

出國報告（出國類別：國際會議）

第十三屆 CIRP 電腦輔助公差國際會議
(CAT2014)

服務機關：國立中興大學

姓名職稱：蔡志成/副教授

派赴國家：中國

出國期間：103年5月11日～5月14日

報告日期：103.6.8

摘 要

2014年第十三屆國際生產工程學會電腦輔助公差國際會議（13th CIRP CAT2014）為公差工程領域國際上唯一的兩年一度盛會，今年的會議於中國杭州之浙江大學舉行。CIRP總部設於歐洲，為國際公認在生產工程相關課題前瞻性研究最為深入之組織，本會議是CIRP二年一度也是全球唯一針對公差設計、分析、量測以及生產規劃與控制相關理論與技術的國際性會議，該會議每年皆吸引來自全球有關公差工程相關領域之學者以及業者專家數百人參與，筆者於1999年至2014年每次皆參加該會議，為國內多年來唯一在該會議口頭發表論文者，亦為十數年來每一屆皆在該會議連續發表論文唯一的亞洲學者。

CIRP的會議品質廣為一般所肯定，且會議發表之論文經篩選後刊登於由Springer出版之高品質國際會議期刊Procedia CIRP，論文被列入EI Search資料庫，供全世界查詢，能在此會議中發表論文，對我國際學術合作之推展與國際學術地位之提昇有相當大的助益，且國人能持續在此會議中發表論文，對保持我國在此領域之國際學術地位有重要影響。

目 錄

摘 要	i
一、前言	1
二、參加會議經過	2
三、與會心得	7
四、具體建議	8
五、攜回資料名稱及內容	10
六、致謝	10
七、活動照片	10

出席國際學術會議報告

103 年 6 月 8 日

報告人姓名	蔡志成	服務機構及職稱	國立中興大學機械工程學系副教授
會議時間與地點	2014 年 5 月 11 日至 5 月 14 日 中國杭州 浙江大學		
會議名稱	(中文) 第十三屆 CIRP 電腦輔助公差國際會議 (英文) 13 th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing; CAT2014		
發表論文題目	(中文) 以分群隨機組裝減少公差累積 (英文) Reduction of tolerance stack-up by grouped random assembly		

一、前言

2014 年第十三屆國際生產工程學會電腦輔助公差國際會議 (13th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing; CAT2014) 為公差工程領域國際上唯一的兩年一度盛會，今年的會議於 2012 年即已規劃 2014 年於中國杭州之浙江大學舉行。浙江大學曾被英國學者李約瑟譽為「東方劍橋」，為中國 211 工程與 985 工程重點大學，在中國大學排行榜中 (武書連版) 自 2011 年開始連續三年位居榜首，歷任校長不乏知名學者如曾任教育部長的蔣夢麟，以及程天放、竺可楨等人。本次會議由該校機械系之計算機輔助設計與圖形學研究所辦理，該研究所為中國政府設立之國家重點實驗室，為國際知名之電腦輔助工程研究單位。

由於公差工程技術極為重要，所以以歐盟先進國家為主國際知名的國際生產工程學會 (The International Academy for Production Engineering; CIRP) 其 Scientific Technical Committee 一直是推動這會議的主要力量。CIRP 總部設於歐洲，為國際公認在生產工程相關課題前瞻性研究最為深入之組織，本會議是 CIRP 二年一度也是全球唯一針對公差設計、分析、量測以及生產規劃與控制相關理論與技術的國際性會議，該會議每年皆吸引來自全球有關公差工程相關領域之學者以及業者專家數百人參與，本人於 1999 年至 2014 年每次皆參加該會議，為國內多年來唯一在該會議口頭發表論文者，亦為十數年來每一屆皆在該會議連續發表論文唯一的亞洲學者。

筆者長期以來持續在公差工程領域之課題進行研究，根據本年度會議 CAT2014 keynote 演講所顯示的統計，計畫主持人雖然在 1999 年才開始參加此由 CIRP 主辦兩年一次之 CAT 國際會議，但在該會議發表的論文累積數量為前 10 名內，是台灣也是亞洲唯一進入前 30 名的學者，也讓台灣在此全球先進國家主導的研究領域中居第 12 位 [Garaizar et al., 2014]，亦顯示筆者已是國際上公差工程領域的主要專家之一。

因 CIRP 是國際上有關生產工程技術包括各式傳統與非傳統加工方法、工具機以及產品設計製造等課題最為權威的機構，並且由於公差是貫穿產品生命週期各階段的重要課題，因此 CIRP 特別成立委員會進行相關課題的探討與研究，同時每兩年舉辦一次國際研討會，匯集國際上相關學者專家，聚於一堂研討各

家的研發成果。也因為其重要性，所以這個會議過去多年分別在以色列、美國（三次）、法國（三次）、日本、加拿大、荷蘭、德國、英國等基礎工業技術先進的國家舉行。今年會議於 2014 年 5 月 11 至 14 日在中國杭州之浙江大學舉行，由浙江大學機械系主任唐建榮教授擔任主席，且由英國 University of Huddersfield 的 Prof. X. Jane Jiang、法國 ENS Cachan-Paris 的 Prof. Luc Mathieu 以及德國 University of Erlangen-Nuremberg 的 Prof. Albert Weckenmann 三位 CIRP 的會員擔任共同主席，並網羅其它 49 位各國在此領域知名的教授擔任 International Science Committee。

CIRP 的會議品質廣為一般所肯定，且會議發表之論文經篩選後刊登於由 Springer 出版專門刊登 CIRP 主辦之高品質國際會議期刊 Procedia CIRP 全球販售，論文被列入 EI Search 資料庫，供全世界查詢，近年來則有部分論文經推薦轉投 SCI 期刊，能在此會議中發表論文，對我國學術合作之推展與國際學術地位之提昇有相當大的助益，且國人能持續在此會議中發表論文，對保持我國在此領域之國際學術地位有重要影響。

二、參加會議經過

今年會議於五月 11 至 14 日在中國杭州舉行，筆者先搭乘由桃園直飛杭州的班機，隨後全程參加會議與議程之論文發表與討論，會議結束後搭班機返台，於五月 14 日午夜返抵家門。

本年度會議聚焦於公差標準（尤其是 ISO 國際公差標準）、設計與製造之公差、產品生命週期之公差管理、公差與品質工程、公差驗證與量測以及數位設計之功能公差，除過往以公差標準、公差設計分析、公差配置、公差量測、公差製程管理等主要領域之外，亦延伸到其它相關的跨領域議題。研討的主要議題包括下列各主題：

- **Specification and Standardisation/ej/ 規格與標準**
 - Tolerance specification of ISO GPS system/公差規格與 ISO GPS 系統
 - Tolerance system and management/公差系統與管理
 - Specification uncertainty of tolerancing design/規格不確定性與公差設計
 - E-learning and training/E-learning 與訓練
- **Tolerancing in Design/Mfg Processes/Product Life Management/公差於設計、製造與產品生命週期管理**
 - Tolerance modeling/公差模型
 - Statistical tolerancing/統計公差
 - Tolerance analysis and synthesis/公差分析與合成
 - Tolerancing for assembly/組裝公差
 - Tolerancing for flexible parts/撓性元件公差
 - Tolerancing for maintenance, disassembly and recycling/公差與維修拆卸及回收

- Micro and nano tolerancing/微奈米尺度公差
- **Quality Control, Verification and Metrology/品管、驗證與量測**
 - Modeling and measuring geometrical deviations/幾何偏差模型與量測
 - Standardisation and verification/標準化與驗證
 - Computational geometry/計算幾何
 - Measurement uncertainty/量測不確定性
 - Micro- and nano- metrology for tolerancing/公差之微奈米尺度量測
 - Measurement of gap width, non rigid parts, flexible assemblies/間隙、非剛體與撓性體之量測
- **Functional Tolerancing in digital design/數位設計之功能公差**
 - Modelling and computational geometry/幾何模型與計算幾何
 - Functional Tolerancing and simulation/功能公差與模擬
 - Tolerancing in Cloud manufacturing/公差與雲端製造
 - Tolerancing in digital design/公差與數位設計
 - Functional tolerance analysis/功能公差分析

國際上公差工程領域的知名大師，除日本的 Kimura 及法國的 Clement、Giordano、Bourdet 已退休或接近退休的資深教授未能出席本次大會之外，包括大會的三位共同主席，美國的 V. Srinivasan、J. Davison、E. Morse、J. Shah，法國的 N. Anwer、L. Pierre、V. Detos，德國的 B. Schleich、M. Walter、義大利的 G. Moroni 以及瑞典的 R. Soderberg 以及筆者等，皆親自參與會議並發表論文。今年參加會議者除中國學術界與工業界人士外，還有來自世界各地包括德國、美國、台灣、法國、義大利、加拿大、葡萄牙、瑞典、挪威、日本等共 10 個國家以及香港地區對公差技術有深入研究的學術界及產業界人士前來參加研討會，由於國內從事公差相關課題研究的學者不多，加上會議所收納的論文有限，因此國內學術界僅有筆者與指導學生共同著述的論文發表，至於亞洲國家除主辦的中國之外則與多年來的情況相同，僅有來自日本以及香港各一篇論文發表。本年會議的議程共分為 10 個 Keynote Speeches 以及 8 個場次共計 62 篇論文發表，每篇論文含問答有 15 分鐘可發表和討論，會後亦選出最佳論文獎及最佳 presentation award，議程極為充實。

本年度大會開幕時由大會第一共同主席 Prof. Jiang 主持開幕，隨後由主辦單位浙江大學吳朝暉副校長及大會主席唐建榮教授致歡迎詞，接著由共同主席 Prof. Mathieu 致歡迎詞並簡介 CIRP 之組織與歷史。圖 1 與圖 2 為大會開幕式時 Prof. Jiang 及吳副校長致詞之一幕；圖 3 與圖 4 則分別為大會主席唐建榮教授致歡迎詞以及共同主席 Prof. Mathieu 致詞並簡介 CIRP 之組織與歷史，隨後與會人員至會場外合影，如圖 5 所示。

隨後由法國的 Prof. Luc Mathieu 擔任第一場 keynote speech 演講的講員，其講題為“Exploring the proceedings of the Computer Aided Tolerancing CIRP Seminars and Conferences: A Scientometric Analysis”，他根據過去 25 年來共 12 屆

的CAT會議的統計資料，分析CIRP CAT會議的特性，其一是CAT會議主題的變化，由tolerancing and dimensioning of mechanical parts 一路演變functional tolerances, uncertainty and standardization, integration of tolerancing procedures in the CAD/CAM environment, assessment of geometrical errors of CMMs 到近年的algorithms for analyzing workpiece data，這些課題也大都在CIRP Annals發表並討論，也顯示出這25年來產學需求的調整。

其二是CAT會議論文數量逐年成長，由當年第一屆的18篇成長到上一屆的68篇，一度高達81篇，累計超過500篇，大致呈指數函數成長，是全球關於公差工程最大也最為精闢的國際會議。其中論文經篩選後出版的統計數據更顯示來自全球31個國家的論文中，第一位的法國以164篇遙遙領先其他國家，其次的美國、德國、義大利、加拿大等國家的研究論文也相當多，再其次的中國、以色列、日本、瑞典、英國以及並列第11位的台灣和波蘭歷年的論文數量大約相近，報告中特別以「台灣」單獨列出，顯示台灣在公差工程領域的研究能和上述先進國家並列，受到國際極大的重視，如圖6所示。值得一提的是，台灣這10篇論文皆出自筆者，統計資料顯示筆者因多年來在CAT出版了10篇論文，在共650位作者中名列論文貢獻作者前10名，也是亞洲唯一進入前30名的學者，亦顯示筆者十多年來的耕耘已是國際上公差工程領域的主要專家之一，此名單也引起現擔任中國國家數控系統工程技術研究中心首席科學家也是華中科技大學教授李振瀚博士的注意，在會議茶敘期間特別與筆者討論相關課題。第三個重點是跨國研究的論文，主要是美國-以色列-德國、法國-加拿大、法國-阿爾及利亞、美國-南韓、美國-以色列、義大利-丹麥以及英國-中國間的國際合作研究，其中還是以法國18篇最多，美國和以色列分別以13篇及7篇領先其他國家。而根據Google Scholar的搜尋結果，歷年來正式出版的480篇論文中共有342篇被引用，至會議截止前，共被引用2757次，也顯示該會議論文的可見度與具參考性。最後Mathieu教授分析歷年論文的關鍵詞(key words)，統計顯示tolerancing與tolerance analysis是使用做多的關鍵詞，其他的關鍵詞包括tolerance synthesis、tolerance、uncertainty、dimensioning、assembly、GPS、CAD、TTRS等都是常用的關鍵詞，對此他認為關鍵詞主要分為執行面的作法與分類面的領域兩大類，但有許多論文是跨領域的，例如公差分析可又關係設計、製造與產品，根據他統計的結果顯示，產品生命週期管理、設計、製造與量測是四個主要的分類領域，因此他也提出公差工程領域應儘速制訂關鍵詞以利分類與搜尋。

第二場keynote speech由圖7所示任職於美國Arizona State University之Jami Shah教授演講“Automating Tolerancing of Mechanical Assemblies: DARPA Crowdsourcing Experiment”，其演講內容是他和同事Davision主持美國國防部DARPA支持的一個計畫探討機械產品如何使用公差規格與資訊，該計畫公開對外募集合適的機械產品供研究使用；有趣的是後來他們選用海陸兩棲登陸艇/車作為探討對象時，竟然發現資料中即使有標示公差規格也沒有使用這些規格進行進一步的設計分析或是生產製造、組裝檢測之用，故需進一步探討如何使用

公差資訊於設計分析以及後續之製造生產與檢測使用。Shah 教授在他和 Davision 教授研發的 CAD 系統中經多年努力已逐步建置 T-Map 以及 M-Map 以支援設計之公差標示、接觸分析、誤差分析、運動分析等功能。演講後筆者首先提問，請他分享在他們在筆者多年前即已開始探討的接觸條件與組裝條件對機構運動與結構精度影響以及公差分析時多重尺寸鏈等議題的研究心得。

在短暫的茶敘後，接著是英國 University of Huddersfield 的 Paul Scott 教授演講 “Freeform surface characterisation: theory and practice”，由於他是量測背景的研究者，所以演講是討論以不同的數學方法來描述 free form surface，除常見的 decomposition 例如 filtering 外，其他技術包括以 polynomial eq. 或 differential eq. 等方法來進行，前者如常見的 B-spline surface, NURS 等，而後者在描述 diffusion 及 heat transfer 時常用，也適合用來描述 free form surface。最後他提出 two stage matching 的方式，也就是先做 rough matching 以 decomposition/filtering 粗估，在由其 residue 作 fine matching，圖 8 所示為其演講之剪影。

第四場 keynote speech 由圖 9 所示大會主席浙江大學機械系唐建榮教授演講 “High quality equipment design: innovation and product”，演講內容主要在於說明精密設備之精度如何在設計時配置，唐教授也提及，對精度有影響的重要因素還包括熱變形以及受力變形，此課題在公差工程領域稱為 error budget 或 tolerance allocation，筆者近年來已有相關研究成果，並應用於工具機及關鍵組件之公差配置。

第二天亦有多場 keynote speeches，包括在中國的 CIRP 會士也是南京航天大學前校長朱劍英教授主講 “7 Technologies where China has the US beat”，由前美國能源部長朱隸文 (Steven Chu) 在 2008 年提到中國有 7 項領先美國的工程技術說明這 7 項技術近期的進展，主要內容摘錄如下：

1. 超高電壓傳輸技術 (UHVT technology)：中國自早年為了全國電力的輸送即已發展 UHVT 技術，包括近期建築一條由 1300 哩外的西南水力發電輸送到上海的 UHVT 線路，這些 UHVT 所輸送的功率以及效率較美國目前的輸送電網為佳。
2. 高速鐵路技術 (HRS technology)：第一條北京到天津的高鐵為 joint venture，但 2010 年通車由上海到杭州的第三條高鐵路則是自行建造的，2011 年通車的第四條北京到上海高鐵路則為自行設計的，2010 年起已開始建造車廂，目前全國已有全球最長的高鐵路。而根據日前工程院院士鐵道專家王篤恕透露，規劃中尚有四條國際型的跨國鐵路，包括連接南亞國家的南亞高鐵路、聯絡歐洲的中歐高鐵路、連接歐洲的聯歐高鐵路以及連接俄美加的中俄美加高鐵路 (China-Russia-Canada-America HSR)。此外，2006 年曾與德國 joint venture 在上海建造全球第一條商轉的磁浮高鐵路。
3. 煤礦技術 (coal technology)：中國有廣大煤田，目前正在建立液化煤 (coal to liquid) 綠色技術。
4. 核能技術 (nuclear power technology)：目前有 16 座運轉中，建造中的超過 30 座，目前正開發二次沸水反應器

5. 使用替代能源的車輛技術(alternative energy vehicle): 特別指電動車, 且中國目前 e-bike 正大量使用中。
6. 新能源技術(new power technology): 包括(1)大型水力發電(例如三峽大水壩); (2)風力發電超過美國為全球第一, 約為 27%; (3)太陽光熱電, 2010 年太陽能板生產全球第一(台灣第二、日本第三), 約佔 40%。
7. 超高速計算技術(supercomputing technology): 自 2010 年中國國防科技大學開發 Tianhe-1A(天河一號)超級計算機以來, 中國的超高速運算計算已超越美國、日本、德國等國家, 領先全球。

朱校長認為中國的製造技術將更可支援這些技術持續領先全球, 演講內容對於中國學者與聽眾甚有鼓舞效果, 圖 10 為其演講之剪影。

接著由任職英國 University of Huddersfield 也是大會第一共同主席的 Prof. Jane Jiang 演講“Embedded surface measurement”, 討論其研究應用之近期進展, 蔣教授專長再精密量測, 因此其應用領域包括 machine tool, aerospace, energy generator, astronomy and bio-engineering 等, 他也在演講中舉例說明如何利用物理原理延伸及開發新的量測儀器, 圖 11 為其演講之剪影。

此外, 任職美國北卡大學機械系的 Prof. Edward Morse 亦應邀發表一場 keynote speech “The Interaction of Population Specifications with Statistical Specifications on Individual Features”, 其演講中首先表示北卡大學的 CPM (center for precision metrology) 有個 ERC 並建立工業的聯盟, 至於演講主題主要在於說明 ISO TC213 WG14 之 draft, 也說明 ASME Y14.5M-1994 開始使用 statistical tolerance (ST), 在 ASME Y14.5 2009 稍微更新。ISO DIS 18391 有類似標示規範, 但有更多資訊。但回到 ST 的意義, 其中有些符號可能被誤解了, 例如 SM 為 median, 但直徑量測常常不通過圓心, 他舉一簡單例子顯示解讀不同則結果亦不同。演講指出, 統計分佈常常基於 normal distribution 的假設, 但若以 Relay distributeon 而言, 製程能力與良率將會不同, 圖 12 為其演講之剪影。

另一場 keynote speech 由任職於美國 NIST 之 Dr. Vijay Srinivasan 演講“A Portrait of the ISO STEP Standards as an Enabler of Smart Manufacturing Systems”, 其演講乃延續其兩年前在英國演講公差規範經過數十年的使用後所發現的不足之處, 故需重新檢視其完整性與一致性, 本演講主要在於報告近兩年之進展。演講說明近期 digital manufacturing 需要使用 digital model, 而 digital model 最基本的是要 CAD 系統有 digital model 的 representation 尤其發展中的 smart mfg. system 更需要建置在 digital model。但目前 CAD 的 STEP file 缺乏 GD&T 的資料, 需要進一步建置。ISO 有數個委員會進行相關的國際標準制訂中, 與公差相關的主要有下列幾個: (1)ISO TC213: Dimensional and Geometrical Product Specifications and Verification(GPS), ISO 1101, ISO14405, for Basic definitions; (2)TC10: ISO 16792, for 3D presentation; (3)TC184/SC: ISO10303, for 3D representation; (4) STEP AP242: Managed Model-based 3D Engineering; (5) ISO STEP PMI representation standard is an enable of smart manufacturing; (6) ISO TC184 on tolerance standard。也說明近年來與公差相關的 ISO 規範, 圖 13 為 Dr.

Srinivasan 演講之剪影。

接著 Dr. Srinivasan 演講是主辦單位浙江大學機械系曹衍龍教授(Yanlong Cao)的 keynote speech “Geometrical Simulation of Multi Scale Tolerance Surface with Consideration of the Tolerancing Principle”。他先說明浙大的 CAT 研究團隊於 1980 年代由吳昭同 (Wu Zhaotong) 教授開始，自 1990 開始獲得國家科委會重點計畫之長期支持。目前研究重點包括：Tolerance representation 與 manufacturing tolerance。其演講重點在於 surface deviation 可表示為 Dimensional deviation + locational deviation + waviness + surface roughness，其中前兩項由量測來計算 deviation factors，圖 14 為其演講之剪影。

最後一位 keynote speech 是杭州科技大學的劉世元(Shiyuan Liu)教授，其演講為 “Mueller Matrix Ellipsometry: A powerful tool for Nanostructure Metrology”，劉教授為杭州科技大學 Nanoscale and Optical Metrology 研究群之教授，本演講主要報告其研究之 Optical Scatterometry 的進展，主要由輸入波 forward model 使用 Maxwell eq. (PDEs)而量測之輸出 data 為 Muller matrix，由此輸入與輸出數據之特性計算 Jones Matrix 來計算量測之結果。其團隊發展快速高效率之計算法則(algorithm)來計算量測之結果。報告中也說明如何估算量測之誤差，並舉例說明其與 SEM 量測之比較。其方法在近期日漸成長的奈米結構量測可發揮其效果，圖 15 為其演講之剪影。

本會議各篇論文內容甚為精闢，因此兩場次同步進行時有許多聽眾趕場聽論文發表，參加會議人員在會議中大都全程出席，研討極為熱烈。筆者與學生發表的論文分別被安排在第一日 keynote speech 後第一場次，該場次 Functional Tolerancing in digital design 發表的 8 篇論文除筆者來自台灣外，其餘論文作者分別來自美國、英國、義大利、德國、中國、中英合著以及中法合著各一篇，許多與會者聆聽論文發表並發問問題，由發表者一一答覆，圖 16 即為筆者在該場次發表論文時之一幕。

此外會議中筆者亦藉休息與聚餐時間與多位國際人士交換研究心得，由於本次會議有許多參加人員來自歐洲各國，筆者有機會與這些與會者討論其研究與產學合作情況，獲益非淺，圖 17 為筆者於休息討論時段與多位與會學者討論及合影。至於下一屆 CIRP CAT2016 也推選在瑞典 Chalmers 大學舉辦，主辦者該校 Product and Production Development Dept.的系主任也是公差領域資深教授 Prof. Rikard Soderberg 也親自與會，介紹該校狀況及會議場地，並鼓勵大家踴躍參加兩年後的 CAT2016 會議。

三、與會心得

由於 CIRP 電腦輔助公差國際研討會傳統上即為一國際會議，筆者在會場上亦碰見多位以往在不同會議場合相遇之學者，例如美國 NC State University 之 Morse 為與筆者多年來在 CIRP CAT 會議於同一場次發表論文之學者，彼此相

識熟知多年；另外諸多國際知名學者專家，例如法國的 Prof. Mathieu、Prof. Anwer、英國的 Prof. Jiang、美國的 Prof. Davidson、Prof. Shah、Dr. Srinivasan 以及中國的李柱教授等人也都在議場與大家討論交換意見，充分達到學術交流之目的，其中多位元與筆者常在相關的國際會議碰面，休息時間大夥碰面寒暄，格外親切，圖 16 所示為大會其間筆者與多位舊識及本次會議認識的學者於休息時間寒暄之合影。參加此會議除參與研討對於瞭解由不同觀點探討公差之看法有甚大助益，同時此會議大部分知名學者會親自出席，有機會與其交換意見往往是更大收穫，實值得鼓勵國內學者參加。

由會議發表的論文可看出歐洲各國，尤其是法國與德國投入大量人力從事公差技術的研究及發展，其涵蓋的層次由基礎的理論發展到工業界的實際應用皆有，美國則偏重於基礎的量測相關技術與理論發展，此部份集中在 NIST 的 Srinivasan 以及在 NCU 的 Wilhem 與 Morse，至於 BYU Chase 的研究群以及 ASU Davidson 與 Shah 的研究群則偏重於工程應用以及 CAD 工具的發展，而以機械工程技藝領先的德國與瑞士則以 University of Erlangen-Nuremberg 的 Weckenmann 探討功能公差及其在產品生命週期的角色為主；至於英國則以公差及誤差量測為主，包括 University of Huddersfield 的 Jiang 以及 University of Warwick 的 Whitehouse 為主導。亞洲國家中以筆者多年來從事公差分析、設計與製造課題研究以及相關電腦工具之發展為主，日本與韓國在本次會議則沒有論文發表，但日本的 F. Kimura 教授著重在如何應用公差資訊於 CAD/CAM 中，韓國標準與技術研究所 (KIST) 近年來亦積極涉入公差工程的研究，中國則以浙江大學為大本營，於 1980 年代由吳昭同教授組成團隊開始進行相關課題研究，並自 1990 開始獲得國家科委會重點計畫之長期支持，已有相當多研究成果，近 20 年來因中國成為國際生產製造基地，公差與功能、品質的課題已逐漸浮現，近年來也投入大量的資源進行研究，上次會議已有 9 篇論文發表，也因為如此，今年的 CIRP CAT 才在中國舉行。

四、具體建議

這次參加會議碰到許多中國學者，令筆者驚訝的是有多位學者認識筆者，細問之下才知道包括公差標註、公差與量測檢驗、製程規劃與公差等這些課程在中國是許多本科生(大學部學生)包括機械系、精密儀器系、模具系等與精密機械相關的科系必修的課，但因為教材較少，所以許多教師從網路下載筆者授課的講義使用，也因此多位學者在本次會議中頻頻與筆者打招呼，令筆者受寵若驚，但這也顯示國內在公差領域課程相對不被重視，對於歐美各國以及中國對公差課題與知識的重視，國內也應討論是否需要強化。至於公差課題的研究，如前所述，浙江大學自 1990 年代就在中國政府重點支持下投入大量資源(人力、時間、經費)進行研究，而在國內除筆者進行公差工程在產品生命週期各階段之應用已有超過二十年經驗，另有台科大鄧昭瑞教授進行探討製造公差累積在加工製造的應用研究，但未見新近學者在此領域的興趣與表現，國內若想在公

差技術領域佔一席之地，提昇我國亞太製造中心的地位，應再投入更多資源支持產學進行研發，並鼓勵年輕學者投入才有機會。

CIRP 是國際上有關生產工程技術最為權威的機構，其研究與發展的目標以實務為主，因此在產品設計與製造領域中許多學者專家以其論文能在其刊物上發表為榮。然而 CIRP 是以歐洲國家為主體，並採取代表制，每個地區僅有少數代表，例如亞太地區的代表近年來雖逐漸增加但仍僅有極少數。一般性論文若要在其會員大會(Assembly)中發表往往需要地區代表推薦才可以，也由於這種較為封閉的特性，國內學者專家的論文甚少在其刊物上刊登，更遑論參加其主辦的研討會。據筆者的瞭解，雖然國內學者過去論文的發表以理論研究為多，論文發表也以美洲的刊物為主，但 CIRP 刊物所刊出的論文具相當的權威性，也往往為其他論文所引用，雖然多年來亞洲國家除筆者之外極少見到其它的論文，但因 2014 年的大會在中國舉行，故 2012 年來自中國的論文共計 10 篇，筆者在當年遇見在中國極富盛名的中國精密量測學會前理事長李柱教授親自與會，今年在會中再次見面，與之相談甚歡，顯見此會議的重要性，因此參與其活動不但對於提昇我國之學術聲譽有莫大助益，也直接提高我國在生產技術研究領域的影響力，國內學者專家參加類似 CIRP 這種國際性重要會議應值得鼓勵。

由於 2014 年的大會經瑞典和中國爭取後決定在中國舉行，一方面是中國近二十年以轉變為國際生產製造基地，一方面是本研討會甚少有機會在亞洲舉行，筆者曾私下詢問過之前在法國舉辦大會的主席 Prof. Giordano 申辦 CAT 會議的條件為何，他告訴我說是要有一群人共同合作辦理，不僅是行政業務，也包括各議程與主持人的安排，當然更重要的是要 CIRP member 的支持，他特別提到他自己雖不是 CIRP 的會員，但 CIRP member 的 Mathieu 具有很大的影響力，上次他會主辦主要也是 Mathieu 的大力支持，更不用提 2012 年和今年的大會主席 Prof. Jiang 自己即是 CIRP 的 member。以今年主辦的浙江大學機械系為例，全系現有教職工 176 人，其中教授 47 人，副教授 51 人，博士後研究人員 39 人。教師中有國家科學院及工程學院兩院院士 1 人、中國工程院院士 1 人；國家“千人計畫”1 人等國家級與省級傑出教授多員。機械系還包含機械電子控制工程研究所、工程及電腦圖形學研究所、機械設計研究所、現代製造工程研究所等四個研究所，該系下屬流體動力與機電系統國家重點實驗室、國家電液控制工程技術研究中心、浙江省先進製造技術重點實驗室，其機械工程為國家一級重點學科，也是一級學科博士點，二級學科博士授予點包括機械電子、機械設計、機械製造、車輛工程、工業工程（自主）五類，碩士授予點則包括機械電子、機械設計、機械製造、車輛工程、工業工程、航空宇航製造工程、精密儀器機械七類，本科專業則有機械工程及自動化、機械電子工程、工業工程三類，且機械設計為浙江省重點學科，也是國家工科基礎課程工程製圖教學基地、機械工程國家級實驗教學示範中心、浙江大學工程訓練中心實驗教學示範中心、浙江大學機械設計競賽基地、浙江大學學生創新實驗室、機械工程實驗中心，該系的規模甚至比台灣一個工學學院還大，研究與教學資源更是遠超過台灣一般工學院的規模，也難怪 CIRP 的 member 願意選擇由該系主辦本年度的 CAT2014。

至於公差工程與技術的教學研究資源，筆者以法國為例，除了兩年一次的 CIRP CAT 國際研討會之外，另有以法國產業界及教育界為主的公差技術研討會 JET，此研討會現在在法國已經是一常態性研討會，顯見法國認為未來數年甚至數十年，公差技術將是產品設計與生產使用的關鍵，所以法國投入相當多的人力與資源進行研究、探討以及技術與工具的開發，尤其是將公差技術融入 CAD/CAE/CAM 軟體的技術，將可預見的未來十年內，法國將是掌握公差技術最主要的國家，台灣應該注意此發展趨勢，及早結合相關人力，投入適當資源進行相關技術研發與人才培育。

筆者近年曾多次參加國際性學術會議，但本質與議程進行上皆與此次會議不同，一方面這是專門針對公差技術與工程的會議，而公差所引發的問題涵蓋產品功能、設計與分析、生產製造、組裝以及檢測，甚至出廠後的使用與服務等過程都受其影響，是產業界與學術界亟需解決的課題，因此此會議集全球從事該領域研究的學者與專家共聚一堂研討，大家有較為集中的共同課題討論，所以與會者皆全程參與；另一方面是主辦單位的作業周全，除將資訊上網讓大家清楚整個會議的安排與交通及住宿之外，會議中餐的安排妥當讓與會者可專心參與研討，都是研討會成功的重要因素，頗值得國內單位辦理國際研討會參考。

五、攜回資料名稱及內容

1. 研討會論文摘要集以及會議論文集各一份。
2. 浙江大學簡介一份。

六、致謝

本次出國參加會議之經費承本校研發處補助赴中國大陸參加學術活動補助經費 2 萬元，其它由筆者計畫節餘款及機械工程學系提供經費補助，使得此次出國參加會議以及交流得以成行且獲益良多。

七、活動照片



圖 1：本次大會第一共同主席 Prof. Jiang 於開幕式致詞



圖 2：主辦單位浙江大學吳朝暉副校長於開幕式致歡迎詞



圖 3：大會主席唐建榮教授致歡迎詞以及其參加研討會之神情



圖 4：大會共同主席 Prof. Mathieu 致詞並簡介 CIRP 之組織與歷史



圖 5：主要與會人員於會場外合影

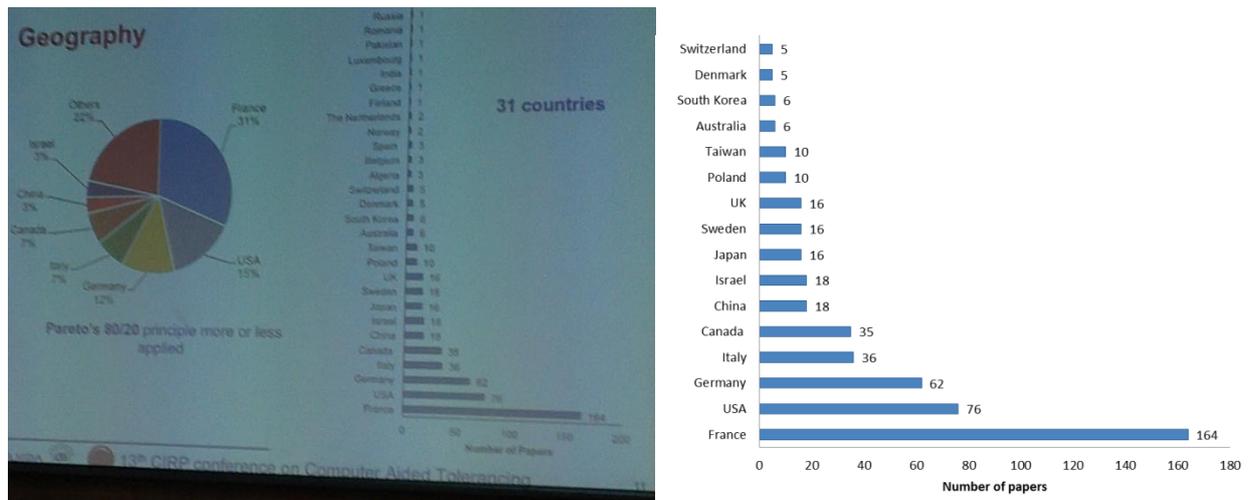


圖 6：Prof. Mathieu 於第一場 keynote speech 演講時展示歷年來 CAT 論文來源之統計資料，台灣與波蘭並列第 11 名，與先進國家並列



圖 7：Prof. Shah 於 keynote speech 演講時分享其探討產品如何使用公差資訊



圖 8：Prof. Scott 於 keynote speech 演講時探討如何表示 free form surface



圖 9：唐建榮教授之 keynote speech 演講探討設備之精度配置



圖 10：CIRP 會士南京航天大學前校長朱劍英教授之 keynote speech 演講剪影



圖 11：Keynote speech Prof. Jiang 之 keynote speech 演講剪影



圖 12：keynote speech Prof. Morse 演講之剪影



圖 13：keynote speech Dr. Srinivasan 演講之剪影



圖 14：keynote speech 曹衍龍教授演講之剪影



圖 15：keynote speech 劉世元教授演講之剪影



圖 16：筆者發表論文之剪影



圖 17：筆者於休息討論時段與與會學者討論及合影，包括浙江科技大學李柱教授、CIRP 會士南京航天大學前校長朱劍英教授、太原科技大學王曉慧教授及王伯平教授以及華中科技大學李振瀚教授等人討論及合影