

出國報告(出國類別：會議)

「2024 年國際飛航測試會議」
出國報告書

服務機關：交通部民用航空局飛航標準組

姓名職稱：張小千/約聘檢查員

派赴國家/地區：日本名古屋

出國期間：113 年 7 月 7 日至 113 年 7 月 12 日

報告日期：113 年 9 月 9 日

摘要

國際空域標準與校準委員會 (ICASC) 每兩年舉辦之國際飛航測試研討會，為全球飛航測試人員提供了一個交流與學習的平台。2024年的研討會主要聚焦於提升飛航測試的安全性。

會議內容涵蓋了多個方面，包括：

- ▲ 最新技術: 與會者分享了無人機在飛航測試中的應用、新型導航設備的性能評估模型、以及GNSS訊號干擾問題的解決方案等。
- ▲ 標準與規範: ICASC介紹了最新的國際民航組織(ICAO)規範，並討論了飛行驗證的相關議題。
- ▲ 技術挑戰: 與會者共同探討了飛航測試中遇到的各種挑戰，如雷達高度計與5G通信系統的電磁干擾問題。

研討會的結論強調了飛航測試在確保航空安全中的重要性。

另無人機技術的快速發展為飛航測試提供了新的可能性，但同時也帶來了一些新的挑戰。與會者一致認為，國際合作與技術創新是應對這些挑戰的關鍵。

總結來說，此次研討會為全球飛航測試領域的發展提供了新的思路和方向。通過分享經驗、交流技術，與會者共同為提升全球航空安全盡一份心力。

目次

壹、目的.....	p.2
貳、行程紀要.....	p.4
參、過程.....	p.5
肆、會議及訓練資料摘要.....	p.9
伍、心得與建議.....	p.21
陸、附錄.....	p.23

壹、 目的

國際空域標準與校準委員會 (International Committee for Airspace Standards and Calibration, ICASC)是隸屬於國際民航組織(ICAO)下之專門技術委員會，其主要任務是制訂和維護與空域標準和校準相關之國際標準和建議做法。

國際空域標準與校準委員會主要任務目標：

- ❖ 空域標準協調一致：確保不同國家空域標準的一致性和相容性，以促進安全且有效率的國際空中航行。
- ❖ 校準程序：制定和維護校準助導航設備(例如：無線電導航系統和儀降系統)的程序，以確保助導航設備準確性和可靠性。
- ❖ 資料交換：制定各國之間空域資料和資訊交換的準則，以支援空域協調與合作管理方式。
- ❖ 技術援助：為成員國實施空域標準和校準程序提供技術援助。

國際空域標準與校準委員會專業領域：

- ▲ 空域設計：空域分類、結構與間隔標準的標準。
- ▲ 助導航設備：各種導航系統的校準程序，包括 VOR、DME、ILS 和 NDB。
- ▲ 空中交通管理 (ATM)：與 ATM 系統、程序和資料交換相關的標準。
- ▲ 飛行資訊區 (FIR)：建立和管理 FIR 邊界的指南。

透過提供協調空域標準和校準程序的框架，確保全球航空運輸的安全和

效率。

助導航設備與儀航程序為飛機在空中安全運作提供了重要基礎。為確保機場及航路上助導航設備信號的品質，定期對這些設備的信號進行檢測至關重要，這對於機場與飛機的安全運作具有決定性影響。同時，安全地執行飛航測試任務也是一項重要課題。故國際空域標準與校準委員會 (ICASC) 每兩年辦理年國際飛航測試研討會，邀約各國飛航測試機駕駛員、飛航測試檢查員、民航主管機關、空中導航服務提供者及其他相關利害關係人，透過同儕力量讓飛航測試社群共同成長並提升安全性。2024年會議由日本民航局 (JCAB) 與國際空域標準與校準委員會聯合主辦，主題為「提升飛航測試安全 "Enhancing Flight Inspection Safety"」，共同探討「提升飛航安全」這一永無止境的主題。

研討會提供學術界技術研究發表、飛測機構經驗分享、常見飛航測試問題討論、無人機執行飛航測試的研究進展…等資訊，主辦單位並安排日本飛校中心參訪行程，參觀該國飛測機。

參與會議可與各國飛航測試負責人員互動交流，深入了解不同國家飛航測試業務的運作模式，並從研討會中獲取最新之飛航測試規定及技術發展資訊。

貳、 行程紀要

日期	行程
7/7	搭乘星宇航空航班前往名古屋
7/8~7/12	2024年國際飛航測試研討會
7/12	由名古屋搭乘星宇航空航班返台

參、過程

會議議程如下：

DAY 1 Monday, 8 July 2024	
10:30-11:00	Opening Ceremony NAKANISHI Yoshinobu, Professor, Toyo University DOUBLEDAY Joseph, Chairman, ICASC ISHIZAKI Norihiro, Japan Civil Aviation Bureau
11:00-11:30	ICAO Director Speech MERKLE Michele, Director, Air Navigation Bureau, ICAO
11:30-12:15	Sponsored Session 1 TRONES Jostein Lodve, Norwegian TUEKENMEZ Neset, Aerodata
12:15-13:15	Lunch/ Poster Session <i>CERBER: A Multi-Antenna GNSS receiver for RFI situation awareness and mitigation</i> CARRIE Guillaume
13:15-14:00	Sponsored Session 2 BEISBARDT Alexandre, Safran BOHABOJ Tracy, Duncan LI Xiaoqiang, Beijing Sky Aviation ARRELL Scott, Embraer
14:00-15:00	Session 1 International standards for flight inspections / PBN inspection and verification by FAA Moderator: MARACICH Fabrizio <i>ICAO Developments</i> BERZ Gerhard <i>Flight Inspection Airborne Processor Application (FIAPA), RNAV Approach Mode Lessons Learned</i> ELLIOTT Bradley
15:00-15:30	Coffee Break
15:30-16:30	Session 2 Technology Moderator: JAGIENIAK Stefan <i>Electromagnetic Goggles for NAVAID Antenna Pattern Visualization</i> PHELPS Brady <i>ILS ground and flight inspection comparison tool</i> SPITZ Bertrand
DAY 2 Tuesday, 9 July 2024	
10:30-11:00	Coffee Service
11:00-12:30	Session 4 Flight Validation Moderator: WEDE Tom <i>Challenges and Viable Solutions in Commercializing SFOL Pulse-based DME</i> KIM Euiho <i>Evaluation of Multi-DME Positioning Performance in Japan through Flight Experiments</i> KEZUKA Atsushi <i>How to guarantee IFP data integrity from procedure design to FIS in IFP flight validation activities</i> GHISINI Enrico

12:30-13:30 **Lunch/ Poster Session**

Flight Inspection Drone implementation process: Russia

MUNIROV Vitaly

Technology and Practice of PAPI Flight Inspection Based on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

LI Xiaoqiang

Explore The Flight Test and Application of Flight Inspection Using UAV

ZHANG Tianlu

13:30-15:00 **Peer Support/ Q&A Session**

Moderator: YAMAUCHI Shinsuke

Speaker: NAKAHAMA Keiko Ph.D.

Received M.A. in Psychology from WA in the U.S. and trained in a variety of psychological disorders. After returning to Japan, she worked in the fields of psychiatry and psychosomatic medicine for more than 10 years.

In Aviation field, she was certified by the International Critical Incident Stress Foundation (ICISF) as a peer training instructor in 2006 to provide Critical Incident Stress Management (CISM) to aviation personnel. In 2015, she received her Ph.D. in Vienna, Austria on peer support education and activities for aviation personnel. she also has worked as a counselor and educator in a general corporation and a university.

Speaker: USUI Naohiro

NCA 748 Captain / Flight Operation Quality Assurance (FOQA) Team Leader /
NCA PSEP Chief Coordinator / ALPA J PA Chief Coordinator

1999 – JAL (B744 / B777)

2008 – CISM Japan Peer Support

2012 – Jetstar Japan

2017 Jetstar Japan Trust Pilot Program Establish

2020 ALPA - J Pilot Assistance System Establish as Chief Coordinator

2022 Nippon Cargo Airline Pilot Support & Education Program (PSEP) Establish

15:00-15:30 **Coffee Break**

15:30-16:30 **Session 3 Training & JCAB topic**

Moderator: BADSKY Floyd

Traps and Pitfalls reloaded

JAGIENIAK Stefan

*Basic Analysis for Supply and Demand of Data Link Communications
for TBO in Digital Transformation era*

HONGO Nobuo

DAY 3 Wednesday, 10 July 2024

9:00-10:30 **Session 6 Radio communication failure (RFI: Radio Frequency Interference)**

Moderator: BJELKAROY Sigurd

Mitigation measures for GNSS failures

URASHIRI Yuushin

1030/1090MHz Occupancy Monitoring and evaluation project in JAPAN

HONGO Nobuo

Detection, Characterization, and Localization of GNSS RFI

STANISAK Mirko

11:00-12:30 **Session 7** Radio communication failure (RFI: Radio Frequency Interference)

Moderator: BJELKAROY Sigurd

Electromagnetic Interference Evaluations of Aircraft Radio Altimeter Due to Sub-6 Band 5G Mobile Communications System at Japanese Conditions

FUTATSUMORI Shunichi

High-precision Reference Positioning in Case of GNSS Jamming

STANISAK Mirko

Visualization of Electromagnetic Field Intensities of Instrument Landing System

HONDA Junichi

12:30-13:30 **Lunch/ Poster Session**

4 errors of the VOR system during the flight check and how to fix it

RAMEZANI Mohammadreza

14:15-17:15 **Tour of the Flight Inspection Center /+ Workshop for Flight Validation (Registered only)**

Tour of Flight Inspection Center /+ Workshop

Static Display

Three flight inspection aircraft will be displayed in the JCAB hangar.

JCAB C700



JASDF U125



Quoted from the Ministry of Defense website

JCAB CJ4



JCAB hangar



Workshop

Instructor

WEDE Tom & MARACICH Fabrizio (ICASC Member)

Theme

- What is Validation
- Major regulations governing procedure design
- DOC9906 volume5 2nd Edition: Amended validation process
- FVP life: Common mistakes discovered while performing IFP validation
- JCAB validation tool demonstration
- Q & A

validation tool



DAY 4 Thursday, 11 July 2024

9:00-10:30 **Session 8** Flight inspection using UAV

Moderator: DIBENEDETTO Mike

UAV-based PAPI Measurement: Post-Processing Method as a Novel Approach for Flight Check

RYTTER Adam

Optimizing FIS Integration - Leveraging OEM and Modifier Strengths

DAY Jason

The contributions of a lightweight and innovative drone equipped with a fully integrated solution to optimize NAVAIDS flight inspection.

MAHIQUES Mathieu

10:30-11:00 **Coffee Break**

11:00-12:30 **Session 9** Flight inspection using UAV

Moderator: JACOLOT Florence

NAVIGATIONAL AIDS CHECK BY USING DRONE IN REPUBLIC OF KOREA

HONG Jinyoung

Experience with fixed wing UAV NAVAID's measurements

JOHNSEN Per Anders

Comparison of results in measurement methods of navigation aid systems using UAV in far and near Field

RAHANAM Ebrahim

12:30-13:30 **Lunch/Poster Session**

Flight Inspection Drone implementation process: Russia

MUNIROV Vitaly

Technology and Practice of PAPI Flight Inspection Based on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

LI Xiaoliang

12:30-13:30 **Lunch/Poster Session**

Flight Inspection Drone implementation process: Russia

MUNIROV Vitaly

Technology and Practice of PAPI Flight Inspection Based on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

LI Xiaoqiang

Explore The Flight Test and Application of Flight Inspection Using UAV

ZHANG Tianlu

13:30-14:30 **Session 10** Flight inspection using UAV

Moderator: GRANDT Morten

UAS-based NAVAID flight and ground inspection

WILKENS Claus-S.

Drones ahead: how technology combined with pressure for efficiency will affect the Flight Inspection

Service community

WEDE Tom

DAY 5 Friday, 12 July 2024

9:30-11:00 **Session 11** Flight inspection using UAV

Moderator: DIBENEDETTO Mike

A Ultra-lightweight ILS Receiving Payload Base on Multi-rotor UAV for Flight Inspection

WANG Pengfei

CNS drone measurement system maturity, evolution ongoing

DEMULE Herve

Utilization of Drones for Flight Inspection in JAPAN

MARUHASHI Mitsuhiro

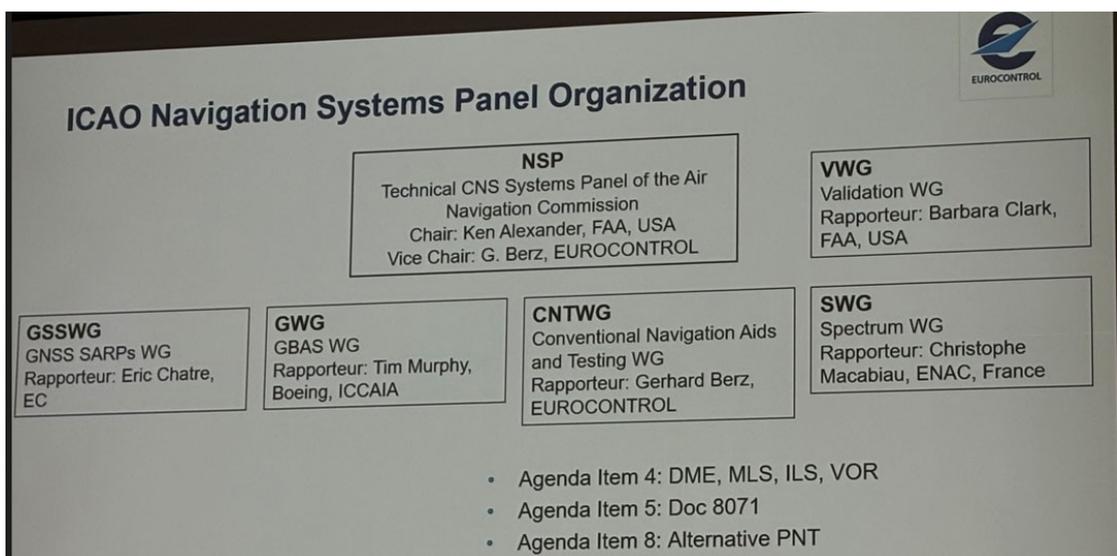
11:00-11:30 **Coffee Break**

11:30-12:00 **Closing**

肆、 會議資料摘要：

一、 國際民航組織文件進度報告

由MERKLE Michele, Director, Air Navigation Bureau, ICAO報告國際民航組織導航系統工作小組 (Navigation System Panel, NSP)對於導航系統各項文件，如：ICAO Annex 10、Doc. 8071、Doc 9924...等文件修訂最新進度；並邀請與會者參加儀航程序工作小組 (Instrument Flight Procedures Panel, IFPP) 7/30~8/1於曼谷名開的飛航測試與飛行驗證會議 ICAO APAC Flight Inspection and Procedure Validation (FIPV) Seminar。



A Main Change to Vol II is deletion of Flight Validation

- ICAO Instrument Flight Procedures Panel (IFPP) is responsible for Flight Validation
 - Doc 9906, Quality Assurance Manual for Flight Procedure Design
 - Volume 5: Validation of Instrument Flight Procedures
 - Flight Inspection is for verifying compliance with Annex 10 requirements in installed environment
 - Flight Validation is for ensuring the quality of the Instrument Flight Procedure & Chart
 - Reorganization / reallocation **does not prevent efficiency gains** of doing both flight inspection and flight validation during the same flight
 - Note that flight validation can also be conducted in a flight simulator
 - **NSP coordination with IFPP took place in March 2023. IFPP confirmed that no relevant material will be lost by deleting current flight validation material in Doc 8071 V2**
- A Doc 9906 V5 update has been completed by IFPP
 - A further, more substantial update may still come in the future



ICAO

International Civil Aviation Organization

Flight Inspection and Procedure Validation Seminar

Bangkok, Thailand, 30 July-1 August 2024

二、美國聯邦航空總署FAA飛航測試系統FIAPA的應用與改進分享

美國聯邦航空總署(FAA)的主要飛航測試系統——飛航測試機載處理器應用程式 (Flight Inspection Airborne Processor Application, FIAPA)，於2017年首次獲得初始運作許可。2024年FAA更新飛航測試系統引入全新的方法，用於測量和分析區域導航 (RNAV)程序的數據。FIAPA可用於測量跑道頭和跑道末端的緯度、經度及垂直高度…等數據，並驗證程序相關的編碼資料。

FAA分享了其飛航測試團隊在過去七年內使用FIAPA收集的跑道頭和跑道端數據的驗證結果與其寶貴的經驗。根據測試結果，FAA從經驗中發現，原先設定的垂直數據上誤差標準過於嚴格，建

議需要適當放寬，以確保垂直數據的測量更加精確。

三、學術界技術研究成果分享

美國俄亥俄大學導航設備性能預測模型 (Ohio University Navaid Performance Prediction Model, OUNPPM) 是一項用於評估機場環境中導航設備性能的工具，確保助導航設備信號符合規範，提供安全航行之穩定信號。該預測模型曾被我國飛航服務總臺採用，進行國內各機場ILS電臺架設信號之評估/分析。近期，俄亥俄大學團隊在 OUNPPM 上取得了重大突破，開發出全新的擴增實境介面。將導航設備的輻射圖視覺化並整合到混合實境環境中，研究人員成功打造了一個更直觀、互動式的分析平台。使用者可戴上實境合成眼鏡，以全尺寸 3D 方式檢視電磁波形，並與之互動，彷彿置身於真實的機場環境。此一創新將大幅提升對導航系統的理解與規劃，並有望提升全球機場的安全與營運效率。

法國民用航空學院展示其開發的 ATOLL 軟體 (Advanced Trainer on Localizer)(適用於左右定位臺)和 LAGON軟體(Learning About Glide for Overall Needs)(適用於滑降臺)，為航空學術研究及學習提供儀降系統工具。這兩款軟體不僅能精確記錄並繪製 ILS 參數，還能與飛行測量數據進行深入比對，快速找出潛在的誤差來源。透過模擬各種情境，助導航設備工程師可以精準定位問題根源，並採取相應的改善措施。可大幅提升了 ILS 地面測量的精準度與效率。

導航研究所(Navigation Research Institute ,ENRI)為日本的一所國立研究機構，負責支援日本民航局及各機場導航系統運營研究工作。由於日本地狹人稠，土地資源有限，更新機場設施，尤其是

天線系統，可能對儀降系統(ILS)的信號環境造成顯著影響，進而導致駕駛員異常報告或地面系統監測出現偏異。為深入了解並解決上述問題，ENRI長期以來利用各種數值模擬方法進行研究。

過去十年，ENRI主要利用幾何繞射理論(Geometrical Theory of Diffraction , GTD)對ILS性能進行數值評估。然而，受限於當時電腦的運算能力，所採用的算法相對簡單，對信號環境的模擬也較為粗略。ENRI藉由本次會議發表其採用之新型的混合數值方法，提升信號模擬的精確度，搭配ENRI開發的可視化工具，可以直觀呈現ILS電磁波的傳播特性，使非專業人員也能輕鬆掌握ILS信號的行為。

韓國首爾弘益大學機械與系統設計系提報SFOL(Stretched-Front-Leg)脈衝技術商業化之解決方案。SFOL脈衝是一種新型DME脈衝設計，採用遺傳算法優化，旨在實現比傳統高斯脈衝更出色的測距精度。此創新符合ICAO對DME轉發器脈衝的規格，同時能有效降低多路徑干擾引起的測距誤差。

實現從傳統高斯脈衝DME轉發器到SFOL脈衝DME轉發器的平滑過渡，且改動最小。弘益大學探討了在將商用高斯脈衝DME轉發器改造成高/低功率SFOL脈衝DME轉發器過程中遇到的挑戰，並提出了可行的解決方案。

四、 飛測系統運用之挑戰與風險

德國飛測系統整合商Aerodata公司提報該公司為顧客調試新型高精度飛測系統時遭遇之常見問題。當新系統出現與舊有系統測試結果不一致狀況時，往往引發顧客對新系統可靠性的質疑。由於舊系統歷經數十年驗證，並廣泛應用於民航領域，人們習慣性地將

其視為「真標準」。然而，這種觀點可能掩蓋了新系統所揭示的潛在問題。

現代航測系統的設計初衷是提升錯誤偵測能力。相較於機載系統，飛測系統能夠更精準地捕捉微小訊號變化，揭示航電系統中可能存在的隱患。即使是傳統飛測系統也無法檢測所有潛在問題，因此，新舊系統測試結果的差異並不能直接歸因於新系統設計缺陷。

這些「意外」結果的出現，往往源自於人們對系統運作的複雜性認識不足。Aerodata公司通過總結多年來客戶遇到的實例，深入剖析了潛藏於飛航測試中的物理效應和技術陷阱。報告中列舉的典型案列，如資料庫問題調查、下滑道容差檢查、VOR多重路徑效應、飛測天線效應等，都提醒我們，飛航測試是一項複雜而精密的任務，稍有不慎可能導致嚴重後果。

五、 飛行驗證工作坊 **Tour of Flight Inspection Center + Workshop for Flight Validation**

活動由主辦單位日本民航局安排飛校中心棚廠參訪**JCAB C700, CJ47**及日本航空自衛隊 U128飛測機，ICASC會員 **MARACICH Fabrizio** 及 **WEDE Tom**主持飛行驗證工作坊活動，討論飛行驗證相關規定並由日方介紹該國執行飛行驗證之工具及飛行模擬器。目前國內中華航空、長榮航空及星宇航空公司設有Airbus A320, A350, Boeing 777, 787飛機之飛行模擬器，未來或許可與業者合作，仿效日本採用模擬器進行儀航程序驗證。



六、 全球衛星導航系統應用議題

▲ 利用多重距離測量設備(Multi-DME)為飛機提供替代定位方法

國際標準化組織正積極研發並討論，在全球導航衛星系統(GNSS)訊號失靈時，如何利用多重距離測量設備(Multi-DME)為飛機提供替代定位方法。DME/DME定位技術，即利用機載DME接收機透過計算兩個DME地面站與飛機間的連續斜距，來確定飛機位置，已成為備受關注的解決方案。Multi-DME則在此基礎上，透過增加地面站數量，進一步提升定位精度與可靠性。尤其在RNP(Required Navigation Performance)精確進近過程中，多重距離測量設備(Multi-DME)結合RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring)技術，能有效確保定位的完整性。

鑒於日本地形多山，有必要評估Multi-DME在日本領空的適用性。日本研究團隊利用實驗飛機和DME/脈衝分析儀(EDS300)，在東京成田國際機場(NRT)和仙台機場(SDJ)周圍進行了飛行實驗，測試過程中可同時獲取多達10個DME距離的測量數據。實驗結果顯示，在平坦的關東平原上的東京成田國際機場，Multi-DME系統表現良好。然而，在山區地形複雜的仙台機場，系統性能受到了一定程度的影響。日本之地形與台北飛航情報區相似，實驗結果可供我方參考。

▲ RNP儀航程序飛行驗證資料庫驗證

飛行驗證是儀航程序設計的最終品質把關環節。根據ICAO Doc. 9906規範，若儀航程序需進行飛行驗證，則必須將飛行軌跡與設計軌跡進行精確比對。從初始航圖設計開始，需要產生兩套數據集：一套供驗證飛行飛機的飛行管理系統(FMS)使用，另一套則供

飛測系統使用。傳統上，飛測系統的數據庫往往是由飛測工程師手動輸入，容易產生人為錯誤。

為解決此問題，ENAV飛行驗證部門開發了一套軟體工具，能有效確保數據的完整性與正確性。該工具內建ARINC 424解碼器，可直接從儀航程序設計軟體中提取相關數據，並自動匯入飛測系統。藉由自動化編碼與先進的飛測系統軟體功能，可確保飛測系統數據庫中的資料與設計資料完全一致，進而提升飛行驗證的可靠性。

七、 GNSS訊號受到射頻干擾(RFI)影響與因應

高精度相位差分GNSS參考定位一直是飛航測試之標準配備。在一般情況下，基於GNSS的參考定位能達到滿足CAT-II/III類儀表著陸系統校準精度要求的水平。然而，當GNSS訊號受到射頻干擾(RFI)影響時，該項配備便無法在飛航測試期間持續提供可靠的定位參考。因此，在GNSS信號失效的環境下，極需開發出替代的飛航測試方法。

Aerodata公司提出之解決方案如下：

- ▲ 採用定向天線技術：如控制輻射方向圖天線(controlled radiation pattern antenna, CRPA)，透過抑制干擾源方向的訊號接收，以繼續接收衛星訊號。然而，並非所有GNSS參考定位技術都適用於CRPA天線。
- ▲ 整合多種感測器：利用獨立於GNSS的感測器，例如經緯儀、雷射追蹤器、慣性參考系統、線掃描相機或攝影機，獲取多種測量數據。再將這些數據輸入精心設計的混合濾波器，以估算連續的高精度參考位置及其不確定性。

Aerodata公司對上述各種方法的優缺點進行了深入分析，並將其可實現的性能與不同類型的飛航測試定位需求進行了比較。

日本ENRI對於飛機雷達高度計與5G 移動通信系統的電磁干擾問題研究報告

雷達高度計 (Radio Altimeter, RA) 是飛機航電設備中不可或缺之設備，用於測量飛機對地表高度。雷達高度計的工作頻段位於 4.2-4.4 GHz 之間。然而，最近被引入之 5G 移動通信系統，其工作頻段與雷達高度計頻段相鄰。在日本，雷達高度計和 5G 移動通信系統的防護頻段均為 100 MHz，遠窄於其他國家/地區的設置標準。因此，在日本這種窄防護頻段的條件下，雷達高度計受到電磁干擾的風險要比美國和法國等國家/地區更高。

因此日本電子航法研究所(Navigation Research Institute ,ENRI) 針對日本場景下5G 移動通信系統對飛機雷達高度計產生的電磁干擾 (EMI) 進行研究。該機構研究人員評估了日本 5G 移動通信系統下，不同型號的雷達高度計的電磁干擾易感性。測試對象包括 12型大型固定翼飛機的無線電測高儀和 8 型小型/中型固定翼飛機和直升机的無線電測高儀。基於測得的無線電測高儀電磁干擾易感性特徵、5G 移動基站的特性以及三維機場模型，該機構進行電磁干擾發生條件分析方法的開發。針對日本窄防護頻段的特殊情況，探討了 5G 移動通信系統可能對飛機雷達高度計造成電磁干擾的風險。提出基於測量數據和建模的電磁干擾發生條件分析方法的開發思路。探討降低電磁干擾風險的措施，例如優化 5G 基站部署方案或升級無線電測高儀抗干擾能力。

八、無人機在助導航設備測試中的具體應用

隨著無人機技術的迅速發展，近年來在各個領域的應用愈加廣泛。由於通信技術、光學技術、晶片運算能力等的革新，無人機的技術水平不斷提升，包括無人機飛行操控軟體及自動駕駛技術的進步，電池續航能力的增強，以及避障系統的完善。這些技術進展使得無人機的應用範圍更廣，性能更加優越。無人機在助導航設備測試中正扮演著日益重要的角色，其靈活性和成本效益使其成為傳統測試方法的有力補充。



在此次會議中，有關無人機的討論佔據了超過一半的議題。來自中國北京天華航宇科技有限公司、日本、韓國、法國、德國、伊朗、波蘭、瑞士等多國的代表，分享了利用無人機進行機場燈光、ILS、VOR飛航測試成果，並與有人機飛行測試結果進行成效評估的經驗。無人機在測試中的具體應用包括：

1. 信號覆蓋範圍測試：

無人機可攜帶接收器，在不同高度與角度進行飛行，重複測試助導航設備的信號覆蓋範圍和強度，特別適用於地形複雜、信

號衰減較大的區域。

2. 信號品質測試：

無人機可測量信號的訊噪比、都普勒頻移等指標，評估信號品質，並模擬飛機在不同飛行狀態下的信號接收情況。

3. 干擾測試：

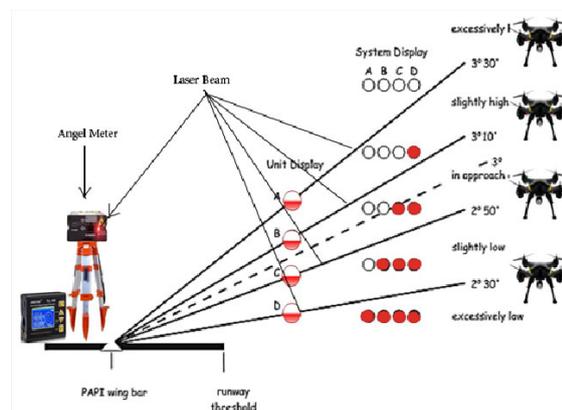
無人機可模擬其他電子設備的干擾源，測試助導航設備的抗干擾能力，並模擬複雜的電磁環境，評估設備的可靠性。

4. 校準驗證：

無人機可攜帶高精度衛星信號接收機，對助導航設備進行校準驗證，並在不同地點、不同時間進行校準，確保設備的準確性。

5. 自動化測試：

通過預先編程，無人機可自動執行一系列測試任務，提高測試效率，減少人工干預，降低測試誤差。



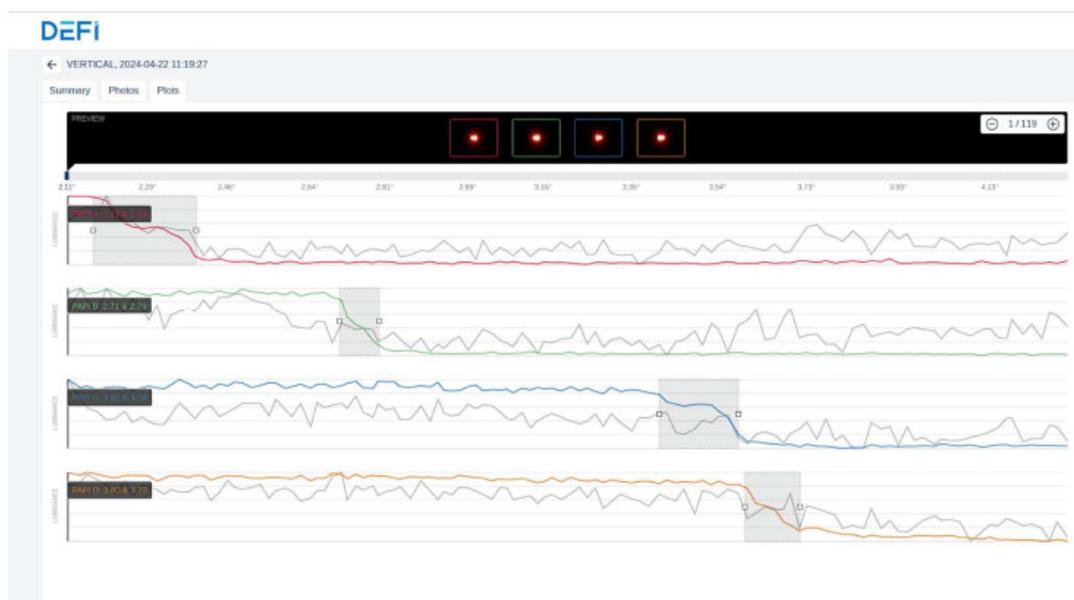


Figure 5. Transition zone assessment on the processed data after the first inspection (before any adjustments)

助導航設備測試方式比較

測試方法	優點	缺點
地面量測	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 靜態進行精確測量 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 測量範圍有限 ▲ 無法模擬真實飛行環境
飛測機	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 飛行員/飛測工程師可根據經驗進行主觀判斷 ▲ 模擬真實飛行環境 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 成本高 ▲ 風險大 ▲ 機動性受限
無人機	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 成本低 ▲ 風險小 ▲ 機動性高 ▲ 可攜帶多種感測器 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ 對環境敏感(如風力、電磁干擾) ▲ 航程有限

未來發展趨勢

1. 自主飛行： 未來無人機將具備更強大的自主飛行能力，能夠在複雜的環境下完成更具挑戰性的任務。
2. 群組協同： 以多架無人機協同作業，完成大範圍的測試任務。
3. 人工智能： 人工智能技術應用於無人機的數據分析和任務規劃，提高

測試效率。

然而，無人機的快速發展也帶來了一些挑戰，包括：

- ❖ 國防安全：以無人機執行飛航測試，對於軍民合作機場涉及國防安全議題帶來隱患。
- ❖ 法律規範：目前尚未具備完善的無人機的管理的法律規範。
- ❖ 技術瓶頸：在惡劣天氣、複雜地形等環境下，無人機的飛行仍存在一定的困難。

總之，無人機技術的進步為人類社會帶來了新的機遇，但同時也提出了新的挑戰。隨著技術的進一步成熟和相關法律法規的完善，無人機在飛航測試領域的應用前景將更加廣闊。

伍、心得與建議

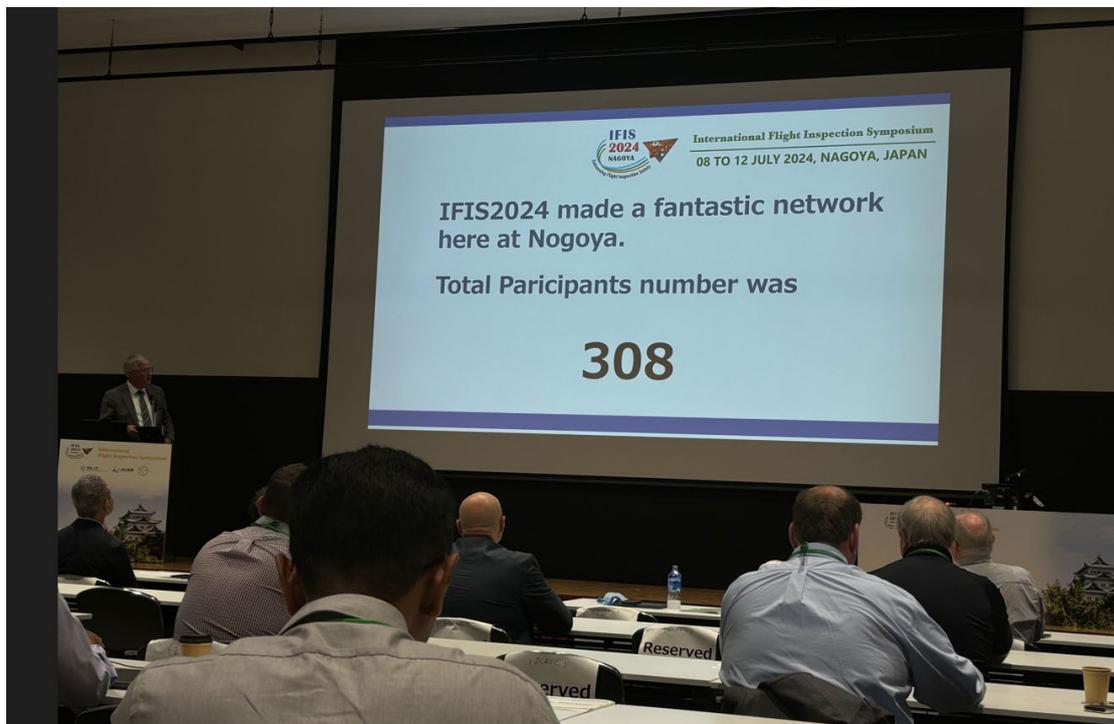
參加2024年國際飛航測試研討會(International Flight Inspection Symposium, IFIS)，對飛測人員來說具有重要的意義。研討會是全球飛航測試領域最具權威和影響力的國際論壇之一。參加這個會議可讓我們能夠：

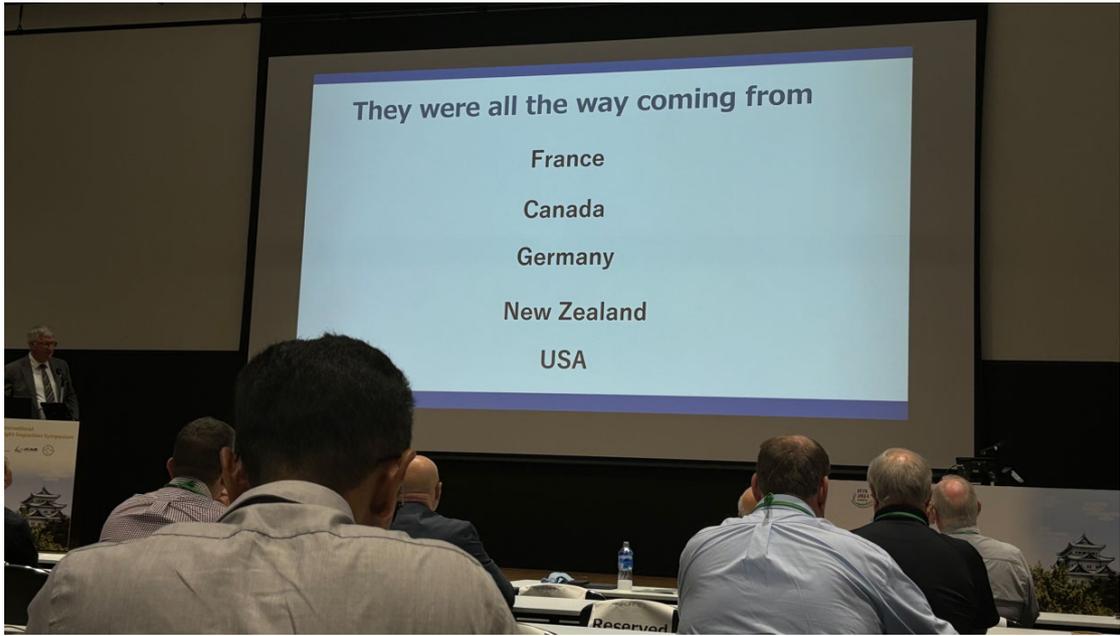
- ❖ **掌握最新技術動態**：飛航測試技術日新月異，參加研討會可以及時了解全球最新的技術趨勢、研究成果以及應用案例，從而保持我們技術上的領先地位。
- ❖ **建立與專家和同行的聯繫**：研討會匯聚了來自世界各地的專家學者和行業領袖，是建立和鞏固國際合作關係的重要平臺。這將有助於我們拓展全球視野，促進技術合作和知識分享。
- ❖ **推動技術創新與應用**：通過參加此次會議，我們可以學習先進的技

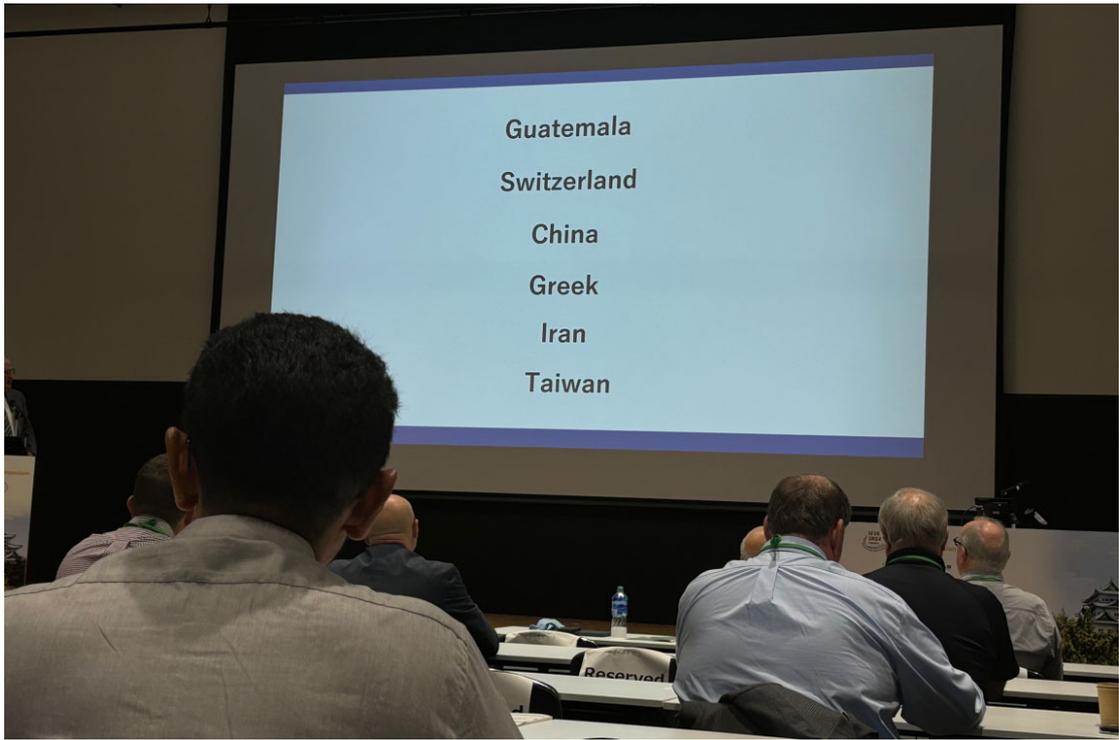
術應用案例，從中獲取靈感並應用於實際工作中，從而促進我們內部的技術創新和應用發展。

參加國際飛航測試研討會不僅能夠提升我們的技術水準，還有助於擴大國際影響力，為未來的發展奠定堅實的基礎。

附錄一









Certificate of Attendance

This letter hereby certifies that

CHANG Hsiao-Chian

has successfully completed the IFIS2024 Workshop for Flight Validation held at JCAB Flight Inspection Center on July 10, 2024.

Sincerely,

OGURO Kazuya 小黒和哉

Director, Aeronautical Information and Flight Inspection Planning Office
Japan Civil Aviation Bureau (JCAB)

DOUBLEDAY Joseph 

Chairman

International Committee for Airspace Standards and Calibration (ICASC)