

出國報告（出國類別：開會）

參加 2023 年 3DMC 三維量測研討會 出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職稱：研究助理／劉千慈

派赴國家／地區：西班牙（畢爾包）

出國期間：民國 112 年 9 月 24 日至 10 月 1 日

報告日期：民國 112 年 12 月 25 日

公務出國報告提要 系統識別號*****

出國報告名稱：參加 2023 年 3DMC 三維量測研討會出國報告

頁數：20 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02) 8912-7388

出國人員姓名：劉千慈

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：運輸工程組

職稱：研究助理

電話：(02) 8912-7388

出國類別：考察 進修 研究 實習 視察 訪問 開會 談判 其他 ____

出國期間：民國 112 年 9 月 24 日至 10 月 1 日

出國地區：西班牙（畢爾包）

報告日期：民國 112 年 12 月 25 日

分類號/目

關鍵詞：三維量測、光達技術、攝影測量

內容摘要：

2023 年 3DMC 三維量測研討會於 112 年 9 月 26 日至 28 日假西班牙畢爾包舉辦，歐洲地區量測技術、掃描資料處理等專家學者、產業先進齊聚一堂，研討創新量測技術、發表最新產品設備，應用領域涵蓋汽車製造、精密儀器、航太產業、能源設備等；為汲取新知，掌握上開掃描科技，以提升事故現場快速測繪能量，職投稿並獲選發表海報論文，除了展示本會於事故現場之測繪成果，並希冀藉由參與本次實體研討會與上開專家技術交流，進而掌握最新掃描技術之相關資訊，達成科技計畫之績效。

目次

一、前言	6
二、出國行程	9
三、會議	10
四、心得	16
五、建議	19

本頁空白

一、前言

(一) 會議背景

3DMC 三維量測研討會致力發展工業、文化與科學領域的三維測量技術應用及開發，其領域涵蓋航空、汽車、船舶、發電、建築環境等，係由 Large Volume Metrology Conference 的前委員們創立。規劃於歐洲甚至全球各地舉辦會議提供全球廠商、技術人員、研究員等交流平台，分享實務經驗、技術議題，提出產業訴求、發表最新產品等，聚焦現有最新及未來發展的量測技術。

本（112）年度為第 8 次會議，於 9 月 26 日至 28 日假西班牙比爾包舉辦，主辦單位為 3DMC，協辦單位有西班牙工業技術中心 Tekniker 及 IDEKO、英國國家物理實驗室（National Physical Laboratory, NPL）、德國聯邦物理技術研究院（Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB）、英國倫敦大學學院（University College London, UCL）及德國阿亨工業大學 RWTH Aachen WZL 實驗室（Laboratory for Machine Tools and Production Engineering of RWTH Aachen University），討論議題包含三維量測的人工智慧應用、動態捕捉技術、表面測量、點雲資料處理等，本屆共發表 14 篇海報及 15 場演講。



The image shows a promotional poster for the 8th 3DMC 2023 conference. The poster features a night view of a city with lights reflecting on water. Text on the poster includes: "8th 3DMC 2023", "Automation Digitization Data Intelligence", "Basque Country, Spain", "September 26 - 28", and "www.3dmc.events". To the right of the poster, the text "Organized by:" is followed by logos for IDEKO, Tekniker, NPL, PTB, UCL, WZL, and RWTH Aachen University.

Organized by:

IDEKO
MEMBER OF BASQUE RESEARCH & TECHNOLOGY ALLIANCE

Tekniker
MEMBER OF BASQUE RESEARCH & TECHNOLOGY ALLIANCE

NPL
National Physical Laboratory

PTB

UCL

WZL | RWTH AACHEN UNIVERSITY

圖 1 本屆會議舉辦資訊

3DMC	
Tuesday, Sep 26, BILBAO	
18:00 - 18:30	Registration
18:30 - 19:30	Poster Session
19:30	Ice Breaker Event: La Ribera Bilbao
D. Lao UNISTB	A 3D laser projection system based on laser vision hybrid localization and goniometer scanning
H. Yan PSB	Two-colour self-tracking interferometer for large volume calibrations
G. Hair LOUGHBOROUGH U.	Low-cost cobot integrated 3D scanning
W. Guo LOUGHBOROUGH U.	Simulation-driven optimisation of camera placement for photogrammetry in complex workspaces
D. G. Artal UNIZAR	Effect of metal artifacts in polymer macro dimensional 3D evaluation by XCT in multi material parts
C. T. Liu (Jean) TSSA	3D metrology in transportation safety investigation
J. Guillory ONM	Multilateration system using glass spheres to determine station positions at better than 50 µm
C. Pottier NPL	Identifying the gaps in the standards use to quantify large volume metrology systems performance for industrial robot applications
Z. M. Zhang NOTTINGHAM U.	A novel data fusion pipeline for point cloud registration
R. Olive WORX	Wavefront phase sensors characterization by using a piezoelectric deformable mirror with nanometric steps
U. Ledezma NOTTINGHAM U.	An automated multisystem demonstrator for advanced optical measurements
A. Roberts ELECTRONICT	Improving robot accuracy for a large working volume using edge-deployed A.I.
G. González UPV/EHU	Accuracy evaluation of three point cloud downsampling criteria
A. Morquecho SABER	Automated inspection of metal parts manufacturing processes through cognitive vision

3DMC	
Wednesday, Sep 27, TEKNIKER	
8:30 BIO	Bus Transfer
9:30 TEK	Opening address & Welcome by host
10:15	Technical Talks
J. Yagüe UNIZAR	Precision design principles. Does the size matter? A methodological approach
I. Biro HELIXES	Measuring functionally critical nanometre-scale surface deflections
C. Gill LOUGHBOROUGH U.	An in-line measurement strategy for quality monitoring in 3D concrete printing
11:45	Exhibition
12:30	Lunch
13:15	Exhibition & Coffee
14:00	Technical Talks
B. Sargeant C. Richards GCL	High-speed GDOF tool monitoring with a low-cost photogrammetric system
P. Puerto QIND	
R. James AMRC QIND	OPTIMUM accuracy trials and volume simulation
J. Heaps NPL	
V. C. Nardelli SENARS	3D measurement using monocular camera motion for inline inspection
15:15	Exhibition, Lab Tour & Coffee
16:30	Technical Talks
D. Heffelmann PTB	Traceability of dimensional measurements of large workpieces
B. A. C. Dornar TEKNIKER	Metrological traceability for an 3D robotic scanning system's digital twin
18:00	Bus Transfer
20:00	Conference Dinner Bistró Guggenheim

3DMC	
Thursday, Sep 28, IDEKO	
8:30 BIO	Bus Transfer
9:30 IDK	Opening address & Welcome by host
10:15	Technical Talks
P. Richardson C. F. Hernández AIRBUS	Airbus research and example: Automatic frame positioning through mould marks
S. Royo LPC	High resolution lidar with embedded data fusion for all-weather robotic vehicles
12:30	Lunch
13:15	Exhibition & Coffee
13:45	Technical Talks
D. Martin ESRF	Alignment for the ESRF extremely brilliant source
F. C. Gonzalo METROTECNOLOGIA	Large volume metrology at ITER project
M. Islam MRC	Quality engineering for Canadian hydrogen observatory for radio transient detector antennas
15:15	Factory Tour
16:30	Technical Talks
J. L. Grzesiak RENISHAW	Improve quality and maintainability of the geometrical set up of robot cells using ball bar devices and probing
I. Izziarte ALDATHINK	Safe, precise, and cost-effective robot for machining
17:15	Closing address and prize giving
18:00	Bus Transfer
20:00	End of 3DMC Pinxos in Bilbao

圖 2 本屆會議議程

(二) 與會目的

本會執掌重大運輸事故調查，其中事故現場作業時間與空間常受到限制，如何快速在現場進行測繪掃描，使用高精度掃描技術建立事故現場三維地理資訊模型，至關重要。而本會執行科技計畫「事故現場快速測繪技術」細部計畫即為導入先進精密量測設備、強化點雲資料處理技術等，以達到快速且精確測繪之目的。

職工作項目包含三維精密量測技術，如光學掃描、光達掃描等，參與事故現場測繪及證物掃描、建構證物實體模型、導入模擬分析技術，以研討工程失效原因。為汲取新知，掌握上開掃描技術，以提升事故現場快速測繪能量，爰積極投稿並獲選發表海報論文，除了展示本會於事故現場之測繪成果，並希冀藉由參與本次實體研討會與上開專家、學者及產業先進技術交流，進而掌握最新掃描技術之相關資訊，達成科技計畫之績效。



3D Metrology in Transportation Safety Investigation

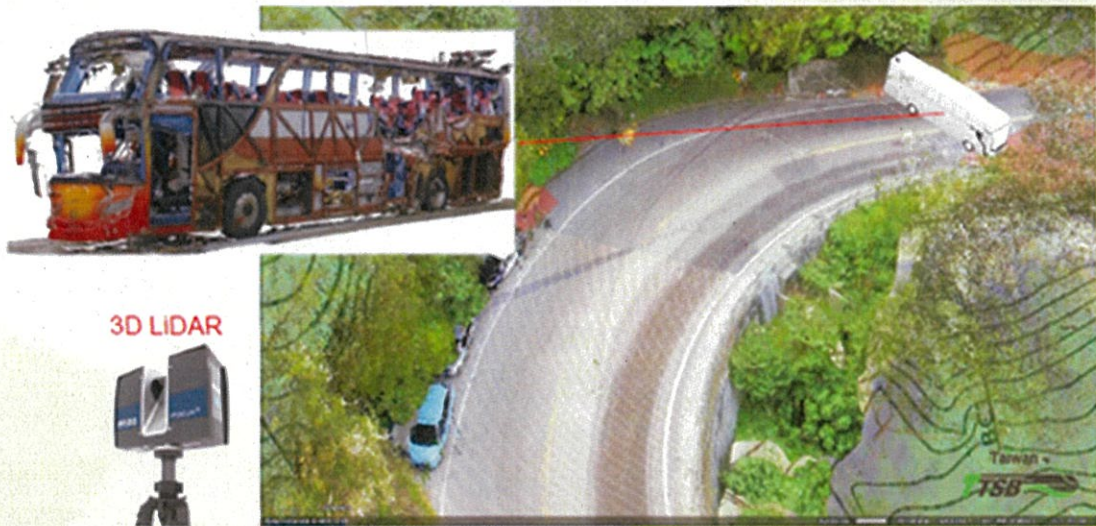
Chien Tzu Lhu(Jean), Yi Cheng Lin, Li Chang Chuang

Contact email : jeanliu@ttsb.gov.tw TTSB web : <https://www.ttsb.gov.tw/english/>

Taiwan Transportation Safety Board (TTSB) is an independent organization with investigating major transportation occurrence in Taiwan. Base on the Aviation Safety Council, TTSB takes responsibility for major accidents of aviation, marine, rail and highway, and to determine the probable cause of the accidents and issues safety recommendations aimed at preventing future accidents.

On-site and the Wreckage

When a major accident occurs, investigators need to survey and record all factual evidence in the crash site as soon as possible, we develop 3D scanning technology into site survey, such as using a 3D laser scanner to manage the site or large-scale objects, afterwards create 3D model from scan data, and comprise terrain data to precisely reconstruct the crash site in our 3D GIS system.



Engineering Investigation

Besides, the scan data can be transformed into STL, that would be compared with its CAD or the normal sample to see the deformation, furthermore it can be reversed into solid model that analyze the distribution of stresses for validating the sequences of failure of using the Finite Element Analysis(FA).

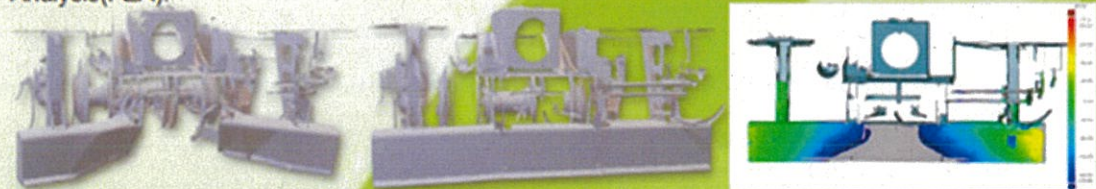


圖 3 本屆參展海報

二、出國行程

日期	起訖地點	記要
9/24	台北-畢爾包 (慕尼黑轉機)	啟程
9/25		
9/26	畢爾包	會議
9/27		會議
9/28		會議
9/29		自費休假
9/30	畢爾包-台北 (慕尼黑轉機)	返國
10/1		

三、會議

本屆會議為期三天，第一天由主辦單位以聚會的形式破冰，營造輕鬆的氛圍，讓來自世界各地的專家學者、技術人員、研究員、工程師等 14 位海報論文發表者簡短自我介紹，提供展示平台進行討論與交流，海報主題涵蓋 3D 雷射投影系統、空間攝影測量最佳化模擬技術、多點定位精度優於 50 奈米、點雲資料融合等技術研發與創新。

職本次展示之海報內容，介紹本會係臺灣獨立調查機關，以飛航安全委員會為基石，負責執掌航空、水路、鐵道及公路的重大運輸安全事故調查，找出事故肇因並提出改善建議，以防範事故再發生。其中，本組持續發展三維量測應用於事故現場，使用光達設備掃描運具殘骸、事故現場，並將掃描數據資料建置三維立體模型，結合地理資訊圖資，藉以還原事故現場及數位紀錄留存；亦將掃描資料轉換為網格模型，將其與原始設計資料進行比對進行損壞分析，或建立有限元素模型進行破壞模擬，輔以事故肇因之研討。



圖 4 破冰儀式



圖 5 重大公路事故現場及運具殘骸掃描成果

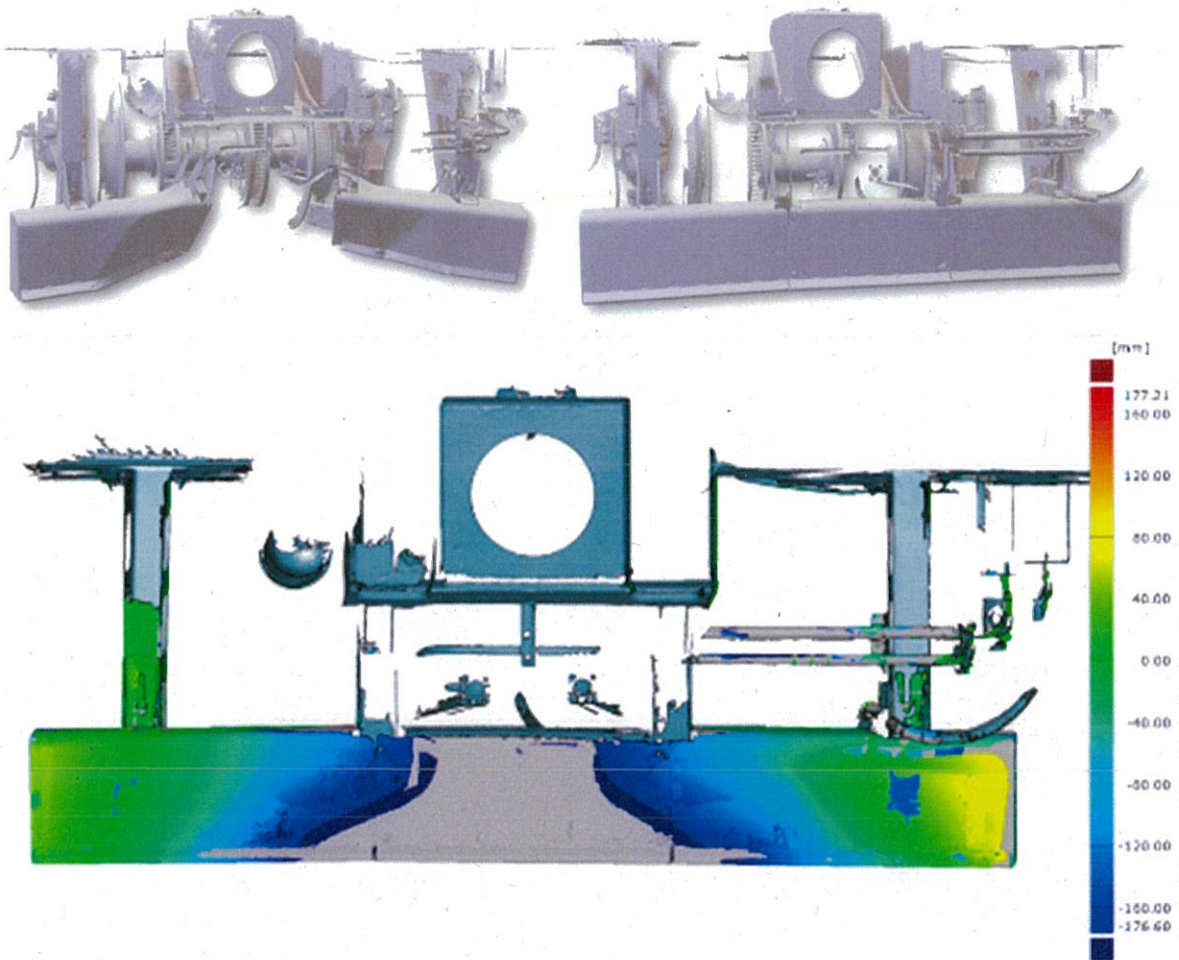


圖 6 殘骸損壞分析

第二天前往西班牙工業技術中心 Tekniker，安排 9 位講員發表專題演講，專題內容涵蓋精度設計原則、奈米級表面測量、3D 混泥土列印測量策略、高速 6 軸工具機監控攝影測量技術、最佳精度試驗與體積模擬、使用單眼相機進行線上檢測 (inline inspection)、大型工件量測的可追溯性及 3D 機器人掃描系統數位孿生的量測追溯性等 8 個專題，期間並安排廠商展示各式測量儀器、掃描設備等，並派員導覽相關實驗室、工作平台等。



圖 7 會議期間

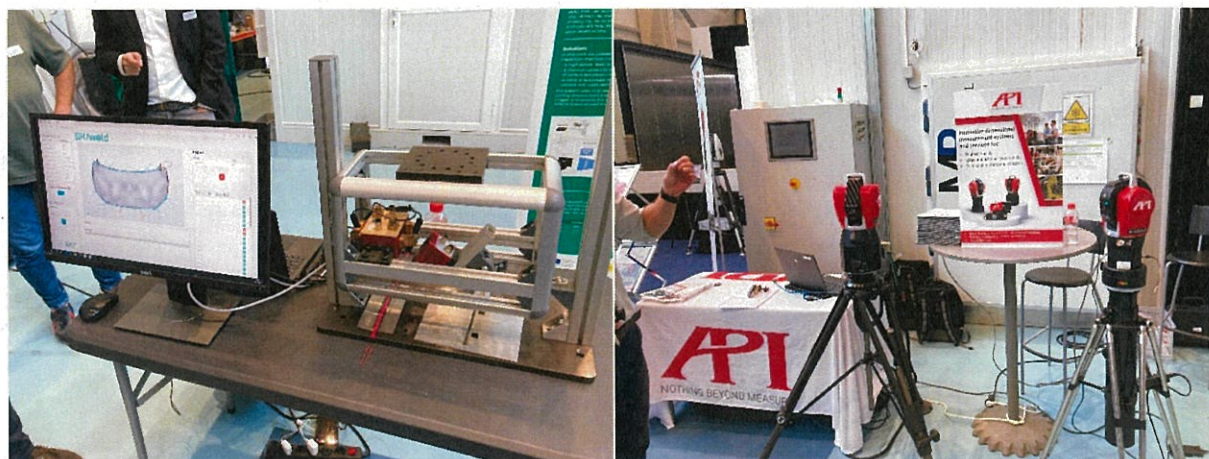


圖 8 測量儀器、掃描設備展示



圖 9 專題演講



圖 10 Teniker 導覽

第三天前往西班牙工業技術中心 IDEKO，安排 7 位講員發表專題演講，專題內容涵蓋空中巴士公司自動框架定位技術、高解析度光達掃描資料融合技術、歐洲同步輻射設施（ESRF）的光源接合技術、ITER 專案的大體積測量、加拿大氫觀測站無線電探測器天線的品質工程、使用球桿裝置和測頭改善機器人單元幾何的品質與可維護性、使用安全精準高性價比的機器人進行機械加工等 7 個專題，期間亦安排各式測量儀器、掃描設備展示，並派員導覽相關實驗室、技術研發中心等。



圖 11 IDEKO 會場、與主辦人合影

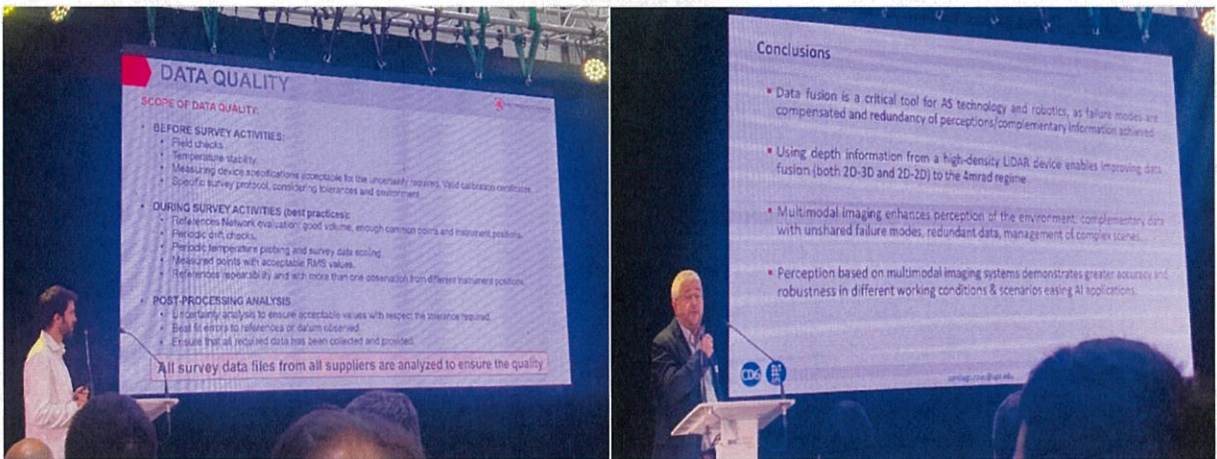


圖 12 專題演講

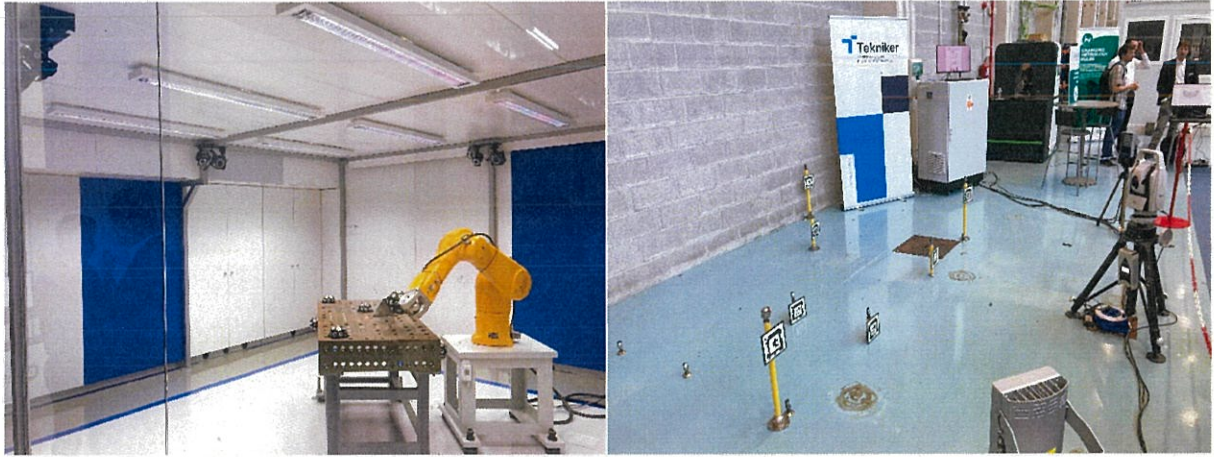


圖 13 量測設備展示



圖 14 設備展示區



圖 15 IDEKO 導覽

四、心得

工欲善其事必先利其器，本屆會議中大量討論於工業工程、建築工程、交通工程、管線工程等產業中，為連結設計圖與施工品質、效能的關鍵橋梁便是高精度測量，而高精度測量隨著感測器、電腦、通訊等技術發展，逐步從一維測量、二維影像走向三維量測技術，如三次元量測儀（Coordinate Measuring Machine, CMM）。三次元量測儀其量測原理係透過感測器取得被測物體表面上特徵點座標位置，經由量測軟體運算處理，可以計算出被測物體的幾何尺寸、表面形狀及空間座標。依據感測器可分為接觸式與非接觸式，接觸式以感測器（探頭）接觸被測物體表面，取得該位置的座標值；而非接觸式的感測器使用如顯微鏡、投影器、雷射等方式在不接觸被測物體的情況下進行量測。



圖 16 接觸式 CMM 與各種探頭

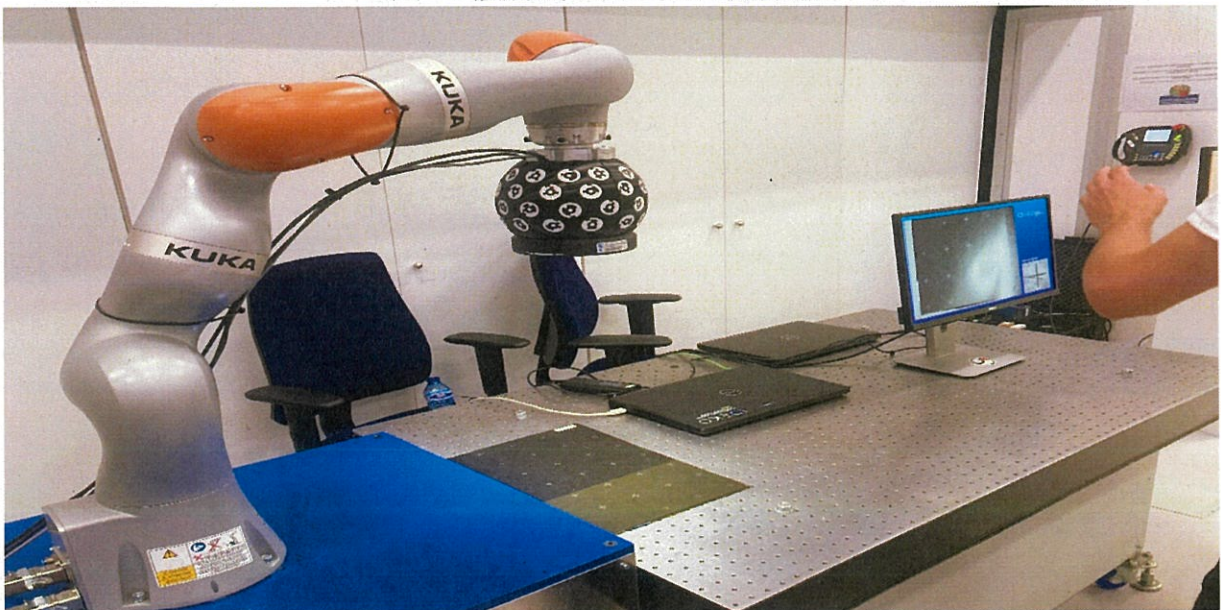


圖 17 非接觸式 CMM

從會議中得知，現今科技發展大量仰賴三維量測技術，而本會執行重大運輸事故調查亦同，如何記錄事故現場、保留關鍵證物為事故調查第一步。然事故現場因場地不確定性且為配合救援作業，現場調查作業空間及時間往往受限，或為及時疏導交通，而無法第一時間紀錄事故現場，因此如何因地制宜使用先進三維量測設備，快速有效測繪事故現場或紀錄運具殘骸，至關重要。

因現場調查作業空間及時間有限、運具殘骸往往破碎且複雜，若使用接觸式量測設備，除設備作業空間需求大外，亦可能破壞重要物證，且需投入相當多的時間、人力成本，而非接觸式量測設備則可克服上述問題。本會自 108 年 8 月 1 日運安會成立後，即以飛安會之基礎能量建置快速測繪系統，導入如無人機空拍系統、光達掃描技術、量測手臂、高精度手持式雷射掃描系統等非接觸式量測設備，其中與本屆會議提及之技術相關之能量有光達掃描技術、量測手臂及高精度手持式雷射掃描系統，依據其掃描能力能提供 1 公厘以下之精度，下面就其應用原理概述之：

光達掃描技術 (Faro Focus)

美國 Faro 公司的光達掃描技術使用基於相位式飛行時間測量 (phase-based time of flight)，以類似正弦波振幅的模式發射雷射，當發射的雷射被物體反射並被掃描設備接收時，與發射的正弦波相比將有延遲或移動：這種位移是距離測量的基礎，與物體的距離成正比，然後透過使用角度編碼器測量安裝於 Focus 上的鏡子旋轉和儀器本體水平旋轉的角度來計算其相對應的座標，進而取得三維點雲資料。

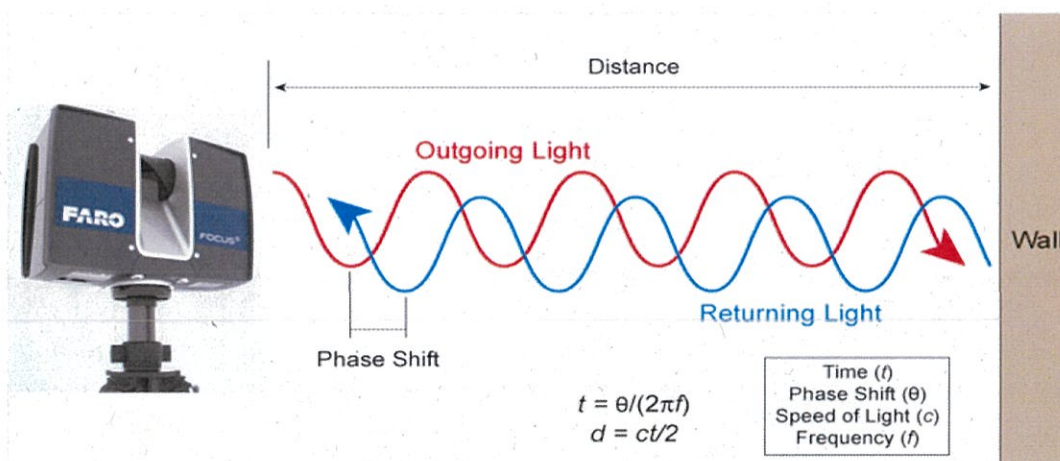


圖 18 Faro Focus 工作原理

量測手臂 (Faroarm)

美國 Faro 公司的量測手臂 (Quantum Faroarm) 係一可攜式三次元量測儀，整合接觸式量測探頭和雷射測頭，兼具接觸式量測與非接觸式掃描功能，其機構由底座、數個機械臂與關節組成，而機械手臂的七軸多關節連結設計，可以提供六個以上的自由度，內建隱藏式的平衡配重系統，提高測量的穩定性。



圖 19 Faroarm 現場作業情形

高精度手持式雷射掃描系統 (Zeiss T-SCAN hawk 2)

相對於相位式飛行時間測量，德國蔡司 (Zeiss) 的手持式雷射掃描系統係使用三角測距法，使雷射線、攝影機及雷射形成一已知三角形，將雷射線發射至被測物體上，加上特定參考點 (具黏性、可反射的貼片) 作為空間定位或校準，透過攝影機畫面中的雷射線位置，然後藉由電腦運算取得被測物體的三維點雲資料。



圖 20 蔡司 hawk2 現場掃描及成果

五、建議

十分榮幸能參與本屆會議，除學習國際會議禮儀外，與全球各地先進探討如量測手臂、光達技術、點雲分析等雷射掃描與攝影測量技術應用，了解現行量測技術可測量奈米級表面變形，可進行無線電探測器天線精準定位，可應用攝影測量系統進行高速 6 軸工具機監控，針對大型物件的量測誤差可用雷射追蹤系統改善，應用領域涵蓋汽車製造、精密儀器、航太產業、能源設備等。

而本會已建置如美國 FARO 公司的光達掃描設備、量測手臂及德國蔡司手持式雷射掃描系統等最新科技，並將其應用於事故調查，進行事故現場、運具殘骸或關鍵證物掃描，據以數位留存、資料分析，高度應用三維量測技術。然而上述量測設備仍有其限制，如光達掃描設備其取得之點雲資料龐大，點雲後處理軟體處理速度緩慢、量測手臂尚需一定作業空間、手持式掃描系統需藉由特殊參考點進行定位或校準，致作業時間稍長，因此為持續發展快速測繪技術，掌握科技新知，取得最新量測技術勢在必行，以下提出幾點建議：

- 建議 1：主動投稿論文或發表專題演講，積極參與三維量測相關國際研討會，如 3DMC，進而與國際接軌，與專家學者、產業先進交流，汲取新知。
- 建議 2：爭取前往參訪如德國蔡司、美國 FARO 等量測設備大廠，研習專業技術；持續蒐集與分析現行最新量測技術之產品之應用與限制。

參加 2023 年 3DMC 三維量測研討會出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

出國人職稱：研究助理

姓名：劉千慈

出國地區：西班牙畢爾包

出國期間：民國 112 年 9 月 24 日至 10 月 1 日

報告日期：民國 112 年 12 月 25 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	主動投稿論文或發表專題演講，積極參與三維量測相關國際研討會，如 3DMC，進而與國際接軌，與專家學者、產業先進交流，汲取新知。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	爭取前往參訪如德國蔡司、美國 FARO 等量測設備大廠，研習專業技術；持續蒐集與分析現行最新量測技術之產品之應用與限制。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行

