。臺灣在控制器方面的發展還有很大的進步空間，由於控制器佔成本的三成以上，而且智能化的功能必須仰賴控制器的自主性，才能將工具機的性能提昇到最佳的狀態。其實參數最佳化、振動抑制以及顫振抑制其理論以及應用，臺灣學術界已經有相當的經驗，如果能夠結合業界的實務經驗，開發此技術應該不是問題，期待學校能與控制器廠商結合，能提供智能化控制器的技術給工具機廠商使用。

3.3. 光學量測及進給系統

1. THK 超長 7 米螺桿及線軌

THK 公司為全球最先進的進給系統公司，其產品無論產量及品質皆居世界領先地位，展場中最引人注目的就是全長 7 米的進給系統展示平台，這項產品除了顯示該公司具備超大尺寸的加工平台及高精密工具機，同時也顯示其優異的加工及組裝精度。另一方面，超長尺寸進給系統在實際應用上，也對應對本屆展出重點-大型化工具機。

2. THK 環型滑軌

THK 展場中真正首次推出的新產品是環型滑軌，有別於過去僅能直線運動的傳統線軌，環型滑軌可提供旋轉型機構或旋轉工作台一個剛性極佳的環繞式進給裝置。

3. DMG/Mori-Seiki 刀具光學量測系統

德國 DMG 與日本 Mori-Seiki 公司相結合後，是目前世界第一大工具機公司，其工具機的設計理念及外觀與日本或臺灣的工具機有很大的不同，從中可以獲得不少啟發。在光學量測的技術上，該公司展出一台刀具檢測機，此機台運用影像辨識技術及光學量測技術，以 CCD 對緩慢旋轉的刀具刀口的形狀、尺寸及磨耗程度進行精確量測，所有刀具的量測結果將建檔於電腦中，並可利用網路傳送至工具機，達成完整的刀具檢測管理系統。

4. FANUC Robonano

這次展覽很特別的 FANUC RoboNano 五軸工具機，此一小型工具機售價為 5000 萬日幣，線性軸的定位精度由型錄來看為 1nm，用途大都為光學元件加工，如導光模組等，鏡片加工，雷射掃描等。



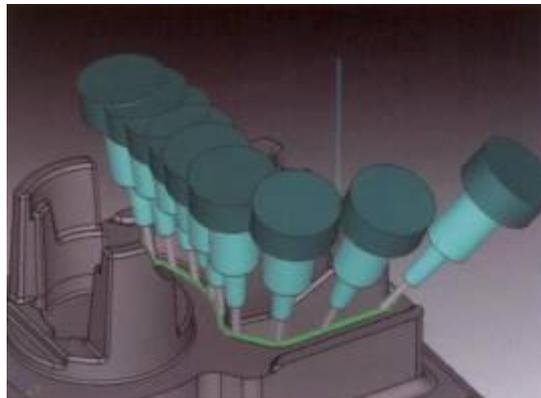
3.4. CAD/CAM/CNC 插補, 檢測與誤差補正防碰撞干涉

近年來 CNC 工具機開發朝向多軸(五軸)及車銑複合機，此類工具機加工程序複雜，通常需要借由電腦輔助設計及電腦輔助製造(CAD/CAM)軟體幫忙，以預先確認工件加工正確性及準確性，一個好的 CAD/CAM 軟體可以提升原有工具機加工效能，因此 CAD/CAM 軟體已成為加工廠商必備設備之一。日本國際工具機展 (JIMTOF) 往年(2006~2010)將 CAD/CAM 軟體廠商規劃於展覽館西區(工具機零組件區)，今年日本國際工具機展 (JIMTOF) 2012 特別強調

CAD/CAM 軟體重要性，將 CAD/CAM 廠商規劃於展覽館東區與工具機大廠一起展覽，可以讓參觀者一併了解先進五軸及車銑複合工具機加工程序規劃方法，讓加工使用者(廠商)可以獲得全方位問題解決方案(total solution)。

隨著 CNC 工具機加工性能提升並朝向智慧化加工趨勢，今年 CAD/CAM 軟體廠商也強調與其他工程軟體整合能力及相容性，以提升 CAD/CAM 軟體應用效能及附加價值。目前一般參展 CAD/CAM 軟體大多提供多軸加工刀具防碰撞偵測功能及加工程序電腦動畫模擬，以下針對一些特別功能軟體廠商說明：

1. 日本 C&G System Inc., CG Press Design, Mold Design, and CAM-Tool 提供整合工件模具設計及沖壓模應力分析、CNC 五軸加工路徑規劃。如下圖所示為五軸加工自動干涉回避功能。

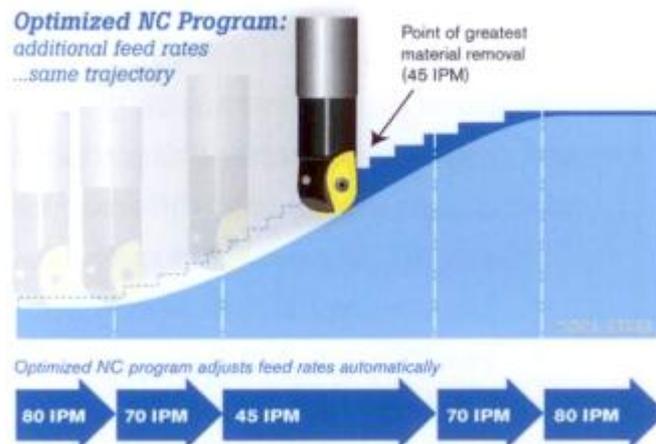


2. Delcam 公司提供自動工件特徵辨識 CAM 系統，無須經由工程師以手動方式選取特殊特徵以供 CAM 作特殊加工路徑規劃。Delcam 軟體並提供走心式多軸車銑複合 CAM 系統及線上工件檢測比對系統(PowerInspect OMV)，以提升工件品質管理效能。如下圖所示，3D 工件檢測比對功能。

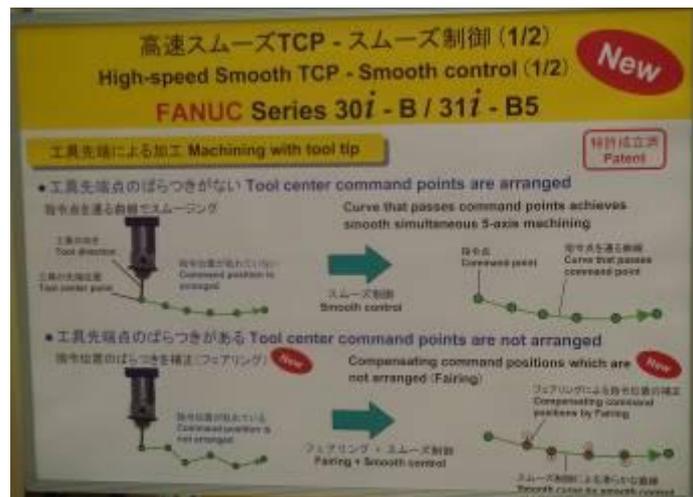


3. CGTech 公司 VERICUT 軟體，以 CNC 加工電腦動畫模擬著稱，特別對於工件材料去除機制分析最精細，主要幫助業者對加工碼正確性驗證及加工主軸防碰撞偵測。今年 VERICUT 軟體強調 CNC 加工最佳化程式(CNC program optimization)以達成更快速加工、更佳工件表面

精度、降低刀具磨耗。如下圖所示加工進給率隨著加工情況改變。



4. CNC 控制器插補技術: 控制器插補技術仍然以 Fanuc 控制器提供資訊為主, Fanuc 控制器 30i 及 31i 系列提供高速加工平滑化功能, 以提升加工效率並維持工件加工品質。如下圖所示將加工刀具中心軌跡從新調整, 以達加工平滑效果。

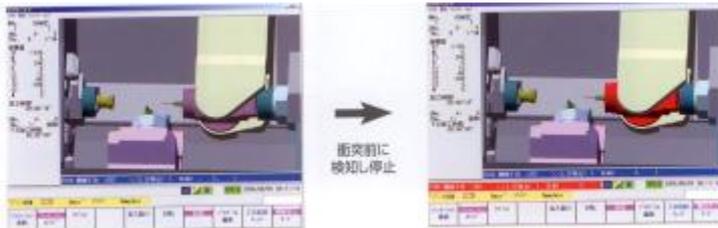


CAD/CAM 軟體可以幫助業者「快速」產生「正確」加工程式(g-code part program), 以生產精確(符合品質)工件。事實上 CAD/CAM 軟體必須有能力搭配不同控制器廠商、不同控制器加工功能作最有效調整, 以發揮工具機最佳效能。為了配合知名控制器廠商所提供先進加工功能, CAD/CAM 軟體朝向多功能及智慧化發展, 如增加直接下載刀具製造商刀具庫資料及加工參數選項, 以達最佳化加工結果、如提供線上加工工件檢測比對結果, 配合控制器直接輸入工件 3D CAD 模型、量測路徑規劃、測頭碰撞干涉、幾何形狀檢測、3D 曲面點檢測、自動報表輸出等功能, 以整合工廠品管(QC)資料庫結果。

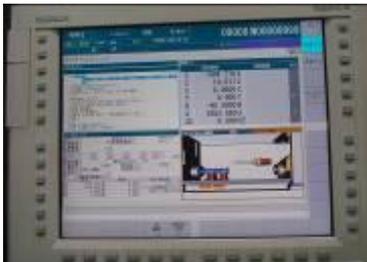
從(另一個)控制器發展角度觀察, 自從控制器 CPU 功能及運算速度逐年提升, 近年來控制器亦朝向智慧化發展並具有線上檢測及加工軟體整合功能。如新型高階控制器(Fanuc,

Mitsubishi, 精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK, and Siemens)提供五軸加工防碰撞功能，以加強加工安全性；加入CAD/CAM軟體繪圖界面(精密工具機公司YAMAZAKI MAZAK, Moric Seiki, and DMG)，以提供友善使用者界面，可以提升操作效率；增加直接下載刀具製造商刀具庫資料及加工參數選項，以達最佳化加工結果。除以上已實際整合於高階控制器之功能，將來會朝向資訊(Information Technology)整合及加工專業知識(knowledge based control)整合。

- ✓ 精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)控制器 - 五軸加工防碰撞功能



- ✓ Moric Seiki 控制器- 擴充加工繪圖界面



- ✓ DMG 控制器- 擴充加工繪圖界面



- ✓ Fanuc 控制器 - 整合影像辨識及 3D 工件檢測功能



3.5. 精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司參訪心得

精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司在美濃加茂由四廠區組成，其中包括機械機

構設計廠、零件加工廠、板金加工廠和組裝廠。產品素以高速度、高精度而在行業內著稱，產品遍及機械工業的各個行業。精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)在全世界共有 9 個生產公司，分佈於日本、美國、英國、新加坡及中國大陸。美濃加茂一場是精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)的世界展示中心及車銑複合工具機的組裝線。此行同時也參觀了精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)鳳凰研究所的地下工廠，該工廠成立於 2008 年，主要用於組裝工作及雷射加工，建構在地下十二米深，沒有任何一個窗戶，不需要大型周邊空調系統，只在外牆與工廠間做了二條寬 45 公分的管道，環繞在工廠，將外面的空氣引進管道，讓空氣調整到合適的溫度後，固定時間將空氣注入工廠。由於工廠的特殊構造設計，工廠內的溫度有可自動調節功能的設計，利用全年 16°C 地下地熱環境，能夠使工廠內溫度保持在 18°C，全年僅有兩個月使用空調。此外，其中整座工廠只有一面牆是供進出貨的管道，利用大型天車調度貨品，並利用氣幕從各角度噴出，形成一道氣幕牆，阻隔室外與室內空氣，並定期地使用戶外新鮮空氣對工廠內空氣進行換氣，可以提高工廠的密封性，及工廠內部空氣的純淨，防止高性能的鏡片和鏡頭的污染，能夠在短時間內進行雷射加工機的裝配，所生產的設備精度大幅提高，且降低許多不必要的清潔成本。是一個既保護環境，又節省能源和保持潔淨的工廠。

從產業結構及行銷策略的角度來看，精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)是一間集團資本總額超過 136 億日圓、員工人數高達 6,300 名的未上市企業。該企業為一家族企業，成立於 1919 年，目前山崎家族第三代為主要經營者。其企業理念標榜「高品質」、「先進性」、「國際性」。事實上，不需要太多說明，從企業訪問踏進工廠迎面展示的**未來型頭盔**、分贈給每位訪客資料之一企業雜誌 **Cyber World** (2001 年創刊目前以 8 國語言對外發行)，以及日本國際工具機展 (JIMTOF) 的**賓士 F1 跑車**，就足以感受到該企業的高品質、先進性以及國際性的經營理念。精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)目前有 9 處生產據點 (日本 5 處，美國、英國、新加坡與中國各 1 處)，以及遍布世界各地的 78 處的技術服務中心，全力支援海外市場。據精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)臺灣公司許有著協理的說明 (此次協助參訪並詳細帶領介紹之人物)，精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)的海外據點不同於其他公司，不僅只是展示機器，也提供適當的技術解決，強調迅速的售後服務，也提供各種訓練等機能。在臺灣方面，以臺中技術中心為核心，藉此連結台北技術中心與臺南事務所，足以迅速對應臺灣相關產業的需求。

3.6 總結

此行主要完成日本國際工具機展及精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司的參訪工作，除了從中學習觀摩各廠商之技術、製品外，從產業策略的角度來看，該工具機展可視為一 B2B 的場域，藉此機會可以觀察到，許多世界級工具機大廠皆大力針對華人市場進行開拓(主要為中國與臺灣，其中中國大陸市場潛力雄厚，居全球工具機市場需求量第一)，並積極導入中文介面、說明冊及華語解說員。從日本產業界的最新動態中，臺灣工具機界應可從中找到可供思考或借鏡的模式。由於現今日本產業界已有公司開始在國際交流方面展現開放的態度，加上地理上的優勢，類似的參訪應多加推廣，期能建立臺灣學術界與日本產業界更緊密之互動。

肆、具體建議：

1. 未來定時參訪工具機展，世界各大工具機業者技術發展重點及未來趨勢，做為國內工具機研發及相關人才培育之依據。
2. B2B 軟體場域的建立：目前除台北國際工具機展的實體展售外，如何推廣並增強工具機 B2B 網路行銷（如健全工具機企業網站：Taiwan Trade Online 等管道），是未來強化外銷市場的重要課題之一。
3. 光學量測及進給系統等相關技術教材之更新與彙整。
4. 進一步舉辦台日工具機技術國際研討會。

伍、攜回資料名稱及內容：

1. 日本國際工具機展（JIMTOF）展覽各公司之型錄

陸、活動照片(具代表性之活動照片 8 張，並簡述相關內容)：

編號 1.

攝於 2012 年 11 月 1 日，照片內容簡述：參訪同仁於精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司前合影



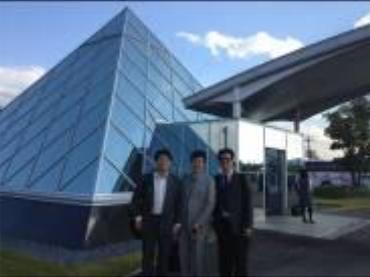
編號 2.

攝於 2010 年 11 月 1 日，照片內容簡述：精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)公司簡報室合影



編號 3.

攝於 2012 年 11 月 1 日，照片內容簡述：蔡孟勳教授、林派臣副教授、任春平教授於精密工具機公司(YAMAZAKI MAZAK)地下工廠前合影



編號 4.

攝於 2012 年 11 月 1 日，照片內容簡述：參訪同仁於名古屋至東京的新幹線上合影



編號 5.

攝於 2012 年 11 月 02 日，照片內容簡述：團員於日本國際工具機展 (JIMTOF) 會場門口合照



編號 6.

攝於 2012 年 11 月 3 日，照片內容簡述：參訪同仁於日本國際工具機展 (JIMTOF) 2012 展場前合影



編號 7.

攝於 2012 年 11 月 03 日，照片內容簡述：第十五屆國際工具機工程研討會會場



編號 8.

攝於 2012 年 11 月 03 日，照片內容簡述：滾珠螺桿機台

