

出國報告(出國類別: 學術訪問)

**參訪加拿大加工技術研究中心
(Canadian Network for Research in
Machining Technology, CANRIMT)**

服務機關: 國立中正大學

姓名職稱: 陳世樂 機械系教授兼前瞻製造系統頂尖研究中心副主任

派赴國家: 加拿大

出國期間: 民國 105 年 7 月 1 日 至 105 年 7 月 18 日

報告日期: 民國 105 年 8 月 15 日

摘要

本次出國主要任務是參訪加拿大自然科學與工程研究委員會 (Natural Science and Engineering Research Council, NSERC) 設立於英屬哥倫比亞大學 (University of British Columbia, UBC) 之加工技術研究中心 (Canadian Network for Research in Machining Technology, CANRIMT)，強化本校「前瞻製造系統頂尖研究中心」與該中心之合作關係。同時，藉此機會收集 CNC 控制技術、加工技術、與精密製造之最新發展趨勢，也希望對本中心執行中或正申請中之多項大計畫有所助益。

目次

項目	頁次
壹、目的	2
貳、參觀訪問過程	2
參、參訪心得	4
肆、具體建議	4
伍、攜回資料名稱及內容	5
陸、附錄(活動相片)	5

壹、目的

此行主要目的為強化本校「前瞻製造系統頂尖研究中心」與 UBC 之加工研究中心 CANRIMT 之合作關係。過去數年來，該中心主任 Yusuf Altintas 教授已來訪本中心數次，對於本中心研究團隊之研究方向與研究成果可說非常清楚。然而，本中心尚未有成員曾拜訪過該中心，對於該中心的研究方向與研究成果並不清楚。申請人擬利用此次機會深入了解該中心，包括其組織架構、願景、運作模式、研發方向與相關成果等，同時也將參觀 Altintas 教授之實驗室。申請人將與該中心成員討論未來合作之具體項目、推動雙方皆有興趣之研發課題，以期強化雙方的合作關係。同時也將藉由此次參訪，了解此國際頂尖製造研究中心，作為本中心之借鏡，強化本校「前瞻製造系統頂尖研究中心」在精密機械領域之教學研究及產學合作之實力。

貳、參觀訪問過程

加拿大英屬哥倫比亞大學之加工研究中心 CANRIMT 與本中心於 2016 年簽約成為國際合作夥伴。該中心是由加拿大自然科學與工程研究委員會所補助設立之頂尖研究中心，地位與本中心相當，研究主題也類似。該中心主任 Yusuf Altintas 教授現擔任本中心之國際諮詢委員，二中心亦於今年(2016) 5 月共同舉辦國際虛擬加工與精密科技研討會 (Virtual Machining and Precision Technology, VMPT 2016)。筆者因此於 7 月參訪該中心，深入了解其研究方向與研究能量，以加強進一步的合作關係。行程非常單純，如下：

七月一日	臺北-香港-溫哥華
七月五日	參訪加拿大英屬哥倫比亞大學之加工研究中心 CANRIMT
其他日期	私人行程
七月十七至十八日	臺北-香港-溫哥華

筆者於 7/1 搭乘國泰航空 CX 467 班機於下午 15:25 出發，於 17:10 抵達香港機場，轉搭加拿大航空 AC8 班機，於加拿大時間 7/1 下午 16:25 抵達溫哥華。筆者是於 7/5 參訪加拿大英屬哥倫比亞大學之加工研究中心 CANRIMT，原本該中心主任 Yusuf Altintas 教授要親自接待，但因受邀至其母國土耳其伊斯坦堡參加國際會議，因此指派研究員 Mustafa Kaymakci 以及二位博士班學生 Daniz Aslan 與 Coskun Islam 來接待。他們帶筆者參觀了該中心之三間實驗室，並詳細解說相關技術。

該中心共有近 20 位研究人員，包括專任工程師、博士後研究員、研究生、以及交換生與訪問學者。該中心致力於 CNC 控制器加值軟體的開發，也就是建立完整的虛擬工具機系統，

過去幾十年來累積不少成果。虛擬工具機系統是指以軟體的型式，建立一台完整的工具機，包括可視覺化的動態模擬、加工行為之數值運算等。換言之，有了虛擬工具機系統，我們可在實機進行加工之前，先在電腦上進行模擬，看其結果是否滿意。若不滿意，我們可對工具機系統進行調整(如更改設計、調整輸入程式、或調整控制參數)，再進行加工模擬。直到滿意後，我們才去進行實機加工(或才去製造實際機台)。虛擬工具機的技术非常重要，也是工業 4.0 的核心技術之一，即虛實整合系統(Cyber-Physical Systems, CPS)的關鍵技術。我們可以說，要實現智慧機械，離不開虛擬工具機技術。

加工研究中心 CANRIMT 在虛擬工具機系統之建立上，是先從基礎的 CAD/CAM 技術出發，建立工具機的幾何模型、運動學分析、插補與加減速技術等。接著，他們開始考慮機台的動態特性，包括結構動態、切削動態、振動分析、刀具顫振、摩擦與背隙影響分析等。然後，他們也加入控制技術，如多軸循跡控制技術等。該中心研究過的機台從簡單的三軸型式，到近期研究五軸工具機與車銑複合工具機等，都有探討。他們都是從基本的物理特性建立起，了解物理特性後，再開發需要的技術。每一項技術都以軟體型式寫成一個模組，再將這個技術模組整合到先前所開發的虛擬工具機系統上。所以，每增加一個技術模組，其虛擬工具機系統就更完整，更接近實際系統，也就更有用。為了驗證其所開發之虛擬工具機技術，該中心之實驗室有各式的工具機與相關的量測設備。他們所開發的每一項技術，都必須以實際機台來驗證，因此其虛擬工具機系統非常精確，已達商用水準。因此，它們也成立一家公司，許多國內外大廠均有採用其軟體。該中心已開發出多個商用軟體系統，包括不少臺灣廠商使用 CutPro 及 MachPro。前者主要提供切削動態模擬，包括頻譜分析、切削穩定性分析等，由此可得到較佳之切削條件。後者則是整體加工行為的模擬，包括加工路徑與加工命令的分析及最佳化等。這些軟體又針對各式不同機台，提供不同模組，供使用者選擇。

除了虛擬工具機技術，該中心最近也開始研究新的技術，例如整合磁浮平台的 9 自由度運動系統。這個系統包含三軸線性馬達，再於其上安裝一 6 自由度的磁浮工件平台。其中線性馬達主要進行大行程的位移，將刀具移動至磁浮工件平台的加工點附近，然後再控制磁浮平台來達到精確定位。其應用主要在於微小加工，或於半導體製程設備上進行微小的精確定位。由於筆者也有進行磁浮系統的研究，因此對於此系統非常有興趣。

加工研究中心 CANRIMT 也與國內外許多研究單位及廠商合作，包括美國密西根大學、德國阿亨大學與漢諾威大學、臺灣工研院與本校等。筆者參觀實驗室時，還看到一台工研院捐贈的百德五軸工具機(搭配工研院控制器)。

參訪行程結束後，筆者進行了一些私人行程，並於 7/17 搭加拿大航空 AC7 班機，於 13:20

出發，於隔天 7/18 之 17:52 抵達香港機場，再轉搭國泰航空 CX 402 班機於 18:40 出發，並於上午 20:25 抵達桃園機場，結束此次的訪問。

參、參訪心得

一、 **由基礎物理機制開發先進製造技術**。如前所述，Altintas 教授所領導的加工研究中心 CANRIMT 所開發的每一項技術，都是從基本的物理特性建立起，了解物理特性後，再開發需要的技術。例如，其刀具顫振的預測技術(即其開發軟體 CutPro 的核心技術)，就是先從基礎的振動學分析做起，包括機台(含進給系統)的結構振動、刀具的振動(與主軸轉速、切深、進給速率的關係)等。最後，再由振動穩定性的理論，得到切削穩定性的穩態切削圖。這種研發模式是我們必須學習的，也是目前臺灣欠缺的。國內各界(產、官、學、研)都太急了，喜歡做熱門的題目，而且希望馬上看到成果。因此流行跳躍式研究，今天做這方面的研究，明天可以做另一方面幾乎不相干的題目，而且不喜歡研究基本的物理特性。因為那些要嘛太難，要嘛已經很多人做過，甚至教科書都有了。因此針對一個技術問題，許多研究都是頭痛醫頭，腳痛醫腳，只解決了表面的問題。其實一項技術要真的有用，就必須從基礎物理機制開始研究，這樣的技術也才能被廣泛應用。所以，我們應該要鼓勵這種從基礎物理機制開始做起的研究。

二、 **持續深耕特定技術領域**。這一點與前一點有關，因為從基礎物理機制開始做起的研究，通常需要較長的時間才能有結果。如前所述，國內的研究氛圍並不鼓勵長期的深耕研究。國內的長期研究計畫最多 5 年，更多的是 3 年。若 3 年沒有太好的結果產出，大概計畫就很難延續，因為大家都太急了。然而，看看 Altintas 教授的例子，他是幾十年都持續在做虛擬工具機技術，才有今天的成果。所以，鼓勵持續、長期、且深耕的研究，是值得國內效法的。

肆、具體建議

一、 **可與加工研究中心 CANRIMT 的合作項目**。該中心最主要的研究方向是虛擬工具機技術，本校也有這方面的研究，可與他們合作。首先，姚宏宗教授的研究與其有密切相關，但有互補性，非常適合與該中心合作。姚教授主要將 CAD/CAM 技術往不同應用延伸，包括數位牙技、鞋模等。而 Altintas 教授則主要針對工具機的機台特性，進行模擬與最佳化。其次，高永洲教授目前正進行刀具的切削動態分析，這是 Altintas 教授團隊還未完成的部分，也可與之合作。另外，筆者的多軸多單節的 S-型加減速規劃研究也是其虛擬工具機技術所需。

另一方面，該中心在運動控制方面著墨較少，而本校有較強的運動控制團隊，可與其合作。例如，筆者的多軸循跡學習控制技術，應可整合進其虛擬工具機系統中。

二、 **學習加工研究中心 CANRIMT 的運作模式。**該中心的研究除了研究生與博士後研究人員外，很重要的成員是所謂研究工程師(Research Engineer)也就是技術人員。如前所述，他們每一項技術都以軟體型式寫成一個模組，再將這個技術模組整合到先前所開發的虛擬工具機系統上。一般來說，研究生與博士後研究人員只負責技術開發，軟體模組與虛擬工具機系統的整合是由研究工程師負責，相當於將其技術商品化。本校前瞻中心目前最欠缺的就是技術人員，協助老師與研究生將技術包裝，並轉移給廠商，這是未來我們應改善的地方。

伍、攜回資料名稱及內容：

一、 加工研究中心 CANRIMT 的簡介與技術資料。

陸、活動照片(具代表性之活動照片 3 張，並簡述相關內容)：

編號 1. 攝於 2016 年 7 月 5 日，照片內容簡述：筆者與 Altintas 教授博士班學生 Daniz Aslan 與 Coskun Islam 合影



編號 2. 攝於 2016 年 7 月 5 日，照片內容簡述：該中心以平板電腦及掃瞄機進行工具與零件的借用管理



編號 3. 攝於 2016 年 7 月 5 日，照片內容簡述：該中心所開發的磁浮平台

