

出國報告（出國類別：開會）

赴德國漢堡參加「3DMC 三維 量測研討會」出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：副飛安調查官／莊禮彰

派赴國家：德國

出國期間：民國 107 年 10 月 13 日至 10 月 20 日

報告日期：民國 108 年 1 月 2 日

目次

壹、目的與過程	2
貳、3DMC 三維量測研討會	3
參、空中巴士參訪	15
肆、建議	23

壹、目的與過程

飛安會目前執行「提昇我國飛航安全及事故調查能量」科技計畫，其中「工程失效模式之研判與分析」為 4 項分項研究之一，106 年研究計畫係導入快速掃描技術，於事故現場掃描殘骸，並取得三維數位資料，目前此技術已應用於數起事故調查，可供調查人員觀察結構件損壞狀況，協助研判事故肇因；107 年研究計畫係航空器複合材料破壞分析與損害特徵之研究。

3DMC 三維量測研討會已在德國連續舉辦兩年，與會者來自工業界、學術界、研究機構、政府單位等，討論議題為三維數位量測技術、航太工業製造檢測、自動化檢測、非破壞檢測應用、掃描資料處理等。本次會議日期為 10 月 16 日至 18 日，莊禮彰副飛安調查官代表飛安會參加旨揭會議，發表「航空器事故調查之 3D 掃描實務 (3D scanning in Aviation Safety)」演講，吸取最新的掃描技術，並與參加會議的各國代表技術交流。

空中巴士 A350 新型飛機大幅採用複合材料於飛機結構設計上，其材料組成及機械性質與鋁合金差異甚大，目前本會複合材料資訊與知識付之闕如，擬於 10 月 15 日至漢堡近郊施塔德 (Stade) 空中巴士 A350 組裝廠參訪，蒐集空中巴士 A350 複合材料之相關資料，以增加本會複合材料之調查能量。

行程表如下：

日期		起訖地點	任務
月	日		
10	13	台北~法蘭克福	起程
10	14	法蘭克福~漢堡	交通
10	15	漢堡~施塔德~漢堡	參訪
10	16~18	漢堡	會議
10	30	漢堡~法蘭克福~台北	返程
10	1		

貳、3DMC 三維量測研討會

3DMC 三維量測研討會已在德國阿亨 Aachen 連續舉辦兩年，主辦單位為德國阿亨工業大學 RWTH Aachen WZL 實驗室 (Laboratory for Machine Tools and Production Engineering of RWTH Aachen University)，與會者來自工業界、學術界、研究機構、政府單位等，今年主辦單位英國國家物理實驗室 (National Physical Laboratory, NPL)，合辦單位包括：英國倫敦大學學院 (University College London, UCL)、德國聯邦物理技術研究院 (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)、德國阿亨工業大學 WZL 實驗室，本次會議地點在德國漢堡市，討論議題為三維數位量測技術、機械製造檢測、航太工業製造檢測、組裝檢測、自動化檢測、非破壞檢測應用等，參加單位包括：政府單位、學術界、研究機構、產業界等，參與人數約 100 人，圖 2-1 為本次會議海報，圖 2-2 為會議場景，會議議程如表 2-1 所示。



圖 2-1 3DMC 會議海報



圖 2-2 會議場景

3DMC 三維量測研討會報名費為 500 歐元，大會從眾多投稿論文中選出 21 篇專題演講，獲選論文之作者可以免費參加研討會，未獲選論文則以海報方式參加，海報作者僅獲得 9 折優待票，但仍需支付 450 歐元，共有 15 篇海報參展，此次大會也安排兩場主題演講（keynote speech）。此次職以 106 年度科技計畫之研究成果「3D scanning in Aviation Safety」投稿，幸運獲得評審青睞，免費參加本次研討會，也節省公帑。10 月 16 日下午報到後大會先安排主題演講，並由參展廠商介紹相關量測儀器，包括三次元量測、機械製造即時檢測、雷射追蹤儀（Laser Tracker）、光學掃描儀器等。

表 2-1 會議議程

WORKSHOPS: TUESDAY, OCTOBER 16

- 16:00** Understanding Industrial Measurement Capability
J. Muelaner (University of Bath), F. Keller (PTB)
- 17:00** *COFFEE BREAK*
- 17:30** Leveraging the Benefits of Machine Tool Calibration
E. Gomez-Acedo Bilbao (IK4-TEKNIKER), P. Dahlem (RWTH Aachen)

SOCIAL EVENTS

- Oct. 16** Ice Breaker
- 18:30** *Fruitful Discussions in a Comfortable Atmosphere*

CONFERENCE: WEDNESDAY, OCTOBER 17

- 09:00** *INTRODUCTION BY BEN HUGHES AND ROBERT H. SCHMITT*
- 09:30** KEYNOTE: Applications for Blockchain Technology in Sensor Systems,
Augmented and Mixed Reality
A. Britz (Microsoft Deutschland GmbH), M. Breuer (ubirch GmbH)
- 10:20** Additive Manufacturing Machine Characterisation Using
Artefact based Dimensional Metrology
R. Broxton (Renishaw Plc)
- 10:45** *COFFEE BREAK*
- 11:15** 3D Scanning in Aviation Safety
E. Li-Chang Chuang (Aviation Safety Council)
- Evaluating State of the Art Automated Photogrammetry
for Volume Wing Manufacture at Airbus
S. Robson (UCL), K. Forster (Airbus Operations Ltd)
- Two Uncertainty Models for Spherical Instrument Measurements
J. Dorsey-Palmateer (JDP Metrology Consulting LLC)
- 12:30** *EXHIBITION OPENING*
- 13:15** *LUNCH*
- 14:15** Machine Vision and Data-Modelling for Closed Loops
in the Axle Drive Production
S. Gerdhenrichs (BMW Group)
- Geometric Inspection of Non-Rigid Aeronautical Parts Using
Optical Measurement Systems and Virtual Fixturing
G. Donatelli (Fundação CERTI)
- Immersive Metrology System – Developing an Aerospace Demonstrator
D. Canepa (University of Bath)
- 15:30** *COFFEE BREAK AND EXHIBITION TIME*
- 16:15** Robot Calibration using XM-60 6DOF Laser
S. Fletcher (University of Huddersfield)
- Integrated Measurement Systems for Machine Tools –
Opportunities and Challenges
M. Wennemer (Heinrich Georg GmbH)
- A Hydraulic Levelling System for Machine Tool Alignment
R. Ricatto (Fidia S.p.A.)

CONFERENCE: THURSDAY, OCTOBER 18

- 09:00** Aligning the new Brazilian Synchrotron: A Case Study of LVM
R. Leao (LNLS Brazilian Synchrotron Light Laboratory)
Development of a Multi-Directional Optical Probe
K. Maruno (Hitachi, Ltd.)
White Light Interferometry for Automated Inspection of
Jet Engine Components
M. Ernst (3D.aero GmbH; Joint Venture by Lufthansa Technik & Pepperl+Fuchs)
- 10:15** *COFFEE BREAK AND EXHIBITION TIME*
- 11:15** A Novel 3D Coordinate Measurement System based on
FSI and Galvanometer
Y. Shang (Tianjin University)
Image-based Measurement of Concrete Surface Roughness
B. Özcan (RWTH Aachen)
Feature-based Modelling for Pose Estimation of Cylindrical Elements
in Large Scale and Harsh Environments
G. Kortaberria (IK4-TEKNIKER)
- 12:30** *LUNCH AND EXHIBITION TIME*
- 13:30** Automated Assessment of Quality of Part Surface Coverage
in Smart, Optical Form Measurement Systems
S. Catalucci (University of Nottingham)
Stereo Camera Head for 3D Laser Tracking
R. Loser (Hexagon Manufacturing Intelligence), M. Kleinkes (VMT GmbH)
- 14:15** *COFFEE BREAK AND EXHIBITION TIME*
- 14:45** Wind Turbine Components Inspection Process using 3D LVM Solutions
P. Vieira (Grupo Tecnimex)
Toward Intelligent Automated 3D Measurement:
Task Specific Viewpoint Optimisation
J. Hodgson (Loughborough University)
Optimized Robot Cell Calibration in the Automotive Industry
J. Wambach (sigma3D GmbH)
- 16:00** *FAREWELL*

2.1 本會投稿論文

106 年研究計畫係導入快速掃描技術，於事故現場掃描殘骸，並取得三維數位資料，目前此技術已應用於數起事故調查，可供調查人員觀察結構件損壞狀況，協助研判事故肇因。內政部空中勤務總隊一架黑鷹直昇機 NA-706 於民國 107 年 2 月 5 日深夜在台東蘭嶼外海失事，同年 2 月 28 日漁民於綠島附近海域發現一

片斷裂之左貨艙門殘骸，尺寸約 200×70 公分。

ATOS 光學掃描儀精密掃描左貨艙門

本會使用德國 GOM 公司製造之非接觸式光學掃描系統 ATOS I，由一個光柵投射裝置與兩個工業級 CCD 鏡頭所組成，將光柵投影在待測物表面上，輔以光柵粗細變化及相位位移，配合 CCD 鏡頭擷取數位影像和電腦運算處理，即可得到高密度點雲資料，並轉換為 STL 三角網格。本次掃描左貨艙門約 3 小時，分別掃描左貨艙門外側及內側，之後依共同控制點合併成高密度點雲資料，並轉換為三角網格，如圖 2.1-1 所示。ATOS 光學掃描精度可達 0.01 mm，可與其它掃描系統之點雲資料作誤差比對。

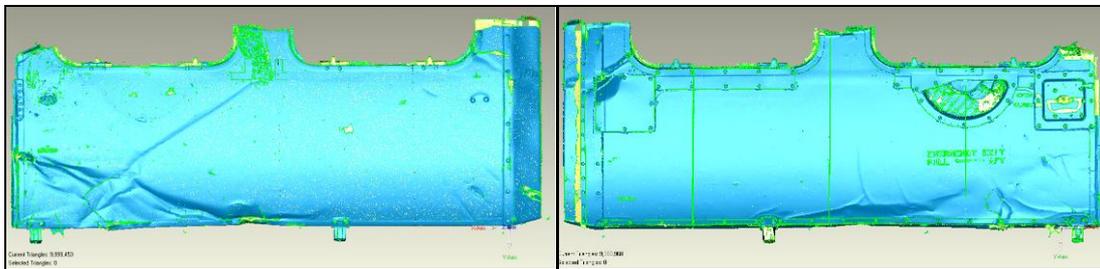


圖 2.1-1 左貨艙門外側及內側之精密三角網格

Mantis F6 手持掃描儀快速掃描左貨艙門

Mantis F6 手持掃描儀使用光源常為近紅外光，以結構光柵進行掃描，具有不受環境光源影響的優點，精度尚可達 0.5 mm，可在短時間內掃描大體積物體（64 萬點/秒），重量僅一公斤，適合用於事故現場快速蒐集資料。本次使用 Mantis F6 手持掃描儀掃描左貨艙門外側，Mantis F6 每秒擷取 8 幅畫面，約略 7 秒完成左貨艙門外側掃描作業，共取得 57 幅畫面，第 24、53 幅畫面如圖 2.1-2 所示。

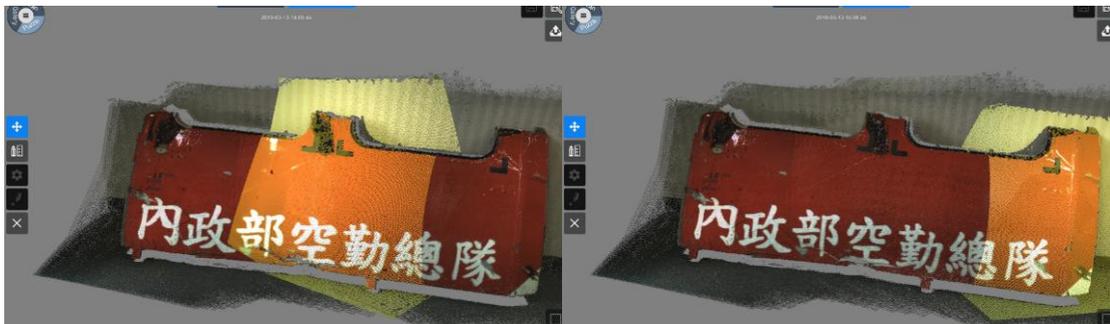


圖 2.1-2 Mantis F6 掃描左貨艙門外側第 24、53 幅畫面

掃描資料處理後可得到點雲資料，再經轉換可得 STL 三角網格(圖 2.1-3)。將左貨艙門外側三角網格與 ATOS 光學掃描之三角網格作誤差比對，可發現 Mantis F6 手持掃描儀掃描所得之尺寸大致與左貨艙門相符，兩側向下凹陷而中心位置往外突起，誤差量約為 0.5 mm 至 2.4 mm，如圖 2.1-4 所示。

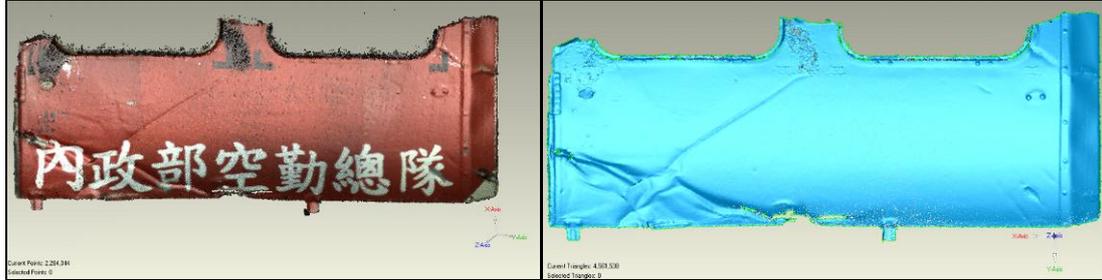


圖 2.1-3 左貨艙門點雲資料及三角網格

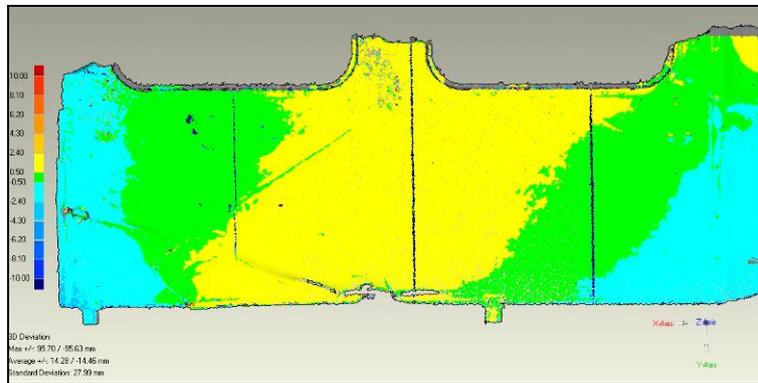


圖 2.1-4 左貨艙門三角網格

使用 Mantis F6 手持掃描儀一次掃描完整左貨艙門，由左貨艙門外側開始掃描，內外側銜接以後方牆壁作為連接控制點，共取得 152 幅畫面(圖 2.1-5)。

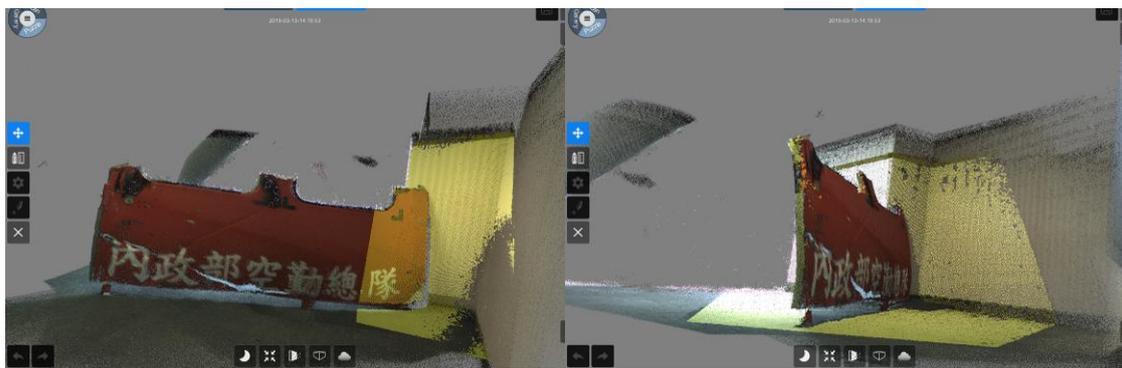


圖 2.1-5 Mantis F6 掃描完整左貨艙門第 1 及 77 幅畫面

將 Mantis F6 手持掃描儀掃描之完整左貨艙門三角網格與 ATOS 光學掃描之三角網格作比對分析，可發現 Mantis F6 手持掃描儀掃描結果之尺寸大致與左貨艙

門相符，但垂直方向誤差量明顯變大，如圖 2.1-6 藍框區域，左貨艙門誤差量超過 7 mm，推測剛開始掃描時，掃描角度過大，因此產生較大誤差；此外掃描左貨艙門外側後接續掃描內側時，因旋轉角度太大且無適當的連接控制點，產生 4 mm 至 5 mm 的誤差；此後產生累積誤差，左貨艙門內側的誤差量越來越大，左貨艙門內側上方的誤差量超過 6 mm（圖 2.1-7 藍框區域）。

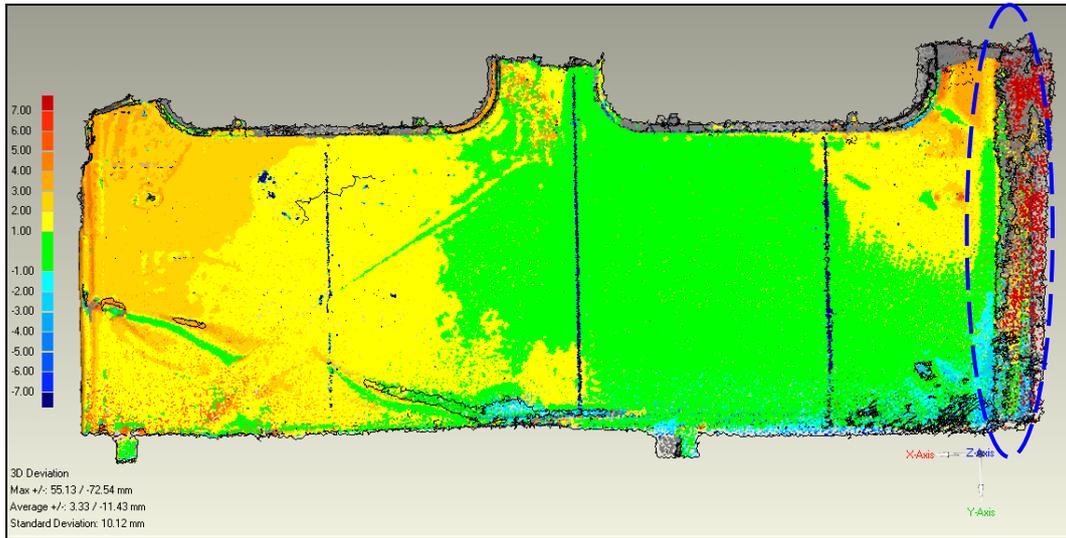


圖 2.1-6 左貨艙門外側誤差分析

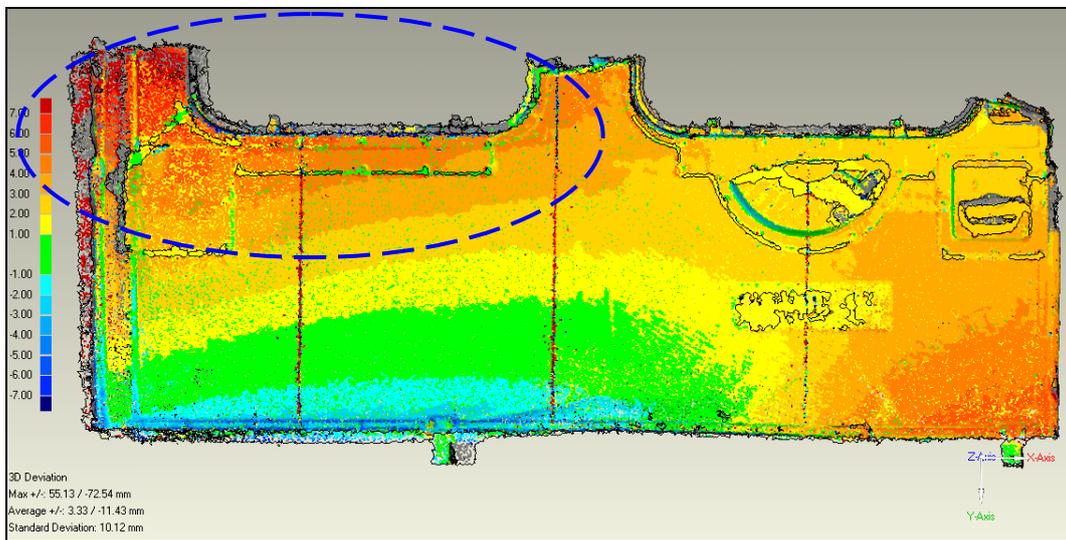


圖 2.1-7 左貨艙門內側誤差分析

Mantis F6 手持掃描儀快速掃描 NA-706 殘骸

黑鷹直昇機殘骸打撈上岸後，機體僅剩主機身中段，前方機身撞擊後斷裂，未包含駕駛艙，而右方機身破損嚴重，尾桁斷裂未尋獲，而左方機身大致完整，四

根主旋翼均呈現撞擊破損特徵。初步檢視該機殘骸後執行掃描作業(圖 2.1-8)。殘骸掃描區域分為左後主機身、前機身、右側機身、上機身等部位。取得多組點雲資料後，依照幾何特徵拼接成單一點雲資料，點雲數高達兩千多萬點。事故機殘骸之 3D 數位模型如圖 2.1-9 所示。



圖 2.1-8 事故機殘骸掃描作業

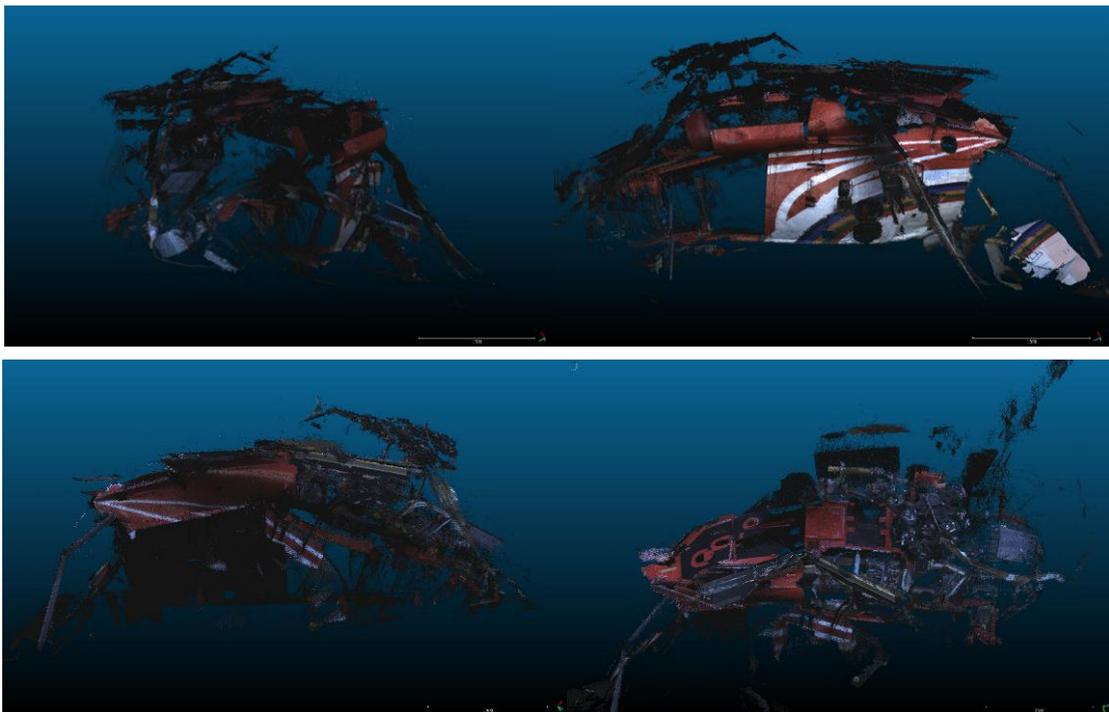


圖 2.1-9 事故機殘骸之 3D 數位模型

事故機殘骸經掃描後製成 3D 數位模型，專案調查小組將殘骸數位模型與 UH-60M 機模型疊合比對，如圖 2.1-10 及圖 2.1-11，估算所撈獲主殘骸及其對應航機之位置比率，撈獲之殘骸大約占整體航機 50%，未撈獲殘骸主要為駕駛艙、尾錐段及尾旋翼派龍。

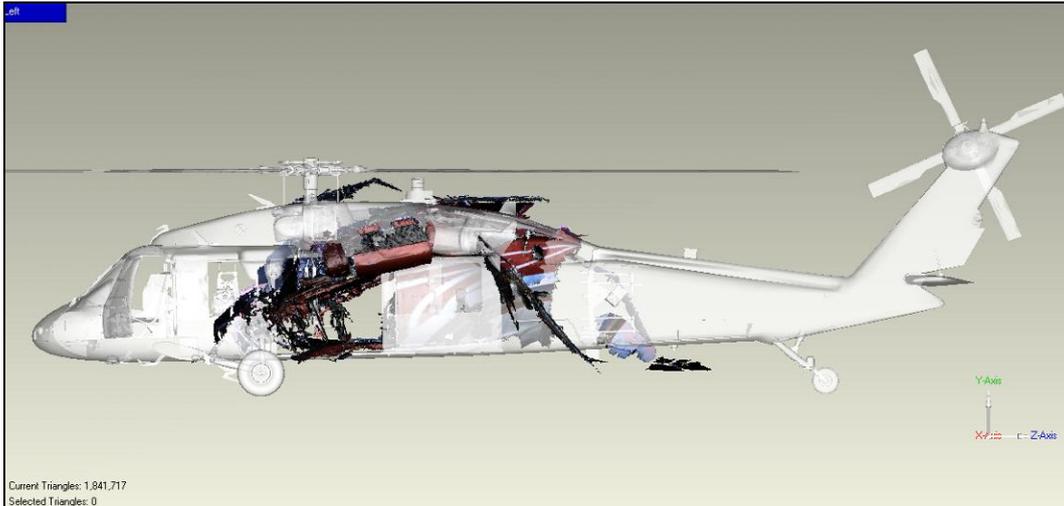


圖 2.1-10 事故機殘骸與原始模型比對之左視圖

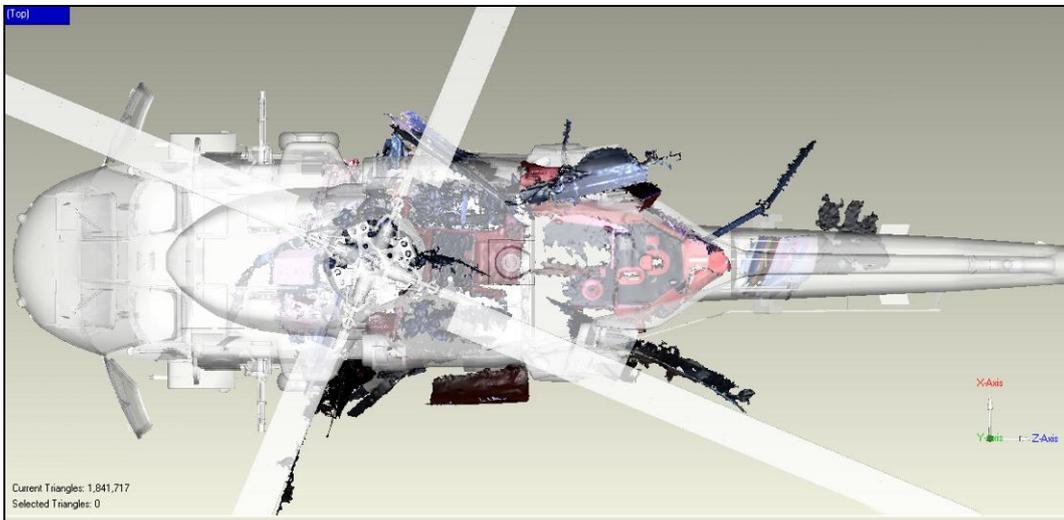


圖 2.1-11 事故機殘骸與原始模型比對之上視圖

本次掃描作業為本會第一次應用手持掃描儀於事故現場蒐證，掃描作業順利且快速完成，但仍有待改善空間。

- ✓ 手持掃描儀非常輕巧方便，精度可達 0.5 mm，應可符合需求，且重量僅一公斤，適用於事故現場。
- ✓ 仍會受到天候影響，下雨時無法作業，且白天強光會影響掃描成像，掃描時段受到限制，最佳作業時間為陰天或是傍晚。
- ✓ Mantis F6 手持掃描儀適合掃描中小型物件。

本次簡報完成後，也獲得多位與會者的正面肯定，紛紛詢問本會事故調查及掃描作業相關細節，技術交流相當成功，圖 2.1-12 為職於 3DMC 三維量測研討會

發表演講，會後與研討會主辦人 Prof. Ben Hughes 合影留念（圖 2.1-13）。



圖 2.1-12 本會於 3DMC 三維量測研討會發表演講

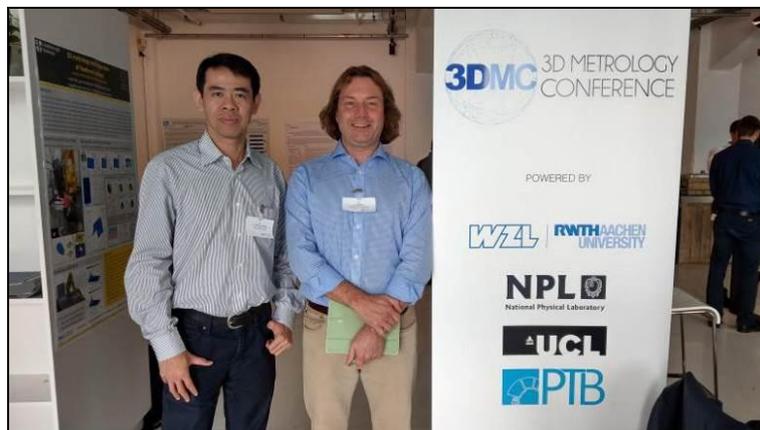


圖 2.1-13 與研討會主辦人 Prof. Ben Hughes 合影

2.2 製造檢測

製造檢測以往都是使用三次元量床（或稱座標量測儀 Coordinate Measuring Machine, CMM），根據探頭是否接觸待測物，又區分為接觸式和非接觸式兩大類。接觸式係以探頭直接接觸待測物量測，一般常見的是接觸式座標量測儀，其探頭大部份為一顆紅寶石球，經接觸待測物後，取得該位置的座標值，再減去探頭的半徑後，即可求得工件的實際座標值。非接觸式則是以雷射或是影像作為探測系統，並沒有直接接觸到待測物。

RWTH Aachen WZL 實驗室的 Philipp 介紹光學掃描技術應用於刀具校正與修正（圖 2.2-1）；3D-aero 公司展示光學尺寸量測的原理及案例介紹（圖 2.2-2），簡報內容提到（圖 2.2-3），飛機發動機幾何外型相當複雜，而裂紋檢查常見方

法是人工螢光滲透檢測（FPI），檢查結果往往取決於執行人員的專業技術和經驗，本篇提到若導入全自動白光干涉儀（WLI）作為未來的裂縫檢測系統，將大幅縮短傳統檢測所需的時間。



圖 2.2-1 光學掃描技術應用於刀具校正與修正



圖 2.2-2 光學尺寸量測

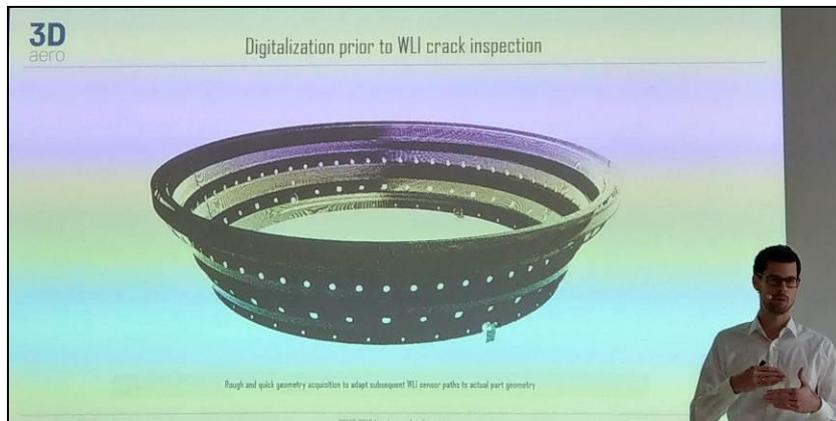


圖 2.2-3 全自動白光干涉裂縫檢測系統

2.3 雷射追蹤技術之應用

以往的雷射追蹤儀（Laser Tracker）應用為 CMM 三次元尺寸量測的延伸，使用於凹洞或是 CMM 無法深入的位置，此次研討會參展廠商展示雷射追蹤儀應用於大範圍、大尺度量測，以 FARO Laser Tracker 為例（圖 2.3-1），不僅防水防塵、外型輕巧且重量輕，VantageS 適用於 80 米以內中長距離測量，另一 VantageE 則適用於 25 米以內中短距離測量。以普悠瑪事故現場為例，除應用無人飛機空拍、LIDAR 光達掃描外，或許可評估雷射追蹤技術的導入。



圖 2.3-1 FARO Laser Tracker 雷射追蹤儀¹

2.4 X 射線檢測技術

多家廠商於研討會現場展示 X 射線檢測設備，職曾於前幾次出國報告均提及 X 射線檢測技術，本報告將不再贅述。目前美國波音公司、德國航太中心、法國 BEA、美國 NTSB 及加拿大 TSB 均擁有 X 射線檢測設備，未來飛安會轉型為多模組國家運輸安全調查委員會時，將建立其它政府機構實驗室或是民間廠商技術支援，作為本會事故調查的資源，並同時建立本會 X 射線檢測技術的作業程序；或評估建置此技術的可行性與必要性。

¹ FARO Technologies, Inc.

參、參訪空中巴士

歐洲空中巴士公司與美國波音公司為世界上兩家最大的民航飛機製造商，空中巴士公司係於 1970 年由法國、德國、西班牙與英國共同創立，總部設於法國土魯斯 Toulouse 附近之 Blagnac。空中巴士公司在德國共有三個民航飛機組裝廠，地理位置均在德國北部，分別是漢堡、不來梅（Bremen）及漢堡近郊之施塔德（Stade），位置分佈如圖 3-1 所示。漢堡為 A380 主要組裝處（圖 3-2），不來梅製造飛機機翼及襟翼（圖 3-3）、施塔德製造 A350 的上翼面蒙皮、水平尾翼及後段機身，亦為碳纖維複合材料（Carbon fiber reinforced polymer, CFRP）研發中心（圖 3-4）。

空中巴士 A350 新型飛機大幅採用複合材料於飛機結構設計上，其材料組成及機械性質與鋁合金差異甚大，目前本會複合材料資訊與知識付之闕如，擬藉由此次至漢堡參加研討會之便，參訪漢堡近郊之施塔德 CFRP 研發中心，蒐集空中巴士 A350 複合材料之相關資料及複合材料組裝資訊，以增加本會複合材料之調查能量。



圖 3.1 德國三個民航飛機組裝廠之地理位置



圖 3.2 A380 組裝（漢堡）²



圖 3-3 機翼及襟翼之製造生產（不來梅）²



圖 3-4 碳纖維複合材料 CFRP 研發中心（施塔德）²

² <https://werksfuehrung.de/en/factorytour/>

3.1 參訪空中巴士施塔德組裝廠

德國三個空中巴士民航飛機組裝廠均提供民眾參訪之付費行程，參訪行程係由 Globetrotter Erlebnis GmbH 負責。漢堡為 A380 主要組裝處，每一個月提供約一百個參訪行程，一般而言民眾都是參加這個經典行程，瞭解民航飛機組裝過程，相較之下施塔德一個月僅有一個參訪行程，且日期均已固定，屬於比較冷門的參訪行程。

當職投稿後確定能免費參加本次研討會時，發現出差日期未能包含施塔德參訪行程，因此開始聯繫 Globetrotter Erlebnis GmbH，希望該公司能於出差日期內提供參訪行程，經多次聯繫後該公司同意職的參訪需求，且客製化安排參訪行程。參訪行程由 Rüdiger Löwen 先生負責，Rüdiger 是空中巴士退休工程師，主要工作為負責 CFRP 複合材料，工作達 30 年之久。

施塔德組裝廠位於施塔德東南方約 4 公里工業區內，員工約兩千名，參訪行程約兩小時，全程均不能拍照，因此職只能用紙筆記錄，之後再查資料補上內容，以下照片均由網路上截取。



圖 3.1-1 施塔德組裝廠空照圖

3.2 複合材料應用於飛機結構設計

新型飛機皆大幅採用複合材料於飛機結構設計上，複合材料係指由兩種或兩種以上材料組合而成，利用不同材料性質來補強結構的整體性能。複合材料通常由基材 (matrix) 與補強材料 (reinforcement) 組成，補強材料通常擁有高強度與高勁度，負責承受整體複合材料之外加負載；基材則負責傳遞負載並將補強材料黏著固定。補強材料的種類很多，如顆粒、纖維等，纖維為最常見的補強材料，有碳纖維、玻璃纖維、硼纖維等。纖維可以使基材的強度增加，而基材又將纖維固結在一起，使各纖維平均分擔負載，並保護纖維免於外物的機械性或化學性磨損。複合材料會因不同的纖維成份而有不同的性能，即使同一成份的複合材料，由於纖維排列方向不同，會使其機械性質差異甚大。

目前全球航空業競爭越發激烈，國籍航空陸續採購新型飛機因應，如中華航空公司添購 14 架空中巴士 A350-900 飛機，已全部交機及營運；長榮航空公司亦引進 24 架波音 B787 飛機，已開始交機。波音 B787 及空中巴士 A350 皆大幅採用複合材料於飛機結構設計上，A350 飛機結構使用的 CFRP、鈦合金、鋁鋰合金、碳鋼等材料 (圖 3.2-1)，其中 CFRP 使用比例高達 53%，遠遠超過 A380，除機身蒙皮結構外，CFRP 亦使用於機翼、構架 (frame)、縱桁 (stringer) 等。

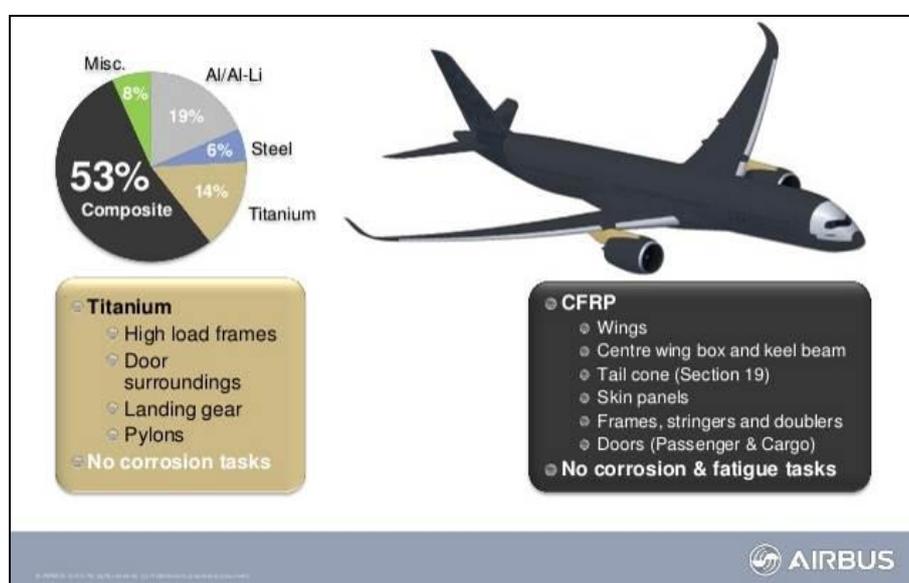


圖 3.2-1 空中巴士 A350 飛機結構使用的材料³

³ <http://www.slideshare.net/merv/berno-kock-am-brink-airbus-a350>

3.3 空中巴士 A350 製造

空中巴士 A350 機身結構組件大多生產於歐盟地區，組件供應商超過三百多家，以機翼製造流程為例，機翼前緣（leading-edge spar）及機翼後緣（trailing-edge spar）在英國製造，下翼面蒙皮（lower wing skin）於西班牙製造，上翼面蒙皮（upper wing skin）於德國施塔德製造，4 個結構組件送往英國 Broughton 組裝，之後再送到德國不來梅，裝配襟翼及線路系統，最後送至法國土魯斯最終組裝廠（final assembly line, FAL），幾乎繞了半個西歐，如圖 3.3-1 所示。德國施塔德亦製造 A350 水平尾翼及 16 至 18 區段機身。



圖 3.3-1 空中巴士 A350 機翼製造流程⁴

⁴ 資料來源：Esri, Airbus; 西雅圖時報報導
<https://www.seattletimes.com/business/boeing-aerospace/airbus-wing-plant-is-a-model-of-robotic-tec>

施塔德組裝廠使用 AFP/ATL (automated tape laying / automated fiber placement) 自動化機器，快速地自動化鋪帶 (圖 3.3-2) 以及自動纖維鋪疊 (圖 3.3-3)，可靈活地生產形狀複雜的複合材料產品，包括上翼面蒙皮、水平尾翼及後段機身，並能減少設置多組設備的安裝時間與成本，同時實現更高的彈性加工效率和產量。透過 ATL 的表面雷射器 (溫度達 400°C) 控制熱塑性材料的溫度，AFP 應用紅外加熱方法 (溫度達 100°C)，用以控制熱固性材料的溫度。複合材料之結構組件經由 AFP/ATL 生產製造後，送進烤爐進行烘烤後製 (圖 3.3-4)，經過 180°C 及 10 bar 壓力後，即完成製造程序。



圖 3.3-2 上翼面蒙皮之自動化鋪帶 AFP⁵



圖 3.3-3 後段機身之自動纖維鋪疊 ATL⁵

hnology/
⁵ <http://pilotseyetv/>



圖 3.3-4 上翼面蒙皮送進烤爐⁵

波音 B787 機身主結構採用一體成型的方式，可大幅減少螺絲與鉚釘的使用，不僅降低飛機的重量，也避免破壞機身結構強度；此外光滑的機身表面，也減少飛行的空氣阻力，可增加飛行的效能。而 A350 的機身主結構採用傳統板塊拼接製造方式，以上下左右四片 CFRP 搭接而成，唯一的好處是某一機身區塊受損時，大修時只需更換一塊 CFRP 即可。

新型客機複合材料之結構强度高、壽命較長，且不易發生腐蝕及疲勞現象，但是複合材料之結構強度卻會逐年慢慢下降，若發生碰撞時，需要使用儀器才能檢測出損傷，且修復方式不易。除 A350 製造外，Rüdiger Löwen 先生亦介紹 A330、A350、A380 垂直尾翼的製造流程，以及安裝組合流程；參訪結束後，在施塔德組裝廠 A380 垂直尾翼前，與 Rüdiger Löwen 先生合影留念，如圖 3.3-5 所示。另外 Rüdiger Löwen 先生表示，施塔德組裝廠對面的 CFK-Valley 公司，也是空中巴士複合材料的技術合作來源之一。



圖 3.3-5 與 Rüdiger Löwen 先生合影留念

肆、建議

此次職參加 3DMC 三維量測研討會，收穫頗豐，並藉此機會至空中巴士組裝廠參訪，有幸研習複合材料相關資訊實屬難得，職提出建議如下：

- 一、 持續精進與強化數位掃描技術，以廣泛蒐集飛航事故現場相關資訊，並評估雷射追蹤技術應用之可行性。
- 二、 蒐集波音 B787 複合材料之相關資料，瞭解航空器複合材料破壞特性與損害特徵，以增加本會複合材料之調查能量。