

出國報告（出國類別：開會）

赴日本神戶參加 2023 年第 26 屆全球 航空運輸研究研討會

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：李苡星/運輸安全組調查官

派赴國家：日本

出國期間：民國 112 年 6 月 30 日至 7 月 4 日

報告日期：民國 112 年 9 月 19 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：赴日本神戶參加 2023 年第 26 屆全球航空運輸研究研討會

頁數：34 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) 7727-6228

出國人員姓名：李苡星

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：運輸安全組

職稱：調查官

電話：(02) 7727-6289

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 視察6 訪問7 開會8 談判
9 其他

出國期間：民國 112 年 6 月 30 日至 7 月 4 日

出國地區：日本

報告日期：民國 112 年 9 月 19 日

分類號/目

關鍵詞：航空運輸、運輸安全、人為因素、客艙安全提示卡、眼動追蹤

內容摘要：

本研討會為國際航空運輸界年度會議，提供領域研究者一個技術交流與研究成果發表平台；今年於日本神戶舉辦，主題包括後疫情時代之空運需求、政策與法規、營運與管理、公司網絡發展、永續性經營、機場運作、飛航管制、飛航安全與保安等議題。配合本會運輸事故調查業務，本報告聚焦於運輸安全相關研究議題與應用，以及本會在客艙安全與人為因素最新研究成果發表之說明。

目次

壹、 目的	1
貳、 過程	2
參、 研討會摘要與心得.....	9
肆、 建議	32

壹、 目的

航空運輸研究學會（Air Transport Research Society）自 1995 年創立後定期於各國舉辦國際航空運輸研討會，提供國際上各航空運輸有關機關(構)，包括航空公司、機場、政府監理機關、學術研究單位等實務工作與研究者一個技術交流與研究成果發表平台，並對國際間涉及跨專業、領域之航空運輸議題，以及航空相關政策及基礎建設等進行交流討論。

本年度會議於日本神戶國際會議中心（Kobe International Conference Center）舉辦（圖 1-1）。本會為達成 112 年度科研計畫研究發表之目標、增進與各國航空領域專家之交流，並掌握航空業界最新研究成果與發展，由運輸安全組李苡星調查官於 112 年 6 月 30 日至 7 月 4 日赴日本神戶市參加此研討會，並於會中口頭發表本會研究成果。



圖 1-1 本研討會與相關活動之舉行地點

貳、 過程

一、 出國行程

日期 月/日	起訖地	任務
6/30	前往桃園機場 搭乘中華航空 (CI152) 台北 - 日本大阪關西機場 轉乘大眾陸運工具至神戶市	啟程/ 轉乘至會議地
7/1-7/4	日本神戶市	參加第 26 屆全球航空運輸研究研討會 (ATRS World Conference)
7/4	轉乘大眾陸運工具至大阪關西機場 搭乘中華航空 (CI173) 日本大阪關西機場 - 台北	轉乘至大阪/ 返國

二、 研討會議程安排

本年度會議共安排 3 場主題演講 (keynote speech)、1 場博士論文工作坊 (Ph.D. student and junior faculty workshop)，以及 7 場航空領域相關研究與實務工作成果發表 (paper session)。

有關主題演講，因過去 3 年航空運輸業受到 COVID-19 疫情之衝擊，許多講者將講題聚焦在疫情對航空運輸之影響與改變。以日本航空 (JAL)、全日空航空 (ANA) 等兩間公司為例，公司為了在疫情期間維持基本營運與生存，皆研擬相應對策，包括 (1) 確立並重整公司營運現況與定位 (reorganizing the airlines business portfolio)、(2) 突破傳統商業模式與框架 (diversification from traditional business framework) 及 (3) 人力資源之活用 (manpower dispatching)，如圖 2-1 所示。

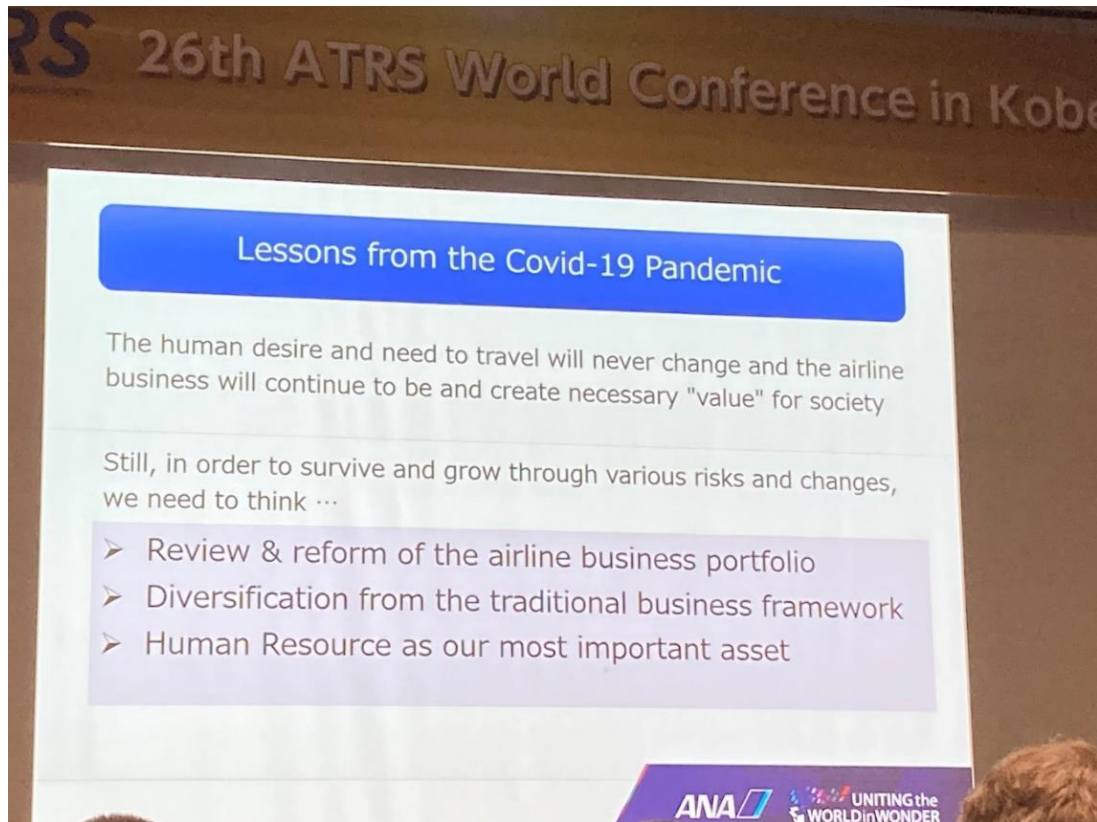


圖 2-1 全日空航空於疫情期間採取之因應對策

進一步而論，航空公司在營運上皆減少不必要之支出與向銀行借貸、降低或刪減旅客量較少之航班、縮小機隊規模、將大型航空器更早退役、延後航空器採購計畫、降低人事成本、增加無載客之貨機班次，以及開發其他潛在之營收與市場，如對外販售飛機餐點以開發新市場，或是將人力資源重新盤點與應用（圖 2-2）。



圖 2-2 日本航空於疫情期間在客艙組員人力重新運用之實例

此外，亦有講者提出：自 2020 年新冠肺炎疫情爆發後，全球航空業經歷一個從常態、混亂，又漸恢復運作之歷程。統計數據顯示，2022 年起部分航空業者在營運上開始獲利並成長，甚至在旅客人數、季收入等方面超越疫情前狀態，因而有學者稱 2022 年起為全球航空系統之新常態時期；其中，國內航空市場因較不受邊境管制或旅遊限制，比國際市場更早開始復甦。

有關各領域研究與實務成果場次，其主題包括：後疫情時代之空運需求、航空政策與法規、營運與管理、公司網絡發展、排碳量及永續經營、航空運輸與觀光、機場營運與運作、飛航管制，以及飛航安全與保安等議題。鑒於主題與內容相當多元豐富，大會在議程安排採同一時段、多主題之方式進行，與會者可依研究興趣與背景選擇適合之場次參加。此外，會議第一日上午之場次因應疫情仍有線上同步連線，

提供未能報名參加現場會議之人員於線上觀看。參加實體會議人員亦可透過大會建置之系統平台參加線上會議。

本次研討會議程如下：

Day 1 (7/1)	
0900	Online welcome address
0930	Online paper session I (Americas / Asia / Oceania) P1-1 Multimodal Transportation P1-2 Airport Operations 1 P1-3 Air Transport Policy & Regulation 1 P1-4 Marketing & Consumer Behavior in Air Transport 1 P1-5 Air Transport Demand & COVID-19 P1-6 Airport Case Studies 1
1300	Online keynote speech - The future transport research priority in the changing global economic and political environment
1330	Conference registration
1400	Ph.D. student and junior faculty workshop (registration required) - Airports' non-aeronautical service and their effects - Tourism and air transportation - Location and scheduling problems in air transport
1830	Welcome reception
Day 2 (7/2)	
0900	Welcome address
0915	Industry keynote speech - Lessons from the Covid-19 Pandemic - ANA's 1000 Days of Struggle - JAL's growth strategy after Covid-19 - Aviation data analytics: how data enabled innovation and helped revive the industry during and after the pandemic
1000	Global airport benchmarking awards session
1045	Coffee break
1115	Paper session I M1-1 Industry Session 1: Airport Planning and Forecasting M1-2 Air Transport Demand 1 M1-3 Air Transport Policy & Regulation 3 M1-4 Airline Economics & Performance 2

	M1-5 Airline Network Development 1 M1-6 Sustainability in Air Transport 2 M1-7 Urban Air Mobility 1
1245	Lunch
1400	Paper session II M2-1 Industry Session 2: Cargo M2-2 Air Transport and COVID-19 1 M2-3 Airline Strategy & Management 2 M2-4 Airport Operations 3 M2-5 Aviation Safety & Security 1 M2-6 Marketing & Consumer Behavior in Air Transport 2 M2-7 Sustainability in Air Transport 3
1530	Coffee break
1600	Paper session III M3-1 Industry Session 3: Environmental Sustainability M3-2 Air Traffic Control 1 M3-3 Air Transport Policy & Regulation 4 M3-4 Airline Operations 1 M3-5 Airport Strategy & Management M3-6 Aviation & Economic Development M3-7 Technology Adoption and Acceptance in Aviation
Day 3 (7/3)	
0900	Academic keynote speech - Applying game theory to understand aviation markets
1000	Coffee break
1030	Paper session IV M4-1 Industry Session 4: Airlines, Networks, and Markets M4-2 Air Transport and COVID-19 2 M4-3 Air Transport Policy & Regulation 5 M4-4 Airport Economics & Performance 1 M4-5 Intermodal Operations & Modal Competition 1 M4-6 Sustainability in Air Transport 4 M4-7 Urban Air Mobility 2
1200	Lunch
1330	Paper session V M5-1 Industry Session 5: COVID-19 and the Impact on Air Transport Markets M5-2 Air Cargo M5-3 Air Transport Demand 2 M5-4 Airline Economics & Performance 3 M5-5 Airport Operations 4 M5-6 Aviation Safety & Security 2 M5-7 Sustainability in Air Transport 5
1500	Coffee break
1530	Paper session VI M6-1 Industry Session 6: Safety & Security

	M6-2 Air Traffic Control 2 M6-3 Airline Strategy & Management 3 M6-4 Airport Case Studies 2 M6-5 Intermodal Operations & Modal Competition 2 M6-6 Marketing & Consumer Behavior in Air Transport 3 M6-7 Sustainability in Air Transport 6
1900	Gala dinner
Day 4 (7/4)	
0900	Paper session VII M7-1 Air Transport and COVID-19 3 M7-2 Air Transport Policy & Regulation 6 M7-3 Airline Economics & Performance 4 M7-4 Airline Network Development 2 M7-5 Airline Operations 2 M7-6 Marketing & Consumer Behavior in Air Transport 4 M7-7 Intermodal Operations & Modal Competition 3
1030	Coffee break
1100	ATRS general assembly & closing ceremony
1400	Technical tour

三、 參與人員

本次研討會共計有 377 位人員參加，其中 300 餘位來自北美、南美、歐洲、中東、澳洲、日本、韓國、台灣、中國等國家，研究領域與服務單位多元，有來自公私立大學與研究機構等學術單位，以及航空公司、政府監理機關、飛航服務提供者、調查機關等；另有 60 餘位報名參加第一天上午之線上場次。研討會實況如圖 2-3、圖 2-4、圖 2-5 所示。



圖 2-3 實體會議實況

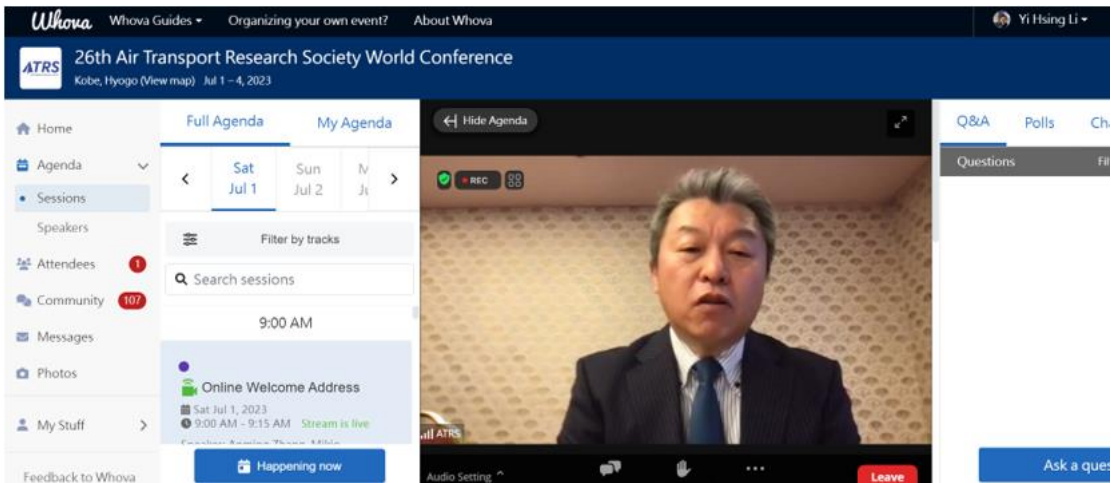


圖 2-4 線上場次實況

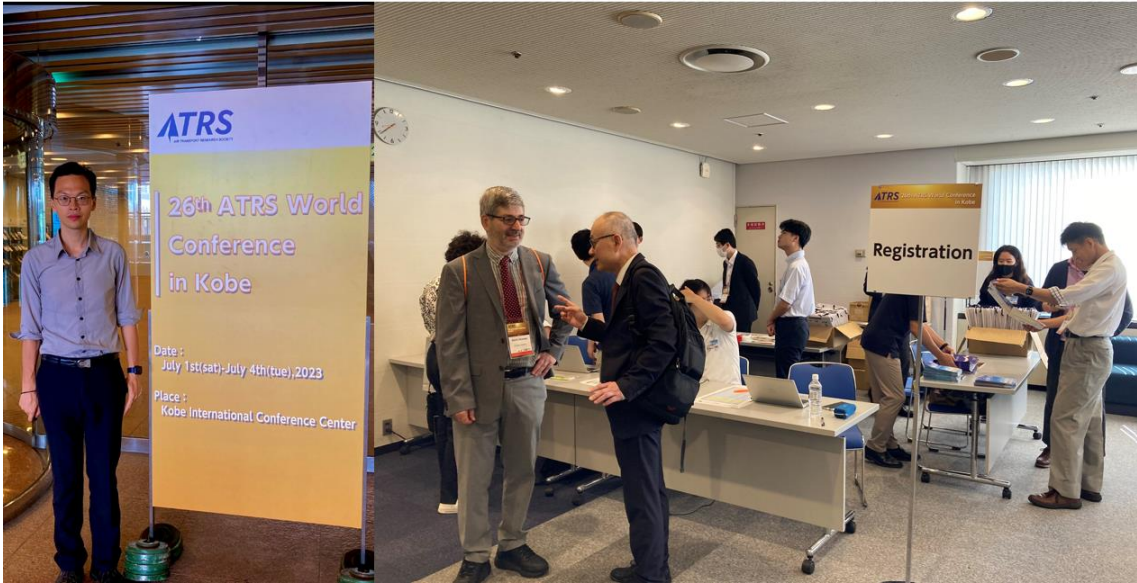


圖 2-5 本會代表人員參加會議與報到實況

參、 研討會摘要與心得

本次研討會如上述議程所示，內容相當豐富多元，研究主題涉及疫情與空運、空運需求、政策與法規、航空經濟學、消費者行為與市場經濟、公司營運管理與網絡發展、排碳量與永續經營、機場營運與運作、飛航管制、飛航安全與保安。以下摘要本次研討會與本會運輸安全業務相關之主題與討論內容進行說明及分享。

1. 駕駛員在單一組員作業 (single-pilot operation, SPO) 之飛航操作與 認知神經功能表現

隨著先進科技不斷導入飛機設計與製造，航空器在座艙自動化、數位化儀表與高度整合之飛航管理系統導入後，過去 10 年在產、學界開始提出單一組員作業 (single-pilot operation, SPO) 之飛航操作的概念。單一組員作業固然可降低航空公司在人力成本與資源之運用，惟從人為因素觀點，單一組員作業，相較雙組員作業 (two-crew

operation, TCO), 飛航組員將有更高機會在高度或超過工作負荷情境下操作航空器, 使其人為績效表現降低, 甚至出現更多人為疏失與錯誤。

本次研討會有來自香港理工大學的研究團隊, 從認知神經人因工程取向, 探究單一組員作業在執行飛航操作之過程, 特別當航空器遭遇緊急狀況時, 駕駛員在認知功能、眼動、腦波及主觀經驗之改變與影響。

研究團隊招募 17 位年齡介於 25 至 44 歲之飛航駕駛員擔任受測者, 於空中巴士 320 機型之靜態模擬機內進行飛航模擬情境實驗。每位受測者於模擬機內執行 3 段飛航任務: 2 段為雙組員作業 (TCO), 1 段為單一組員作業 (SPO), 其中在雙組員作業中, 受測者分別擔任操控駕駛員 (PF) 與監控駕駛員 (PM) 各一次。

受測者在執行飛航作業之過程配戴 32 頻道腦波儀與眼鏡式眼動儀, 以蒐集其大腦電生理反應與眼動數據 (圖 3-1); 另於操作過程中透過行為觀察、情境覺察評估法 (situation present assessment method, SPAM), 以及實驗後之問卷資料蒐集, 了解受測者在不同情境下之情境覺察與工作負荷狀態。

有關飛航情境設計, 研究者設計 4 種緊急情況, 隨機出現於飛航操作過程:

- 起落架無法收起 (LDG not UP locked);
- 大氣數據與自動駕駛失效 (ADR and AP failure);
- 雙發動機熄火 (dual ENG flame out);
- 單發動機起火 (single-engine fire)。

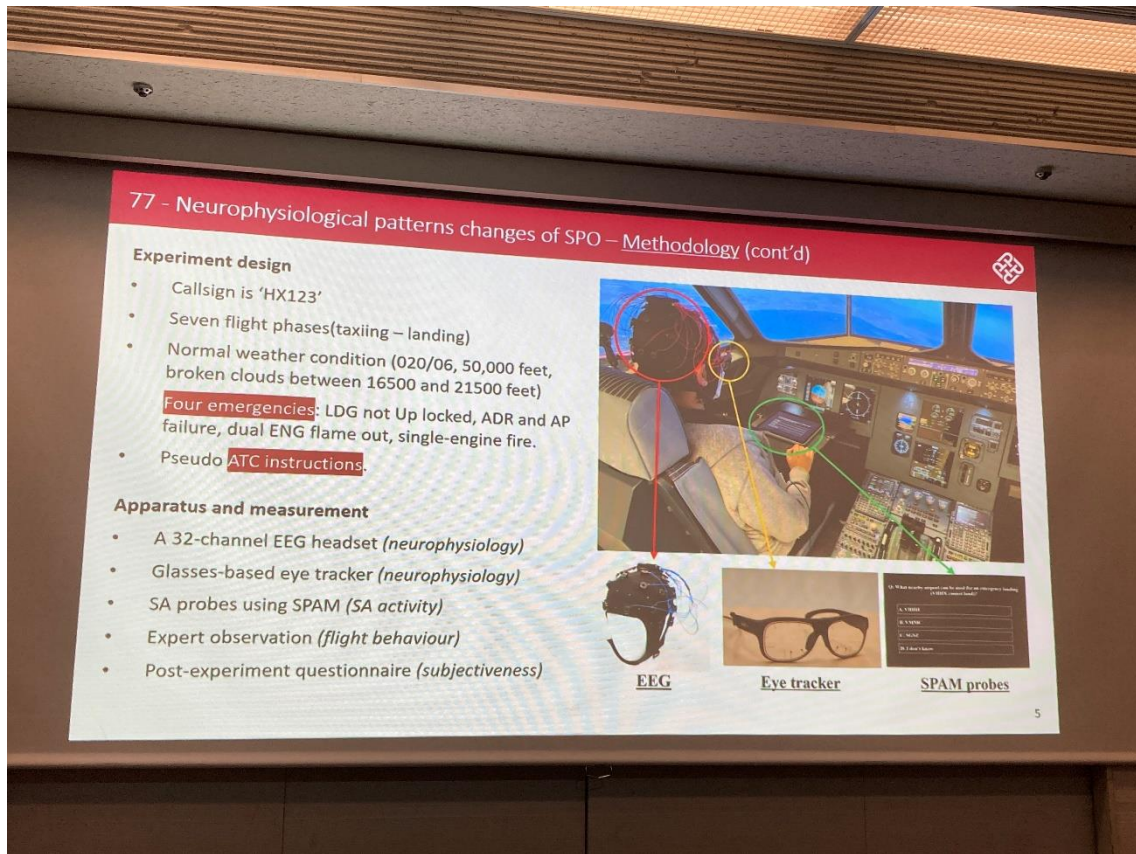


圖 3-1 受測者配戴腦波儀與眼動儀執行飛航模擬情境實驗圖

研究結果發現：受測者在單一組員作業下之 SPAM 分數顯著下降 12%，顯示單一組員作業之受測者在處理緊急飛航狀況，其對情境狀態之掌握較雙組員作業明顯降低。眼動數據分析結果顯示：相較雙組員作業，受測者在單一組員作業下處理 4 種緊急飛航狀況，其瞳孔直徑亦皆顯著增加，如圖 3-2 所示。

Table 4. The mean and standard deviation for pupil size of SPO and TCO during the four different events

Pupil size (M±Std)	LDG not Up Locked	ADR and AP failure	dual ENG failure	ENG fire
SPO Scenario	4.94±0.81 mm	4.88±0.84 mm	5.00±0.85 mm	4.98±0.83 mm
TCO scenario	4.75±0.78 mm	4.70±0.88 mm	4.72±0.86 mm	4.73±0.87 mm

圖 3-2 單一組員與雙組員作業在緊急處置時之瞳孔直徑表現

腦波分析結果發現：單一組員作業之受測者在處理緊急飛航狀況時，其在 theta 與 beta 功率皆有明顯增加之情形，顯示單一組員作業之作業要求與負荷顯著高於雙組員作業。進一步分析發現：單一組員作業在處理單發動機起火之情境，其在 theta 功率更顯著增加，顯示缺乏監控駕駛員之角色，飛航組員之作業更為複雜且承受更高之工作負荷。此外，單一組員作業在處理單起落架無法收起與大氣數據與自動駕駛失效之異常情境，其在大腦顳葉之 beta 功率更顯著增加，顯示單一組員作業在處理這類型情形將動用其更多之認知與記憶資源，如圖 3-3 所示。

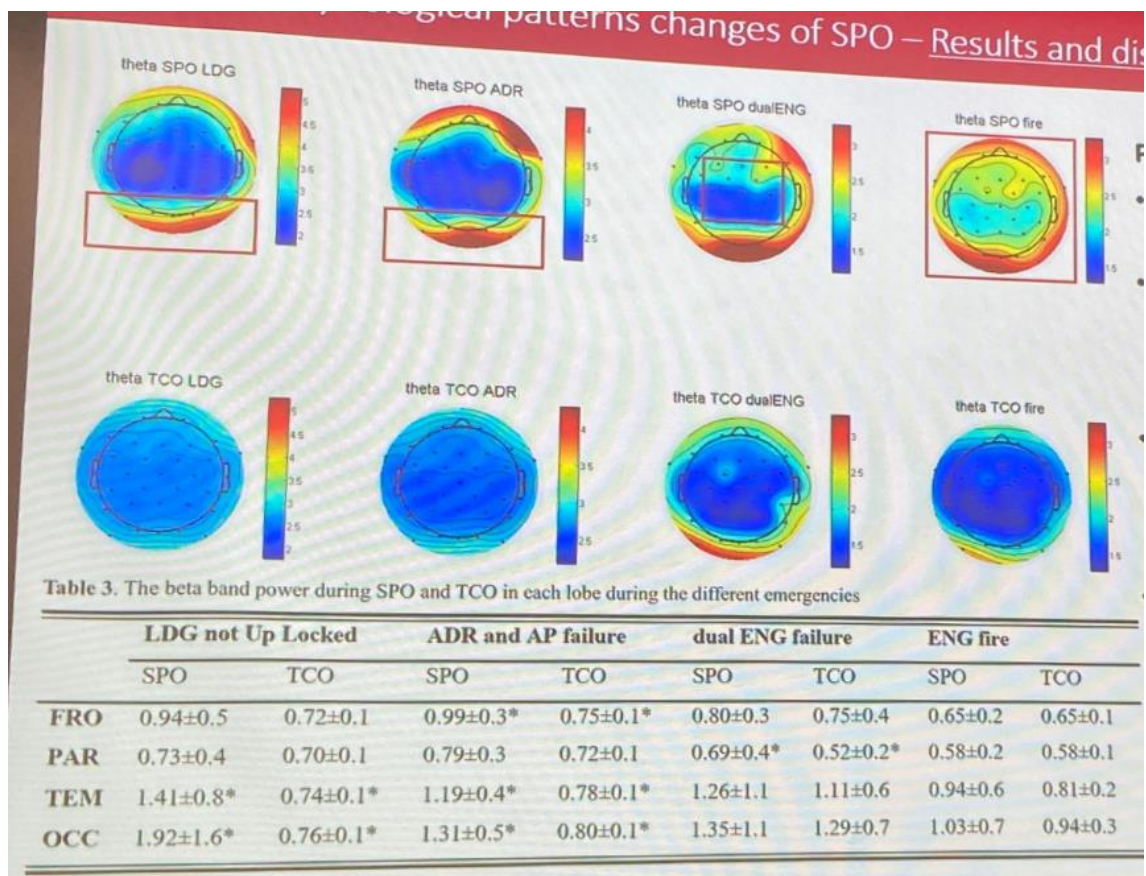


圖 3-3 單一組員與雙組員作業在緊急處置時之腦波表現

飛航過程之行為觀察發現：64.71%的受測者在單一組員作業出現操作錯誤，其錯誤出現比例顯著高於雙組員作業（5.88%）。錯誤類型包括飛航操作失誤、進場或落地

誤判高度、未依照緊急處置程序進行故障排除，以及未及時將航空器之故障告知地面管制員等。在受測者主觀報告方面，受測者表示單一組員作業在處理緊急狀況時之工作負荷明顯較高，且認為在進場及落地時之操作失誤與風險亦較高。

綜觀而論，本研究發現：相較雙組員作業，駕駛員在單一組員作業之飛航操作表現，於處理緊急狀況時之人為績效表現明顯較差，且腦波、眼動等認知神經相關指標之發現亦與操作表現、受測者主觀報告相一致。研究團隊建議，未來在單一組員作業可考慮優化抬頭顯示器之介面資訊顯示，以降低駕駛員之心智作業負荷。

2. 疲勞法規評估架構 (fatigue regulation evaluation framework, FREF)

於澳洲飛航組員疲勞管理之應用

疲勞是一項影響駕駛員不安全行為之關鍵風險因子。以飛航組員而言，常見之疲勞風險因子包括：睡眠不足、生理時鐘紊亂、工作負荷量、組員對疲勞覺知與瞭解不足，以及公司在排班未考量人類睡眠特性與需求等。各國政府，不論是民航監理機關或調查機關，以及航空業者皆相當重視駕駛員疲勞議題，亦從法規、作業程序、人力派遣、組員排班、人員教育訓練等不同層面推動疲勞管理。

本次研討會有來自南澳大學之研究團隊，修訂 Jones 等人於 2005 年提出之疲勞風險 8 項關鍵要素(圖 3-4)，建置一套飛航組員疲勞法規之評估架構(fatigue regulation evaluation framework, FREF)並將之用於評估澳洲民航安全局(CASA)在飛航組員疲勞相關法規內容，以檢視疲勞管理在法規層面之完整與健全性。

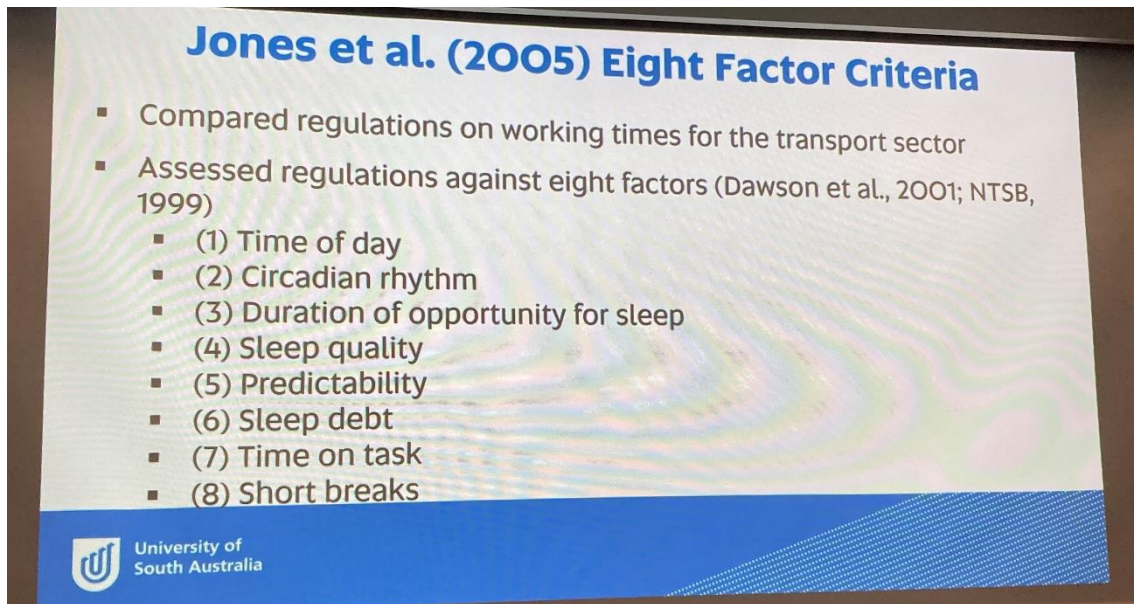


圖 3-4 疲勞風險 8 項關鍵要素 (Jones 等人, 2005)

研究團隊參考 2016 年至 2022 年國際民航組織提出之飛航組員疲勞管理文件 (Annex6-Part I、Doc 9966) 及相關實徵研究結果，並以 Jones 所提出之 8 項疲勞關鍵要素為基礎，發展出一套飛航組員疲勞法規評估架構 (fatigue regulation evaluation framework, FREF)。FREF 架構如圖 3-5、研究流程細節如圖 3-6 所示。

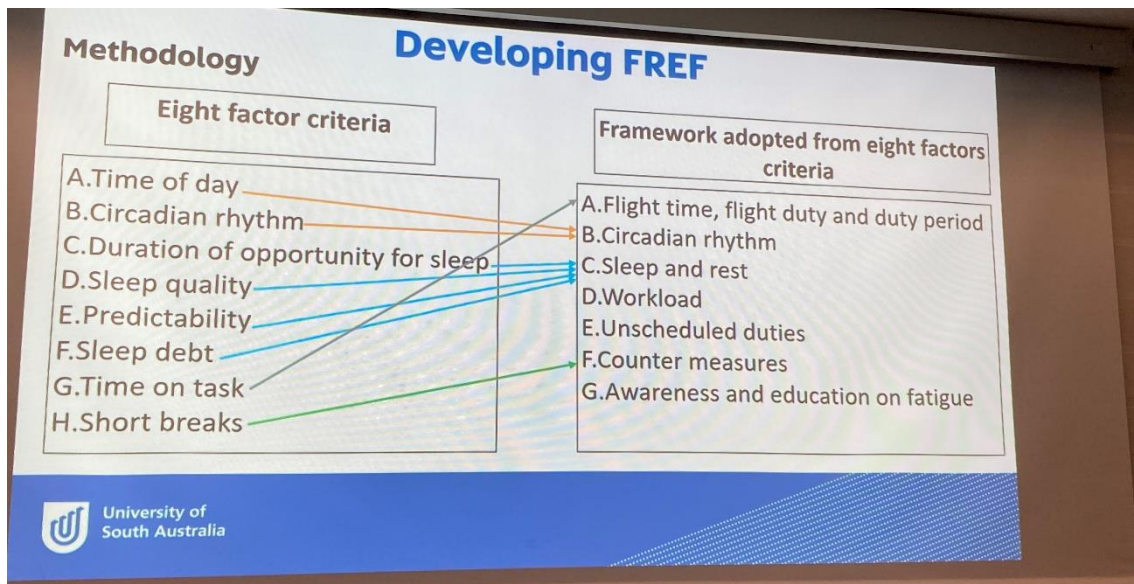


圖 3-5 飛航組員疲勞法規評估架構 (FREF)

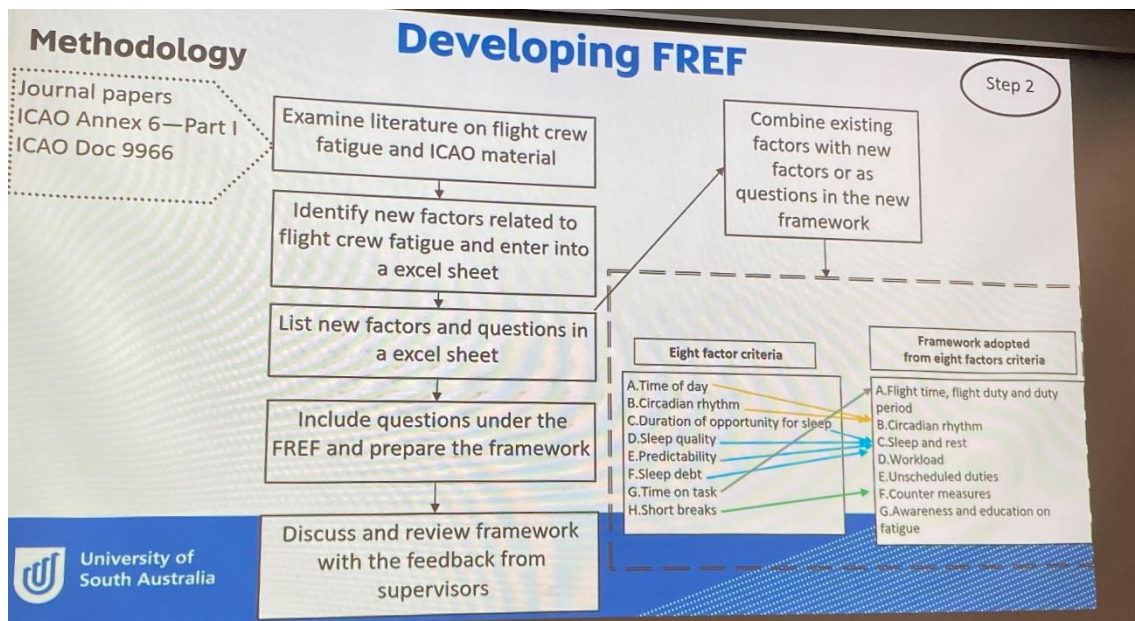


圖 3-6 飛航組員疲勞法規評估架構（FREF）發展歷程

研究團隊以飛航組員疲勞法規評估架構（FREF）檢視澳洲現行飛航組員疲勞相關法規，結果發現：現行澳洲飛航組員在疲勞管理之法規與制度面相對健全，多數層面有考量到飛航組員值勤時所產生之疲勞風險因素（圖 3-6），惟其研究發現仍有少部分存在優化空間，包括：現行法規未依飛航組員所執行之短程、中、長程等不同任務型態調整不同休息時數，或考量不同任務型態組員可能承受之不同工作負荷產生之疲勞程度差異（圖 3-7 左-紅色）；此外，現行法規在考量組員休息與睡眠機會時，未將組員從住居所至報到點所需之通勤時數納入考量（圖 3-7 右-紅色）。

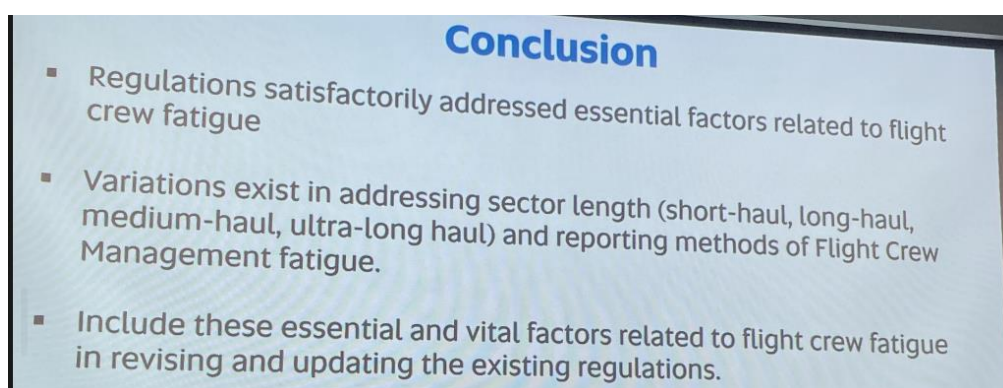


圖 3-6 以 FREF 架構檢視澳洲現行飛航組員疲勞相關法規之結果 1

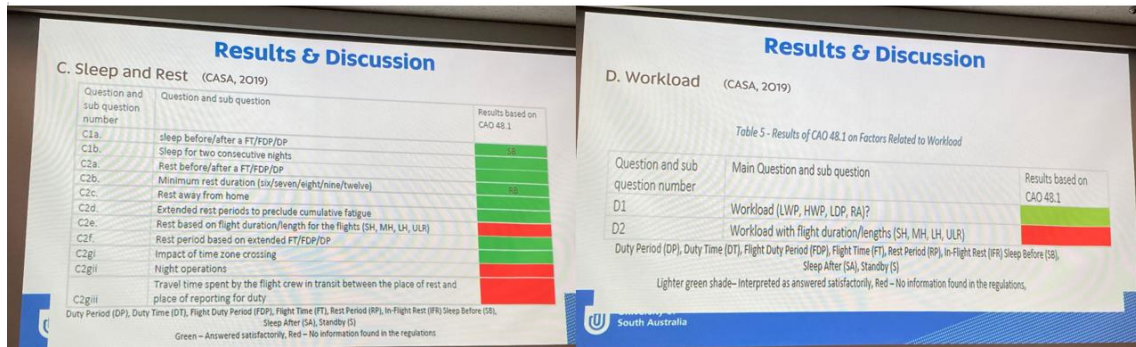


圖 3-7 以 FREF 架構檢視澳洲現行飛航組員疲勞相關法規之結果 2

3. 事件關聯電位與眼動追蹤技術於駕駛員緊急處置訓練成效之評估

近年來腦波、眼動追蹤技術已開始廣為被心理學與人因工程領域研究者使用，作為駕駛員疲勞、心智作業負荷等人因議題評估工具。本次研討會有人因領域研究者發表一篇使用事件關聯電位與眼動追蹤技術，探究飛航駕駛員在航空器緊急處置作業訓練之成效。

研究者提出：現行業界在訓練駕駛員處理航空器異常狀況，多於模擬機場域進行，而有關駕駛員模擬機訓練表現評估，產、學界雖發展有制式量表評定操作表現，但評定者通常由資深考核駕駛員擔任，惟不同考核駕駛員在經驗、評定尺度之掌握存在個人主觀差異，致駕駛員訓練表現評定結果未能標準化，且有較低之評分者間信度。隨科技與技術進步，許多過去僅能在實驗室使用之認知神經科學技術，如腦波、眼動、心電圖等，如今已可在實務場域中應用，包括用來釐清飛航駕駛員操作與人為因素議題。因此，本研究之目的在將腦波與眼動追蹤技術應用於駕駛員訓練表現，作為駕駛員操作表現之評估輔助工具之一（圖 3-8）。

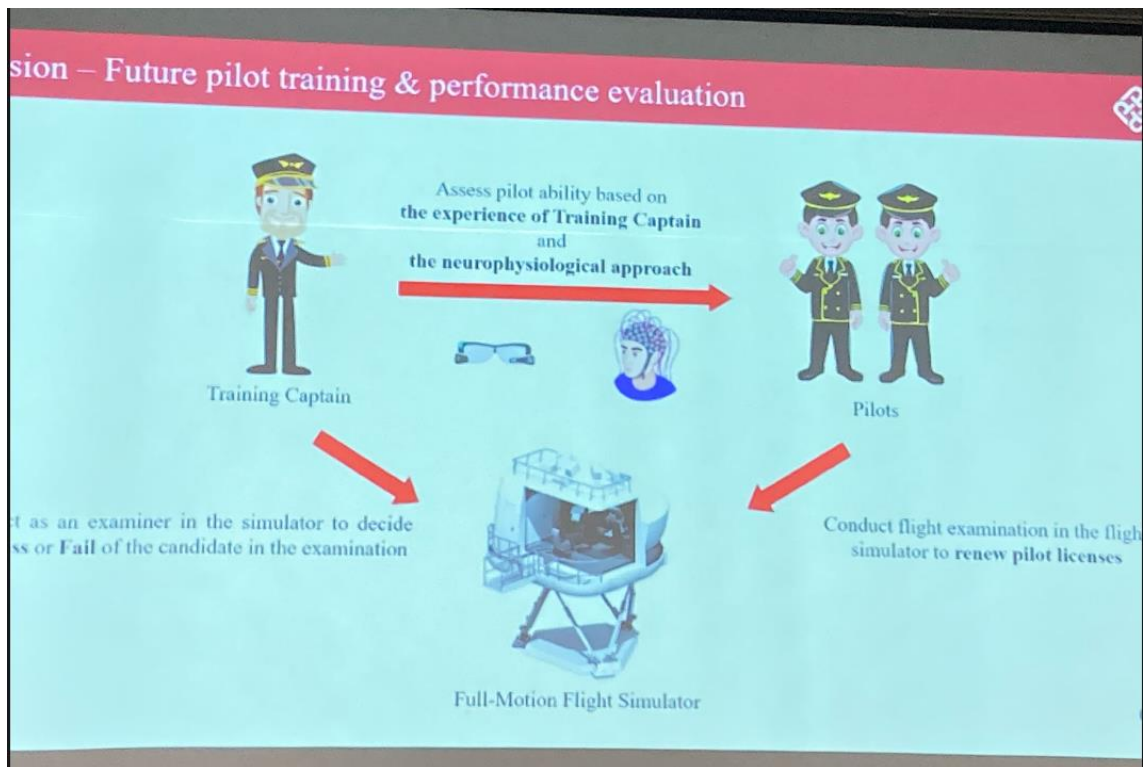


圖 3-8 認知神經人因工程於駕駛員訓練表現研究架構圖

研究者招募 12 位飛航駕駛員擔任受測者，其中 6 位為空中巴士 320、330 機型之副駕駛員，另 6 位為培訓飛航駕駛員；受測者之人口學變項與飛行經驗及時數如圖 3-9 所示。受測者配戴 Emotiv Epoc Flex 腦波儀（取樣率 128 赫茲）及 Tobii Pro Glasses 3 眼鏡式眼動儀（取樣率 50 赫茲），於執行飛航操作過程同步蒐集大腦電生理與眼動訊號。

本研究在腦波資料分析採用事件關聯電位（event-related potentials, ERP）技術，其測量標的是在特定刺激於特定時間出現後，如本研究在降落過程因發動機失火而於駕駛艙儀表出現視、聽覺告警訊息後，駕駛員大腦對這些刺激之反應的分析。有關眼動資料分析，本研究將駕駛艙幾項重要儀表，如主要飛行顯示器（PFD）、航機電子中央監控系統（ECAM）等界定為感興趣區域（area of interest, AOI）；另定義時間感興趣區段（time of interest, TOI），如駕駛員自注視 ECAM 起，至檢視並

完成對 ECAM 相關操作止為某段 TOI，用以比較受測者在不同時間區段於不同感興趣區域之眼動數據差異。

Profile of participants

Experienced Pilots					
	Age	Gender	Type-Rating(s) Held	Last Known Position	Duration of Non-Active Flying
1	37	Male	A330	First Officer	14 months
2	36	Male	A320, A330	First Officer	14 months
3	32	Male	A320, A330	First Officer	29 months
4	33	Male	A320	First Officer	Active Flying
5	36	Male	A320, A330	First Officer	28 months
6	48	Male	A320	First Officer	48 months

Cadet pilots					
	Age	Gender	Previous Simulator Flight Experience	Flight Hours	Length of Attending Ground School
1	28	Male	Yes	8 hours	1 week
2	22	Male	No	7 hours	7 weeks
3	23	Male	No	0 hour	2 weeks
4	36	Male	No	20.3 hours	3 weeks
5	28	Male	Yes	0 hour	3 weeks
6	27	Male	No	13 hours	4 weeks

13

圖 3-9 受測者基本資料

關於實驗情境設定與步驟，本研究使用空中巴士 320 靜態模擬機，並藉遠端控制面板來啟動飛航異常事件，如發動機失火事件。實驗情境設置如下：受測者坐於左座擔任操控駕駛員，右座配置一位監控駕駛員，後方坐有一位主試者同時擔任飛航管制與受試者操作表現評估之角色；模擬機外設置一資料蒐集平台，由一位研究人員負責監控受測者即時腦波與眼動訊號資料，並配合實驗設計，協助在受測者連續腦波與眼動資料間建立不同時間區段（TOI）之標記。（圖 3-10）。每位受測者皆執行相同之本場飛行（circuit flying）任務，並於降落香港國際機場之過程，依實驗情況設定將降落情境再分為：正常降落及發動機失火等兩種情況，詳細步驟說明如下，流程圖如圖 3-11 所示。

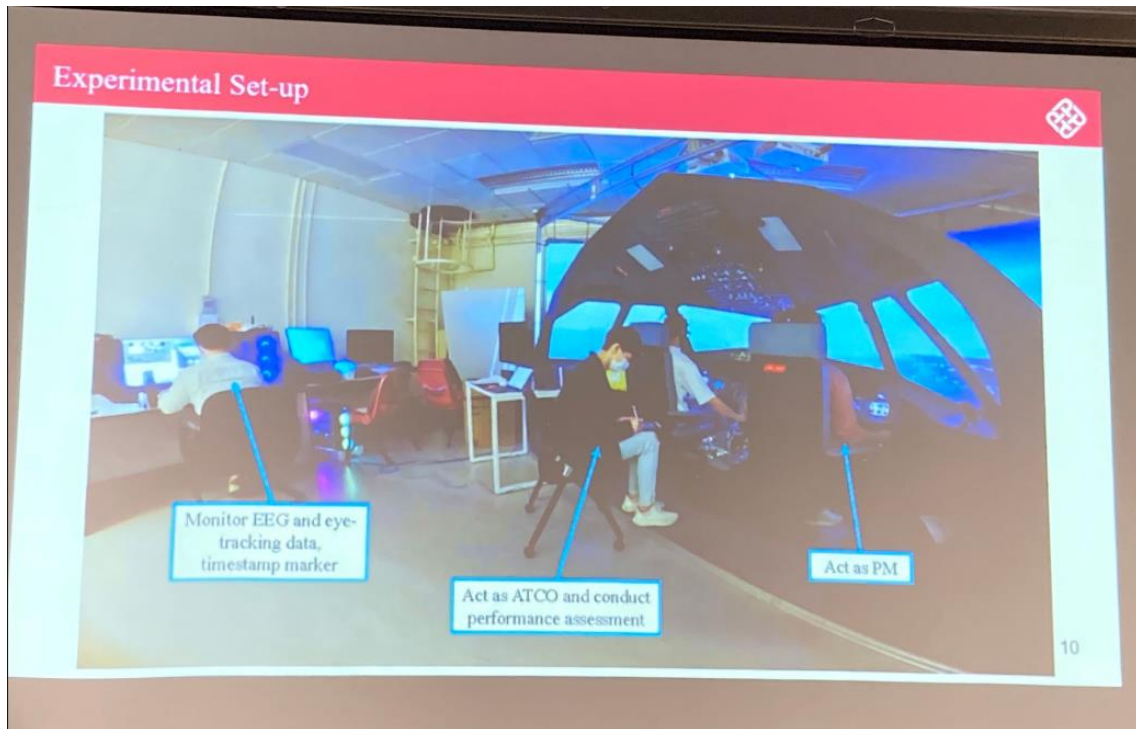


圖 3-10 實驗情境實景圖

本研究之實驗步驟包括：提示、儀器設置、飛航操作（正常及異常）等三階段（圖 3-11）。提示階段為主試者說明實驗目的與過程；儀器設置階段為受測者穿戴腦波儀與眼動儀並完成校正；飛航操作階段又分為前測、訓練、後測等三個子階段，細節如下：

- 前測階段：執行 1 次正常降落並於操作過程蒐集受測者腦波與眼動資料；
- 訓練階段：進行 2 次正常降落訓練，並於訓練後由教官給予受測者回饋；
- 後測階段：執行 1 次正常降落於操作過程蒐集受測者腦波與眼動資料。

發動機失火之異常降落情境，其實驗程序與步驟同正常降落情境。



圖 3-11 飛航操作模擬情境實驗步驟圖

研究結果發現：

- 事件關聯電位（腦波）方面

受測者於訓練前後，當駕駛艙之儀表，如航機電子中央監控系統（ECAM）顯示異常告警，或出現告警聲響時，其大腦枕葉（O1）與顳葉（T8）分別對視覺與聽覺告警訊息之電生理反應有明顯差異，特別在峰值幅度（time-to-peak amplitude）出現時間，於訓練後明顯縮短（圖 3-12）。此結果顯示，受測者在經過訓練後，當駕駛艙出現與訓練情境相似之異常狀況，其對駕駛艙內相關之視覺與聽覺刺激（告警資訊）可啟動更快速的反應；對照飛航操作表現評估，受測者大腦之峰值幅度出現時間之縮短，亦和飛航操作表現有正相關。

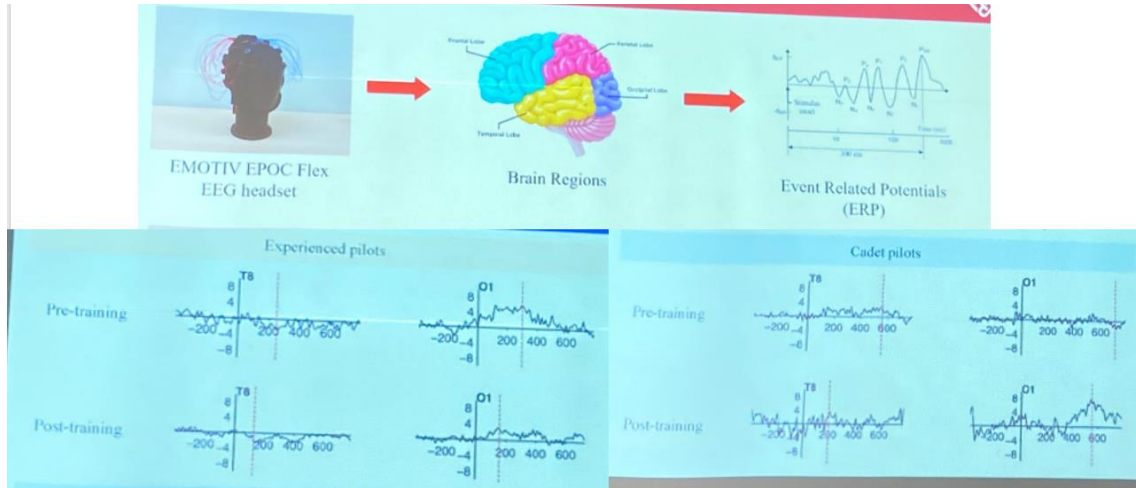


圖 3-12 飛航訓練前後受測者之腦波訊號差異

- 眼動型態方面

訓練後，培訓駕駛員在發動機失火之異常處置過程，相較副駕駛員有明顯更多對於航機電子中央監控系統（ECAM）之凝視次數（圖 3-13）；此外，本研究發現培訓駕駛員及副駕駛員在訓練後，當進行異常狀況處置時，其將凝視點移至感興趣區域，如 ECAM 等重要儀表之時間皆明顯縮短。

另訓練後，不論副駕駛員或培訓駕駛員，其眼動分布型態更集中於操縱桿或相關按鈕，如圖 3-13 所示之熱像圖：受測者之凝視點在飛航訓練後更集中於中央操控台（pedestal）之相關操作區域。

再者，本研究使用熵（entropy）技術，以注視轉移熵（gaze transition entropy）與靜態注視熵（stationary gaze entropy）分析眼動數據。結果發現，受測者於訓練後，在注視轉移熵有較低之數值，顯示駕駛員經過訓練後，其對駕駛艙內外環境，含各儀表、操作桿、按鈕等區域有一定之視線掃視型態（visual scanning pattern）。

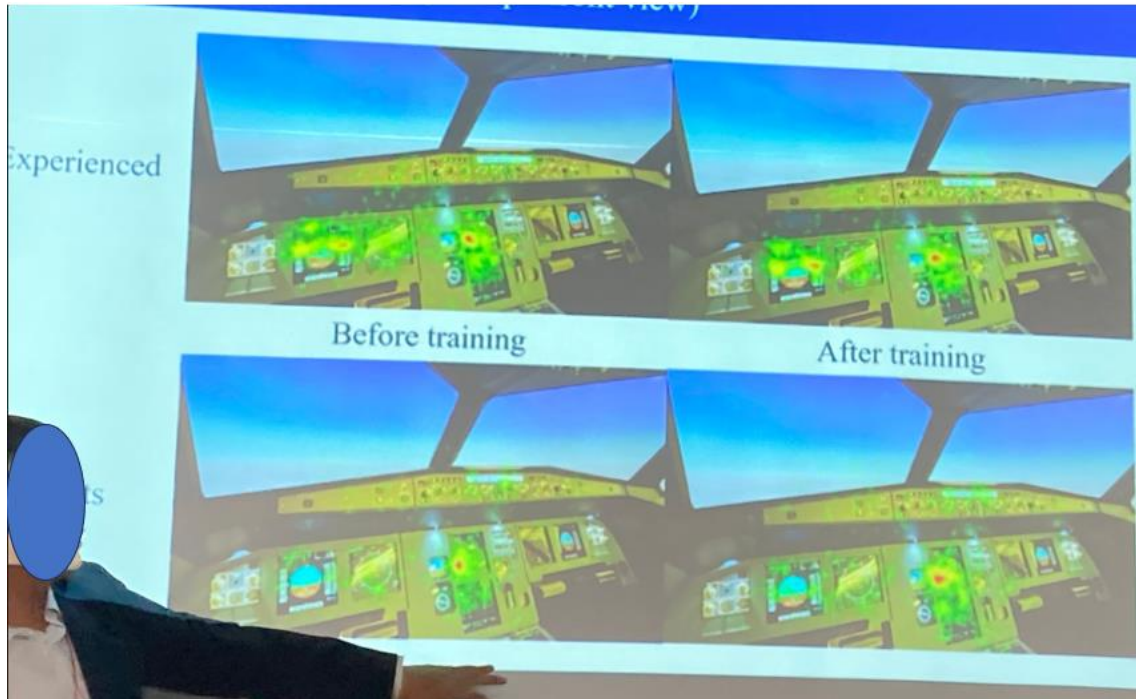


圖 3-13 飛航訓練前後受測者對駕駛艙儀表之眼動型態差異

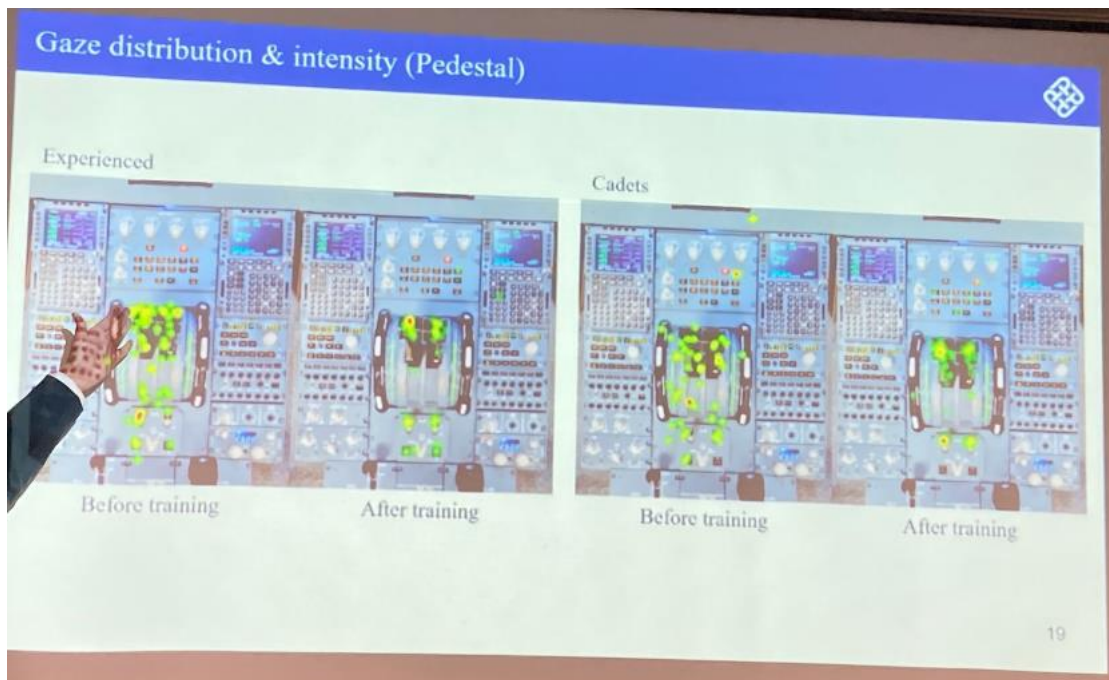


圖 3-13 飛航訓練前後受測者對中央操控台相關操作區域之眼動型態差異

4. 客艙安全提示卡設計對乘客觀看行為之影響

過去研究指出，當發生飛航事故，具有正確安全逃生知識之乘客在遭受生命威脅與傷害時有更大生還機率。因此，各國民航監理機關，包括美國、加拿大、澳洲與我國等國家皆要求民航業者應在機上提供乘客安全逃生資訊，以提高飛航事故之生還機會。以我國民航局為例，飛航標準組於 105 年發布一則有關乘客安全提示及提示卡（Passenger Safety Information Briefing and Briefing Card）之安全通告（AC 121-001A），提出乘客安全口語提示之執行重點與注意事項，以及安全提示卡之設計、內容及位置等資訊，供民航業者參考與使用。

然而，實務上常見之現象是乘客於班機起飛前鮮少正視客艙安全資訊獲取之重要性，故實際拿起並閱讀安全提示卡內容之機會亦相對較低。因此，AC 121-001A 中提到：*本通告鼓勵各個航空器使用人在傳達相關安全訊息予乘客時，應力求創新及有效。在這前提下，有部分業者亦結合行銷策略，將活潑、鮮豔之卡通意象融入安全提示卡之設計，惟此種設計取向是否容易使乘客之注意力被導引至行銷元素而致安全資訊重點失焦，以及此種設計方式是否影響有效閱讀行為尚未被驗證。*

因此，本會研究團隊於本次研討會投稿一篇論文，經大會審查通過於會中以口頭論文方式發表，題目為：*An exploration of viewing behaviors on airline safety briefing card with immersive marketing features*（圖 3-14），其目的在使用眼動追蹤技術，探究人們在觀看融入行銷元素之安全提示卡，其視覺行為與注意力分布情形及可能受到之影響。



圖 3-14 本會於研討會發表之論文與場次

本研究採用立意取樣之方式蒐集 30 位健康成年之受測者觀看安全提示卡時之眼動數據資料，受測者人口學變項與搭機經驗資料如圖 3-15 所示。

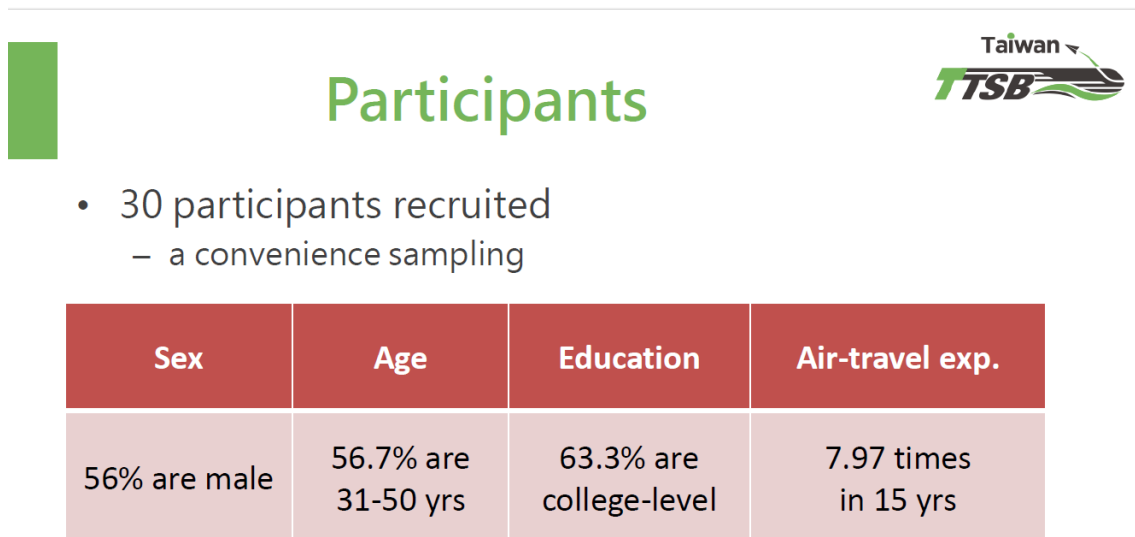


圖 3-15 受測者基本資料

有關安全提示卡，本研究使用某國籍航空 A330-300 機型之安全提示卡（圖 3-16）為研究素材。該安全提示卡在資訊呈現方式主要以流程圖並輔以文字呈現客艙安全與緊急逃生相關資訊，主要項目包括：起飛與降落階段注意事項、安全帶使用方式、安全（防撞）姿勢、氧氣面罩使用、陸上逃生、水上逃生、救生衣穿著等部分。此外，如圖 3-16 黑框所示，此安全提示卡除呈現重要之客艙安全資訊與緊急逃生注意事項外，亦有顯而易見之日本卡通圖片與意象融入提示卡設計。



圖 3-16 本研究使用之安全提示卡

研究工具方面，本研究使用 Tobii Pro Glasses 3 眼鏡式眼動儀（取樣率 50 赫茲）蒐集受測者觀看安全提示卡時之眼動數據。為貼近乘客實際搭機情境並提高研究之外部效度，本研究設定受測者在自由觀看、未被打擾之情況下閱讀安全提示卡，閱讀觀看時間長短亦由受測者自行決定。因此，眼動資料蒐集期間為：受測者拿起安全提示卡起至受測者以口語表示閱讀完畢為止。圖 3-17 為本研究使用之眼動儀及實際研究情境。



圖 3-17 本研究之實驗工具與情境

眼動資料分析方面，為比較不同安全資訊與緊急逃生項目之眼動型態差異，本研究將安全提示卡劃分為 12 個感興趣區域 (area of interest, AOI)，其中 AOI 1 至 AOI 11 為安全資訊或緊急逃生項目，AOI 12 屬於卡通行銷意象 (Hello Kitty & the bow)，如圖 3-18 所示。



AOI 1	Title	Safety instruction
AOI 2	TL	Takeoff & Landing
AOI 3	SB	Seat Belt
AOI 4	BP	Brace Position
AOI 5	OM	Oxygen Mask
AOI 6	SM	No Smoking
AOI 7	FI mode	Flight mode
AOI 8	EPM	Escape-path Markings
AOI 9	LE	Land Evacuation
AOI 10	WE	Water Evacuation
AOI 11	LV	Life Vest
AOI 12	Marketing	Kitty & Bowtie (marketing elements)



圖 3-18 本研究安全提示卡之感興趣區域 (AOI)

研究結果發現，受測者平均注視本研究之安全提示卡時間為 110.5 秒，惟其中僅有 71.41 秒注視提示卡內之感興趣區域（客艙安全/緊急逃生資訊）。鑒於本研究使用凝視（fixation）作為計算觀看 AOI 之時間指標，而凝視又為人類接收、處理並理解外界訊息之重要視覺管道，故本研究結果意涵在：受測者於安全提示卡觀看過程，可能僅約有 64.6% 之時間花費在卡片重要安全資訊之獲取及處理。

AOI 分析結果發現，受測者在陸上逃生、水上逃生及救生衣等 3 個 AOI 之持續凝視時間，較其他 AOI 凝視時間長（圖 3-19 紅框區域），顯示受測者傾向花費較長時間觀看此三區域。進一步比較陸上逃生、水上逃生及救生衣 3 個 AOI 發現，受測者在救生衣穿著區域之持續凝視時間顯著更久（圖 3-19 箭頭及黃框區域）。檢視此區域之資訊與指令步驟，受測者凝視時間較長之可能原因為：此區域文字訊息量與複雜度相對較高，且相較陸上與水上逃生內容與步驟多與按照客艙組員指令操作，但救生衣穿著步驟多涉及乘客自行操作，故確實有必要花費更多時間理解。

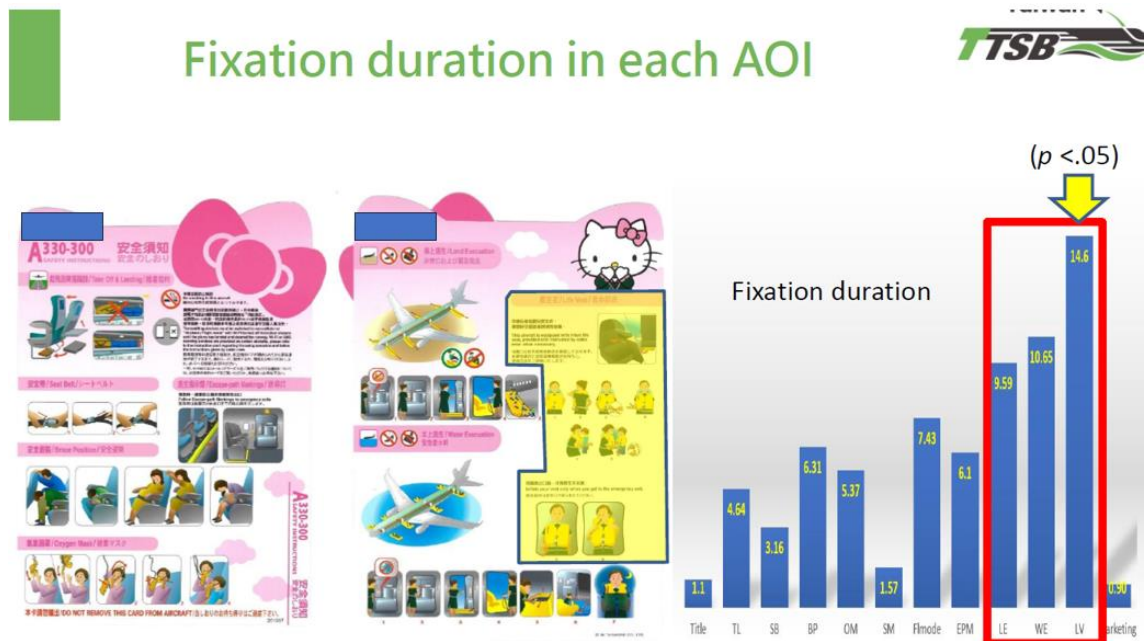


圖 3-19 受測者於本研究各感興趣區域（AOI）之持續凝視時間分析結果

有關各 AOI 之跳視行為 (saccadic behavior) 分析，本研究亦發現受測者在陸上逃生、水上逃生及救生衣等 3 個 AOI 之跳視次數，較其他 AOI 之跳視次數更多 (圖 3-20 紅框區域)。值得注意的是，本研究受測者在觀看這三區域內容時，其視線有明顯於上述區域反覆來回移動之情形 (圖 3-20 紅色箭頭)；對照受測者質性口述資料，不排除受測者在閱讀此三區域內容時，對於要理解其中之資訊內容產生困惑。從使用者中心設計 (human center design, UCD) 之觀點，本研究使用之安全提示卡在不同安全資訊項目呈現未從區塊化或模組化之方面考量，特別是陸上、水上及救生衣等三區域之資訊呈現，因而降低了資訊易讀性並影響閱讀效能。

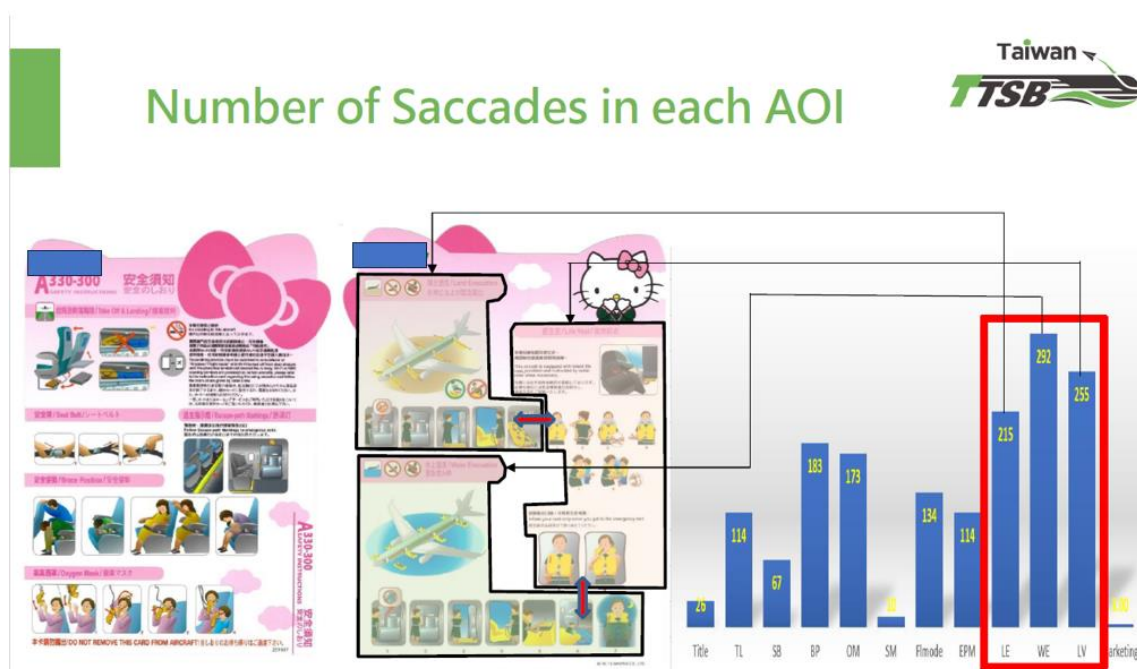


圖 3-20 受測者於本研究各感興趣區域 (AOI) 之跳視分析結果

關於融入行銷元素於安全提示卡之設計對於觀看行為之影響，本研究發現受測者平均凝視卡通行銷元素時間雖僅約 2 秒，但有 40%至 60%之受測者在觀看過程將視線移至卡通行銷元素區域。相關分析結果發現，受測者首次凝視 AOI 12 (卡通行銷元素) 與對該行銷元素偏好程度間之相關係數達顯著邊緣 ($r = -0.542$, $p =$

0.0081)，顯示當受測者對特定行銷元素偏好程度越高時，在閱讀安全提示卡過程也有越早將其視線移置行銷元素之傾向。

進一步將受測者依偏好（行銷元素）程度分組，並分析不同組別在各 AOI 凝視次數發現：具有強烈偏好之受測者在行銷元素凝視次數顯著高於無偏好者，($p < 0.05$)，如圖 3-21 所示。

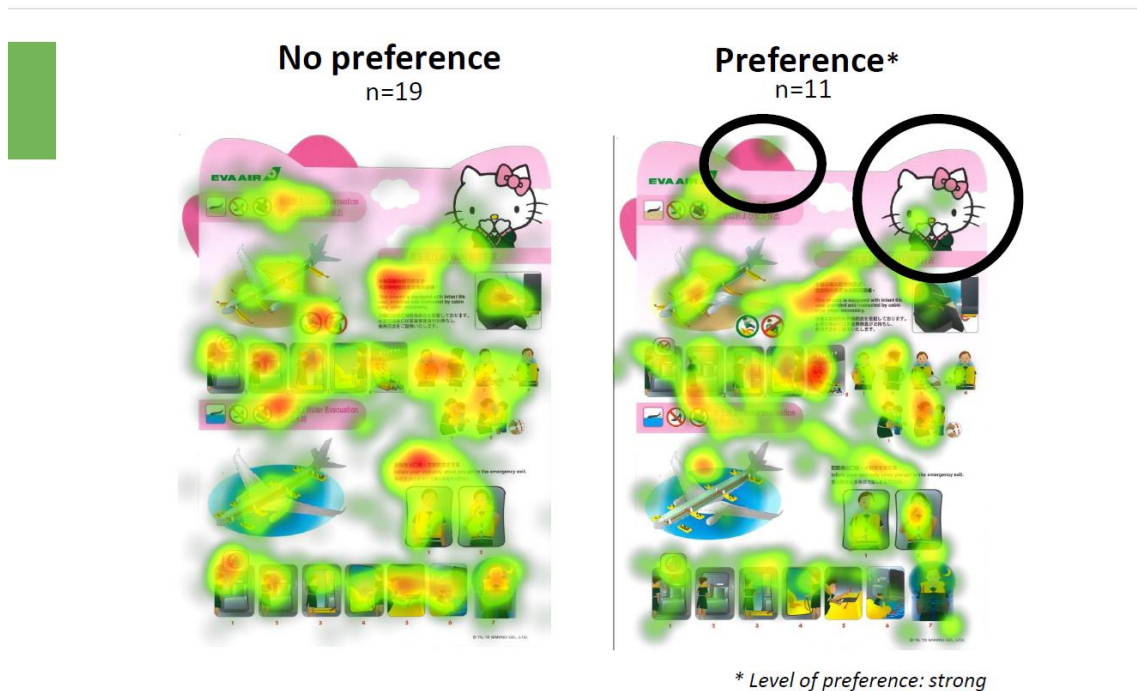


圖 3-21 不同偏好者在各感興趣區域（AOI）之熱像圖分析結果

軌跡圖分析結果發現（圖 3-22），具強烈偏好者與無偏好者之視覺掃視型態雖相當近似，但具強烈偏好者在觀看陸上逃生與救生衣區域時，其視覺凝視確實有較高機會移至卡通行銷意象區域，且在該區域安全資訊未完整閱讀前就將視線移至卡通行銷意象區域。此外，從整體軌跡圖進展順序來看，具強烈偏好者在觀看過程，其視覺掃視型態相對紊亂、跳視範圍更大，且缺乏系統性之觀看順序。此結果顯示，當乘客對特定行銷元素有高度偏好，且該行銷元素被置入安全提示卡設計中，不排

除有較高機會影響高偏好乘客之閱讀歷程與訊息接收有效性。

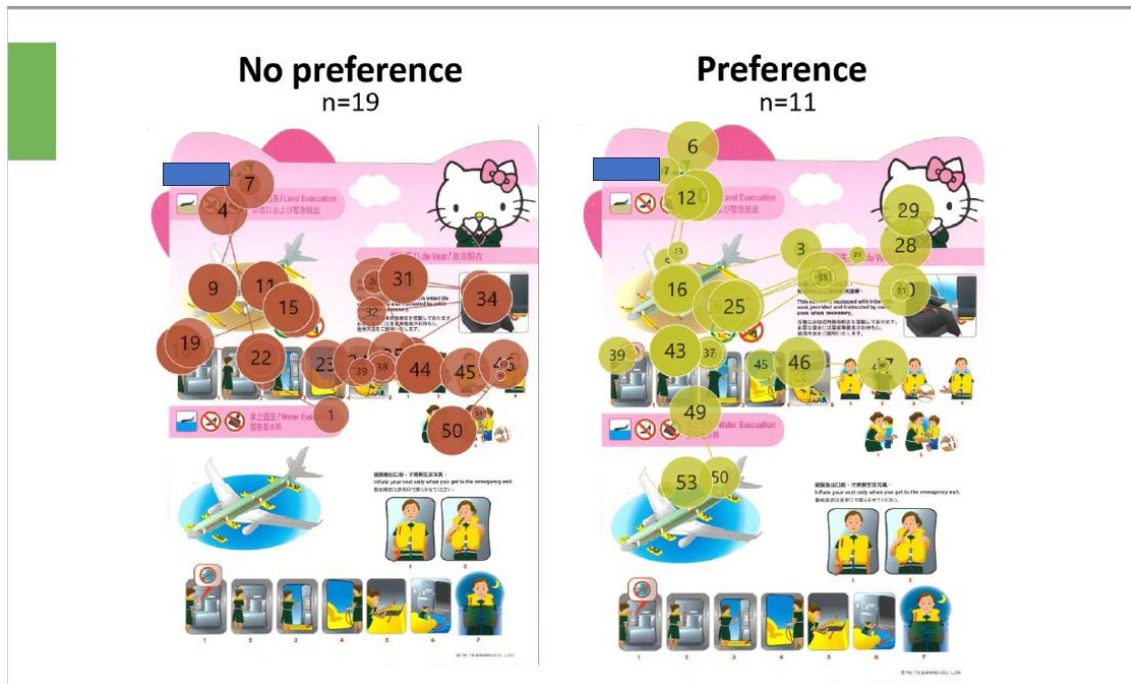


圖 3-22 不同偏好者在觀看安全提示卡之軌跡圖分析結果

再者，具強烈偏好者在觀看水上逃生區域之步驟，其凝視次數明顯較無偏好者更少（圖 3-23）。考量凝視為人類訊息處理之關鍵機制，此結果再度顯示：將高突顯性之行銷元素置入安全提示卡之設計，對於乘客，特別是對置入之行銷元素有高度偏好者，將一定程度對其觀看行為與安全資訊獲取產生負向效果。

本會於會中提報後，獲得與會人員熱烈迴響與回饋，亦於口頭論文報告後獲得大會頒贈之研究發表證明（圖 3-23）。

最後整理本研究於會中相關討論與回饋如下：

- 建議未來可增加其他研究資料驗證受測者對安全提示卡內容之理解；

- 鑒於安全資訊內容為一項嚴肅議題，包括資訊內容呈現之顏色。建議未來可探究安全提示卡及置入之行銷元素之顏色考量；
- 建議未來可納入不同文化或國籍背景之乘客對行銷元素之知覺差異，並探討這些差異對於觀看安全提示卡之行為的影響。

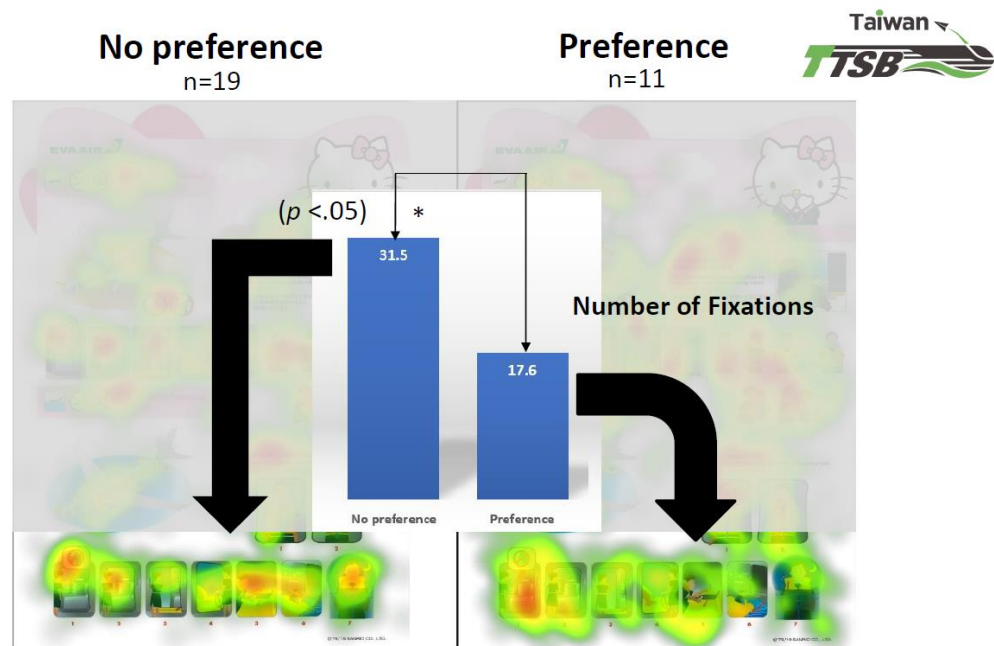


圖 3-23 不同偏好者在水上逃生步驟之凝視次數差異



圖 3-23 本會代表人員口頭論文發表證明

肆、 建議

- 本次研討會有來自航空運輸領域各界產官學界人士，所談議題相當廣泛，可讓參加人員獲得航空業界最新研究成果與發展趨勢；另本會於會中發表論文之過程亦發現，不同國家研究者對同一議題所持觀點不盡相同，可讓報告者在意見交流中獲得新的觀點或視角，助於未來在執行運輸安全或人因研究時之思考廣度與深度，建議日後可再派員參加本研討會，以增進與各國航空領域專家之交流，並掌握航空業界最新研究成果與發展。
- 本次研討會在飛航安全與保安（aviation safety and security）系列議題可見腦波、眼動儀等駕駛員生理行為分析技術被應用在模擬機內探究駕駛員操作與訓練等議題，考量本會規劃 113 年起於科研計畫建置駕駛員生理行為分析系

統，建議日後派員參加國外相關研討會與訓練，並持續關注國內運輸產、學界在這些技術與議題之發展，作為本會建置駕駛員生理行為分析系統之參考與應用。

赴日本神戶參加 2023 年第 26 屆全球航空運輸研究研討會

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：運輸安全組調查官

姓 名：李苡星

出 國 地 區：日本

出 國 期 間：民國 112 年 6 月 30 日至 7 月 4 日

報 告 日 期：民國 112 年 9 月 19 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	建議日後可再派員參加全球航空運輸研究研討會，以增進本會與各國航空領域專家之交流，並掌握航空業界最新研究成果與發展。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議日後派員參加國外與駕駛員生理行為監測技術相關之技術研討會與專業訓練，並持續關注國內運輸產、學界在這些技術與議題之發展，作為本會建置駕駛員生理行為分析系統之參考與應用。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行