(編號： TASA-112-01-H-001)

經費來源：■01 公務 □02 非公務

機密(E)：□是 ■否

資料性質：□不宜公開 ■公開

出國類別： □A 考察/訪問 □C 進修/研究 □F 工作會議/研討會
□G 推廣佈展 ■ H 學術會議

分項計畫名稱： 太空基礎維運計畫

Satellite Operation in Special Space Weather
- Cross-Platform Satellite Operation Control (XPSOC) -

出國報告書

服務單位： 國家太空中心

出國人姓名職稱：

黃成勇 副研究員

出國地點： 阿拉伯聯合大公國

出國日期： 民國 112 年 03 月 04 日至 112 年 03 月 11 日

報告日期： 民國 112 年 05 月 11 日

摘　要

SPACEOPS 2023 The 17th International Conference on Space Operations

本次出國為參加 2023 在杜拜舉辦之衛星操控會議，主要目標為宣揚臺灣太空中心自己發展之衛星操控系統 XPSOC，讓參與大會的各個衛星操控團體可以知曉，臺灣已經有自己的衛星操控系統。而且這套操控系統已經經過福衛 5 號和福衛 7 號的實戰操作，成果豐碩，經過了 10 萬次以上的通聯和執行衛星軌道操控調整。近年來隨著通訊衛星需求，衛星的數量增加快速，太空環境、太空衛星交通和太空的通訊變成越來越熱門。因此參加這次會議也為順便學習國外在以上各領域之因應策略或想法，以作為操控中心日後衛星操控的參考。此次出國也注意到，各操控團隊對 AI 和自動化衛星操控的重視，衛星操控中心未來也須加入在這一方面的發展。

活動日程表

國別	日期	地點/訪問機構	工作摘要/接待人員
	3/4(六)	台北→阿拉伯聯合大公國 杜拜市	路程
	3/5(日)	抵達杜拜機場到旅館	路程
	3/6(一)	參與研討會	
	3/7(二)	參與研討會	
	3/8(三)	參與研討會	
	3/9(四)	參與研討會	
	3/10(五)	參與研討會	
	3/11(六)	阿拉伯聯合大公國 杜拜市 → 台北	路程

註：活動日程表以「日」為單位填寫，惟出國派訓得以「週」為單位。

目　　次

(置中、16 號標楷體、粗體、固定行高：25)

1. 目的..... 4

2. 參訪(或進修、研究、工作會議及會議....)紀要 5

3. 心得及建議..... 12

4. 出國效益..... 12

1.目的

1.1 本次出國參加的會議為 SpaceOps 2023，會議主題為太空任務操作和地面數據系統技術交流。為全球參與太空任務操作，組織的技術論壇。藉由國際間衛星操控團隊的交流，提高任務操作的能力和降低操控成本，提升操作效益。SpaceOps 研討會涵蓋以下領域：

- Operations-enabling technology in ground and flight systems
- Operations management
- Mission planning
- Mission management
- Cross support and interoperability
- Launch operations
- Spaceflight operations

XPSOC 為 100% 台灣太空中心製造的多衛星操控系統，相較於過去的國外系統，不僅可以更彈性修改需求，還有望在三期太空計畫中，省下超過新台幣 5 億元的發展與維運費用。多衛星操控系統 XPSOC （Cross-Platform Satellite Operation Control）與衛星排程系統，這些系統歷經 4 年多驗證，成功支援 2020 年 6 月發射的福爾摩沙衛星七號（福衛七號）。XPSOC 在福衛五號已經開始發展衛星操控系統，到福衛七號可以完全採用，目前 XPSOC 已完成衛星通聯次數超過 10 萬次，協助下載超過 600 萬筆氣象資料，且順利完成福衛七號 6 枚衛星的軌道部署，在在證明了 XPSOC 的穩定與優越性。

本次參與會議主要目地為向國外衛星操控團隊，展示台灣太空中心自治發展的 XPSOC 得成果，同時學習國外操控團隊的經驗和規劃，以作為太空中心 XPSOC 進一步發展自動化操控，和因應未來中心同時操作超過 20 顆衛星的衛星操控。

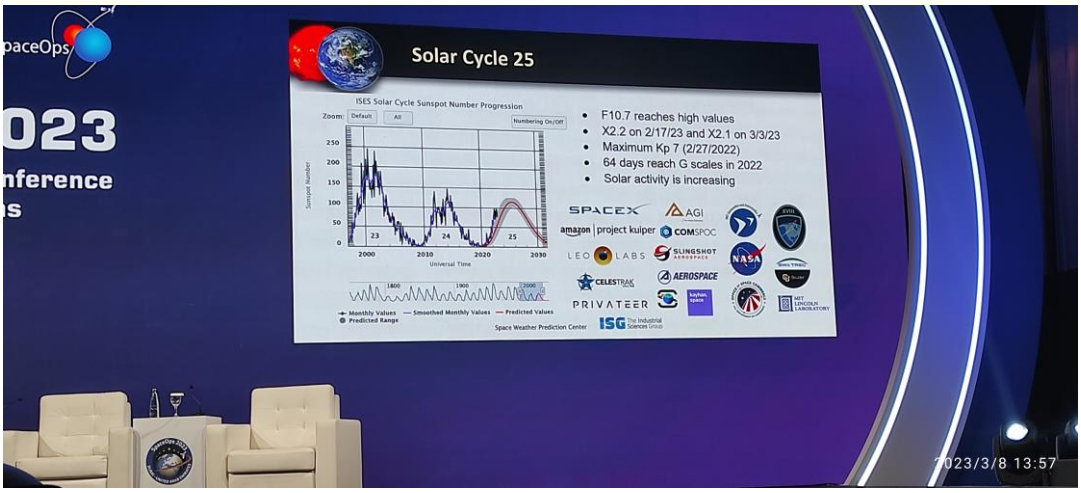
2.參訪(或進修、研究、實習及會議..)紀要

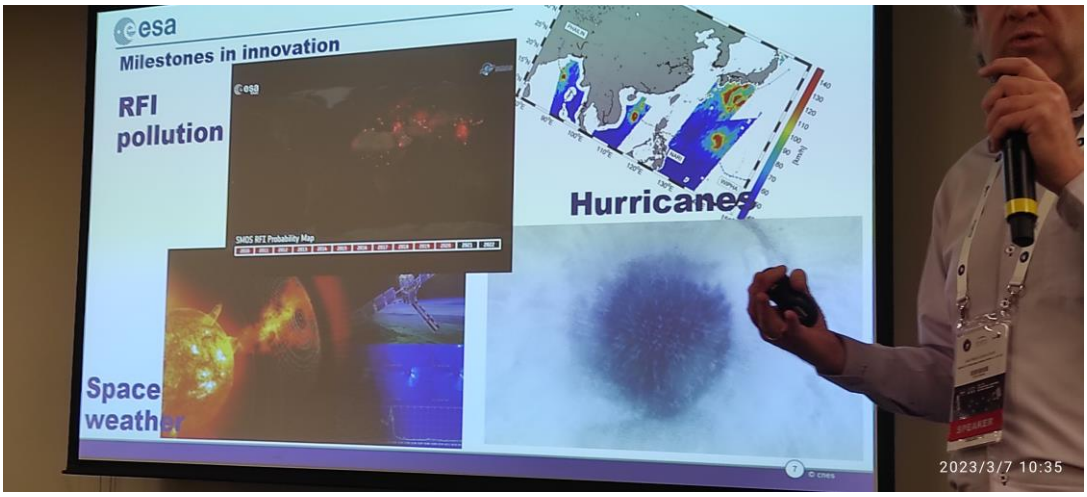
第一天前往會場參加會議，在大會開幕前，大會在會場前有一場簡單的民族舞表演。表演阿拉伯人牧羊的傳統民俗，簡單而有趣，充分凸顯了杜拜人不忘本的精神，雖然都是大男生拿著牧羊的拐杖，但每個人臉上都笑容滿滿，讓人可以充分感覺到愉悅的心情。

接下來的開幕儀式中，杜拜除介紹了杜拜太空中心 MOHAMMED BIN RASHID SPACE CENTRE 和阿聯酋衛星計劃，杜拜於 2006 年，MBRSC 受託開發阿聯酋的第一顆衛星，在接下來的十年裡，MBRSC 衛星工程師與韓國專家攜手合作，設計並製造了該國第一顆納米衛星 Nayif-1，於 2017 年發射成功，以及兩顆觀測衛星 DubaiSat-1 DubaiSat-2，分別於 2009 年和 2013 年發射。2018 年 10 月，首顆 100% 由阿聯酋設計和製造的地球觀測衛星 KhalifaSat。而最令人印象深刻的是杜拜規劃於 2117 年，在紅色星球火星上建立第一個可持續殖民的火星基地。在人生有限的百年生命，規劃未來的移民基地，抱負和長遠的眼界和規劃讓人印象深刻。英國太空科學教授格雷迪(Monica Grady)相信，阿聯的火星探測器發射任務對整個航太產

業有重大的意義，藉著他們的計畫，將能明確告訴世界: 火星不是航太大國專屬的新天地，「這場任務確實將太空探索往前推進了一步，向全世界證明歐洲和美國太空機構以外的國家，也有能力執行火星任務。」，相信臺灣也是未來一個可以證明除了歐美以外，具有高超的太空科技技術的國家。

在開幕式中也提到了幾個未來太空科學環境需要注意的事項，譬如明年後年即將面臨到的太陽活躍期的第 25 個週期，中性大氣阻力將會是衛星操控的一大挑戰，我要的太陽風和磁場變化也會是商用衛星的一大挑戰。而未來像火山爆發，水災地震等等的天災觀測將會是太空的重要任務，而近來俄烏戰爭的爆發，導航系統的干擾，對於民生的影響和衛星導航的影響，也會是未來太空任務的課題。





第一天下午，接著參加 Operations Management 的口頭報告會議，聽聽各單位對衛星操控的經驗和對未來衛星操控的構想。其中特別聆聽了 NASA 好奇號火星車上搭載的遙感儀器 ChemCam 的運作和克服異常事件操作的經驗。學習當觀測儀器故障後，如何發揮儀器的最大價值。多個衛星任務，也介紹了如何在發生非預期故障後，如何調整太陽能充電，記憶體得應用和傳輸資料的最佳化，提升衛星可運作的工作時間，讓衛星任務能發揮最大價值。

另外這天下午後半段去聽了一下衛星操控自動化的會議，衛星操控的 AI 會是未來的主要趨勢，各單位提出了，提供允許多任務基礎設施為願景。為了利用標準系統，歐洲太空中心也致力於各操控系統的協調。在自動化人工智能框架，同時運行多個任務，使用日常決策過程中檢索、組合和分析數據的系統，提高衛星操控效率。未來將以數據為中心的方法來編纂，工程師通過知識圖導航用於探索和學習關係的界面，改進和擴展當前應用程序，自動判斷操作系統的協調，訂定衛星操控的決策。

隨著全球公民提供社會、科學、戰略和經濟利益方面的發展，衛星資源的應用越來越多元，如位元的觀測，5G 以上的即時通訊，天氣的觀測等等。地球軌道上的衛星數量迅速增加，為了確保衛星運行的安全，建立安全太空交通管理、規劃開展太空活動和從太空返回的方式和規則，越來越重要。為了太空衛星安全，衛星使用者需要對空間環境準確的了解，包括在軌衛星和碎片數量以及太空天氣條件等。太空天氣監測與準確的預測，讓衛星操做者能及時注意即將發生的危險，並有足夠的時間採取緩解措施。展望未來，除了可靠的環境和影響監測和預報外，關鍵軌道的可持續使用將需要開發新的服務概念，包括主動清除碎片，特別是在衛星在脫離軌道之前發生故障的情況下，以及在軌道服務，包括維修、加油、重新定位，並可能在長期內

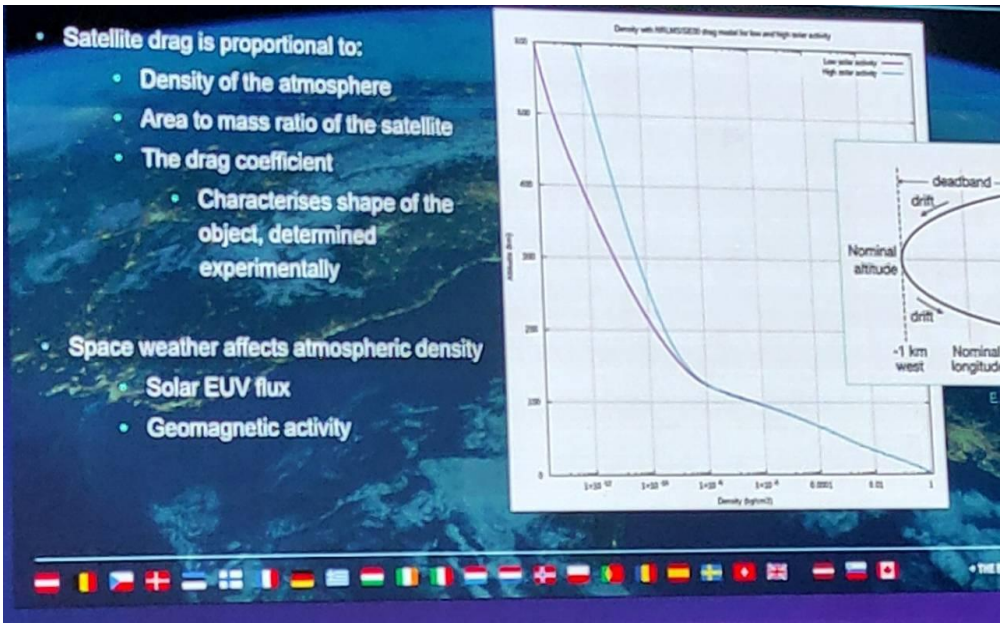
進行回收。

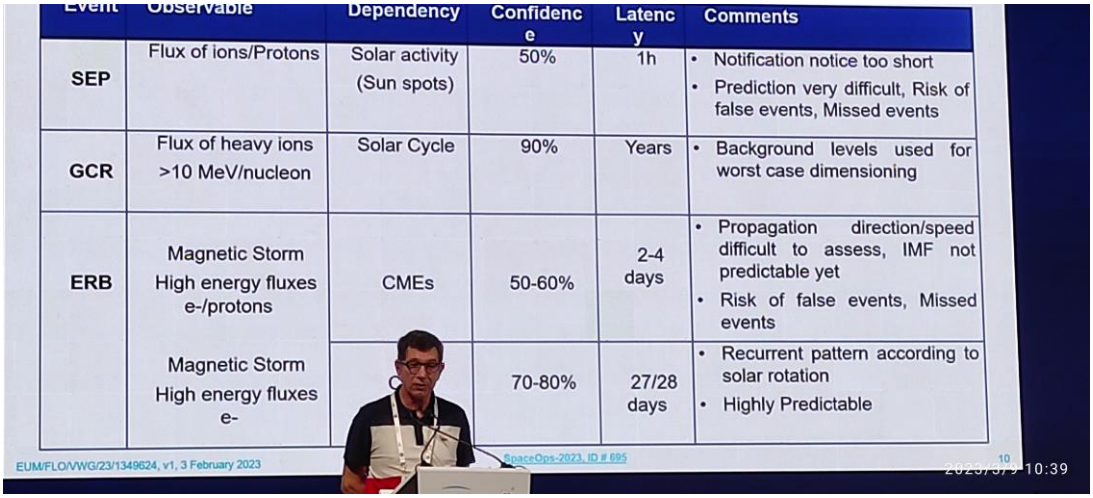
我的報告被安排在第二天下午 3:00-3:30 Flight Execution 議程，主要介紹太空中心衛星操控中心 SOCC 發展的台灣自主衛星操控模組。目前已用在福為五號和七號衛星任務操作。福衛七號由六個衛星組成的星系。由於須即時提供觀測數據，供氣象單位即時預報天氣使用，天氣/太空天氣數據的平均延遲要求在 45/30 分鐘以內，這是一項繁忙而復雜的操作任務。XPSOC（CrossPlatform Satellite Operation Control），衛星監控指揮系統，已完成建立台灣衛星運作技術能力和衛星操控排程。經過四年多的驗證，XPSOC 完全可以支援福衛七號星座的任務運作。衛星運行控制中最重要的任務之一是準確預測衛星位置和速度信息。然而，根據太陽活動增加，中性空氣密度變大，未來幾年中性空氣將急劇增加。這些不確定因素導致預測衛星運行軌道元素 (TLE) 的挑戰。以福衛 7 號的操控經驗來說，發生在 2022 年 3 月底左右，太陽幅射值 (F10.7)突然快速增加導致福衛 7 號在 4 月 5 號時有一些觀測資料我沒有正確的下載下來其原因為軌道的預報誤差過大。本研究試圖找出太空天氣與衛星軌道精度的關係及尋找更好的操作以避免數據再次丟失。在報告完後有學者對於我們與 starlink 衛星操控間如何避免碰撞非常的有興趣。以及為何福衛 7 號在做軌道調整時科學酬載關機的時間為何要如此的長提出了疑問，這也說明我們在軌道調整操作上應該要有更自動化的操作，例如操作時，如果在軌衛星可自行判斷操作完畢而自動開機，將可增加酬載操作時間。在自己的報告完後，聆聽了其他團隊衛星的操作經驗，有類似福衛七號的衛星軌道調整，Swarm 衛星星系的軌道調整，Swarm 是 ESA 的第一個地球觀測 (EO) 星座任務，也是 EO 的一部分地球觀測計劃（EOP）。該任務由三顆相同的衛星組成 Alpha、Bravo 和 Charlie（A、B 和 C）於 2013 年 11 月 22 日發射進入近極地軌道。Swarm 致力於對地球地磁場進行高度詳細的調查及

時間演變以及大氣中的電場，通過使用衛星攜帶絕對磁力計、矢量磁力計、電場的星座儀器和加速度計，帶有三個光學頭和 GPS 的精確星跟踪器接收者。Swarm 是 ESA 的第一個地球觀測 (EO) 星座任務，也是 EO 的一部分地球觀測計劃（EOP）。Swarm 衛星操控團隊為了因應 2025 年太陽極大期的到來，在 2022 年 5 月今年陸續執行了十幾個衛星調整活動，而福衛 7 號也在今年 5 月執行相對應之衛星軌道高度調整，衛星軌道調整之後，可是衛星的軌道精度預測相對地提高並延長衛星的運作壽命。

會議第三天來自美國國家海洋和大氣管理局 (NOAA) 空間天氣的模擬預測中心 (SWPC)的方慈瑋介紹太空環境對衛星操作的影響。2022 年 2 月 3 日，SpaceX Starlink 發射並隨後丟失了 49 顆衛星中的 38 顆，原因是與地磁風暴相關的中性密度增強。演講內容為研究考察太空與衛星丟失相關的天氣狀況，基於觀測、預報和數值。與 Starlink 團隊密切合作，熱氣層密度沿衛星軌道進行估計，導致衛星的中性密度增加損失進行了調查。模擬結果表明，在地磁風暴期間，Starlink 團隊在發射前的蒙特卡洛中使用的 NRLMSIS-00 中性密度估計與預測相比，分析結果表示 starLink 的操作團隊低估了中性密度。因此，在地磁暴，對於中性大氣信息建立適當的警報和警告至關重要。

在下面 2 張的照片中，告訴了我們太陽我要如何影響我們的太空環境第一張照片顯示的中性風的密度隨著太陽風活躍而增加，造成衛星的阻力越來越大，另外太空天氣中的太陽與 UV 輻射和磁場的變化也會影響到衛星的操控。

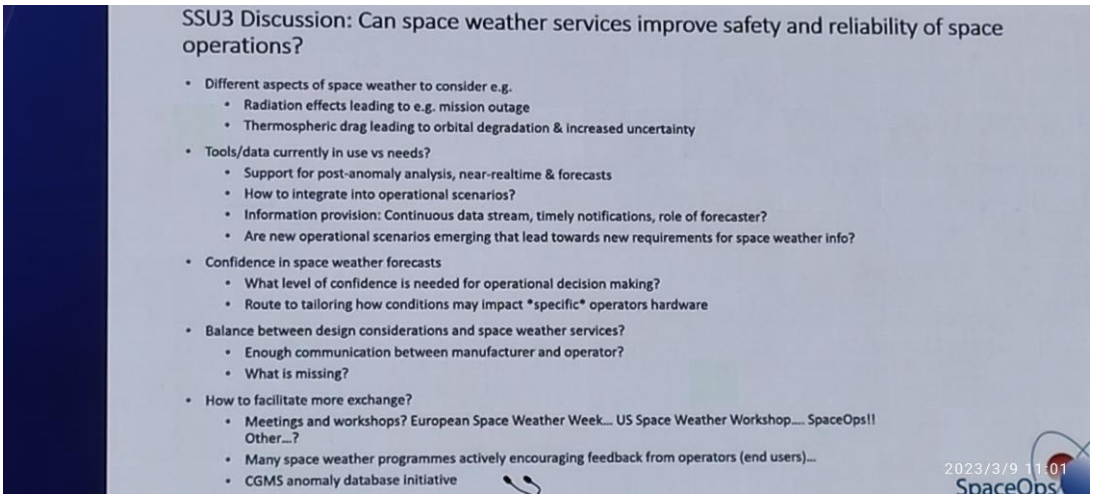


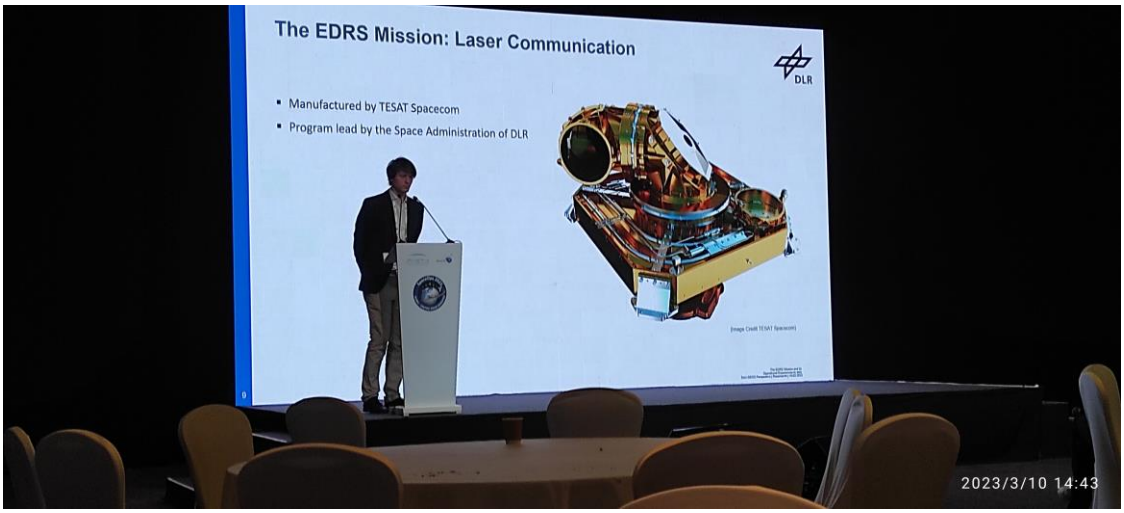


Event	Observable	Dependency	Confidence	Latency	Comments
SEP	Flux of ions/Protons	Solar activity (Sun spots)	50%	1h	• Notification notice too short • Prediction very difficult, Risk of false events, Missed events
GCR	Flux of heavy ions >10 MeV/nucleon	Solar Cycle	90%	Years	• Background levels used for worst case dimensioning
ERB	Magnetic Storm High energy fluxes e-/protons	CMEs	50-60%	2-4 days	• Propagation direction/speed difficult to assess, IMF not predictable yet • Risk of false events, Missed events
	Magnetic Storm High energy fluxes e-		70-80%	27/28 days	• Recurrent pattern according to solar rotation • Highly Predictable

接下來的第 4 天和第 5 天的議程中，持續參加太空天氣對於衛星操作的影響，包過太陽風中性例子，磁場變化等。太空垃圾也是第四天和第五天的重樣課題: 包括了如何觀測太空垃圾，迴避太空垃圾的碰

撞避免個衛星彼此的碰撞，未來衛星在迴避碰撞和避免成為垃圾的設計上也有所討論。而如何利用 AI 和攝影機做到自動迴避碰撞，女士非常有趣的研究議題。在通訊方面，衛星與衛星之間的通訊光通訊和雷射通訊都有諸多的討論。除了一般的通訊以外在月球上以及在火星上如何跟地球保持通訊也是大家非常有興趣的題目。





3.心得及建議

3.1 在參加完會議之後覺得自動化操控真的非常重要，除了地面的自動化排程外，在衛星上建立起自動衛星迴避碰撞功能和和自動開啟衛星酬載操作，以提升酬載的工作時間和效率是非常值得發展的工作目標。

3.2 在聽完歐洲新創公司的衛星操作構想後，會發現他們似乎缺乏實際的衛星操作經驗。例如在立方衛星上面上同時要放置 AI 和攝影機以作為衛星自動迴避的操作，又要放置推進系統在立方衛星上感覺有點目標遠大而不切實際。但不失為一個 10 年 20 年後的努力目標。

4.出國效益

4.1 了解到目前從事太空領域的研究方向，以及加速衛星操作的自動化流程的重要性。

4.2 讓其他操控單位了解到臺灣太空中心一起發展了一套穩定而有效的操作系統 XPSOC。

附錄(ps.指攜回資料)