

出國報告 (出國類別：出席國際會議)

參加2007年IEEE醫學影像年會暨赴日本濱松光子學株式會社驗證軟體性能

服務機關：行政院原子能委員會核能研究所

姓名職稱：詹美齡 副研究員

劉承育 助理工程師

派赴國家：美國、日本

出國期間：96年10月29日至96年11月9日

報告日期：97年1月3日

摘要

本次國外公差目的是出席由 IEEE 核子與電漿科學學會 (IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society)主辦的 2007 年 IEEE 核子科學研討會和醫學影像會議 (IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference)。該會議為全球核子科學及核子醫學影像領域是最具領導性的年度會議。今年的會議於美國夏威夷檀香山舉行，議題範圍廣泛。今年主要特色在 Time-of-Flight PET 相關軟硬體、半導體類光偵檢器發展及其於 PET、SPECT 的應用，議題與本所分子影像技術發展高度相關，會程雖僅短短數日，但對全球核醫影像相關研發現況與趨勢收穫頗豐。另外，在廠商展覽中亦蒐集了幾種新品體材料及半導體光電放大零件的供應商，此對日後本所之核醫分子影像相關計畫、醫療級影像技術開發的推動與順利執行，將有很大助益。會議結束後，又轉赴參訪日本濱松光子學株式會社中央研究所及其動物實驗 PET 中心，執行本所開發之 planar tomography 軟體的定量性能實驗驗證，並討論造影相關技術問題及交換實務心得，期有助於核研所與日本濱松後續之技術轉移洽談與合作計畫的推展。

目 次

摘 要

(頁碼)

一、 目 的	4
二、 過 程	5
三、 心 得	8
四、 建 議 事 項	15
五、 附 圖	17
六、 附 錄	23

一、目的

本次國外公差目的是(1)出席由 IEEE 核子與電漿科學學會 (IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society)主辦的 2007 年 IEEE 醫學影像會議(IEEE Medical Imaging Conference)；(2)蒐集計畫執行所需零組件供應廠商資訊；(3)與美國德州大學 M.D. Anderson Cancer Center PET 開發實驗室的主持人 Gary Wong 教授討論雙方合作執行細節，並安排後續的人員實習事宜；(4)參訪日本濱松光子學株式會社中央研究所及其動物實驗 PET 中心，展示並實驗驗證本所開發之 planar tomography 軟體的定量性能，期有助於核研所與日本濱松後續之技術轉移洽談與合作計畫的推展。

二、過 程

本次公差行程：

日期	地點	內容
10/29	台北～夏威夷	去程
10/30～11/03	夏威夷	大會註冊，參加 2007 年 IEEE 醫學影像年會各項議程
11/04	夏威夷	資料整理與候機
11/05～11/06	夏威夷～日本濱松	路程
11/07～11/08	日本濱松	赴濱松光子學株式會社中央研究所展示並驗證本所 Planar tomography 軟體的定量性能
11/09	日本濱松～台北	回程

公差行程紀要：

2007 IEEE 核子科學與醫學影像年會於民國九十六年十月二十七日至十一月三日於美國夏威夷檀香山市盛大舉行(議程如附錄)，其中醫學影像年會議程於十月三十日開始。此會議分成核子科學與醫學影像兩大主軸進行。這是因為核子科學與醫學影像兩研討會的基礎科技有許多相同處，所以聯合舉辦兩研討會。此醫學影像會議注重影像軟硬體技術的創新與基礎現象、問題的探討，此與核醫學年會的注重”臨床應用”有很大不同。在這幾天的會議中，針對 PET、SPECT 和 X 光 CT 等相關造影系統開發技術、成像偵檢器、小動物造影、影像重建與處理、數據擷取、影像定量與系統模式分析等研究發表豐富，可以啟發創意。惟在這個會議裡的先進影像軟硬體技術，雖玲

琅滿目但實際可行性未必高，需經驗或時間予以過濾篩選，待技術成熟後，才有動物實驗或臨床實驗的應用研究出現在國際(美國或歐洲)核醫學年會。本年會議共接受有 1364 篇論文發表，在醫學影像會議部份接受發表共有 534 篇論文，其中 134 篇論文為口頭發表。

筆者於十月二十九日抵達檀香山市，大會報到後參觀廠商展覽。十月三十日參加核子科學與醫學影像的聯合研討會。十月三十一日至三日參加醫學影像會議，享受「Instrumentation for Medical and Biological Research」、「Advances in Photodetectors for Medical Imaging Applications」、「Quantitative Imaging & Compensation Techniques」、「Image Evaluation, & Quality Assessment」、「PET & PET/CT Reconstruction」的盛宴。期間抽空參觀廠商展覽，蒐集計畫所需光電放大裝置、閃爍晶體、高壓供應器等材料零組件的供應廠商資訊。十一月一日及二日亦參加 LaBr₃ 閃爍晶體及 Si-PM 供應商的產品說明會。十一月一至三日每天晚上抽空與美國德州大學 M.D. Anderson Cancer Center PET 開發實驗室的主持人 Gary Wong 教授、Hongdi Li 博士、Rocio Ramirez 博士等討論雙方合作執行細節，並安排後續的人員實習事宜。Benjamin Tsui 教授(Johns Hopkins University)為這次會議的大會主席，每天都很忙碌，會議結束當晚終於找到機會與 Benjamin Tsui 教授談話，並約好十一月中旬邀請 Tsui 教授拜訪核研所並討論造影系統模擬與準直器設計等技術。

大會結束後翌日因候機，多待一天。會議期間雖都是陽光普照，但會議結束後翌日卻是整天的超豪大雨，據新聞報導一天內就下了該島年雨量的三分之一。因會議結束不能適用行政院「國外公差旅費報支要點」住宿費檢據實報實銷的規定，只好轉換至較便宜旅館。在超豪大雨天，提著行李，人生地不熟的找旅館，苦不堪言。

十一月五日雨停了，清晨搭機至日本東京成田機場，再轉搭火車由東京赴濱松。次日上午在日本濱松公司中央研究所第五研究室室長山下貴司博士及國際事業部亞洲區經理鶴見哲久先生的陪同下，赴中央研究所動物實驗 PET 中心，與內田博(H. Uchida)先生、及 Hideo Tsukada 博士等人對軟體定量性能進行假體實驗分析與討論。第二天參觀中央研究所的各項設施與研究，及拜會中央研究所鈴木義二所長。下午則

參觀光產學創成大學院大學。

三、心得

1. 本次會議有個特色，在10月31日~11月3日每天早上7:30開始有45分鐘的refresh courses，分別由Lawrence Berkeley National Laboratory的Dr. William W. Moses、GE Healthcare Technologies的Dr. Jiang Hsieh、Radiation Monitoring Devices, Inc的Dr. Kanai Shah、University of Utah的Dr. Frédéric Noo等人主講「Advances in Scintillators for Medical Imaging Applications」、「Advances in Photodetectors for Medical Imaging Applications」、「Principles and Recent Advances of X-ray Computed Tomography」、「Principles and Recent Advances of X-ray Computed Tomography」、「Advances in Tomographic Theory and Analytic Reconstruction」。此系列演講介紹photodetector、scintillators、CT、及tomographic reconstruction有關原理及近況發展，很具有參考價值。雖然是排到一大早的演講，但卻是高朋滿座，可見受歡迎的程度。希望以後會議亦可比照辦理，此想法已告知大會主席請其代為轉達。
2. Time-of-Flight PET 系列研究仍是今年熱門議題。雖然早在十多年前就有Time-of-Flight PET的觀念出現，但當時由於相關硬體(如反應快速的閃爍晶體、反應快速的前端電子等)較難配合pico-second (ps)等級的量測，所以未有進一步的發展。近年來，由Lawrence Berkeley National Laboratory的William Moses博士為首的一群學者重新帶動Time-of-Flight PET研究風潮。Time-of-Flight PET的重點主要是系統對伽馬光子的擷取速度。理論上如果可以偵測伽馬光子對的時間差，就可以回推正子湮滅的位置，從而獲得最真實的正子分佈影像。也就是對伽馬光子的量測需達到ps等級，才得已達成mm級的解析度。雖目前的技術尚無法達到~1 ps等級的量測，但若達~500 ps的時間解析度，則可以減少5倍的影像統計誤差，增加影像對比度與品質(圖一)。目前Time-of-Flight PET的相關研究有： BaF_2 、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 、 LaI_3 等反應快速且發光量高的閃爍晶體研製(圖二)、反應快速的前端電子、Time-of-Flight PET影像重建方法、Time-of-Flight PET系統模擬與特性探討等。

3. 閃爍晶體是 PET、SPECT 閃爍偵檢器的靈魂，其發光亮度、訊號衰減時間、有效原子數、衰減長度等對影像品質有很大影響。從早期(1989)的 CeF_3 到 BGO、到 1990 年代的 LSO、2000 年代的 LaBr_3 、至現今的 LaI_3 ，發光度由 4,000 photons / MeV、25,000 photons / MeV、60,000 photons / MeV 至 100,000 photons / MeV，提升了 2 倍以上，而訊號衰減時間也縮短至 25ns 左右。此進展使得高靈敏、高空間解析的 PET、SPECT 系統及 Time-of-flight PET 的相關研究，更為如虎添翼(圖三)。雖然 LaI_3 已研製出來，但尚未見到有供應商。 LaBr_3 是 Saint Gobain 公司今年主打商品，今年小組也曾購買幾支測試，惜品質未能穩定且其因有潮解現象，需由原製造商加工封裝，故價格居高不下。未來閃爍晶體的價格成本、硬度(是否可容忍多次切割)將是閃爍晶體是否為造影系統選用主流的關鍵。
4. 藉由參加此次國際會議的機會，可以學習到國際上核醫領域相關技術的最新發展趨勢，也可以與國際一流的專家學者進行交流與討論。隨著電腦進步，連帶使得各門科學進展一日千里，利用國際研討會的機會，可以快速有效的提升知識與見聞，並可擴展國際視野。在此有效刺激下，思維似乎更寬闊了。
5. 在第五研究室室長山下貴司博士及國際事業部亞洲區經理鶴見哲久先生的陪同下，赴中央研究所動物實驗 PET 中心，與內田博(H. Uchida)先生、及 Hideo Tsukada 博士等人對軟體定量性能進行假體實驗分析與討論(圖四)。H. Uchida 先生利用盛有 24 組不同活度的圓盤造影數據(圖五之一)，檢驗核研所開發的 Planar Tomography 的定性與定量性能。和 PPIS 系統之原始 focal plane 比較，雖然我們開發的 Planar Tomography 具有 Z 方向深度訊息解析能力，可以分辨重疊置放的物件，提升 2 倍的掃描通量。但 Planar Tomography 的定量結果線性度不如 PPIS 原始 focal plane 影像理想(圖五之二)。經討論，如果要改善程式定量性能，或許應該改善偵檢效率修正方法，偵檢器距離可能也是重要因素之一。返國後我們已針對偵檢效率修正方法進行改善中，偵檢器距離實驗也模擬測試中。由這次的經驗中也見識了日本人嚴謹的態度，只有毫不放鬆的嚴謹，才能成就世界的經濟大國吧。日本能，我們一定也能。

6. 在中央研究所 PET 研究室室長山下博士及亞洲區經理鶴見哲九先生的帶領下，拜訪日本濱松公司中央研究所鈴木所長。席間請教該研究所的研發方向。鈴木所長說日本濱松公司一向著眼於未來 5-10 年後的民生問題解決。鈴木所長及研究所核心幹部在去年與該公司晝馬社長共同研擬中央研究所的十年研發方向。他們認為人類未來最需要解決有三個主要問題—能源、醫療、通訊。由於日本濱松公司主要以光子學技術見長，所以發揮光子學技術的應用，致力於上述三項研究主題。以醫療而言，日本濱松公司中央研究所將努力於更靈敏的光偵檢器關鍵技術研發，應用於臨床及動物實驗用分子影像造影儀器，以早期診斷人類疾病、研究疾病機制及開發新藥物。在能源方面，中央研究所重點研發為核融合(nuclear fusion)關鍵技術的研發。它們認為核融合技術接近成熟，且產能效率高，值得再投入回收效益應可期待的方向。在通訊部分，大量、快速、可信度高是日本濱松發展光通訊技術的重點。與一些大廠如 GE、SIEMENS 偏重系統開發不同，日本濱松公司專注在關鍵組件的研發，以分子影像造影儀器為例，日本濱松公司提供 GE、SIEMENS 等大廠所需要的光電倍增管，其市場佔有率高達全球的 85%以上。其經營的策略與研發的方向，很值得核研所參考深思。
7. 有鑑於科技成果成功推入產業需要有跨領域人才，日本濱松公司在日本教育主管機關同意成立光產學創成大學院大學，進入條件為光學相關科技或具有相關工作經驗的學士，畢業的條件為成功籌資開立公司，畢業後授予產業博士學位。開立公司的光電技術可以自行開發，也可以由其他來源技轉而得，沒有特別限制。由於入學學生已有科技基礎，所以主要學習課程是公司經營、經濟學、市場、管理等。成立三年來已有 7 位研究生，年齡層由 27 歲到 61 歲，其中也有日本濱松公司員工在職進修中。對於日本濱松公司紮實培育光學產業發展人才，很覺感慨。該公司營運多年，應該具有豐富的科技成果展現於商業產品的經驗，成立光產學創成大學院大學不僅可以替該公司培育人才，也可以為日本作育英才。如何加強並落實技術產業化，我國也有相同的困擾，日本濱松公司這種作法相當值得我國學習。

8. 目前光電倍增管(PMT)是 PET、SPECT 偵檢器主流使用的光電轉換放大組件。由於光電倍增管易被強磁場影響，是以 PET/MRI 的結合必須採用其他光電轉換放大組件替代品。近年來由於半導體光電轉換放大組件的發展已能突破信雜比低的技術瓶頸，且可使用於強磁場環境下，使得 PET scanner 體積的縮小化、PET/MRI 雙功能造影儀成為可能(圖六)。半導體光電轉換放大組件有 APD (Avalanche photodiode)、position-sensitive APD、及新產品 Si-PMs (Silicon Photomultipliers) 等，比較如圖七。特別是 Si-PMs 已可和光電倍增管相同達百萬級的放大倍率，去年在此會議中 Si-PMs 才剛被介紹，今年已有多家公司上市此產品，由此可知其受歡迎程度。Si-PMs 在時間和能量解析度的表現和光電倍增管差不多(圖八)，但對溫度敏感度較高，所以如何維持系統溫度是一大挑戰。由於 MRI 的軟組織分辨率及空間解析度較 CT 來得佳，且沒有 CT 的輻射劑量問題，PET/MRI 已是眾多醫學中心期待的产品。
9. 造影過程中會產生一些無意義的雜訊，這一直是惱人的問題。對於臨床診斷或組織特徵辨識應用而言，都希望訊號雜訊比越大越好。因為雜訊本身特性過於複雜，而且經過影像重建後，雜訊在空間上的分佈情況更難評估且伴隨影像訊號衰減的影響，所以要去除這些雜訊並不容易。Siemens Medical Solutions 的 A. Borsdorf 等人提出利用三維小波轉換消除影像雜訊的方法。此方法能有效分辨出雜訊項並且能減少雜訊消除對於整體影像解析度的影響。原理是將奇數和偶數的 Numbered projections 數據分別重建，將這兩筆數據作回歸分析後再與找出影像雜訊成分。經由臨床造影數據定量比較結果可消除 60%雜訊，而且對於影像空間解析度並不會有太大影響(圖九)。這個想法頗有創意，我們也可以試試看。另外迭代影像重建方法中，雜訊和空間解析度兩者之間的取舍可藉由限制迭代次數來達成；T. G. Turkington 等人探討迭代次數和平滑運算遮罩這兩種方法對 PET 重建影像品質的影響。如果影像的雜訊分別由量測背景影像圈選 ROI 的像素變動量、及整張影像每個像素值變化程度兩種方式定義，則他們證明若以第一種雜訊定義，在維持一定影像對比度條件下，較合適採用限制迭代次數的方式，可降低 20%

的雜訊。第二種雜訊定義在相同條件之下，較適合採用平滑運算遮罩，大約可降低 20%雜訊。

10. 影像重建是造影系統的關鍵技術之一。Illinois Institute of Technology 的 R. D. Gonzalo 和 J. G. Brankov 提出利用 Content-adaptive mesh model(CAMM)來表示放射成像影像重建(Emission tomographic reconstruction)的基本影像運算子。CAMM 是一種以非均勻採樣(non-uniform sampling)和線性內插(linear interpolation)為概念的影像表示方法，並且將影像劣化的參數(衰減、模糊)一併考慮，透過假體影像模擬並和 Pixel based 的影像比較，顯示兩者有相同的影像精確度。University of Sherbrooke 的 J. D. Leroux 等人認為使用精確的三維機率矩陣進行迭代影像重建雖然可能得到較佳的重建影像品質，但是龐大的系統矩陣所需的運算時間並不適合臨床診斷上的應用。為了獲得高品質並且適用於臨床診斷的影像，他們將系統矩陣轉換為區塊循環(Block-circulant)結構，如此可以縮小系統矩陣大小，降低所需記憶體空間，再將區塊循環矩陣做傅立葉轉換以縮短迭代影像重建時間。
11. Stanford University 的 G. Chinn 等人應用 Bayesian projector 開發出一個適用於 Multi-collimation PET 系統的影像重建演算法(圖十)。他們使用具有高空間、能量解析度的 CZT(cadmium zinc telluride)偵檢器，因 PET 系統可量測時訊符合效應(coincidence)的 511 keV 光子和康普吞散射光子(Compton scatter)，雖然康普吞散射光子效應的空間解析度通常比成對光子低，但他們認為藉由量測康普吞散射光子效應可增進造影數據的完整性，這種想法相當特別。這個研究團隊過去曾提出 Multi-collimation 影像重建與 Bayesian projector 相關的研究成果，因此將它改良研發出三維 OS-EM 演算法，使用康普吞效應和成對效應數據進行影像重建。將直徑 1mm 和 1.75mm 點射源置入背景活度比 10:1 的假體中進行造影實驗，比較只用成對效應的重建影像與新方法重建影像之間差異；分析結果顯示背景影像訊號雜訊比增進 10%，點射源假體和背景影像活度比改善了 20%，而且影像空間解析度不會變差。
12. 本次公差收穫豐碩，四項公差目的達成度也相當不錯，除後續合作題目尚未討論

出交集點外，但雙方也表示了對過去合作的滿意及對未來合作的期待。有關(1)出席國際會議的收穫整理依類別為 time-of-flight PET(心得 2)；新型閃爍偵檢器之閃爍晶體發展與特性(心得 3)；可使用於強磁場環境，使得 PET/MRI 雙功能造影儀，縮小 PET scanner 體積成為可能之新型半導體光電轉換放大組件的發展與特性(心得 8)；減少影像雜訊的技術處理(心得 9)；影像重建相關技術整理(心得 10, 11)等；特別是可應用於 PET/MRI 雙功能造影儀的新型半導體光電轉換放大組件 Si-PMs 發展近況與技術突破(如百萬級的放大倍率、時間和能量解析度、溫度敏感度等)，對未來計畫推展嵌入 MRI 系統的核醫攝影儀(即 MRI/PET 或 MRI/(S)PEM^{*})的時機與技術困難點的了解，有決定性影響。(2)有關藉由參觀廠商展覽計畫執行所需零組件供應廠商資訊，蒐集了半導體光電放大組件如 Si-PMs、APD(美國 SensL)、MPPC(日本 Hamamatsu)；位敏式光電倍增管 MCP-PMT(美國 Photonis)；新型閃爍晶體如 GSOZ、LGSO(日本 Hitachi-Chemical)、LuAP(美國 SAES Opto)；高壓供應器(德國 ISEG)、NIM、CAMAC 控制模組(德國 Wiener)等材料零組件的供應廠商資訊，這些資訊對計畫的順利執行很有幫助。(3)由於核研所與美國德州大學 M.D. Anderson Cancer Center 有正子探頭合作研發計畫，雖然因為文件作業繁瑣至 96 年 10 月 2 日雙方才完成合約簽署，但因計畫時間緊湊，在會議期間已完成含 LYSO 晶體與 XP1912 光電倍增管的探頭設計，偵檢器單元也在進行研製測試中。由於平時雙方是透過 email 聯繫，一些執行細節問題如偵檢數據傳輸、探頭區域劃分與數據縫合等想法較難描述。藉由此次會議，得以與 Gary Wong 教授面對面詳談，討論澄清觀點與技術細節，也藉機安排後續的人員實習，並邀請 Gary Wong 教授及 Hongdi Lee 博士來所授課指導。另外亦與 Benjamin Tsui 教授相約十一月中旬來所並討論造影系統模擬與準直器設計等技術，這對核研所分子影像相關計畫的執行將有很大助益。(4)有關參訪日本濱松光子學株式會社中央研究所及其動物實驗 PET 中心，展示並實驗驗證本所開發之 planar tomography 軟體的定量性能的說明可見於心得 5, 6, 7。至於雙

^{*} (S)PEM: (Single photon) positron emission mammography, 核醫單光子及正子乳房攝影儀

方的後續合作題目，因山下貴司博士傾向以旋轉式 tomography 測試，而我們則傾向以系統矩陣改良來提升影像品質，雙方暫無交集。返國後，將再找機會持續溝通，嘗試找出共同有興趣的研究方向，以維持雙方的合作關係。

四、建議事項

1. 這次公差參訪日本濱松公司已是第二次，但對晝馬社長的理念*仍是相當佩服。晝馬社長認為賺錢的目的是為了實踐夢想，為了發展影響世人的技術。所以該公司堅持每年撥營業額的 15% 為研究費，其中一半為中央研究所研究經費。晝馬社長與主要核心幹部擬定研發方向，例如發展將太陽搬到地球的能源技術(核融合)、發展生醫技術讓濱松市成為不再有癌症及失智症的模範市等。他認為濱松公司應發展能解決人類問題且別人所不能的技術，已有人發展的技術，他們通常不再重複。而此願景亦是吸引該公司員工加入濱松公司行列的主因(據國際部經理鶴見先生說該公司員工薪水雖屬日本的中偏低收入，但仍有許多年輕人以加入該公司為榮，該公司員工錄取率約為 1%)。另外為落實創新科技產業化，該公司成立光產學創成大學院大學，培育產業人才。這樣的遠見、魄力與理念實在值得學習。
2. 半導體型的光電轉換放大組件如(APD、Si-PMs)雖價位仍偏高，且仍有溫度效應問題，但因其較不受強磁場影響可以和 MRI 結合，且體積小，未來潛力看好。後續將投資部分人力時間做 APD、Si-PMs 為基底的 PET 偵檢器及相對應的讀出電子研究。未來如果技術可以掌握，將可以開發小型、並可嵌入現有 MRI 乳房攝影儀的 MRI compatible 核醫乳房攝影儀，或是嵌入 micro-MRI 的小型 micro-PET 等。這種雙功能系統將可結合 MRI 的結構訊息與核醫攝影的功能訊息，具有 MRI 高靈敏度(sensitivity)，又兼具核醫功能影像的高特異性(specificity)，可以作為乳癌檢測及 biopsy 定位的有利儀具，或是提供高解析度與功能性的新藥開發臨床前動物分子影像。
3. 利用參加國際會議的機會，學習到國際上核醫領域相關技術的最新發展趨勢，也見識到不少有趣的想法。這種快速有效的提升知識與見聞，並擴展國際視野的見習方式，可發揮有效刺激，思維似乎更寬闊了。尤其是影像處理方面，無論是去模糊、去雜訊或是修正部份體積效應，腦海中碰撞延伸出的想法迫不及待地想要

* 來自與中央研究所鈴木所長的訪談。

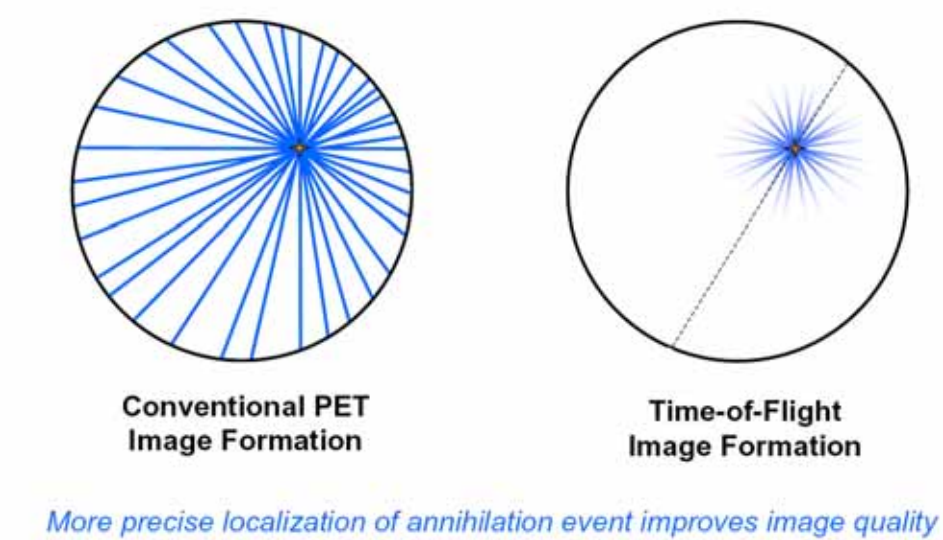
實現，這應該是靜態研讀論文所無法達到的境界吧。雖然國外公差的文件工作頗為繁瑣，對於出國願意稍有負面影響，但仍建議多鼓勵並開放有潛力的年輕同仁參加國際會議洗禮，這對創新技術的開發一定有所助益。

4. 奠基於造影系統知識的影像處理軟體技術創新開發是本小組的特色。有效的影像處理技術必須考量影像數據的來源和成因，我們因為具有造影系統的開發經驗，所以較容易由根本下手解決影像的種種問題。在年會的參與者提供的知識衝擊之下，新的影像處理想法絡繹不絕，但是這種純軟體的技術在產業上較難做到智財權的保護。未來將培養電子人才，將部分軟體以電子電路方式呈現，全套問題的解決將以軟體加上硬體(電路板)的方式處理，這不僅可以加速影像數據的運算，也較易提供智財權的保障。
5. 對於一個具市場競爭力的造影系統而言，價位及影像品質是關鍵特色。Gary Wong 教授的 PQS 偵檢器及 HYPER 電子、及 SSS 晶體處理方法等，是低成本與高計數率(counting rate)之大平面偵檢器的基礎。Benjamin Tsui 教授的快速 GATE 系統模擬、影像重建、與準確的系統物理數值模式建立等是馳名國際的技術。前年的國外公差報告曾提到建議送具有偵檢器製作、電子電路專長及影像重建程式設計經驗的三位同仁至兩位教授的實驗室實習。去年執行時，因為有經濟部科專計畫經費的支持，已有二位同仁分別至 Gary Wong 教授及 Benjamin Tsui 教授處學習 PQS 偵檢器與 GATE 系統模擬。今年則將建送二位同仁至 Gary Wong 教授分別學習 HYPER 電子及 SSS 晶體處理方法等。而 Benjamin Tsui 教授則將邀請其來所講授系統物理數值模式效應與建立技術。希望透過與兩位國際級大師的合作，不僅在計畫執行上截長補短，使成果展現能兼具時效與品質。此外也發揮培育人才，技術生根國內，為國內的造影醫材產業立下根基。

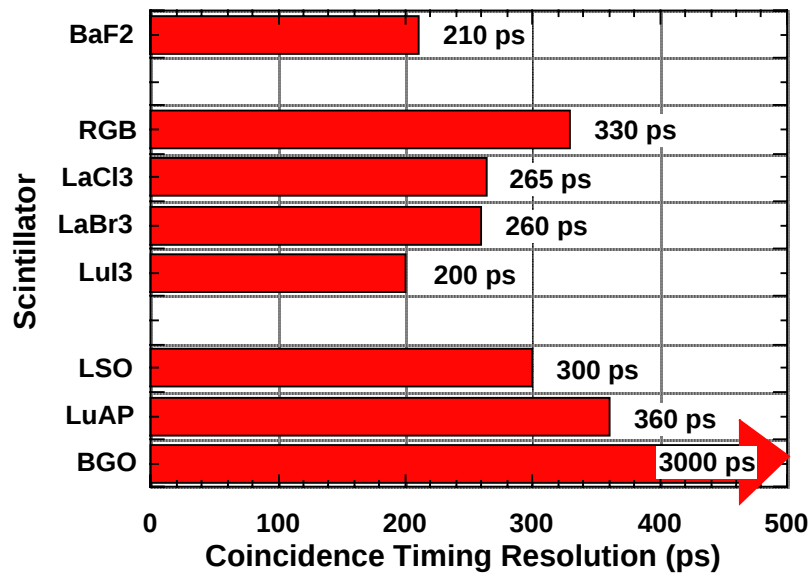
五、附圖(表)

Time-of-Flight vs. Conventional PET

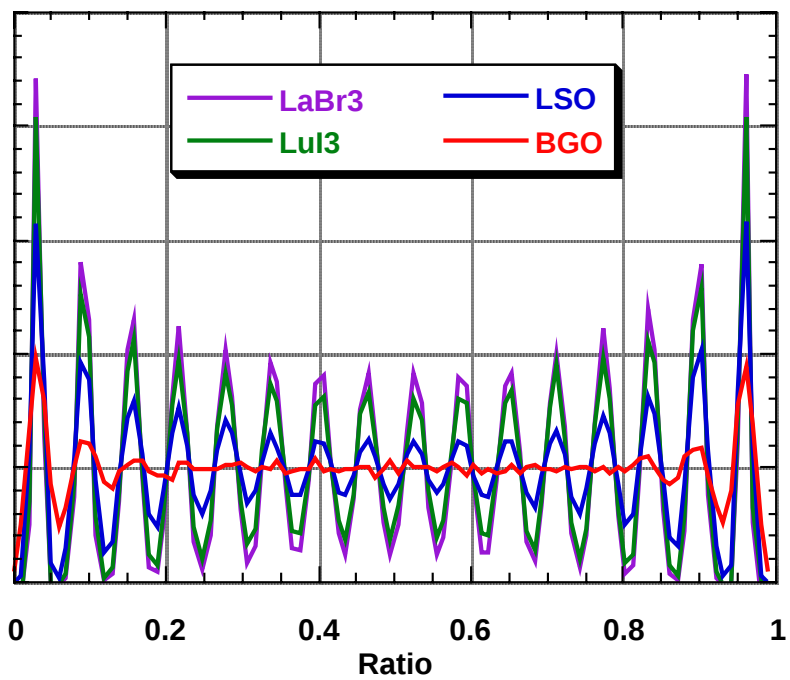
Better information sent to reconstruction



圖一：Time-of-Flight PET 可以縮小射源的位置猜測範圍，此可減少影像的統計誤差，增加影像對比度與品質



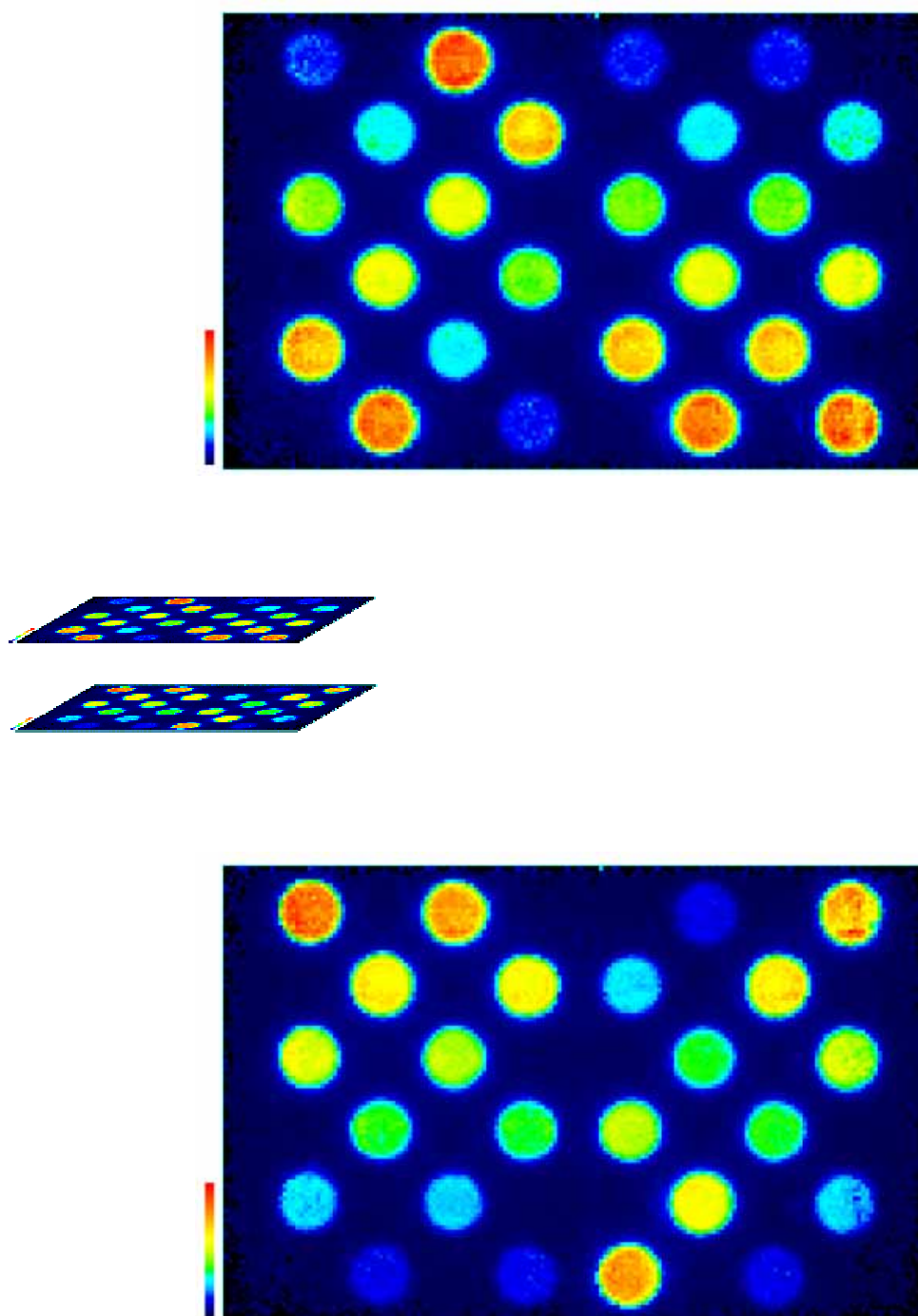
圖二：時間解析度可達 500ps 以下的閃爍晶體(William Moses, Lawrence Berkeley National Laboratory)



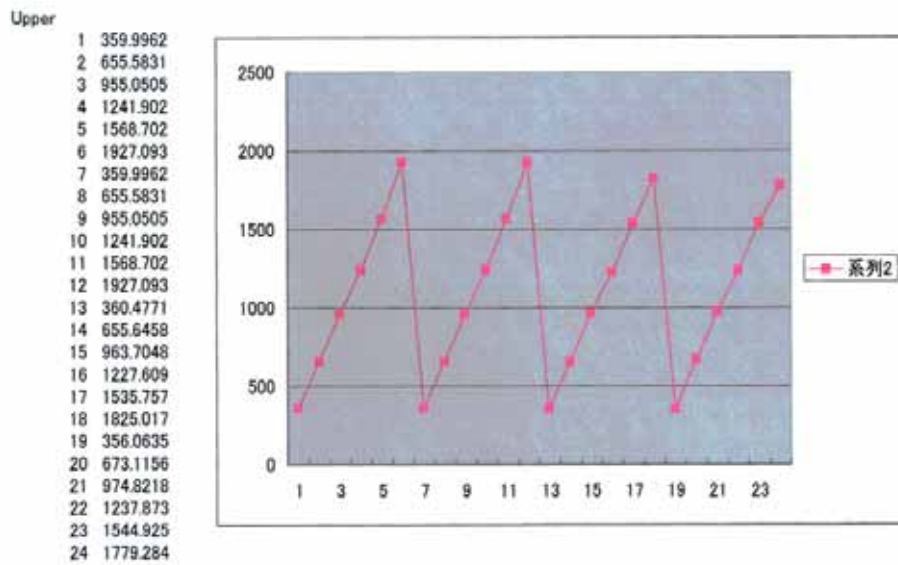
圖三：不同材質之閃爍晶體位置 decoding 比較(16 x 16 crystals)，BGO 發光量少不適用於高解析度的系統要求



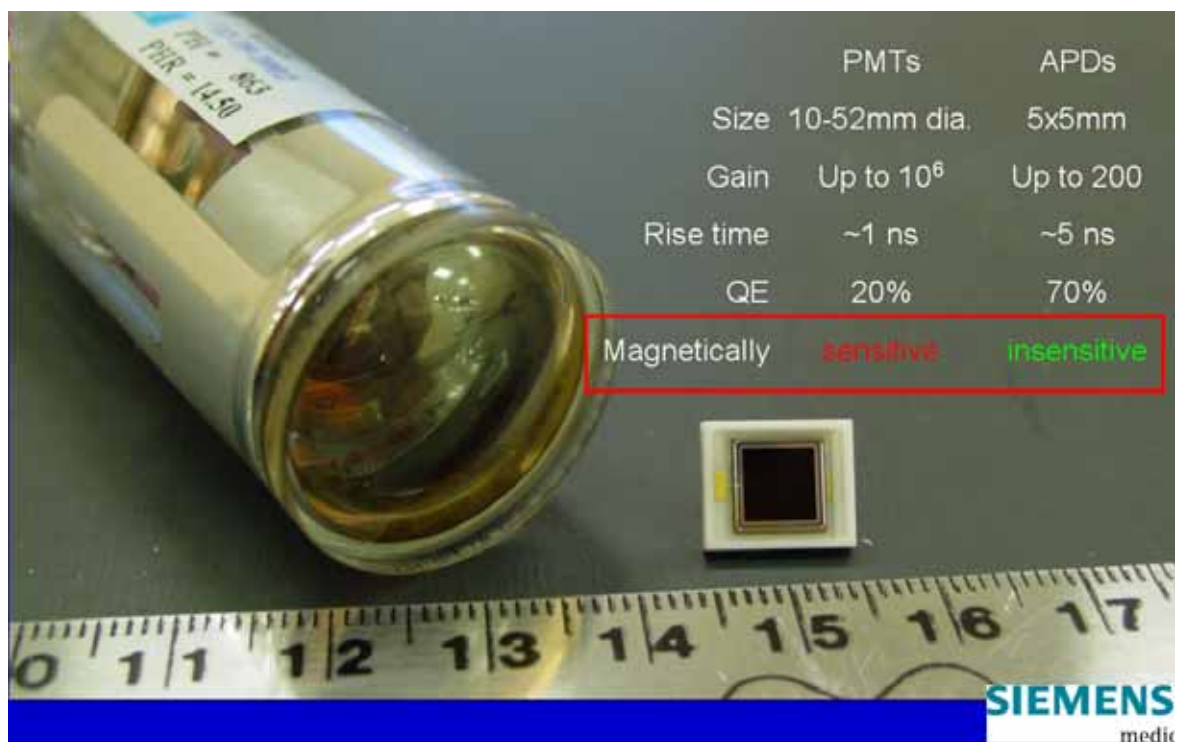
圖四：在日本濱松中央研究所動物實驗 PET 中心與山下貴司博士、內田博先生、及 Hideo Tsukada 博士等人對軟體定量性能假體實驗結果進行討論



圖五之一：日本濱松 PPIS 利用圓盤假體成像結果（置放中間）



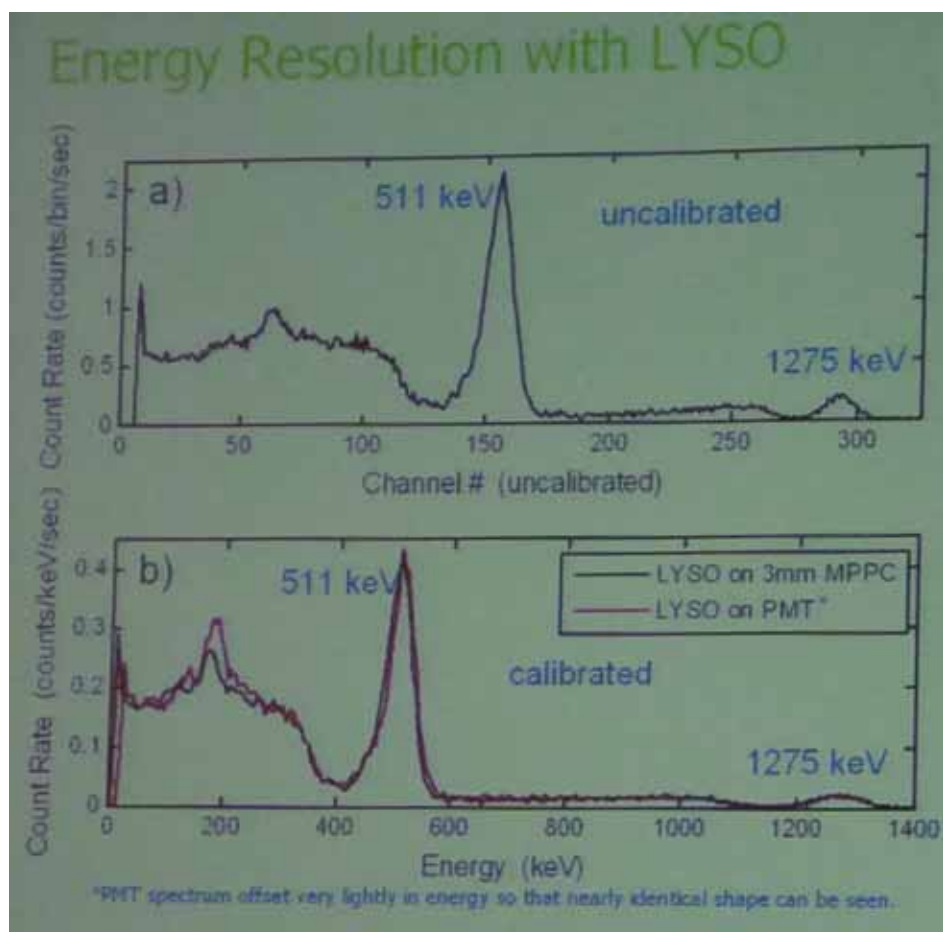
圖五之二：日本濱松 PPIS 圓盤假體活度定量之線性度



圖六：光電轉換放大組件 APD 遠較 PMT 體積小，且較不受強磁場影響

	PMT	APD	SSPM
Gain	10^6 - 10^7	10^2 - 10^3	10^6
Noise	Low	Moderate	Low*
Photodetection efficiency (420 nm)	~20%	~60%	~30%*
Timing	~0.1 ns	~1 ns	~0.1 ns
Bias voltage	~800 – 1500 V	~200 – 2000V	~ 25-50V
Form factor	Bulky	Compact, thin	Compact, thin

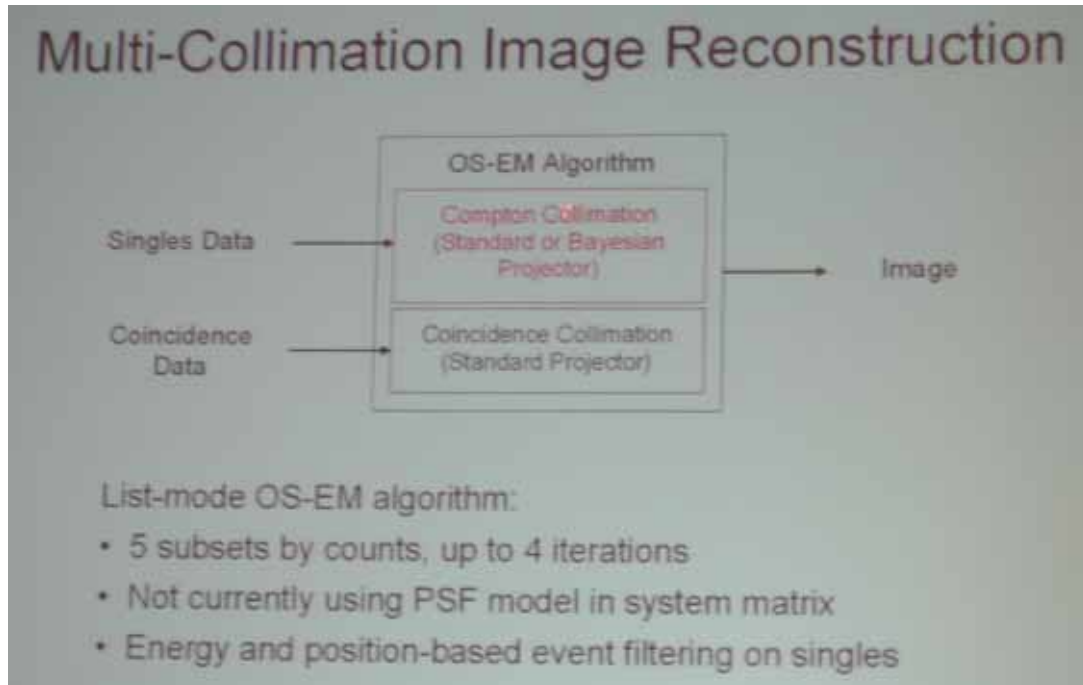
圖七：PMT、APD、Si-PM 的性能比較



圖八：LYSO 在 PMT 和 MPCC 上的能量解析度表現幾乎相同



圖九：Siemens Medical Solutions 的 A. Borsdorf 等人提出消除影像雜訊方法結果，可以消除 60%雜訊



圖十：Stanford University 的 G. Chinn 等人應用 Bayesian projector 開發出一個 Multi-collimation PET 影像重建演算法。

六、附 錄

IEEE 核子科學及醫學影像會議議程:

2

WELCOME FROM THE CONFERENCE CHAIRS

Dear Colleagues:

Aloha! Welcome to this year's IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS-MIC), which will be held at the Hilton Hawaiian Village Beach Resort and Spa, Honolulu, Hawaii, USA. We chose Hawaii for its location as a crossroad between the US mainland and the booming Asian-Pacific region. A major objective of this joint conference is to attract and welcome new members from countries in this region to the IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society (NPSS), and to encourage more active involvement of the members from this region in the NPSS. We hope the conference will provide a unique opportunity to promote and foster closer interactions and collaborations between colleagues in nuclear science and medical imaging from the Asian-Pacific countries and all over the world, to further enhance its truly international character. In that spirit, we are pleased to hold a special session organized by our Asian-Pacific members.

The NSS-MIC joint conference offers an outstanding opportunity for scientists and engineers interested or actively working in the fields of nuclear science, radiation instrumentation, software, and their applications, to meet and discuss ideas with colleagues from around the world. The joint conference presents state-of-the-art and up-to-the-minute scientific information through the regular oral and poster presentations. There will be a number of the usual topical short courses held before the meeting, and new refresher courses held during the meeting, to review current topics of special interest. There will also be a selection of special-interest workshops held in conjunction with the main conference.

Our scientific program chairs have organized an outstanding program of oral and poster presentations. Because of the unexpectedly large number of submissions (~850 for NSS and ~650 for MIC, for a total of ~1,500), the space limitations, and other considerations, we had to make the difficult choice to increase the rejection rate and to allow for multiple simultaneous sessions. The program chairs have successfully addressed these complex scheduling issues, and we believe that you will discover the same positive conference experience that you have enjoyed in the past.

An excellent commercial exhibit, featuring state-of-art products and services from a wide range of vendors, will take place during the main part of the meeting. Also, to encourage and foster interaction with your companions on this visit to the beautiful island of Oahu, our companion program co-chairs have arranged a comprehensive tour program. We are confident that you and your companions will find the selected activities varied, enjoyable and memorable.

The 2007 IEEE NSS-MIC joint meeting offers you a scientifically enlightening and socially appealing experience. We look forward to seeing all of you in Honolulu.

Benjamin M. W. Tsui
General Chair

Ronald J. Jaszczak
Deputy General Chair



Benjamin M. W. Tsui
General Chair



Ronald J. Jaszczak
Deputy General Chair

3

PROGRAM OUTLINE

Saturday, October 27

NSS SHORT COURSE, SOUTH PACIFIC I & II
08:30 -17:00 Radiation Detection and Measurement
NSS SHORT COURSE, SOUTH PACIFIC III & IV
08:30 -17:00 Nuclear Science for Homeland Security

Sunday, October 28

NSS SHORT COURSE, SOUTH PACIFIC I & II
09:00 -10:35 Radiation Detection and Measurement
NSS SHORT COURSE, SOUTH PACIFIC III & IV
08:30 -17:00 Integrated Circuit Front Ends for Nuclear Pulse Processing
WORKSHOP ON NEW DEVELOPMENTS IN THE MICRO-PATTERN GASEOUS DETECTORS, CORAL V
09:00 -10:35 MP1: Time Projection Chamber Readout
11:00 -12:40 MP2: Gaseous Photon Detectors and Neutron Detector Applications
13:45 -15:05 MP3: Pixel Readout for Micro-Pattern Gas Detectors
15:30 -17:30 MP4: New MPGD Techniques: Production Processes
17:45 -19:25 MP5: New MPGD Techniques: Applications

Monday, October 29

NSS PLENARY SESSIONS, CORAL IV & V
08:15 -10:00 N01: NSS Plenary I
10:30 -12:00 N02: NSS Plenary II
NSS LUNCHEON, TAPA BALLROOM
12:00 -14:00
NSS ORAL SESSIONS, CORAL I
14:00 -15:30 N03: Analog and Digital Circuits I: Electronics for Gamma and X-Ray Detectors
16:00 -18:00 N07: Solid State Tracking Detectors I
NSS ORAL SESSIONS, CORAL II
14:00 -15:30 N04: Astrophysics and Space Instrumentation I: Experiments I
16:00 -18:00 N08: Data Acquisition and Analysis Systems I
NSS ORAL SESSIONS, CORAL IV
14:00 -15:30 N05: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation I: Cherenkov and Scintillator Detectors
16:00 -18:00 N09: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation II: Electromagnetic Calorimeters
NSS ORAL SESSIONS, CORAL V
14:00 -15:30 N06: Photodetectors and Radiation Imaging I
16:00 -18:00 N10: Instrumentation for Homeland Security I: Neutron Detection
NSS REFRESHER COURSE, CORAL I
19:00 -19:45 Improving Gaseous Detectors: Why and How

MIC SHORT COURSE, HIBISCUS

08:30 -17:00 Physics and Design of Detectors for PET and SPECT

MIC SHORT COURSE, KAHILI

08:30 -17:00 Molecular Biology for Imaging Scientists

MIC SHORT COURSE, LEHUA SUITE

08:30 -17:00 Programming & Medical Appl. Using Graphics Hardware

Tuesday, October 30**NSS REFRESHER COURSE, CORAL I**

07:30 -08:15 Digital Design with FPGAs: Examples and Resource Saving Tips

NSS ORAL SESSIONS, CORAL I

08:30 -10:00 N11: Computing and Software for Experiments I: HEP Software

NSS ORAL SESSIONS, CORAL II

08:30 -10:00 N12: Gaseous Detectors I

NSS ORAL SESSIONS, CORAL IV

08:30 -10:00 N13: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation III: Hadron Calorimeters

13:30 -15:30 N16: Solid State Tracking Detectors II

16:00 -18:00 N18: New Solid State Detectors I: Si Detectors and Arrays

NSS ORAL SESSIONS, CORAL V

08:30 -10:00 N14: Neutron Imaging and Radiography

13:30 -15:30 N17: Instrumentation for Homeland Security II: Gamma-Ray Detection

16:00 -18:00 N19: Instrumentation for Homeland Security III

NSS POSTER SESSION, SOUTH PACIFIC I - V AND POSTER TENNT

10:30 -12:00 N15: NSS Poster I

MIC SHORT COURSE, HIBISCUS

08:30 -17:00 Statistical Methods for Image Reconstruction

MIC SHORT COURSE, KAHILI

08:30 -17:00 Dynamic Imaging in Emission Computed Tomography

MIC SHORT COURSE, LEHUA SUITE

08:30 -17:00 Image Quality

NSS-MIC JOINT SESSIONS, CORAL I & II

13:30 -15:30 NM1: NSS-MIC Joint I

16:00 -18:00 NM2: NSS-MIC Joint II

INDUSTRIAL TECHNICAL SESSION #1, SEA PEARL SUITE 4

13:00 -16:00

ASIAN-PACIFIC PROGRAM, LEHUA SUITE

17:30 -19:00 Asian-Pacific Program 1

EXHIBITORS RECEPTION, CORAL III

19:00 -21:00

Wednesday, October 31**NSS REFRESHER COURSE, CORAL I**

07:30 -08:20 GEANT 4: A Simulation Tool for Multi-disciplinary Applications

NSS ORAL SESSIONS, CORAL I

08:30 -10:00 N20: Solid State Tracking Detectors III

13:30 -15:30 N25: Data Acquisition and Analysis Systems II

16:00 -18:00 N29: Analog and Digital Circuits II: Electronics for High Energy Physics Detectors

NSS ORAL SESSIONS, CORAL II

08:30 -10:00 N21: Gaseous Detectors II

13:30 -15:30 N26: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation IV: Pixel Detectors

16:00 -18:00 N30: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation V: Muon and Tracking Detectors

NSS ORAL SESSIONS, HIBISCUS

08:30 -10:00 N22: Astrophysics and Space Instrumentation II: Electronics and DAQ

13:30 -15:30 N27: New Solid State Detectors II: CdTe and CdZnTe Materials and Detectors

16:00 -18:00 N31: New Solid State Detectors III: Alternative Solid State Devices

NSS ORAL SESSIONS, KAHILI

08:30 -10:00 N23: Computing and Software for Experiments II: Grid Computing

13:30 -15:30 N28: Gaseous Detectors III

16:00 -18:00 N32: Computing and Software for Experiments III: Core Software Tools

NSS POSTER SESSION, SOUTH PACIFIC I - V AND POSTER TENT

10:30 -12:00 N24: NSS Poster II

MIC REFRESHER COURSE, CORAL IV & V

07:30 -08:20 Advances in X-ray Computed Tomography

MIC PLenary SESSIONS, CORAL IV & V

08:30 -10:00 M01: MIC Plenary I

10:30 -12:00 M02: MIC Plenary II

MIC ORAL SESSIONS, CORAL IV

13:30 -15:30 M03: Instrumentation: Detectors with Depth of Interaction Capability

16:00 -18:00 M05: Instrumentation: Detectors

MIC ORAL SESSIONS, CORAL V

13:30 -15:30 M04: Reconstruction: X-ray CT

16:00 -18:00 M06: Reconstruction: Motion Effects and Compensation

INDUSTRIAL TECHNICAL SESSION #2, SEA PEARL SUITE 4

10:00 -17:00

SPECIAL SESSION ON TECHNOLOGY TRANSFER

SEA PEARL SUITE 5 & 6

17:00 -19:00

CONFERENCE RECEPTION

19:00 -21:00

Thursday, November 1**NSS ORAL SESSIONS, CORAL I**

- 08:30 -10:00 N33: Photodetectors and Radiation Imaging II
 10:30 -12:00 N37: Scintillators and Scintillation Detectors I: Detector Principles
 13:30 -15:30 N41: Photodetectors and Radiation Imaging III: SiPM
 16:00 -18:00 N45: Scintillators and Scintillation Detectors II: New Materials

NSS ORAL SESSIONS, CORAL II

- 08:30 -10:00 N34: Nuclear Measurements and Monitoring Techniques I
 10:30 -12:00 N38: Nuclear Measurements and Monitoring Techniques II
 13:30 -15:30 N42: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation VI: Neutrino and Dark Matter Detectors
 16:00 -18:00 N46: High Energy and Nuclear Physics Instrumentation VII: Nuclear Physics Instrumentation

NSS ORAL SESSIONS, HIBISCUS

- 08:30 -10:00 N35: Trigger and Front-End Systems I
 10:30 -12:00 N39: Environmental Health and Safety Instrumentation
 13:30 -15:30 N43: Trigger and Front-End Systems II
 16:00 -18:00 N47: Astrophysics and Space Instrumentation III: Sensors

NSS ORAL SESSIONS, KAHILI

- 08:30 -10:00 N36: Computing and Software for Experiments IV: Monte Carlo Simulation I
 10:30 -12:00 N40: Computing and Software for Experiments V: Monte Carlo Simulation II
 13:30 -15:30 N44: Radiation Damage Effects I
 16:00 -18:00 N48: Radiation Damage Effects II

MIC REFRESHER COURSE, CORAL IV

- 07:30 -08:20 Advances in Photodetectors for Medical Imaging Applications

MIC ORAL SESSIONS, CORAL IV

- 08:30 -10:00 M07: X-Ray CT Instrumentation and Methods
 10:30 -12:00 M09: X-Ray Imaging Instrumentation and Methods
 13:30 -15:30 M11: Small Animal Imaging and Imagers: MicroSPECT

MIC ORAL SESSIONS, CORAL V

- 08:30 -10:00 M08: Reconstruction: PET Time-of-Flight and Attenuation Compensation
 10:30 -12:00 M10: Reconstruction: Iterative Methods
 13:30 -15:30 M12: Reconstruction: PET Algorithms and Evaluation

MIC POSTER SESSIONS, SOUTH PACIFIC I - V AND POSTER TENT

- 16:00 -18:00 M13: MIC Poster I

INDUSTRIAL TECHNICAL SESSION #3, SEA PEARL SUITE 4

10:00 -12:00

ASIAN-PACIFIC PROGRAM, LEHUA SUITE

17:00 -19:00 Asian-Pacific Program 2

RADIATION INSTRUMENTATION TECHNICAL COMMITTEE ANNUAL

OPEN MEETING, SEA PEARL SUITE 6

16:00 -17:00

Friday, November 2**NSS ORAL SESSIONS, CORAL I**

- 08:30 -10:00 N49: Scintillators and Scintillation Detectors III: Properties
 10:30 -12:00 N53: Photodetectors and Radiation Imaging IV
 13:30 -15:30 N57: Scintillators and Scintillation Detectors IV: Fundamental Mechanisms

NSS ORAL SESSIONS, CORAL II

- 08:30 -10:00 N50: Instrumentation for Medical and Biological Research
 10:30 -12:00 N54: Analog and Digital Circuits III: Electronics for Space-borne and Astronomical Detectors
 13:30 -15:30 N58: Analog and Digital Circuits IV: Readout Circuits and Techniques

NSS ORAL SESSIONS, HIBISCUS

- 08:30 -10:00 N51: Accelerators and Beam Line Instrumentation
 10:30 -12:00 N55: Synchrotron Radiation Instrumentation
 13:30 -15:30 N59: Astrophysics and Space Instrumentation IV: Experiments II

NSS ORAL SESSIONS, KAHILI

- 08:30 -10:00 N52: Computing and Software for Experiments VI: Astroparticle and Space Science Software
 10:30 -12:00 N56: Computing and Software for Experiments VII: Software for Detectors
 13:30 -15:30 N60: Computing and Software for Experiments VIII: Medical Physics Software

MIC REFRESHER COURSE, CORAL IV

- 07:30 -08:20 Advances in Scintillators for Medical Imaging Applications

MIC ORAL SESSIONS, CORAL IV

- 08:30 -10:00 M14: Instrumentation: Applications of Solid State Photodetectors
 10:30 -12:00 M16: ECT/MR Imagers and Imaging

MIC ORAL SESSIONS, CORAL V

- 08:30 -10:00 M15: Task Based Image Optimization and Evaluation
 10:30 -12:00 M17: Dynamic Imaging

MIC POSTER SESSIONS, SOUTH PACIFIC I - V AND POSTER TENT

- 13:30 -15:30 M18: MIC Poster II
 16:00 -18:00 M19: MIC Poster III

WORKSHOP ON INNOVATIVE TECHNIQUES FOR
HADRON THERAPY, SEA PEARL SUITE
08:30 - 16:45

ASIAN-PACIFIC PROGRAM, LEHUA SUITE
17:00 - 18:30 Asian-Pacific Program 3

MIC DINNER
19:00 - 21:00

Saturday, November 3

MIC REFRESHER COURSE, CORAL IV
07:30 - 08:20 Advances in Analytic Tomographic Reconstruction

MIC ORAL SESSIONS, CORAL IV
08:30 - 10:00 M20: Instrumentation: Application Specific Imagers
10:30 - 12:00 M22: Instrumentation: System Design and Evaluation

13:30 - 15:30 M24: Small Animal Imaging and Imagers: MicroPET

MIC ORAL SESSIONS, CORAL V
08:30 - 10:00 M21: Reconstruction: Analytical and Theory

10:30 - 12:00 M23: Reconstruction: Bayesian Methods

13:30 - 15:30 M25: Reconstruction: SPECT

MIC POSTER SESSIONS, SOUTH PACIFIC I - V AND POSTER TENT
16:00 - 18:00 M26: MIC Poster IV

ORGANIZING COMMITTEE



GENERAL CHAIR
Benjamin M. W. Tsui
T: +1-443-287-4025
btsui1@jhmi.edu



DEPUTY GENERAL CHAIR
Ronald J. Jaszczak
T: +1-919-684-7685
rjj@dec3.duhs.duke.edu



NSS CHAIR
Ren-Yuan Zhu
T: +1-626-395-6661
zhu@hep.caltech.edu



NSS DEPUTY CHAIR
Liyuan Zhang
T: +1-626-395-6618
liyuan@hep.caltech.edu



MIC CHAIR
Eric C. Frey
T: +1-443-287-2426
Efrey1@jhmi.edu



MIC DEPUTY CHAIR
Magnus Dahlbom
T: +1-310-206-8273
mdahlbom@mednet.ucla.edu



CONFERENCE MANAGER
Anthony Lavietes
T: +1-925-423-6766
Lavietes1@llnl.gov



TREASURER
Craig Woody
T: +1-631-344-2752
woody@bnl.gov



WEB MASTER/
GUEST EDITOR
Bo Yu
T: +1-631-344-5184
yu@bnl.gov



REGISTRATION CHAIR
Christina Sanders
T: +1-925-784-2496
Sanders13@llnl.gov