

110-027-5501
MOTC-IOT-109-IDB014

推動我國無人機科技產業發展 先期研究規劃



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 3 月

110-027-5501
MOTC-IOT-109-IDB014

推動我國無人機科技產業發展 先期研究規劃

著者：李宗益、紀秉宏、許宗倫、吳東凌、王瑋瑤、黃于哲

交通部運輸研究所

中華民國 111 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃/李宗益, 紀秉宏, 許宗倫, 吳東凌, 王瑋瑤, 黃于哲著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 111. 03

面 ; 公分
ISBN 978-986-531-393-7(平裝)

1. CST: 飛行器 2. CST: 遙控飛機 3. CST: 技術發展 4. CST: 產業發展

447.7

111003698

推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃

著 者：李宗益、紀秉宏、許宗倫、吳東凌、王瑋瑤、黃于哲

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 111 年 3 月

印 刷 者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 62 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：400 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN：1011100325

ISBN：978-986-531-393-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-393-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1011100325	運輸研究所出版品編號 110-027-5501	計畫編號 109-IDB014
本所主辦單位：運輸資訊組 主管：吳東凌 計畫主持人：吳東凌 研究人員：王瑋瑤、黃于哲 聯絡電話：02-2349-6883 傳真號碼：02-2545-0426	合作研究單位：鼎漢國際工程顧問股份有限公司 計畫主持人：李宗益 研究人員：李宗益、紀秉宏、許宗倫 地址：臺北市信義區松山路 130 號 5 樓 聯絡電話：02-2748-8822 分機 205		研究期間 自 109 年 7 月 至 110 年 10 月
關鍵詞：無人機、智慧型運輸系統			
摘要： 發展無人機應用服務已成為國際趨勢，其高機動性、高彈性部署特性，使其在交通領域具有極大應用潛力，能夠有效提升運輸系統之易行性、可及性及安全性，本研究透過國內外無人機技術研發、產業趨勢與政策相關資料蒐集及訪談，據以研擬我國無人機在交通領域之發展策略。重點成果包括：蒐集國內外無人機發展趨勢及應用現況、盤點我國無人機科技產業關鍵技術能力及能量缺口，並依據國際發展趨勢及我國產業現況，修訂「我國無人機在交通領域之發展策略及路徑圖 2.0 版」，以及研提兩項我國無人機在交通領域之 2025 年里程碑，同時提出籌組我國 U-Team 之規劃，以循序推動前述策略目標。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
111 年 3 月	308	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：1.本研究之結論與建議不代表交通部之意見。 2.本研究係使用財團法人中華航空事業發展基金會經費辦理。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Advanced Research Planning on the Industrial Promotion of Unmanned Aerial Vehicles Technology Development in Taiwan			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-531-393-7(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011100325	IOT SERIAL NUMBER 110-027-5501	PROJECT NUMBER 109-IDB014
DIVISION: Information System Division DIVISION DIRECTOR: Tung-Ling Wu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tung-Ling Wu PROJECT STAFF: Wei-Yao Wang, Yu-Che Huang PHONE: 886-2-2349-6883 FAX: 886-2-2545-0426			PROJECT PERIOD FROM July 2020 TO October 2021
RESEARCH AGENCY: THI Consultants Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tsung-Yi Lee PROJECT STAFF: Tsung-Yi Lee, Ping-Hung Chi, Tsung-Lun Hsu ADDRESS: 5F., No. 130, Songshan Rd., Xinyi Dist., Taipei City PHONE: 886-2-27488822			
KEY WORDS: Unmanned Aircraft Systems (UAS), Intelligent Transportation System (ITS)			
ABSTRACT: The development of unmanned aircraft systems application services has become a global trend. They have great application potential in the field of transportation due to their high mobility and flexible deployment features. The mobility, accessibility, and safety of the transportation system can also be effectively enhanced. In this study, through the research and development of domestic and foreign drone technologies, industrial trends, and policy related data collection and interviews, the strategies for Taiwan's unmanned aircraft systems development in the field of transportation were formulated. The focused results include: collecting domestic and foreign drone development trends and application statuses, checking Taiwan's key industrial technology capabilities and momentum gap in the field of drone technology. In addition, according to international development trends and Taiwan's current industrial condition, the "Taiwan Unmanned Aircraft Systems Development Strategies in the Field of Transportation and Pathway Diagram 2.0 Version" has been revised. Two 2025 milestones for Taiwan's unmanned aircraft systems in the field of transportation have also been proposed, while Taiwan's U-Team planning has been organized to progressively promote the aforementioned strategic objectives.			
DATE OF PUBLICATION March 2022	NUMBER OF PAGES 308	PRICE 400	
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications. 2. The budget of this research project is contributed by China Aviation Development Foundation.			

目 錄

第一章 緒論	1-1
1.1 研究背景與目的	1-1
1.2 研究範圍與對象	1-1
1.3 研究內容與工作項目	1-2
1.4 計畫流程	1-4
1.5 重要會議與訪談事記	1-4
1.6 研究成果摘要.....	1-8
第二章 國內外無人機應用概況與發展趨勢	2-1
2.1 技術發展概況	2-1
2.1.1 基礎技術	2-1
2.1.2 常見應用技術	2-8
2.2 產業發展現況與趨勢.....	2-12
2.2.1 國內外應用現況與趨勢.....	2-12
2.2.2 國外無人機市場產值預估.....	2-34
2.3 政策與法規現況及推動方向.....	2-37
2.3.1 國外無人機產業規劃與推動.....	2-37
2.3.2 國外無人機空域管理 UTM	2-48
2.3.3 國外無人機管理組織及法規.....	2-53
2.3.4 國內無人機政策與法規.....	2-60
2.4 小結	2-70
第三章 我國無人機關鍵技術分析與產業能量盤點	3-1
3.1 國內產業能量盤點.....	3-1
3.1.1 無人機開發流程分析.....	3-1
3.1.2 國內無人機廠商能量盤點.....	3-8
3.2 關鍵技術研發能力分析.....	3-14
3.3 產業能量缺口分析.....	3-31
第四章 交通領域策略與措施檢討修訂	4-1
4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討	4-1
4.2 推動策略與措施修訂	4-8

4.2.1 交通科技產業政策白皮書推動策略檢討	4-8
4.2.2 我國無人機交通領域發展策略修訂	4-9
4.2.3 中央與地方合作機制	4-16
4.3 市場規模與產值推估.....	4-17
4.4 無人機科技產業聯盟(U-TEAM)研議籌組.....	4-27
4.5 教育訓練及成果推廣活動辦理.....	4-32
第五章 結論與建議	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-2
參考文獻	
附件 1：期中審查意見回覆辦理情形	
附件 2：期末審查意見回覆辦理情形	
附件 3：訪談紀錄	
附件 4：座談會紀錄	
附件 5：英文頭字語縮寫摘要彙整	
附件 6：期末審查簡報	

表 目 錄

表 1.6-1 研究成果摘要	1-8
表 2.1-1 機型優缺點比較及常見應用領域	2-3
表 2.2-1 載人無人機製造商(依據研發程度編排)	2-28
表 2.3-1 美國 FAA 無人機相關規範	2-54
表 2.3-2 歐洲 EASA 無人機相關規範	2-57
表 2.3-3 日本國土交通省無人機相關規範	2-58
表 2.3-4 臺灣無人機專章相關規範	2-68
表 2.3-4 臺灣無人機專章相關規範(續 1)	2-69
表 2.3-5 不同重量遙控無人機之管理內容	2-69
表 3.1-1 無人機各領域技術開發項目整理	3-2
表 3.2-1 物流運送與載人 UAM 關鍵技術零組件的發展趨勢與國內發展狀況 ..	3-15
表 3.2-2 鋰電池與燃料電池發展 UAM 的比較	3-26
表 3.3-1 行政院各部會執行之無人機相關業務或計畫	3-31
表 3.3-2 臺灣術科考場列表	3-36
表 4.1-1 臺灣無人機產業發展現況與課題及建議發展方向	4-1
表 4.2-1 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖檢討	4-8
表 4.2-1 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖檢討(續 1)	4-9
表 4.3-1 國內車行橋梁數量統計表	4-18
表 4.3-2 臺灣無人機物流運送試驗計畫	4-20
表 4.3-3 國內交通領域應用總產值	4-22
表 4.5-1 「領航奇機 交通部無人機推動成果發表會」與會嘉賓	4-35
表 4.5-2 「領航奇機 交通部無人機推動成果發表會」議程	4-37
表 4.5-3 成果行銷推廣活動辦理彙整表	4-39

圖 目 錄

圖 1.4-1 研究流程圖	1-4
圖 1.5-1 重要會議與訪談時程圖	1-7
圖 2.1-1 旋翼型無人機	2-2

圖 2.1-2 固定翼型無人機	2-2
圖 2.1-3 混合翼型無人機	2-3
圖 2.1-4 各能源之能量密度圖	2-4
圖 2.1-5 氫燃料電池無人機	2-5
圖 2.1-6 太陽能無人機	2-6
圖 2.1-7 美國軍事無人機通訊及控制手法示意圖.....	2-7
圖 2.1-8 無人機控制系統	2-8
圖 2.1-9 無人機搭載光學攝影機.....	2-9
圖 2.1-10 光達繪製電纜設施	2-9
圖 2.1-11 熱像儀進行救援與巡檢	2-10
圖 2.1-12 第一人稱視角系統	2-10
圖 2.1-13 感測與迴避功能示意	2-11
圖 2.1-14 Uber 電動垂直起降願景.....	2-11
圖 2.2-1 全球無人機應用各領域占比	2-12
圖 2.2-2 無人機使用方式占比	2-13
圖 2.2-3 風機及太陽能板巡檢	2-14
圖 2.2-4 無人機風機巡檢與傳統巡檢的花費比較	2-14
圖 2.2-5 TRA 利用無人機拍攝印尼地震受災空照圖.....	2-15
圖 2.2-6 無人機事故測繪重建	2-16
圖 2.2-7 無人機系統偵測人體動作及生理數據	2-17
圖 2.2-10 無人機拍攝農作物與常態化差異植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 分析	2-19
圖 2.2-11 無人機精準農噴隨樹冠高度起伏	2-19
圖 2.2-12 無人機反制市場預測 (2019).....	2-20
圖 2.2-13 無人機反制方式	2-20
圖 2.2-14 提供無人機物流服務之廠商 (2019).....	2-22
圖 2.2-15 Zipline 的空投運送方式.....	2-23
圖 2.2-16 無人機搭載熱像儀進行人員搜救	2-24
圖 2.2-17 無人機營運生態系統	2-25
圖 2.2-18 空中大眾運輸 2030 年起降點示意圖	2-26
圖 2.2-19 UAM 產業發展鏈.....	2-26
圖 2.2-21 測繪用定翼機及多旋翼機	2-32

圖 2.2-22 黑客松橋檢檢測區域示意；整合示範計畫橋檢畫面	2-32
圖 2.2-23 偏鄉無人機物流測試計畫；整合示範計畫離島物資運送	2-33
圖 2.2-24 直升機型農業植保機	2-33
圖 2.2-25 PwC 無人機應用領域產值推估	2-34
圖 2.2-26 PwC 預估之無人機應用領域市值占比	2-35
圖 2.2-27 全球無人機產值預估	2-35
圖 2.2-28 世界六大洲無人機市值預估	2-36
圖 2.2-29 全球無人機廠商對於新冠肺炎長期影響看法	2-37
圖 2.3-1 美國 UAS 測試場域之地點	2-38
圖 2.3-2 美國測試場域協助執行各項測試計畫	2-39
圖 2.3-3 美國 FAA 於各州發展 UTM 相關整合示範計畫	2-40
圖 2.3-4 斯圖加特大學為 Volocopter 於城市飛行進行模擬	2-41
圖 2.3-5 日本空中產業革命發展規劃 2019（總體策略與物流領域）	2-42
圖 2.3-6 日本國土交通省 2018 年無人機物流實證計畫	2-43
圖 2.3-7 福島機器人測試場簡介圖	2-43
圖 2.3-8 JUAV 組織架構圖	2-44
圖 2.3-9 UAM Team Korea	2-45
圖 2.3-10 韓國購買億航 216 於首爾、大邱、濟州進行應用測試	2-45
圖 2.3-11 無人機油汙洩漏巡檢(左)；無人機物流快遞(右)	2-47
圖 2.3-12 Volocopter 無人機飛行於新加坡灣	2-47
圖 2.3-13 FAA 對於未來遠端識別之規範	2-49
圖 2.3-14 歐盟 U-Space 發展藍圖	2-50
圖 2.3-15 日本空中產業革命擷取	2-50
圖 2.3-16 韓國 KIAST 規劃 UTM 概念圖	2-51
圖 2.3-17 新加坡 UTM 計畫 OneSky 建置之管理介面	2-52
圖 2.3-18 丹麥無人機國際測試場	2-52
圖 2.3-19 以色列 UTM 示範計畫	2-53
圖 2.3-20 FAA 規定之小型無人機範圍	2-56
圖 2.3-21 日本飛行空域示意圖	2-60
圖 2.3-22 日本飛行空域查詢系統	2-60
圖 2.3-23 DIGI+方案 7 個主軸行動計畫	2-61
圖 2.3-24 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖	2-63

圖 2.3-25 亞洲新灣區及無人機表演	2-65
圖 2.3-26 無人機使用場域與其管理單位	2-66
圖 2.3-27 無人機活動區域範圍查詢系統	2-67
圖 2.3-28 無人機違規相關罰則	2-70
圖 3.1-1 無人機產品開發流程	3-1
圖 3.1-2 無人機地面控制站軟體介面	3-6
圖 3.1-3 無人機檢驗規定	3-7
圖 3.1-4 臺灣無人機相關廠商能量盤點	3-8
圖 3.1-5 工研院無人機相關技術開發案例	3-10
圖 3.1-6 天空飛行科技生產 200 公斤級無人機	3-11
圖 3.1-7 無人機機體複材分布	3-12
圖 3.2-1 無人機應用核心開發技術發展藍圖	3-16
圖 3.2-2 RTK-GNSS 定位技術	3-17
圖 3.2-3 搭配球殼的多旋翼無人機	3-18
圖 3.2-4 利用 LiDAR-SLAM 結合無人機進行掃描	3-19
圖 3.2-5 AI 辨識監視器中大量物件	3-21
圖 3.2-6 Carrier H4 Hybrid 無人機	3-22
圖 3.2-7 Bell Nexus	3-22
圖 3.2-8 Bell Nexus 所搭配的油電混合系統	3-23
圖 3.2-9 燃料電池發展現況與達到 UAM 需求的技術門檻	3-25
圖 3.2-10 Honeywell Aerospace HTS900 引擎	3-27
圖 3.2-11 智飛科技 SD02-A 飛控電腦	3-29
圖 3.2-12 田屋科技整體飛控系統基本架構	3-29
圖 3.3-1 亞太區無人機主要市場占比	3-33
圖 3.3-2 無人機零組件對應國內代表廠商	3-35
圖 4.1-1 無人機應用發展與利基檢討分析流程	4-2
圖 4.2-2 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖修訂	4-11
圖 4.3-1 橋梁構件說明	4-18
圖 4.3-2 臺灣本島港口至離島距離與離島物流市場規模	4-21
圖 4.3-3 臺北市到桃園機場服務情境	4-24
圖 4.3-4 高鐵站至周邊地區接駁情境	4-25
圖 4.3-5 離島運輸 - 東港到小琉球	4-25

圖 4.3-6 以國內經驗可服務國外 UAM 的範圍	4-26
圖 4.4-1 借鏡相關聯盟運作特性	4-28
圖 4.4-2 無人機未來發展模式	4-29
圖 4.4-3 U-TEAM 功能與內涵.....	4-29
圖 4.4-1 無人機科技產業聯盟(U-TEAM)籌組初步構想	4-30
圖 4.5-1 學科課程	4-33
圖 4.5-2 術科課程	4-33
圖 4.5-3 卓越領航 乘風起飛記者會大合照	4-34
圖 4.5-4 時任交通部王國材政務次長參訪無人機攤位	4-35
圖 4.5-6 成果發表會參與狀況	4-38
圖 4.5-7 交通部部長與運輸研究所所長揭曉媒合成果	4-38
圖 4.5-8 攤位展覽與交流	4-39
圖 5.2-1 我國無人機在交通領域應用-2025 年里程碑	5-2

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

交通運輸服務涵蓋陸海空、科技含金量高、牽動產業生態系龐雜，為了能系統性理出產業發展政策與行動方案，交通部成立交通科技產業會報，設置 12 個產業小組，其中各界高度期待「無人機科技產業小組」未來在我國交通運輸領域中導入無人機應用，以帶動無人機相關產業之發展與串聯。

「無人機科技產業小組」在歷經民國 108 年 9 月 11 日全國性論壇討論，2 次諮詢委員會議，並在民國 108 年 12 月 3 日全國交通科技產業大會的討論後，已初步擬定整體計畫發展策略與推動措施；為能延續並深化前述發展策略與推動措施，本研究持續蒐集各先進國家無人機在交通領域之應用發展趨勢、盤點我國無人機產業能量、研擬我國無人機在交通領域之推動策略並研議籌組無人機科技產業聯盟(U-Team)。

本研究整體計畫成果可做為「無人機科技產業小組」後續推動作業之參考，並引領國內相關產業之發展方向。

1.2 研究範圍與對象

一、研究範圍

本研究範圍為探討國內外無人機技術發展、產業發展狀況及政府推動規劃等面向，並參考國外發展趨勢與經驗，規劃國內無人機科技在交通領域之推廣策略並籌組無人機科技產業聯盟(U-Team)。

二、研究對象

本研究對象之屬性包含無人飛行載具製造商、關鍵零組件廠商、應用端業者及國內政府單位等類別。

1.3 研究內容與工作項目

本研究屬跨年度計畫，相關工項如下：

一、民國 109 年工項

1. 分析國外無人機相關應用與技術之概況並探討發展趨勢

蒐集與綜整各先進國家無人機在交通領域之應用發展及關鍵技術概況，並探討未來應用及關鍵技術之發展趨勢。

2. 調查我國無人機之應用概況

蒐集與綜整我國無人機之應用現況(包含相關管理措施或法規等層面)與能量缺口(包含如供需缺口、法規與管理缺口、人才培育缺口等)。

3. 盤點我國無人機相關產業能量

依據工作項目 1、2 之調查分析結果，盤點我國無人機關鍵技術研發能力與相關產業能量。

4 檢討修訂無人機在交通領域之推動策略及措施

(1) 以前述國內外之無人機應用概況蒐整及國際發展趨勢為基礎，探討並分析我國無人機發展方向。

(2) 依據前述國際發展趨勢、我國應用概況與產業盤點結果、交通部交通科技產業政策白皮書等透過專家學者訪談與論壇會議，確認我國無人機科技產業發展利基。並檢討修訂我國無人機在交通領域之發展策略、中央與地方合作機制，協助研提後續推動計畫。

(3) 依據前述發展利基分析及發展策略，推估我國無人機相關市場之規模或產值。

二、民國 110 年工項

1. 持續檢討修訂無人機在交通領域之推動策略及措施

- (1) 以前述國內外之無人機應用概況蒐整及國際發展趨勢為基礎，滾動檢討並分析我國無人機發展方向。
- (2) 依據前述國際發展趨勢、我國應用概況與產業盤點結果、交通部交通科技產業政策白皮書等，透過專家學者訪談與論壇會議，確認我國無人機科技產業發展利基。並持續檢討修訂我國無人機在交通領域之發展策略、中央與地方合作機制，協助研提後續推動計畫。
- (3) 依據前述發展利基分析及發展策略，滾動推估我國無人機相關市場之規模或產值。

2. 研議籌組我國無人機科技產業聯盟(U-Team)

以上述盤點之我國無人機相關產業能量及無人機在交通領域之推動策略為基礎，研議籌組我國無人機科技產業聯盟並研擬跨部會分工機制。

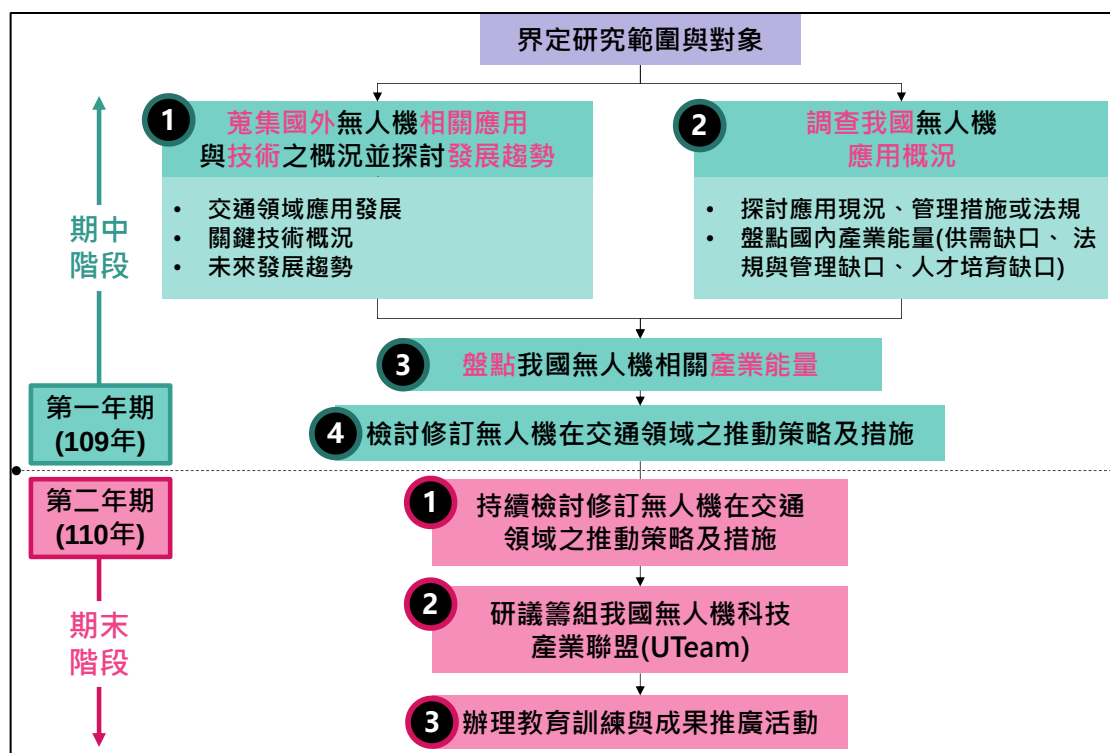
3. 辦理教育訓練與成果推廣活動

- (1) 針對交通部及其監管業者對於無人機管理與應用需求，規劃並辦理相關教育訓練課程。
- (2) 針對計畫重要成果，製作可供展示之海報或影片電子檔。
- (3) 將本期研究成果投稿至少 1 篇至國內外期刊、學術研討會或本所運輸計劃季刊，且本所參與人員須為共同作者。
- (4) 辦理成果行銷推廣活動

辦理至少 3 場成果推廣活動可以各式形式辦理，如座談會、記者會、推廣應用說明會、成果發表會、經驗移轉說明會、論壇或研討會…等。提供相關行政支援與技術服務經驗諮詢如配合本所召開記者會、辦理論壇等。

1.4 計畫流程

本研究流程如圖 1.4-1 所示。



資料來源：本研究繪製。

圖 1.4-1 研究流程圖

1.5 重要會議與訪談事記

本研究共計完成 60 場重要會議，其中座談會 6 場、記者會辦理 1 場、成果發表會 1 場、工作會議共辦理 9 場，其餘訪談或相關會議共 43 場(圖 1.5-1)。上述會議相關內容如下所述。

一、訪談

本研究與產業、相關政府單位、學術單位、法人單位等訪談共計 30 場，訪談對象如下所述。詳細訪談內容請見附件二。

1. 產業：漢翔航空、經緯航太、天空飛行科技、中光電智能機器人、泰世科技、田屋科技、智飛科技、能元科技、台灣希望創新、璿元科技、台灣無人機協會、Drone Industry Insights、Japan UAS Industrial Development Association (JUIDA)。
2. 政府單位：經濟部技術處、經濟部航太產業發展推動小組、交通部民航局、南科管理局。

3. 學術單位：臺灣大學、成功大學、交通大學、淡江大學、長榮大學、虎尾科技大學。
4. 法人單位：國家中山科學研究院、資訊工業策進會、工業技術研究院、金屬工業研究發展中心、中華經濟研究院、台灣經濟研究院。

二、座談會

本研究辦理座談會共 6 場，討論主題包括我國產業發展方向、技術發展、無人機交通管理、跨部會分工、城市空中交通等。詳細座談會內容請見附件三。

1. 民國 109 年 7 月 24 日辦理第一次專家座談會，邀請台灣車聯網產業協會吳盟分總顧問、經濟部技術處無人載具科技創新實驗計畫辦公室雷震台主任、國家中山科學研究院陳俊宏組長、經緯航太科技股份有限公司一同參與，探討國內無人機現況課題與未來發展方向。
2. 民國 109 年 8 月 14 日於中山科學研究院(中科院)台中院區辦理第二次專家座談會，邀請中科院、台北市電腦商業同業公會、台灣經濟研究院等單位，分別討論各單位目前投入無人機的相關方向，並且探討我國可投入的領域與零組件能量等課題。
3. 民國 109 年 12 月 22 日辦理技術座談會，邀請臺灣大學、中科院、工業技術研究院等單位探討產業現況、測試場域與空域管理、關鍵技術發展現況與未來規劃以及我國發展 UAM 的機會等課題。
4. 民國 110 年 1 月 21 日辦理 UTM 座談會，邀請臺灣希望創新、景翊科技、交通部民航局、中科院等單位探討美國 AirMap 軟體系統、台灣目前發展的 UTM 系統以及未來可測試的方向等課題。
5. 民國 110 年 2 月 5 日辦理跨部會分工座談會，邀請成功大學、行政院科技會報辦公室、經濟部技術處、教育部資科司、中科院、台灣經濟研究院等單位，分別介紹各單位執行無人機相關工作內容，以及未來分工作業等課題。
6. 民國 110 年 5 月 4 日辦理我國發展城市空中交通(UAM)座談會，邀請成功大學、台灣車聯網產業協會、經濟部技術處、金屬工業研究發展中心、工研院材化所、中科院、漢翔航空工業等單位，探討我國發展 UAM 的優勢、課題、方向與情境等課題。

三、U-Team 籌組會議

因本研究研議籌組我國無人機科技產業聯盟(U-Team)，因此自民國 110 年 1 月起開始與業務單位展開先期討論，並在 2 月召開 U-Team 籌組小組啟動會議。民國 110 年 3、4 月共辦理 3 次相關工作會議，以及 2 場 U-Team 籌組共識會議，邀請無人機廠商以及相關學術與法人單位探討目前廠商遇到的課題、U-Team 籌組目標、策略與誘因等課題。

四、交通科技產業會報無人機科技產業小組諮詢委員會議

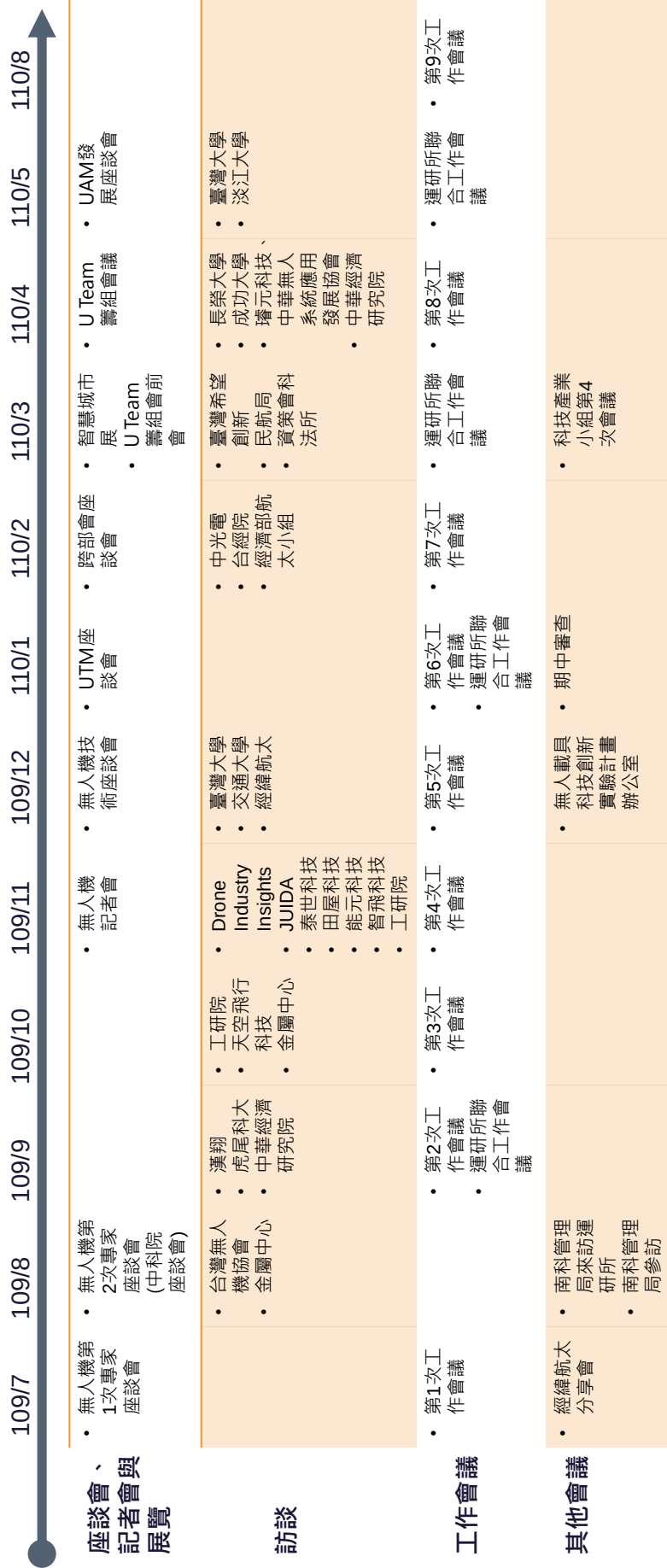
本研究於民國 110 年 3 月 31 日協助辦理於中科院舉行的交通科技產業會報無人機科技產業小組第四次諮詢委員會議，探討無人機測試場域、產業發展路徑圖與 U-Team 籌組等課題。

五、記者會、智慧城市展與成果發表會

1. 於民國 109 年 11 月 17 日協助辦理無人機「卓越領航 乘風起飛記者會」，邀請交通部長與產官學研相關單位共同宣示我國無人機產業與籌組 U-Team 的啟動。
2. 民國 110 年 3 月 23 至 26 日參加於臺北南港展覽館舉辦的「2021 智慧城市展」，展示本研究階段性成果。
3. 民國 110 年 10 月 7 日協助辦理「領航奇機 成果發表會」，展示本研究階段性成果。

六、工作會議

本研究從民國 109 年 7 月至 110 年 8 月，與業務單位召開共 9 場工作會議以及 4 場聯合工作會議。



資料來源：本研究繪製。

圖 1.5-1 重要會議與訪談時程圖

1.6 研究成果摘要

本研究的工作項目與報告成果及相關活動辦理成果如下表 1.6-1。

表 1.6-1 研究成果摘要

編號	工作項目	研究與辦理成果
1	分析國外無人機相關應用與技術之概況並探討發展趨勢	第二章分別探討國內外無人機應用概況與應用趨勢，以及各國發展策略、組織及相關管理辦法。
2	調查我國無人機之應用概況	
3	盤點我國無人機相關產業能量	第三章探討我國無人機產業能量與關鍵技術研發現況，並第四章彙整訪談與座談會結果整理國內發展課題與利基。
4	檢討修訂無人機在交通領域之推動策略及措施	第四章進行無人機在交通領域之推動策略檢討並提出修訂策略與措施，並研擬跨部會分工機制。
5	研議籌組我國無人機科技產業聯盟(U-Team)	第四章以修訂策略為基準研議籌組 U-Team，提出構想。
6	辦理教育訓練與成果推廣活動	(1) 於民國 110 年 5 月並辦理無人機操作證教育訓練課程：5 月 6 日學科課程；5 月 11 日、8 月 20 日、8 月 24 日術科課程。 (2) 於 110 年 3 月智慧城市展中展示本研究階段成果。 (3) 辦理共 6 場座談會與 1 場記者會。 (4) 辦理 1 場成果發表會

第二章 國內外無人機應用概況與發展趨勢

美國於 2005 年正式採用無人駕駛航空器系統(Unmanned Aircraft System, UAS)的稱呼，UAS 基本上包含無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)、地面控制、與連結前兩者之間之通訊系統三項設備。其中 UAV 簡稱無人機，廣義定義為無乘載駕駛員，需透過遙控或自動駕駛控制，並利用空氣動力飛行之機具；在功能上可擴充、飛機可回收再使用，並可載運致命或非致命物品。無人機產業之所以在近十年間突飛猛進，關鍵在手機相關技術的不斷精進，強調微型化的控制元件移植使得無人機成為新興產業。

無人機的機型選定、重量、續航力對於可執行的任務影響甚鉅，因此使得無人機產業成為以應用服務導向發展的產業；同一機型無人機通常針對單一領域甚至針對單一功能提供服務。因此，於第二節將針對無人機技術與應用深入探討，了解其限制及未來突破方向。

2.1 技術發展概況

歷史上之無人機最初以軍事發展為主，在 1839 年奧地利軍人利用無人氣球裝載爆裂物質攻打威尼斯，20 世紀初被設計為靶機供戰艦射擊練習用。隨著科技進步，無人機應用與時俱進，在現代除在軍事上可以執行偵搜及轟炸等任務，民間商用無人機的應用發展也相當多元迅速。

近年來，無人機的生產及研發成本及技術門檻漸漸降低，商業上的應用如雨後春筍般出現。在能源、農業、公共行政、專業科學和技術服務、運輸與倉儲……等產業領域，都可見無人機的創新提案與應用。

2.1.1 基礎技術

無人機基礎技術包含以下機型、能源、命令與控制。

一、機型種類

無人機在機型設計上乍看琳琅滿目，但基本上依循著傳統飛機及直升機的原理飛行。隨著機體的材質不斷強化、無人機重量逐年降低、抗風設計加強及防摔機制設置，無人機漸漸成為可靠的工具。依據無人機機型設計主要分為旋翼型、固定翼型及混合翼三種。

1. 旋翼型

旋翼型無人機又分單軸旋翼型及多軸旋翼型，兩種皆係利用扇葉的旋轉提供機體上升、轉向及前進的動力。

(1) 單軸旋翼型

單軸旋翼型在臺灣民航局「遙控無人機管理規則」第三條分類稱作「無人直升機」(圖 2.1-1)，其飛行原理同直升機，需要有尾旋翼協助穩定及方向控制。

(2) 多軸旋翼型

多軸旋翼型在臺灣民航局分類稱作「無人多旋翼機」(圖 2.1-1)，飛行靠多個旋翼提供抬升力道並運用不同轉速來進行方向控制。多軸旋翼型一般能源消耗較單軸旋翼型高，然而其具備飛行穩定及低噪音之特性，兩者依據其優缺點進行不同任務。



單軸旋翼型



多軸旋翼型

資料來源：本研究彙整。

圖 2.1-1 旋翼型無人機

2. 固定翼型

固定翼型在臺灣民航局分類稱作「無人飛機」(圖 2.1-2)。此型由於動力可靠穩定速度產生空氣抬升力道輔助，通常不需配備過於笨重的動力馬達，因此減輕重量、延長滯空時間。但也由於其原理，通常需要跑道或彈射架進行起飛及降落，操作技術門檻也較高。



資料來源：本研究彙整。

圖 2.1-2 固定翼型無人機

3. 混合翼型

混合翼型顧名思義包含了固定翼型及旋翼型之設計，設計在起飛及降落

時運用旋翼轉動動力進行垂直起降，中間飛行過程則由固定翼及旋翼共同推動飛行(圖 2.1-3)。此機型之優點結合定翼型之高航時及旋翼型之垂直起降，擴展無人機之應用範疇。



資料來源：Drones Player。

圖 2.1-3 混合翼型無人機

4. 機型比較

四種機型依據其優缺點及常見應用領域分類，整理如表 2.1-1。

表 2.1-1 機型優缺點比較及常見應用領域

機型	優點	缺點	應用領域
單軸旋翼	- 可懸停 - 旋翼自旋機制	- 可動機構多 - 大扇葉危險高 - 噪音大	- 農業噴灑 - 監控
多軸旋翼	- 可懸停 - 維護需求低 - 飛行穩定	- 多數無冗餘設計（一般大於 6 軸才配備） - 短滯空	- 拍攝影片 - 監測 3D 製圖
固定翼	長滯空/大範圍	- 無法懸停 - 需要空間起飛降落 - 普通抗風性	- 製圖 - 農業 - 軍事 - 監控
混合翼	- 可懸停 - 維護需求低 - 冗餘	- 複雜轉換機制 - 再起飛及轉換動力時易受風影響	- 製圖 - 物流

資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

二、能源形式

推動無人機之能源形式目前主要包含燃油及電池，複合能源及燃料電池也持續發展中。各能源之能量密度分布如圖 2.1-4 所示，氫燃料接近燃油的表現，電池卻還相差有 20~30 倍左右。



註：橫軸為能量重量比；縱軸為能量容積比。

資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

圖 2.1-4 各能源之能量密度圖

1. 燃油

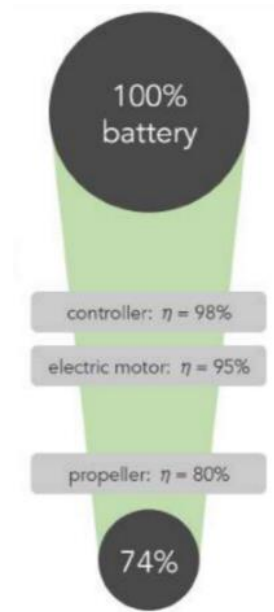
傳統的遙控飛機由於電池技術較不發達，且設備昂貴，多數遙控飛機裝載燃油引擎，其所製造之外部成本包含高噪音、高空污為人詬病。儘管現今推行綠能，無人機因任務需求仍保有燃油設計，其低成本及高能量密度特性為目前電力動力技術難以達到的。長航時、高耐用特性使得中大型定翼型無人機未來在非都市區域的應用在短期仍將以燃油型動力為主。中山科學研究院已成功開發出無人機轉子引擎系統，具備輕量、高動力特性，動力為傳統二行程引擎的兩倍，油耗表現卻更佳。然而未來趨勢為綠能，都市區域對於空氣品質、噪音敏感度較高，燃油型無人機較難於此發展。

2. 複合能源

油電複合動力(Hybrid)為較乾淨的能源替代方式，飛行滯空時間也較純電力長，且目前技術上成熟，然而攜帶兩種動力能源設計上較複雜、建置空間需求大、成本較高，小型無人機無法搭配、維護費用也較高。

3. 鋰電池

近年來隨著電池技術進步，鋰離子聚合物電池(Lithium polymer battery)被廣泛應用在手機、電動車上，體積減少但提供的電力卻更多，壽命也更長。在無人機應用上，由於穩定、技術門檻低、價格低、維修容易、低使用汙染、低噪音等特性，使電池在無人機發展上大受歡迎。然而由於電池能量重量比較低，目前 500 公克左右的消費型多軸旋翼機，滿電的飛行時間大約在 10 至 20 分鐘之間。100%的電池能量再經過控制器、馬達、螺旋槳的能量消耗後，依據 Drone Industry Insights 提供之資料，僅剩下約七成的能源能實際輸出。另外由於電池需進行重複性的快速充電，使得生命週期縮短，廢電池回收也是今日亟需解決的問題。



4. 燃料電池

目前燃料電池(fuel cell)在無人機領域的使用研發也漸漸成熟，多使用氫氣當作燃料，其能源密度介於電池及燃油之間。然而組件體積大、重量重、價格高昂、氫氣取得困難及安全問題，使得氫燃料電池較適合發展在商用級應用領域。氫燃料電池的另一個特性是在發電過程中僅會排放水及熱，汙染程度低，產品生命週期也相對較長，是近年來逐漸受矚目的替代能源，如圖 2.1-5 所示。



資料來源：本研究彙整。

圖 2.1-5 氫燃料電池無人機

5. 太陽能

太陽能當作無人機的能源供應在無人機的發展上也十分重要。受限於太陽能的能源轉換效率，無人機通常設計為大面積機翼、輕量化、高強度、低速等特色。然而由於直接吸收太陽能，不須額外攜帶能源，使得無人機能夠執行超長時間任務且在執行任務時不會製造額外汙染。這些特性使得太陽能無人機現階段的定位在執行高空長時(HALE, High-Altitude Long Endurance^[17]) 任務為主，任務型態以大範圍監測、通訊中介、偵查等。



資料來源：Airbus^[17]，<https://www.airbus.com/defence/uav/zephyr.html>。

圖 2.1-6 太陽能無人機

三、命令與控制

1. 命令

(1) 射頻調變(Modulation)

射頻調變是無人機命令控制的主要方式之一，其距離受限於發射器及接收器的電波強度。受各國規範限制，目前大多使用 2.4GHz 及 5.8GHz 的頻段，無人機受限於大約 1.5 公里的遙控範圍，最遠不超過 10 公里。

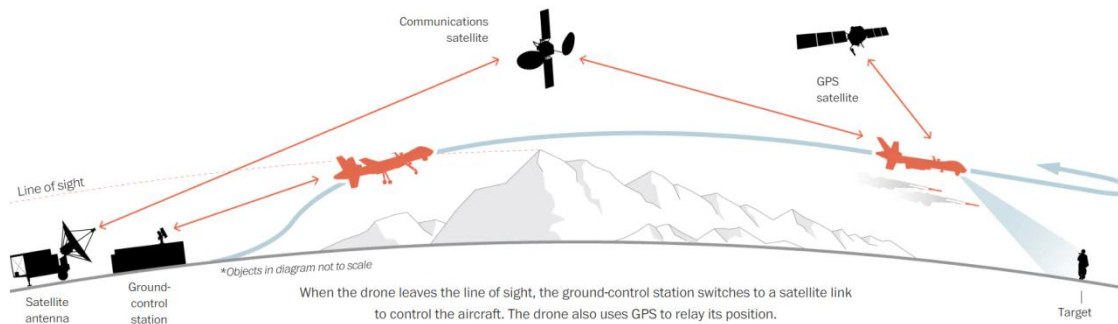
(2) 行動通訊技術

利用行動通訊技術(如 4G、5G)，無人機只要有在服務涵蓋範圍的區域都可以控制，突破傳統無線電波的距離限制。未來隨 5G 技術成熟，

無人機在控制及操作上會更迅速，不僅延誤降低、飛行速度對傳輸影響也會大大降低。

(3) 衛星通訊

透過衛星通訊執行命令控制，由於衛星訊號的特性，運用成本及機敏性高，資訊傳輸上也有較高延遲，通常搭配無線電波傳輸。目前在應用上較限縮於能夠控制大規模衛星之國家，且多運用於軍事，如圖 2.1-7 所示。

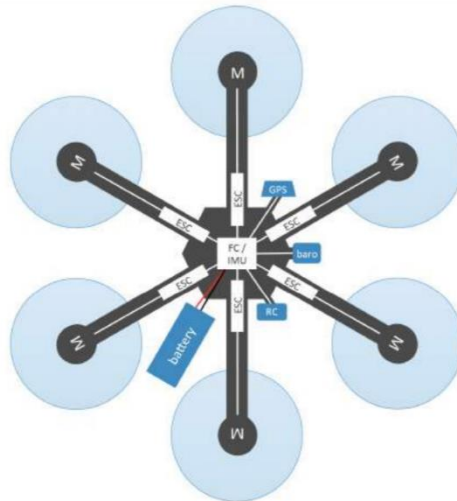


資料來源：The Washington Post^[31]，<https://www.washingtonpost.com/wp-srv/special/national/drone-crashes/how-drones-work/>。

圖 2.1-7 美國軍事無人機通訊及控制手法示意圖

2. 控制

現代的無人機跟傳統的遙控飛機很大的不同在於，無人機有裝設微電腦進行運算及調校，透過機載感測器(Sensor)使無人機順利運行。主要必備元件為飛控電腦(FC, Flight Controller)含慣性測量單元(IMU, Inertial Measurement Unit)，接收遠端控制(RC, Remote Control)指令、並藉由氣壓計及定位系統調整飛機，如圖 2.1-8 所示。其他感測器還包括維持平衡的陀螺儀(Gyroscope)、與陀螺儀一起作用判定機體位置與移動的加速規(Accelerometer)、判斷方位的磁力計(Magnetometer)、以及判斷與地面之間距離的測距儀(Rangefinder)，通常使用紅外線、雷達、可見光及超音波。



資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

圖 2.1-8 無人機控制系統

這些感測器的資訊經電腦運算後可以調控機體平衡、調整高度並自動巡航、返航等。失效安全(Failsafe)的防護措施也漸漸在無人機商品上出現，在失去控制時或電量低時能夠安全降落。多旋翼無人機在部分旋翼失靈時電腦的平衡及動力控制手段也讓無人機多了一層防護。

2.1.2 常見應用技術

相對於基礎技術，無人機可因應各種服務需求裝載搭配不同應用科技，使其功能更多元或更安全。其最主要搭配應用之科技領域主要可分為感測與控制方面之科技。其中感測科技包含攝影機、光學雷達與熱像儀等；控制方面的技術則包括超越視距飛行與垂直起降之科技等。

一、感測應用技術

1. 光學攝影機

目前大部分消費型無人機為攝影用，攝影機的技術進步及價格大幅降低，間接促成無人機的發展。高像素相機設備使一般人也能接觸航拍，毋需雇用機師、租賃飛機及負擔其他價格高昂設備。各家無人機廠商配備的攝影機規格及設計不同，現今較受歡迎的消費型無人機如大疆Mavic Air 2、Parrot Anafi，如圖 2.1-9 所示，都提供一千萬畫素以上鏡頭及電子影像穩定設備，可錄製 4K 影片。目前攝像無人機為降低機身重量及符合空氣力學，攝影機多為內嵌式，但亦有廠商推出能夠裝載專業攝影機的無人機，如圖 2.1-9 所示。



內嵌式攝像無人機



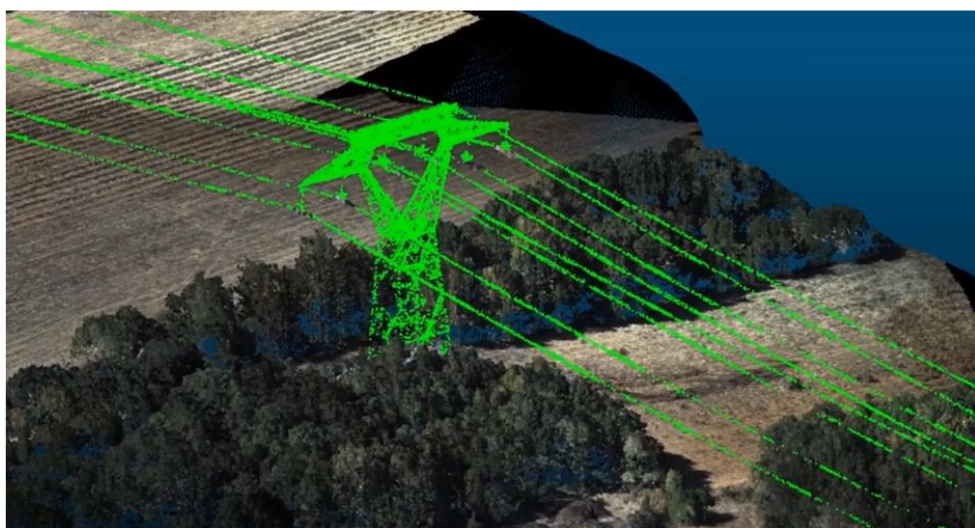
裝載式攝像無人機

資料來源：本研究彙整。

圖 2.1-9 無人機搭載光學攝影機

2. 光學雷達 (Light Detection and Ranging, LiDAR)

LiDAR 為一種光學遙感技術，透過脈衝雷射來測量目標的距離。高頻率的發送及接收資料，使得累積的距離資料能夠繪製成類似立體的圖像，如圖 2.1-10 所示。無人機在光達技術的運用很廣泛，包括林務管理、農業及景觀、地形調查、考古、礦業考察等。光達的技術門檻逐漸降低、取得成本下降，未來在應用上會更加廣泛。



資料來源：本研究彙整。

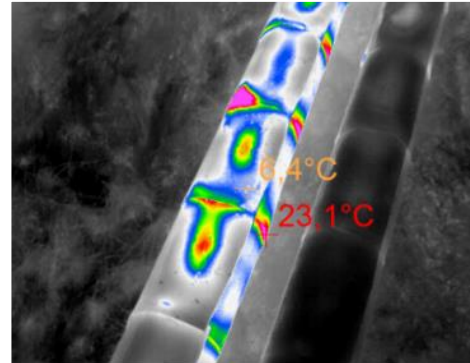
圖 2.1-10 光達繪製電纜設施

3. 熱像儀 (Thermographic Camera)

熱像儀係利用物體散發出的紅外線成像的設備，其原理分為光子探測及熱探測。利用熱像儀可以由無人機執行儀器檢測、軍事偵蒐、農林監控、公共安全等等的用途，如圖 2.1-11 所示。



熱像儀救援任務



熱像儀管線巡檢

資料來源：本研究彙整。

圖 2.1-11 熱像儀進行救援與巡檢

二、控制應用技術

1. 超越視距飛行(Beyond Visual Line of Sight, BVLOS)

現在大多數國家的無人機法令都規定無人機的飛行要在操控者之視距以內，主要因為安全上的考量。要能夠安全地執行超越視距飛行，無人機本身除需配備即時精準定位及通訊設備外，另外也需要裝載許多偵測儀器、設計控制方式及安全措施。目前控制方式可分為以下兩類：

(1) 第一人稱視角(First Person View, FPV)

第一人稱視角提供給操作者直覺的飛行體驗，透過無人機機身上的鏡頭及操作者的目鏡，能夠即時連結影像及資訊。但目前由於傳輸距離的限制及法令的規範，FPV 多運用在競速或其他娛樂目的上，如圖 2.1-12 所示。



大疆數位 FPV 系統



Parrot FPV 目鏡顯示

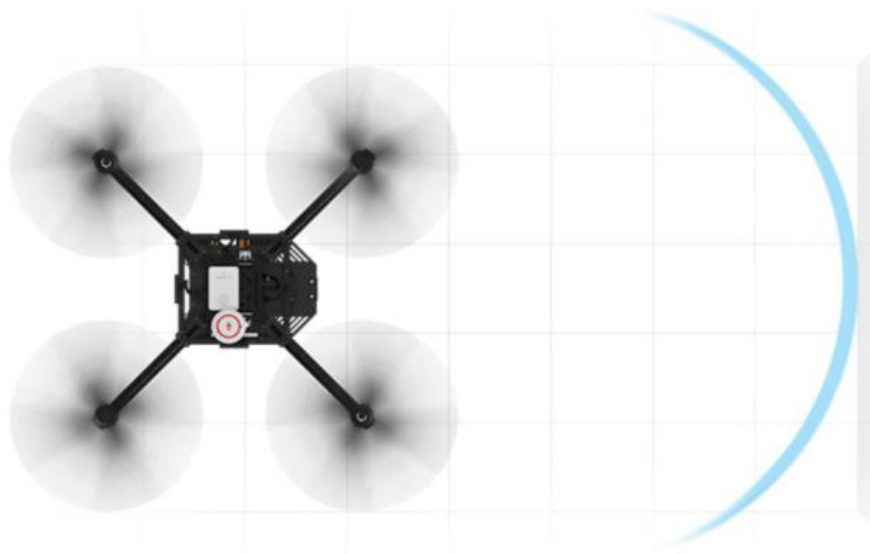
資料來源：本研究彙整。

圖 2.1-12 第一人稱視角系統

(2) 自動控制飛行(Autonomous)

透過機上的設備，提供無人機自動飛行條件。除了透過機載 GPS 及電腦控制外，地面控制站會透過長距離的通訊傳輸提供指令及控制。感測與迴避(Sense-and-Avoid, SAA)功能在自動控制飛行的安全上不可

或缺，運用的儀器舉例有聲納、光達、攝影機，如圖 2.1-13 所示。

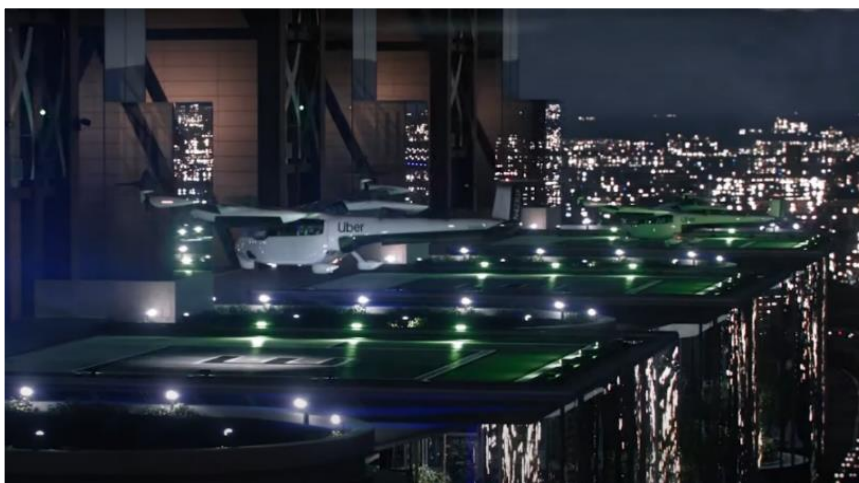


資料來源：大疆創新，<https://www.dji.com/tw/guidance>。

圖 2.1-13 感測與迴避功能示意

2. 電動垂直起降(electrical Vertical Takeoff and Landing, eVTOL)

eVTOL 為無人空中運輸發展上的一個標竿，它代表著安靜、乾淨、快速、便利的未來運輸方式。因此起降方式無跑道需求，使都市中多處大樓樓頂都可以設置機坪。但由於電池發展的限制，能量重量比低，要達到垂直起降及長滯空飛行時間在技術上非常困難，單純增加電池容量也非解決方案，因新增的重量也會影響運行時間。所以現階段在無人飛行載具的研發上，電池的效能及組合結構為最重要的考量點及研發項目，如圖 2.1-14 所示。



資料來源：Uber Elevate。

圖 2.1-14 Uber 電動垂直起降願景

2.2 產業發展現況與趨勢

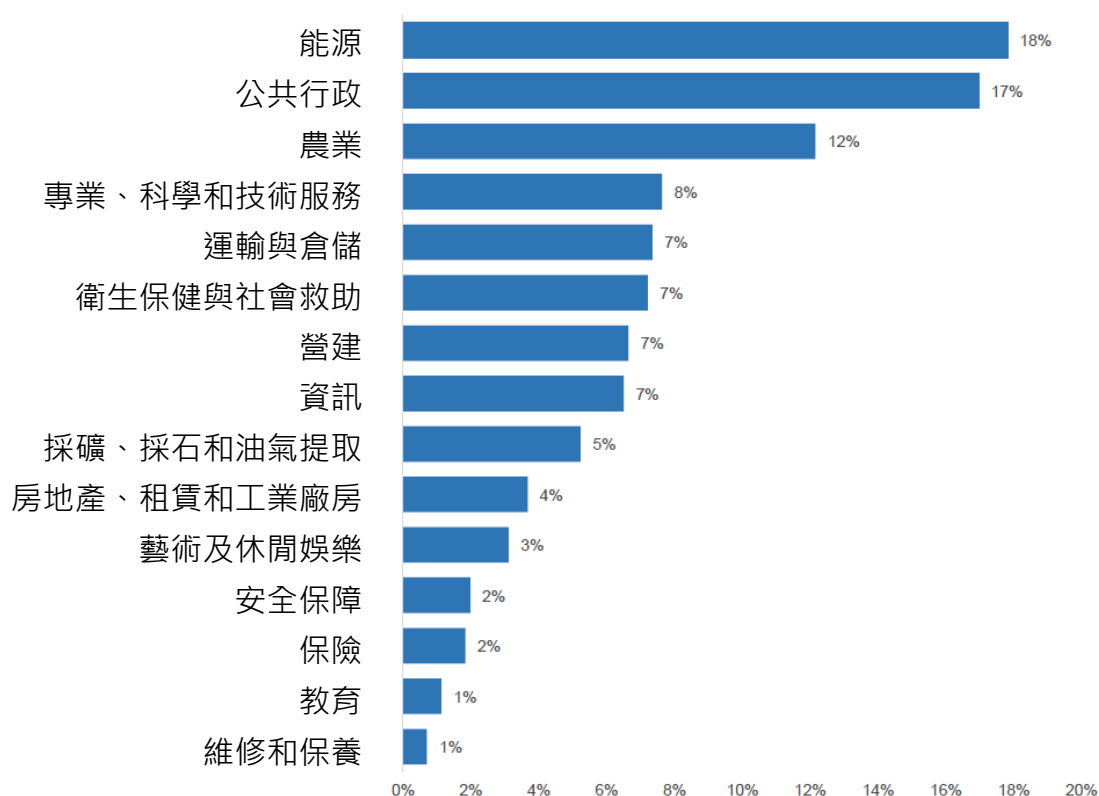
2.2.1 國內外應用現況與趨勢

無人機可與多種產業結合，隨著相關技術發展成熟，其產業應用範疇也越來越廣泛。無人機可分為三大領域：消費型無人機、商用型無人機及軍事型無人機，本小節針對最具產業未來性及多元性之商用型無人機進行國內外應用盤點。

一、無人機產業應用領域及用途

1. 無人機產業應用領域

目前商用無人機主要應用的產業領域依據無人機市調公司 Drone Industry Insights 於 2018 年蒐集世界 234 個使用案例包含以下 15 個領域：能源、公共行政、農業、專業、科學和技術服務、運輸與倉儲、衛生保健與社會救助、營建、資訊、採礦、採石和油氣提取、房地產、租賃和工業廠房、藝術及休閒娛樂、安全保障、保險、教育、維修和保養。其中能源(18%)、公共行政(17%)及農業(12%)領域為目前使用最多無人機的領域，如圖 2.2-1 所示。



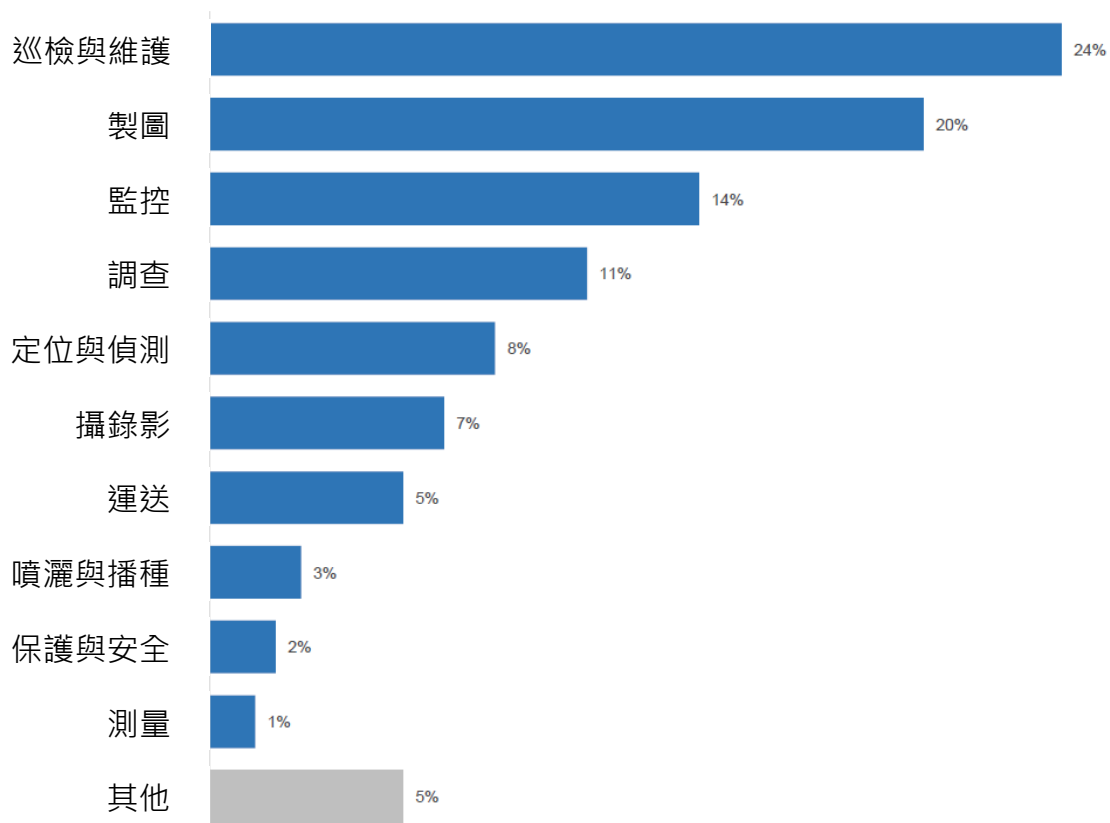
資料來源：Drone Industry Insights (2019)^[19]。

圖 2.2-1 全球無人機應用各領域占比

2. 無人機使用方式

依上述 234 個案例統計，可再將無人機拆解為主要 10 項使用方式：巡檢與維護、製圖、監測控、調查、定位與偵測、攝錄影、運送、噴灑與播種、保護與安全、測量，如圖 2.2-2 所示。依據 Drone Industry Insights 於 2018 年的統計，巡檢與維護為目前領先之使用方式，主要應用於能源產業領域；調查為逐漸興起之應用，主要應用場域為公共行政及營建業；運送應用主要包括運物及運人，預計在各國法令逐漸鬆綁後有突破性的成長；噴灑及播種未來在中國建立起標準化營運模式後，成長將非常快速，日本、俄羅斯、哥倫比亞等國家也在發展農業相關應用。

Use Cases by Application Method



資料來源：Drone Industry Insights (2019)^[19]。

圖 2.2-2 無人機使用方式占比

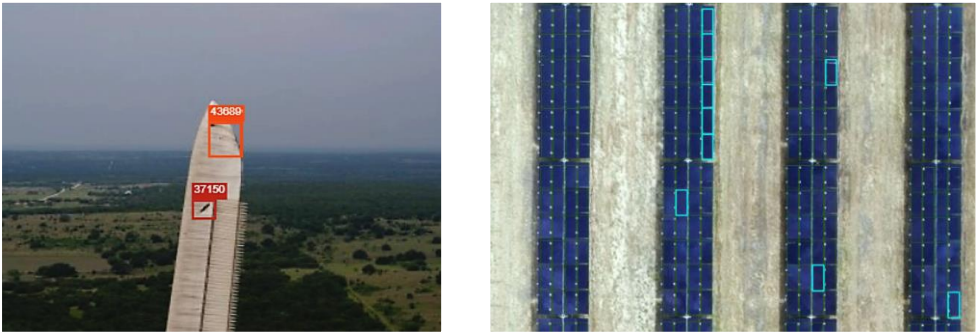
二、無人機各領域應用案例

藉由前述之無人機產業應用領域及使用方式之資料統計，此處以產業應用領域占比較高之領域進行說明，其中包含：能源、公共行政、農業、專業、科學和技術服務、運輸與倉儲、衛生保健與社會救助。另外，無人機於載

人應用特別是投入UAM，全球已經有相當多傳統航空業、汽車業及新創公司投入設計製造，迄今也有一些成品正在進行試飛及認證，未來勢必成為發展趨勢，本研究亦將此產業發展納入彙整。

1. 能源(Energy)：巡檢與維護

在能源領域，無人機用途主要為巡檢及維護。在全球積極發展綠能的趨勢下，風力發電的風機以及太陽能發電的太陽能板在全球各地大量建置。過去在維護及清潔作業上需要透過人工執行，十分耗費金錢及時間，同時巡檢人員也必須長時間於危險環境中進行工作。而無人機在維護上可以透過 AI 人工智慧判讀風機、太陽能面板或電力設施上是否需清潔或修整，如圖 2.2-3 所示，節省大量不必要的檢測時間及金錢，如圖 2.2-4 所示。



資料來源：<https://www.measure.com/the-case-for-drones-in-energy>。

圖 2.2-3 風機及太陽能板巡檢



資料來源：Drone Industry Insights^[20]。

圖 2.2-4 無人機風機巡檢與傳統巡檢的花費比較

2. 公共行政(Public Administration)：包羅萬象的應用

公共行政透過政府與民間鏈結，針對災害防治、社會救助、資料蒐集……等等民生、研究性質有漸漸多的無人機應用案例。

(1) 自然環境監測

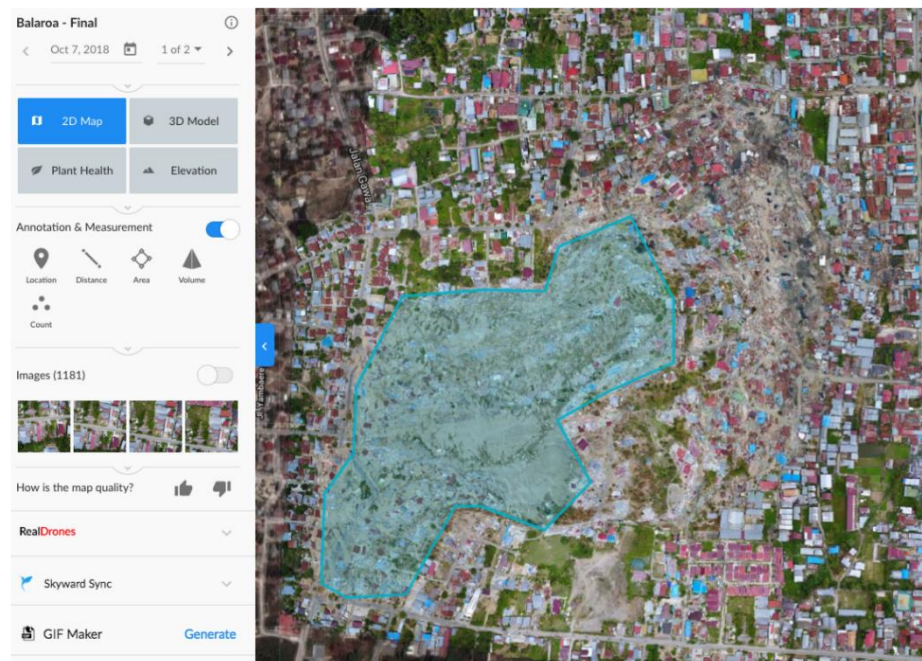
無人機用於環境監測包含長期環境變異資料的監測與災害發生後的調查，如山坡地監測、空氣品質監測、集水區崩塌、土石流、空氣汙染

等，並可協助政府稽查非法排汙等作業。例如，無人空拍機可拍攝林地並取得樹高和樹冠密度等森林測計資料，結合影像匹配技術建構出3D模型。臺灣過去因颱風災害頻繁，因此多次使用無人空拍機進行災前與災害崩塌地的資料蒐集，並進行復育與後續追蹤。

(2) 緊急救援與災後重建

在緊急救援方面，在以往的應急救援工作中，缺乏有效的地形數據作參考是現場應急指揮的課題之一，嚴重影響了災後救援效率。無人空拍機可搭載多模組鏡頭和 4G 無線通訊，迅速進入災區並及時回傳現場的影像資訊，提供救災單位行動的參考依據，並保障救災人員在惡劣環境下的安全。

印尼蘇拉威西島在 2018 年發生大地震並引發海嘯，澳洲救援研究 Team Rubicon Australia (TRA) 利用無人機協助災後資訊蒐集。面對範圍廣大且有時間急迫性的災害，損害評估、救援規劃與醫療照護等任務，在有無人機協助之下更有效率。利用無人機拍下高畫質空照圖顯示受損地區與建築，預估受災人口並協助救援決策，如圖 2.2-5 所示。更重要的是，救災人員可以藉此得到難以進入的地區資訊，評估搜救路徑，確保人身安全。



資料來源：Team Rubicon Australia (TRA)，<https://medium.com/aerial-acuity/drones-assess-the-aftermath-of-a-indonesias-destructive-earthquake-1e60611d0abd>。

圖 2.2-5 TRA 利用無人機拍攝印尼地震受災空照圖

(3) 交通安全

澳洲警察局透過無人機科技，大幅減少重大事故對交通的影響。發生交通事故時，警方需採取道路封閉或交通管制來調查現場，每年布里斯本交通事故造成的壅塞使政府損失高達 1,570 萬美元的生產力損失。使用無人機技術，2019 年實際測試結果顯示測繪現場所需的時間降低 50%，將車禍現場的測繪時間縮短，減少道路封閉時間，現場搜索證據的品質和準確性也明顯改進，如圖 2.2-6 所示。

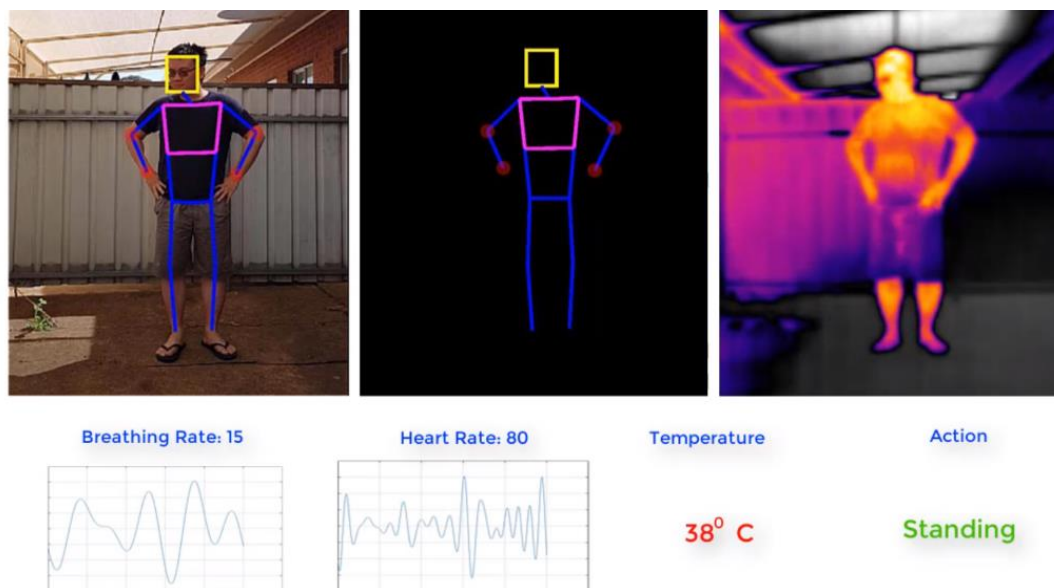


資料來源：本研究彙整。

圖 2.2-6 無人機事故測繪重建

(4) 新冠肺炎監測應用

在 2020 年初開始全球的新冠病毒大流行，也促使許多國家開始利用無人機進行相關防疫的監測。加拿大的無人機廠商 Draganfly 加載監測器可偵測溫度、心跳和呼吸頻率，以及檢測人群中是否有打噴嚏和咳嗽的人，如圖 2.2-7 所示。在中國、德國、法國等國家，也運用無人機偵測人群的密度，並搭配廣播，確保在疫情流行期間人與人之間的社交距離。



資料來源：Draganfly，<https://www.gpsworld.com/draganfly-conducts-pandemic-drone-tests-in-us/>。

圖 2.2-7 無人機系統偵測人體動作及生理數據

印度中南部泰倫加納省 (Telangana) 於民國 110 年 9 月 11 日啟動以無人機運送 COVID-19 (2019 冠狀病毒疾病) 疫苗的「天降藥品」(Medicine from the Sky) 的計畫，盼儘快為偏遠地區民眾施打疫苗，控制疫情。「天降藥品」所使用的無人機種，每趟最大運載能力可達 5,000 劑疫苗，直線距離最遠可達 20 公里，將來主要運送物品還將包括藥品、緊急醫療器材、血液和檢體等，運作模式是由偏郊或山區衛生所透過應用程式發出請求，無人機操作小組接到請求後備齊物品、確認地點後送出，等無人機抵達，接受方人員輸入一次性密碼後即可取貨。



資料來源：中央廣播電視臺、MinisterKTR twitter。

圖 2.2-8 印度中南部泰倫加納省「天降藥品」計畫

非洲氣候炎熱，且缺乏鐵路、公路與冷鏈設備，在新冠疫苗與醫療用品需要存放在低溫中的挑戰下，Zipline 公司優化物流程序與軟體，

設計製造無人機以及發射著陸系統，於非洲經營醫療用品的公司，使用無人機運送血液、疫苗、救生藥物等醫療用品，突破冷鏈限制，成為非洲配送主力。



資料來源：科技爆橘、Zipline 官網。

圖 2.2-9 Zipline 公司於非洲運送醫療用品畫面

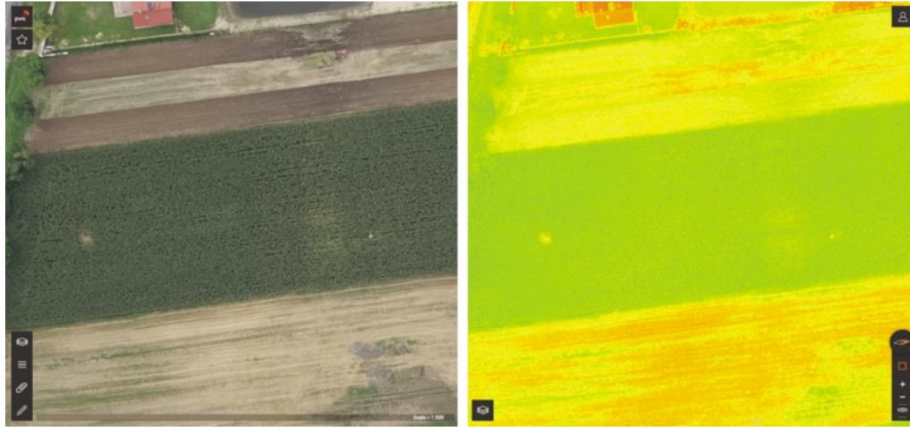
3. 農業(Agriculture)：調查、監控與噴灑

由於全球人口的成長，農業的消耗也逐漸成長，如何永續耕作且提高糧食產量，是近年來農業產業的重要課題，而無人機的運用是解決這個課題的重要手段之一。

(1) 作物調查與監控分析

在農業生產過程中，無人機在農業運用的最大優勢是可方便取得農產品資訊，可在接近農作物的高度飛行，且搭配相機與感測技術，取得高解析度之農作物影像，並轉換成有意義的資訊，如圖 2.2-10 所示，相較於人工蒐集訊更快速、有效率且準確。

這些資訊可以進一步被分析進行生長監控、雜草偵測、產量預估、疾病偵測，並且與灌溉系統及農藥噴灑系統結合，顯著提高農業投入物如肥料和用水的效率，減少農業活動對環境所產生的負面影響，且每年將為農作物生產者節省下數千美元的成本，達到精準管理的效果。除了糧食作物之外，美國愛達荷大學亦致力於將無人機應用在果樹上等經濟作物，以期能進一步為果農提高生產效率及整體產量。



資料來源：Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018).
E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture^[24],
<http://www.fao.org/3/I8494EN/i8494en.pdf>。

圖 2.2-10 無人機拍攝農作物與常態化差異植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 分析

(2) 精準農噴

近年來，以無人機施灑藥劑取代人工噴藥的狀況越來越普遍，除了減少人力、加速作業之外，對施藥者的健康影響也是正面的。此外，無人機的風壓可另外平均分散農藥噴灑範圍，減少施用劑量。路徑規劃功能更使無人機操作簡化，並精確施灑到作物，如圖 2.2-11 所示。



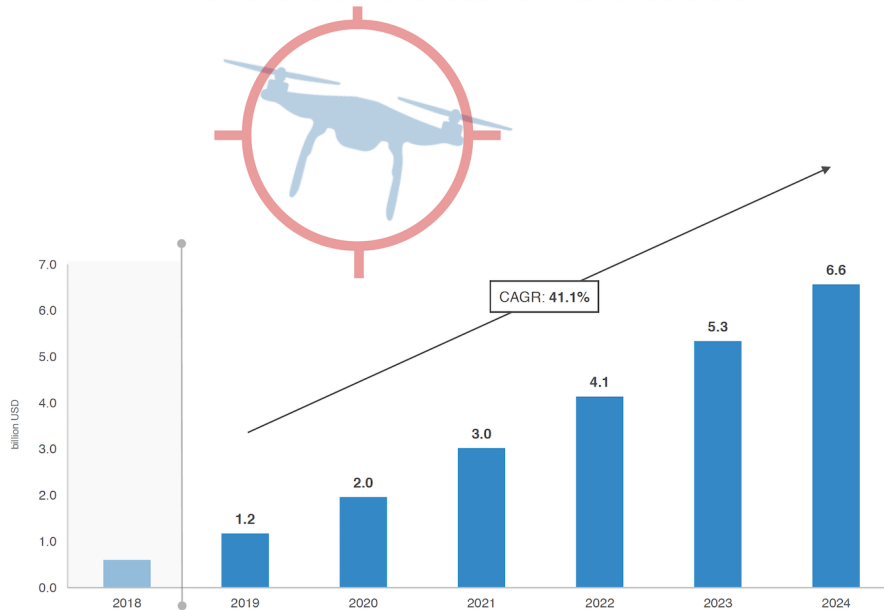
資料來源：DJI Phantom Thailand。

圖 2.2-11 無人機精準農噴隨樹冠高度起伏

4. 專業，科學和技術服務：無人機反制

無人機於此產業領域主要應用為無人機反制(Counter UAV)研發與應用。隨著無人機數量急遽上升，管理無人機便成為非常重要的任務，對於非法行為的偵測及反制，政府及民間皆非常重視，如圖 2.2-12 所示。

COUNTER-DRONE MARKET SIZE AND FORECAST 2019-2024



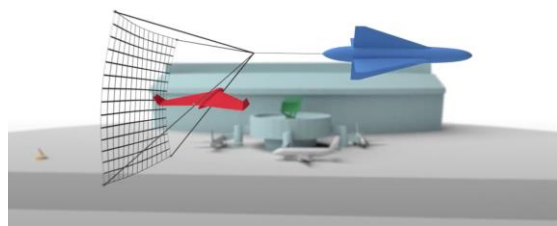
資料來源：Drone Industry Insights (2019)。

圖 2.2-12 無人機反制市場預測 (2019)

無人機反制主要包含無人機偵測、非互動式防禦、無人機封鎖。無人機偵測通常利用聲波式、光學式等感測器偵查無人機威脅，設法得到方向、起飛位置及操作者位置。非互動式防禦一般則是透過本身的防禦機制如自動拉窗簾、關閉無線網路、撤離等來防堵資訊竊取。無人機封鎖就直接針對非法侵入之無人機進行干擾或捉捕，如圖 2.2-13 所示。



無人機偵測



無人機封鎖

資料來源：本研究彙整。

圖 2.2-13 無人機反制方式

5. 運輸與倉儲

運輸與倉儲領域為無人機應用領域中急遽竄升之領域，主要包含倉儲管理及物流運送。其中無人機於物流運送可應用的範圍很廣，全球有許多地區沒有良好的道路基礎設施或面臨嚴重交通壅塞問題，據統計，全球七分之一人口沒有辦法使用全年暢通的道路服務。此外，新冠肺炎疫情的衝擊致使世界出現封城的現象，一般民眾採買受到影響。在這些情況

下，以空中為運輸途徑的無人機便成為提供相關服務的最佳利器。

相較於地面運輸，無人機具有方便高效、節約土地資源和基礎設施等優勢。在交通癱瘓路段、城市擁堵區域，以及偏遠地區，物品或包裹的投遞耗時更長且運送成本更高，無人機運輸能提高這些地區的可達性，提升物流網點與終端之間的流轉效率。

綜合以上優點，可見無人機於此領域發展具十足潛力，根據美國國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)分析報告，美國的無人機物流市場將在 2030 年開始獲利。

(1) 營運模式

運用無人機作為物流領域的最後一哩運送(Last Mile Delivery)是近年來全球鎖定的發展模式，由於飛行時間的限制、成本及安全性考量，包含物流廠商 UPS、Amazon、DHL 等都鎖定最後一哩路運送。

其他營運方式還有 UPS 將成立無人機航空公司，優先提供醫療品快遞；Zipline 建設出營運網，協助偏鄉緊急醫療物資運送。

(2) 發展領域

無人機在物流服務中，可輸送的物品包括商品、食物、醫療用品、工業用品等。運送不同的物品皆需搭配不同的技術，以確保將物品安全地送到目的地。一般零售商品目前規劃主要為透過網路平台販售後經由無人機運送。食物運送服務則由餐廳或超市個別提供。醫療用品包括血液、疫苗、醫療物資、藥物，甚至移植之器官等。工業用品則如汽車零件、發電廠之維修零件等。在偏遠地區利用無人機運輸物品顯得更有其價值，也因環境較單純可作為初期運送的場域。因此，大部分的無人機物流服務會選擇在郊區或是低密度開發地區開始實施。

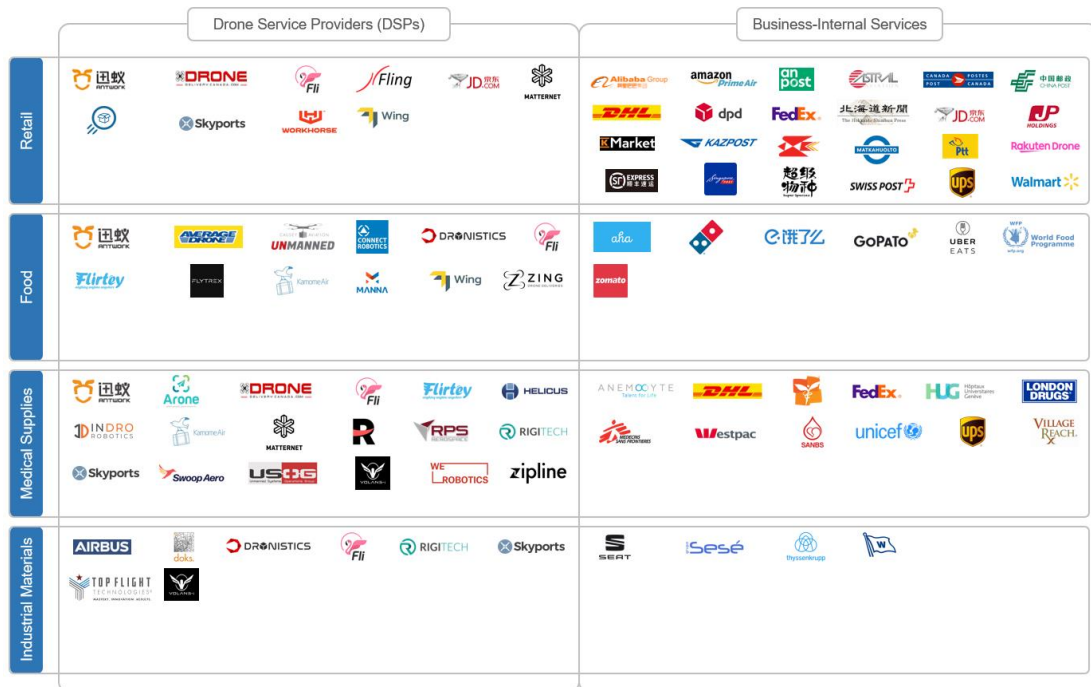
(3) 服務提供者

圖 2.2-14 為全球目前提供無人機物流服務之廠商，分為提供無人機(Drone Service Providers, DSPs)與廠商自用無人機(Business Internal Services)兩種廠商；前者可提供其無人機給其他需要無人機提供物流服務之商家，包括 Wing、Zipline、Flytrex 等，目前主要進行醫療物資運送，後者則是廠商利用無人機精進本身之工作流程，包括 DHL、Amazon、Walmart、SF Express 等，主要著力在零售商品之運送。除了商用之外，聯合國兒童基金會(The United Nations Children's Fund, UNICEF)與世界糧食計畫署(World Food Programme)

亦利用無人機運送食物進行人道救援。

UPS 在 2019 年已獲得美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) Part 135 「航空運輸工具及營運商許可證」 (Air Carrier and Operator Certification)。Part 135 屬最高層次的物流服務批核，允許小型無人飛行載具超越視距飛行執行貨物運送。UPS 是第一家獲得標準 Part 135 許可的無人機營運商。此外 Alphabet 及 Amazon 也獲得了 Part 135 的認證。

THE DRONE DELIVERY MARKET MAP 2019



資料來源：Drone Industry Insights，<https://dronelife.com/2019/11/07/droneii-the-drone-delivery-market-map/>。

圖 2.2-14 提供無人機物流服務之廠商 (2019)

6. 衛生保健與社會救助(Health Care & Social Assistance)：巡檢與運送

(1) 緊急醫療物資運送

無人機運送應用在發展初期會選擇緊急物品及鎖定偏鄉運送，主要原因為提供這項服務的必要性高，能夠在緊急時刻救人一命。

瑞典緊急救護單位計畫在2020年6月開始使用無人機運送自動體外心臟除顫器(AED)至救護現場以在第一時間急救心肺功能停止之患者，希望藉此可以提高急救的生還率。

Zipline 則是以非洲為舞台，以當地需求發展出獨特的營運模式。如在盧安達進行血液運送，

該公司設計定翼型高天候耐受度的無人機機體，利用彈射架及降落傘或鉤索系統減少起飛及降落佔地。另外血包係利用降落傘投送方式進行，並透過全自動化飛行增快營運速度及效率，增加服務區域，如圖2.2-15所示。



資料來源：Drones in Health Care, <https://www.dronesinhealthcare.com/>。

圖 2.2-15 Zipline 的空投運送方式

(2) 急難救助

無人機在急難救助上功用也相當大，搭載不同的設備，無人機可以取代傳統直升機進行安全的救援輔助。如人員搜尋，無人機搭載熱像儀可在林間或瓦礫間搜尋人員蹤跡。

美國政府在卡崔娜颶風侵襲後，多數人員受困於淹水中急需救援，由於受困區域過於廣大且受困人數眾多，因此應用無人飛行機拍攝並提供的人員受困畫面、淹水區域及救災執行狀況，在部隊執行救災任務時，能快速投入重點地區，縮短受困人員等待救援時間。中國亦在四川汶川大地震發生後，應用無人機快速取得災區空拍影像，提供救災部隊最新地震災情、各區倒塌狀況、道路狀況及救災環境安全，做為救災人員評估依據，有效執行救災任務及人員搶救，如圖 2.2-16 所示。



資料來源：<https://www.dsirpros.com/dsirrpros-blog/drones-for-sar-search-and-rescue/>。

圖 2.2-16 無人機搭載熱像儀進行人員搜救

7. 載人應用

交通壅塞是全球許多大都市共同的課題之一，而 UAM 的載人應用有機會可以降低都市地面運輸的負擔、降低旅行時間。Allied Market Research 預估空中計程車產值將在 2030 年達 66 億美元；Morgan Stanley Research 則預估到 2040 年產值將達 1.5 兆美元，面對這個具十足潛力的市場，全球許多公司包括 Volocopter、億航、Airbus 等已開始進行空中計程車的測試與試飛。Uber 則是與八家無人機廠商合作發展 Uber Elevate (Uber Elevate 已於 2020 年底拆分出售轉讓給新創公司 Joby Aviation)，希望未來可將空中計程車加入其共享運具的載具之一。

(1) 發展現況

現階段國際 UAM 廠商尚在進行測試驗證，流程從設計圖、縮小模型機、等比例原型機到電腦軟體模擬測試、工廠測試、控制環境測試最終到實際場域測試，最終成功載人提供服務。大多數公司還停留在等比例原型機開發階段，目前僅幾間公司已經達到實際場域測試的階段。其

中德國新創公司 Volocopter 已經在 2019 年年底於新加坡灣完成飛行測試，未來預計於 2023 年提供載客服務，適時將以一位飛行員載運一位乘客方式進行。航管方面由於試飛期及初期數量不多，新加坡目前直接使用民航空中交通管理(Air Traffic Management, ATM)方式進行管理。此外，Volocopter 的載人用無人機已經在 2019 年年底取得 EASA (European Union Aviation Safety Agency)的設計核可，在新加坡政府承認 EASA 之認證下，也使得未來 Volocopter 製造的飛機能更快速的引入新加坡執行服務。

(2) 生態系統

載人無人機除了機體之外，完整的生態系統包含維護支援、營運、空中交通管理、地面基礎設施及旅客完全服務模式(圖 2.2-17)。在地面基礎設施部分，Uber 於 2019 年發布未來將與 8 間建築公司合作，進行空中航站的設計，並期望在 2023 年正式運轉。Volocopter 則已經開始預售預計於 2023 年新加坡試飛之機票，並預計建構出更完善的旅客操作搭乘服務。



資料來源：Airbus。

圖 2.2-17 無人機營運生態系統

載人無人機目前較具可行性的營運模式為空中計程車及空中大眾運輸，在初期基礎設施較不足且運量較低、空域管理尚未穩定的情況下，相較於空中計程車需於城市中廣設起降設施，空中大眾運輸模式所需布設站點較少，乘載量較大，且會有固定的路線與班表，可優先選擇於人口密集地區設立集中起降點作為主要樞紐，並發展軸輻中心系統(Hub and Spoke Model)，如圖 2.2-18 所示。

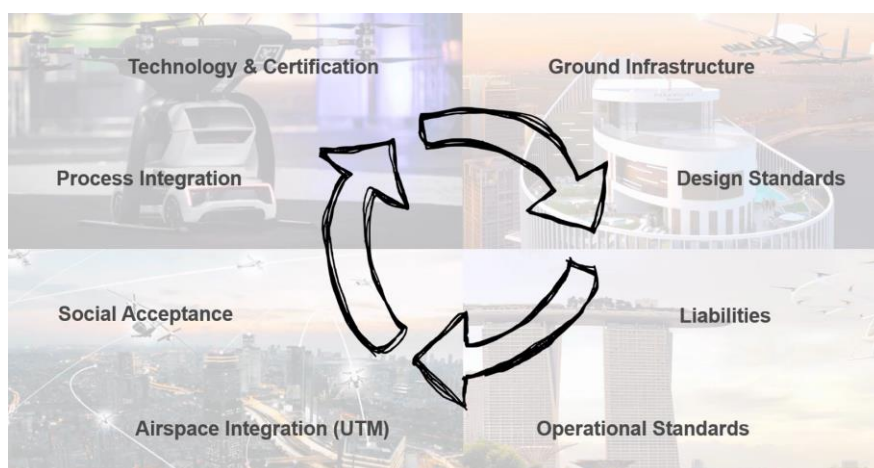


資料來源：NASA^[27]， www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/uam-market-study-executive-summary-v2.pdf。

圖 2.2-18 空中大眾運輸 2030 年起降點示意圖

(3) 面對的挑戰

無人機進行載人應用的一大發展技術為電動垂直起降 eVTOL，類似於直升機起降的模式，由於抬升機體所需之能量非常大，其能源供應問題以目前之電池技術尚待精進。而製造出的噪音問題則需要透過馬達、螺旋槳設計及機體進行改造。自動導控技術也為無人機技術上的一大難題，如何在超越視距範圍進行安全飛行，其飛行控制技術及遙控傳輸技術也需要精進技術，如圖 2.2-19 所示。在技術以外，最重要的是在空域管理上訂定出規範，確保安全；在社會接受度上也需要透過溝通及技術展現，使民眾放心搭乘。



資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

圖 2.2-19 UAM 產業發展鏈

(4) 未來法規規範趨勢

載人無人機在發展過程中的一大課題是法規規範。現今大部分國家的法規發展多偏向依據現有的直升機飛行規範，但由於載人無人機的產業模式將與直升機大不相同，其飛行規範也需再進行檢討，如針對 UTM、操作員的認證、載具的檢測、基礎設施、社區噪音等，尤其是針對自動駕駛空中計程車的交通整合與管理是相較之下較無參考依據之規範。

各國亦積極布局未來 UAM 載人應用：新加坡預計於 2023 年提供空中計程車服務；法國計畫於 2024 年巴黎奧運及身障奧運推動空中交通；日本計畫於 2025 年提供無人機載人服務；韓國計畫於 2025 年於首爾提供服務；中國廣州域打造空中交通智慧城市。此外還有許多國家透過 UTM 規劃及整體環境打造協助整備面對未來的 UAM 服務。

(5) 技術領先製造廠

目前技術發展較為成熟的空中計程車業者尚不多，其中德國新創公司 Volocopter 設計之 VoloCity 已於杜拜、德國、芬蘭及新加坡完成公開試飛。中國億航與奧地利航空航天公司共同研發的 EHang 216 空中計程車在 2019 年中於奧地利維也納試飛成功，2020 年也於韓國首爾試飛成功，此外也在美國、廣州、杜拜等地成功試飛。Joby Aviation、Wisk 等新創公司也緊跟在後，完成超過千次的內部測試。目前各廠商研發之機型能源多以鋰電池為主採電動垂直起降技術，僅 Alakai 的 Skai^[18]採用燃料電池技術及 Terrafugia 採用油電混合動力。全球各家廠商發展機型，如表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 載人無人機製造商(依據研發程度編排)

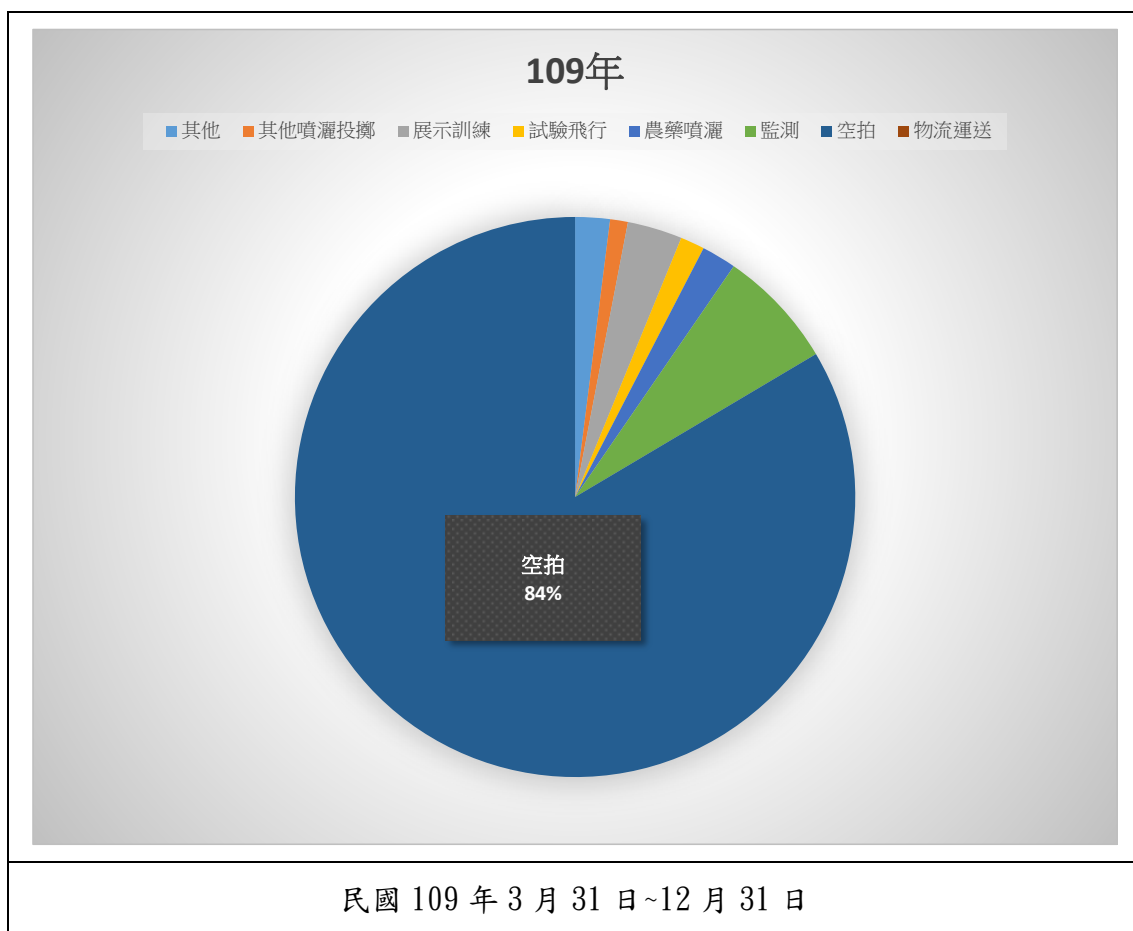
廠商	載具名稱	機型	研發程度	機型概述	圖片
Volocopter 新創公司 德國	VoloCity	多軸旋翼	公開試飛：阿拉伯聯合大公國、德國、芬蘭、新加坡	· 容納 2 名乘客 · 飛行時間 30 分鐘，里程約 27 公里	
億航智能 新創公司 中國	EHang 216	多軸旋翼	公開試飛：中國、韓國、奧地利、美國	· 容納 2 名乘客 · 時速 100 公里，飛行距離 35 公里	
Wisk 新創公司 美國	Cora	混合翼	1500 次內部測試	· 容納 2 名乘客 · 飛行距離 100 公里，時速 160 公里/小時	
Joby Aviation 新創公司 美國	Joby Aviation	混合翼	1000 次內部測試	· 容納 5 名乘客 · 飛行距離 240 公里	
Kitty Hawk 新創公司 美國	Heaviside	混合翼	數百次內部測試	· 容納 1 名乘客 · 飛行距離 160 公里	
Lilium 新創公司 德國	Lilium	混合翼	100 次以上內部測試	· 容納 4 名乘客與 1 名駕駛員 · 飛行距離 300 公里	
Airbus 傳統航太公司 法國	City Airbus	多軸旋翼	懸浮測試	· 容納 4 名乘客 · 飛行時間 15 分鐘，時速 120 公里/小時	
Boeing 傳統航太公司 美國	Boeing NeXt	混合翼	懸浮測試	· 乘載 226 公斤 · 飛行距離 80 公里	
Bell 傳統航太公司 美國	Nexus	混合翼	開發出原型展示機	· 乘載 1 名駕駛員與 4 名乘客 · 最高時速 240 公里/小時	

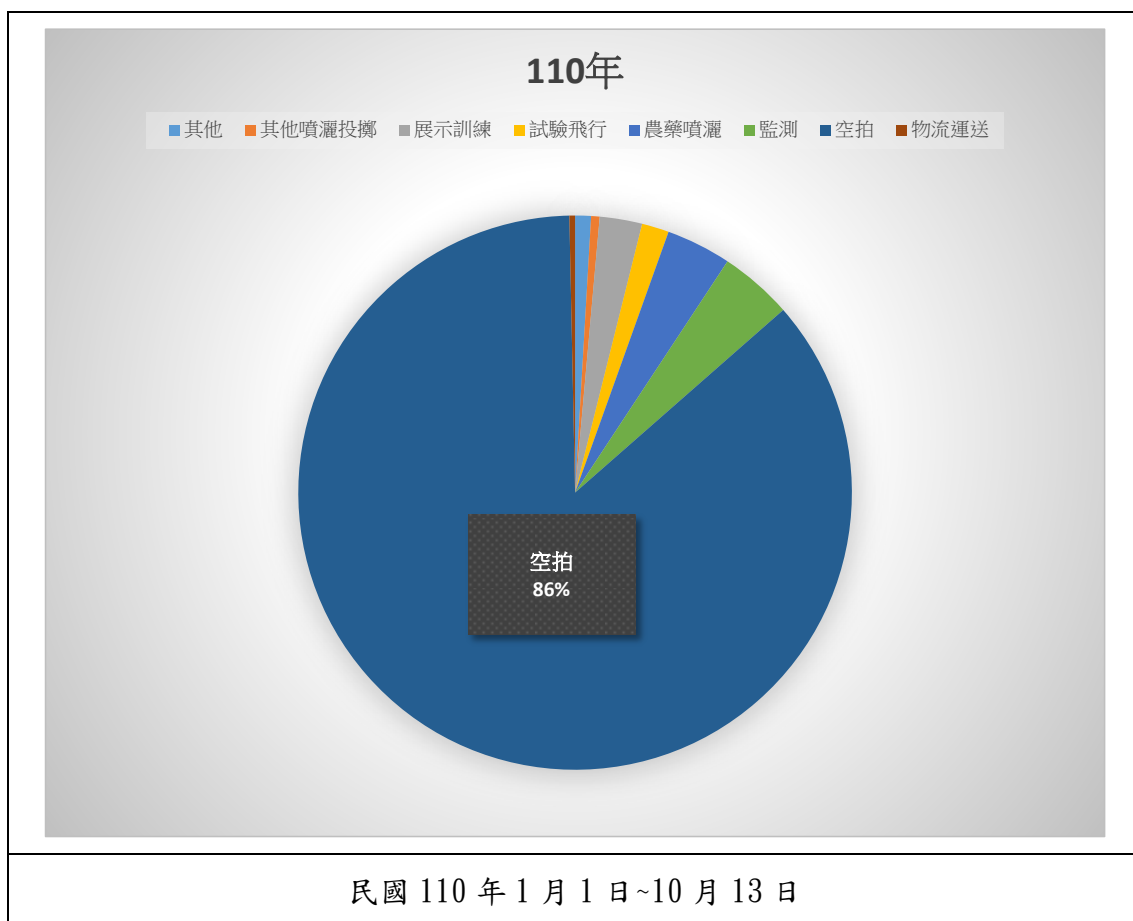
廠商	載具名稱	機型	研發程度	機型概述	圖片
現代汽車 傳統汽車公司 韓國	S-A1	混合翼	開發出原型展示機	· 容納 4 名乘客 · 時速 290 公里/小時， 飛行距離 96 公里	
Alakai Technologies 新創公司 美國	Skai	多軸旋翼	開發出原型展示機	· 容納 4 名乘客 · 時速 190 公里，飛行 距離 400 英里	
Embraer 傳統航太公司 巴西	EmbraerX	混合翼	完成概念設計	· 容納 4 名乘客	
Pipistrel 輕型航太公司 斯洛維尼亞	Pipistrel 801	混合翼	完成概念設計	· 容納 4 名乘客 · 時速 280 公里/小時， 飛行距離 96 公里	
Terrafugia 新創公司 美國	TF-X	混合翼	完成概念設計	· 容納 3 名乘客 · 最高時速達 160 公里/ 小時	
Jaunt Air Mobility 新創公司 美國	Journey	混合翼	完成概念設計	· 自轉旋翼設計 · 容納 4 名乘客 · 時速 280 公里/小時	
Overair 新創公司 美國	Butterfly	混合翼	完成概念設計	· 容納 4 名乘客 · 時速 320 公里/小時， 飛行距離 160 公里	

資料來源：本研究彙整。

三、國內應用概況

本研究在國內應用概況盤點上，亦針對最具產業未來性及多元性之商用型無人機進行盤點。自民國 109 年 3 月底無人機專章公布施行之後，民航局針對黃區及紅區要求操作申請，透過截至民國 110 年 10 月 13 日之申請資料統計(圖 2.2-20)能夠略知臺灣在無人機的應用狀況。由圖可知，空拍佔大多數，達 8 成以上，其次為監測，僅占 4~7%。下方將就國內相關應用案例進行說明。





資料來源：本研究繪製。

圖 2.2-20 國內申請無人機操作限制排除應用比例

1. 空拍

空拍為國內發展興盛的無人機應用，目前國內約 10 家活躍業者，主要服務項目包含風景攝影、活動攝影、廣告攝影、電影拍攝等，使用之無人機機型主要為 25 公斤以下消費型無人機。

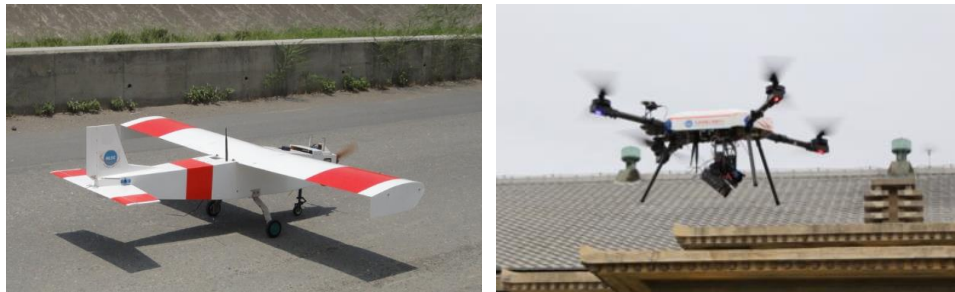
2. 公共行政

公共行政項目目前主要由中央部會針對各應用領域開始接觸無人機服務。其中包含國土測繪、橋梁巡檢、物品運送、違法監測、設施巡檢等。

(1) 國土測繪

內政部執行國土測繪任務傳統上會運用有人駕駛的飛機進行拍攝，然而這種方式具有一定的風險，運用無人機取代傳統飛機除了能避免人員傷亡意外之外，無人機的機動性高成本低的特性也使得任務能夠執行的更有效率，品質也更好。

目前內政部國土測繪中心^[1]採用之無人機包含一型定翼機和一型多旋翼機(圖 2.2-21)，定翼機可以抗 7 級強風且配備燃油引擎滯空可達 4 小時；多旋翼機配備電池馬達動力可進行垂直起降，執行 20 分鐘任務。兩種機型分別針對不同任務需求彈性應用。



資料來源：內政部國土測繪中心。

圖 2.2-21 測繪用定翼機及多旋翼機

(2) 橋梁檢測

橋梁檢測自南方澳大橋事件後受到國內很大的關注，橋梁巡檢依據法規每兩年需進行一次，確保結構穩定無破損或裂隙，臺灣橋梁數量多，以傳統人工方式進行曠日廢時，且執行上有人員安全的風險存在，因此以無人機取代或協助傳統人工巡檢已是非常重要的應用課題^[2]。

國內在因應上，為了驗證廠商的執行能力，經濟部南部科學園區及交通部運輸研究所先後分別執行「無人機創新應用自造專案暨黑客松競賽」及「整合示範計畫」(Integration Pilot Program, IPP)針對橋梁巡檢課題結合廠商進行解決方案開發(圖 2.2-22)。



資料來源：南科 AI Robot 自造基地；本研究彙整。

圖 2.2-22 黑客松橋檢檢測區域示意；整合示範計畫橋檢畫面

(3) 物流運送

物流運送為公務部門十分關注的應用，臺灣山多、多離島特性使得物資運送以傳統車輛或船隻運送時間太長，成本也高。在緊急物資運送上更常因為路況、天候因素等無法及時送遞至需求地區，造成更嚴重

的損害。有鑑於此，交通部於民國 108 年舉辦「偏鄉無人機物流測試計畫」(圖 2.2-23)，測試從阿里山鄉進行山區血清運送。以無人機運送能將原本 1 小時的運送時間縮減至 10 分鐘，大大增加救援時間。此外，交通部運研所在 110 年舉辦的整合示範計畫 IPP 除針對橋梁巡檢進行驗證外，物流也納入驗證項目，主要目的為針對離島物流進行技術測試。



資料來源：衛服部疾管署；本研究彙整。

圖 2.2-23 偏鄉無人機物流測試計畫；整合示範計畫離島物資運送

3. 農噴

農用植保機(圖 2.2-24)在臺灣主要用途為農藥噴灑，由於無人機作業快速、準確、安全，且免除傳統人工噴藥容易吸入農藥危害健康等疑慮，使得產業發展迅速。現在由於植保機操作人員限制法人，在考核上除須取得遙控無人機操作證外還須取得農藥代噴技術人員證照，相較於一般無人機應用門檻較高，依據農委會統計於 2020 年底僅 350 人左右取得，然而由於低投資成本及高收益，許多代噴服務業者仍積極投入，提供安全快速服務。另外在檢驗流程上，民航局委託中科院執行農噴機檢驗標準製定，在東南亞為第一個國家制定相關標準，也使得中國等國際廠商將植保機帶到臺灣進行檢驗。



資料來源：經緯航太。

圖 2.2-24 直升機型農業植保機

2.2.2 國外無人機市場產值預估

無人機發展快速，市場成長快速，透過市值(Market Value)資料可以略窺一二。近年來，許多單位針對無人機市場產值調查預估進行研究並出版報告，各家對於產業領域及用途的區分不盡相同，但從整體數據來看，無人機市值將逐年上升，由於產業變動性大，多數公司僅預估至 2025 年，並預測市值能夠達到 400 億美元的門檻。其中主要產業領域為能源、農業、運輸，主要用途為巡檢。

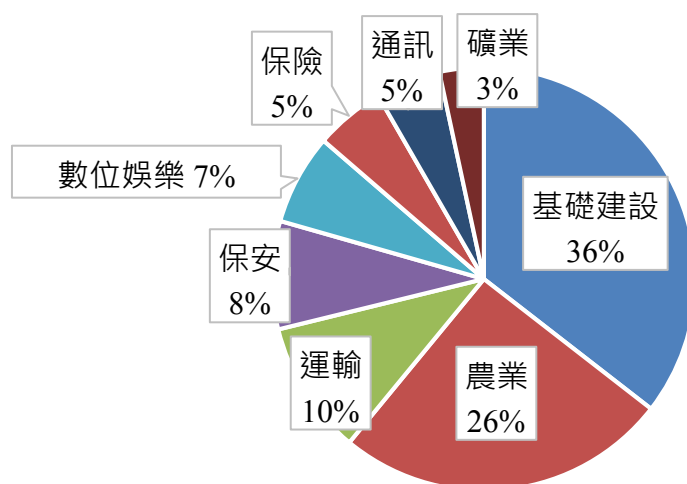
一、金融投顧機構預估

金融投顧機構包含大型會計師事務所與證券公司等，針對新興產業進行研究與資料整理預估。其中四大會計師事務所之一普華永道(PwC)會計師事務所在 2016 年針對無人機的解決方案進行深入研究並執行市場調查，預估總產值將超過 1,273 億美元，其中農業相關產業收益高達 320 億美元，而運輸相關產業收益也將高達 130 億美元，顯示無人機在運輸產業具高度發展潛力，如圖 2.2-25、圖 2.2-26 所示。高盛集團(Goldman Sachs)在 2016 年也對無人機進行調查研究，針對各應用領域預估市值，預估 2016 年至 2020 年合計產值將超過 1,000 億美元，其中軍事占七成、消費型無人機占近兩成、商用型無人機占一成。



資料來源：PwC^[28]，<https://www.pwc.com.au/press-room/2016/drone-technology-may16.html>。

圖 2.2-25 PwC 無人機應用領域產值推估

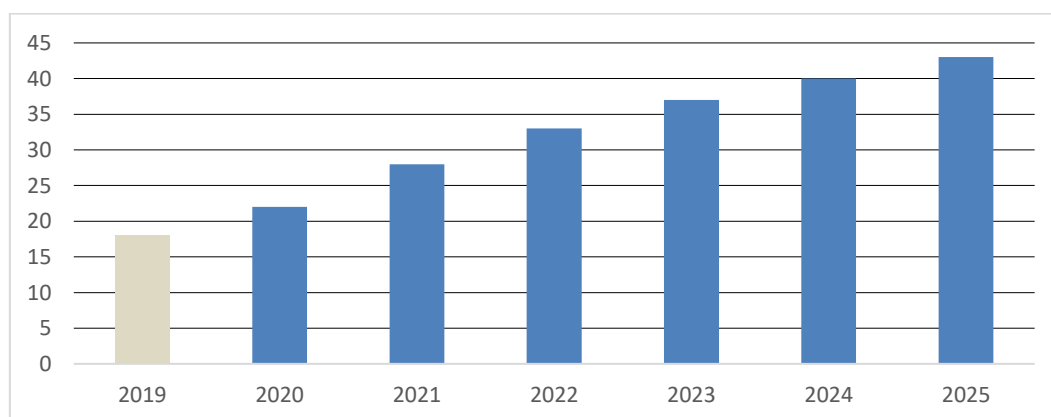


資料來源：PwC，本研究繪製。

圖 2.2-26 PwC 預估之無人機應用領域市值占比

二、市場調查諮詢單位預估

除了金融投顧機構外，無人機市場也吸引了市場調查諮詢單位的目光，透過研究報告與諮詢服務，無人機市場調查分析市場也成為一片藍海。目前無人機市值預估最具公信力且包含最多研究的公司為一間德國的市調公司：Drone Industry Insights (DRONEII)，包括華爾街日報、哈佛商業評論、CNN、德勤會計師事務所(Deloitte)都在無人機市值預估引用該公司的數據。該公司蒐集全球無人機公司的相關數據進行分析估算，針對各國市場發展進行分析、並對各領域應用整理出版報告。在產值部分，DRONEII 採用服務可觸及市場(Serviceable Available Market, SAM)預估收益，相較於市面上一般採用的整體潛在市場(Total Available Market, TAM) 預估較保守，但可靠度卻相當高。該公司預估於 2025 年無人機市值將達到 430 億美元，複合年均增長率為 13.8%，如圖 2.2-27 所示。

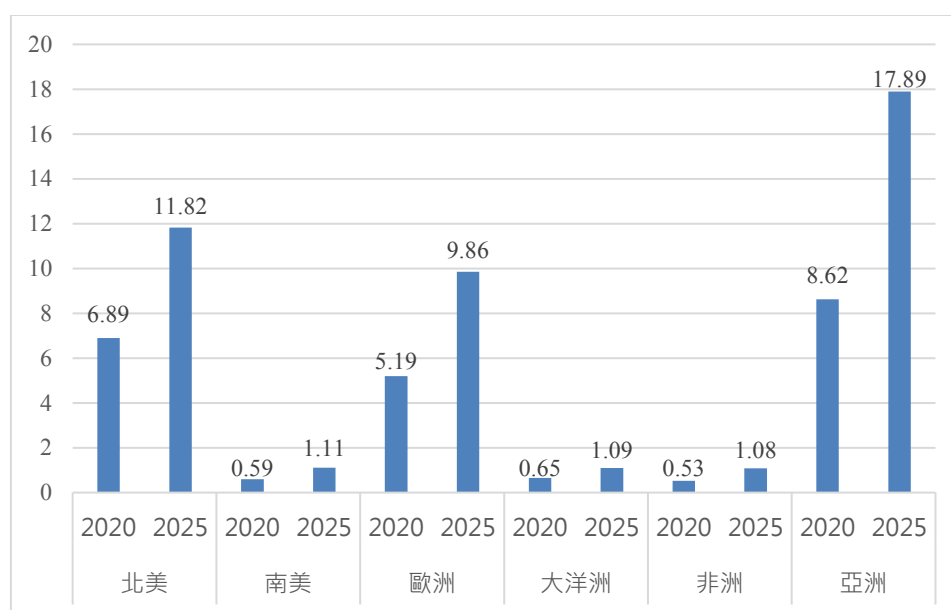


註：單位為十億美元，2019 年為實際值，2020-2025 為估計值。

資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

圖 2.2-27 全球無人機產值預估

無人機於各洲發展皆呈現快速進展之勢，透過圖 2.2-28 可知，北美、歐洲及亞洲的無人機市場目前已有相當高的市值，其中以亞洲 86.2 億美元最高，預估 2025 年更會超過 170 億美元的市值，年均成長率接近 20%，占全球預估市值 430 億的 40%，為最具潛力市場。而亞洲主要推動無人機的國家包含中國、日本、韓國以及預計需求將大幅成長的印度；美洲則是由美國帶頭，加拿大跟進；歐洲則是有德國、法國、英國、義大利等國。



註：單位為十億美元。

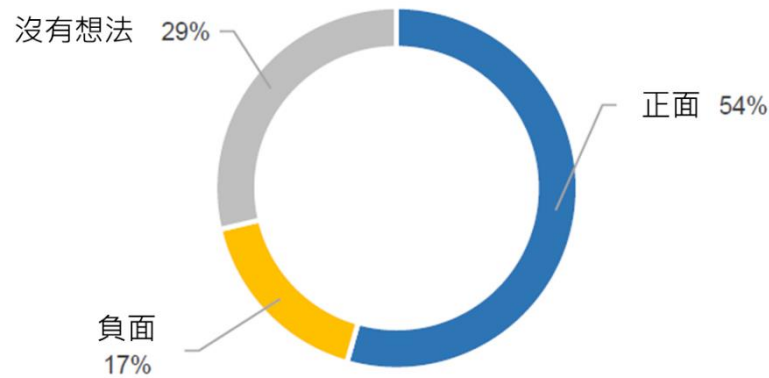
資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

圖 2.2-28 世界六大洲無人機市值預估

三、新冠肺炎對於無人機市場影響

新冠肺炎自 2020 年初於世界各國造成大規模傳染，疫情的影響也使得產業及經濟受到非常大的打擊，除了直接影響的旅遊業、零售業外，疫情帶來的生活及人類相處模式改變也影響了無人機產業。依據 Drone Industry Insights 的調查，無人機產業於短期經濟影響上將面臨嚴峻挑戰，由於各行各業都受到疫情影響，對於新興科技如無人機的投資意願便會降低。在受調查的 689 家廠商中，43% 感受到無人機市場需求降低、33% 業者關閉部分產線、16% 縮小規模或裁員，這些數據顯示新冠肺炎對無人機產業立即且強烈的影響。然而多數無人機相關廠商對於疫情對於產業長遠的影響多以正面看待（圖 2.2-29），主要是因為透過疫情政府對於無人機科技解決方案的需求更加迫切，也促使各國在開放郊區甚至市區無人機操作限制上加速作業。此外，政府對於無人機的資源投入也更多，透過公務需求無人機業者得以投注更多精力進行產品優化及拓展服務範疇。

長期來看，新冠肺炎對於無人機科技產業有正面或負面影響？



資料來源：Drone Industry Insights^[21]。

圖 2.2-29 全球無人機廠商對於新冠肺炎長期影響看法

2.3 政策與法規現況及推動方向

2.3.1 國外無人機產業規劃與推動

一、美國

民間各領域發展交流興盛，政府努力於空域整合及測試場域建置，無人機過去主要投資及研發都用於軍事用途。但在最近幾年，隨著消費型無人機漸漸普及，許多民間大廠也開始投資研發各種用途之無人機。除了民間的努力外，政府也在研究及開發無人機上投入相當多的資源。NASA 發布了許多相關的無人機研究，也投入研發與製造。

1. 民間交流

美國國內每年有許多無人機相關的大型研討會及博覽會，供國內廠商展示最新發明及分享相關知識。美國商業無人機博覽會(Commercial UAV Expo America)針對商用無人機的科技及應用進行一年一度的交流。UAS 研討會由美國機場管理人協會(American Association of Airport Executives)主辦，主要探討機場及無人機相關的應用領域。此外還有由國防與政府進步研究所(Institute for Defense and Government Advancement, IDGA)主辦的反制 UAS 高峰會，探討新的無人機反制及戰略技術。

2. 測試場域

FAA 自 2012 年起依據 FMRA 2012 法案(The FAA Modernization and Reform Act of 2012)協助成立六處 UAS 測試場域，並在 2016 年依據 FESSA 2016 法案(FAA Extension, Safety, and Security Act of 2016)成立第七處，如圖 2.3-1 所示。這些測試場域的主要目的在於提供 UAS 整合進國家空域系統 NAS (National Airspace System)之前的驗證。其他任務也包括協助 FAA 研擬認證標準、空中交通要求、協調研究及其他與 NASA、FAA NextGen、美國國防部之間的合作項目。



資料來源：FAA^[23]，
https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/test_sites/。

圖 2.3-1 美國 UAS 測試場域之地點

在協助 FAA 進行研究上，七處無人機測試場主要針對下列項目進行技術精進。

- (1) 偵測和閃避
- (2) 指令與控制
- (3) 適航性評估
- (4) 視距外飛行(BVLOS)
- (5) 在不同空域分級的安全操作標準
- (6) 空中交通控制及通訊程序
- (7) 同時多重 UAS 操作
- (8) UAS 反制
- (9) UAS 交通管理(UTM)
- (10) 針對擬議之 UAS 標準、流程和程序進行測試與評估

(11) 環境衝擊

(12) UAM

這七處測試場域除了協助聯邦政府機構外，由於其中四處由學校經營，在相關人才培育上有很大助益。此外，測試場亦協助其所在州政府執行各項任務，並協助民間公司的無人機系統進行一般功能及不同功能的測試，如圖 2.3-2 所示。



紐約測試基地碎瓦場域建構



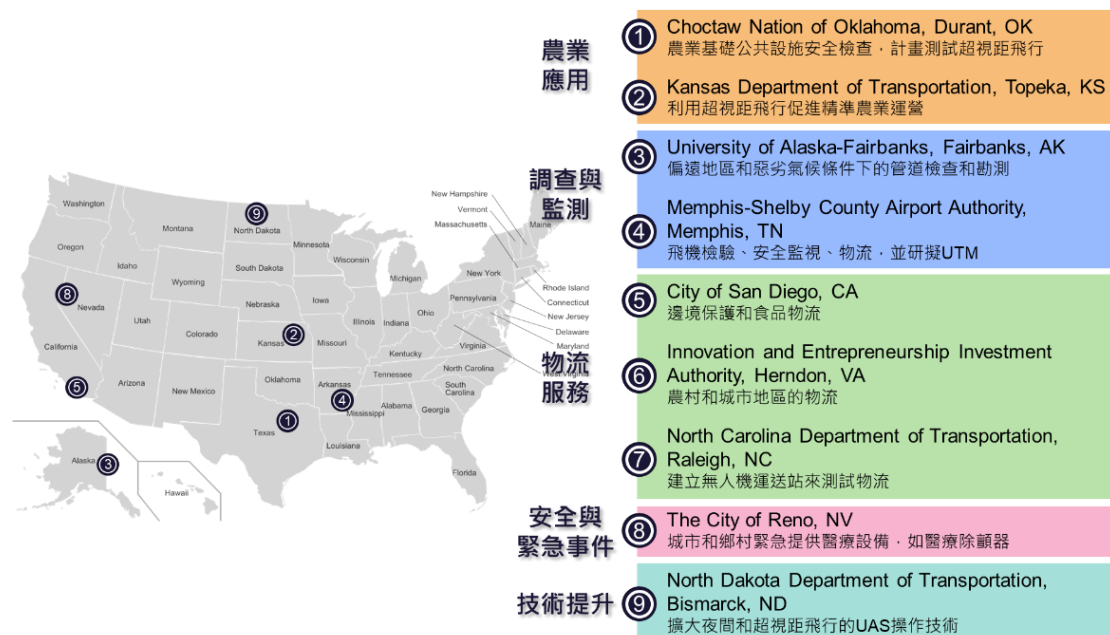
維基尼亞測試基地測試包裹運送

資料來源：FAA，https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/test_sites/。

圖 2.3-2 美國測試場域協助執行各項測試計畫

3. 政府計畫支持

美國聯邦航空總署 FAA 積極投入資源研發 UTM，透過整合示範計畫 IPP 與民間透過不同應用共同組成空域整合的大拼圖。雖然在無人機完全整合入有人機空域尚有一段路程，但在研發過程中對於各項無人機應用及推廣有很大的助益，如圖 2.3-3 所示。IPP 於 2020 年 10 月底完結，綜觀 9 項應用案例可以發現，物流相關應用最多，顯示交通應用日漸重要。此外各計畫因應各地特色需求執行，尋找立即解決當地的服務需求的方向。在 IPP 結束後，承接其後的計畫名為 BEYOND，主題為超越視距飛行、加強量化分析無人機對社會及經濟助益、專注於社區參與以蒐集、分析及解決民眾對無人機的擔憂。

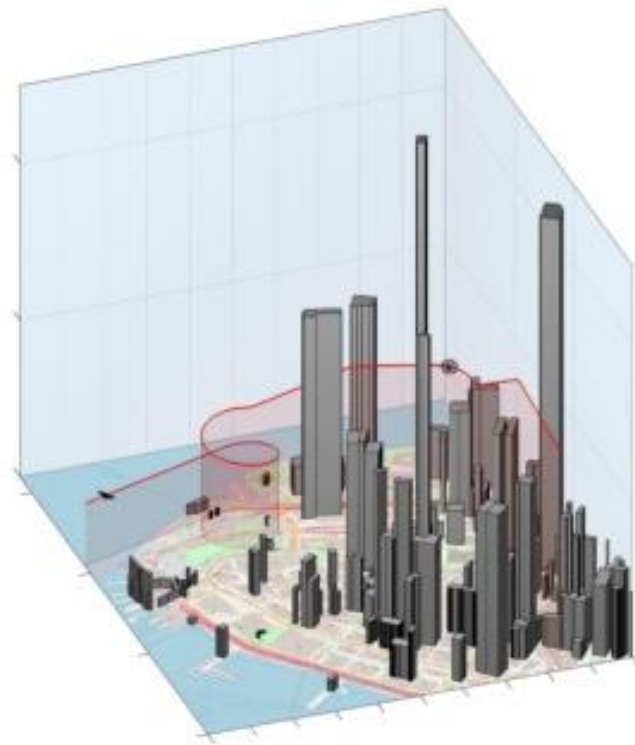


資料來源：本研究彙整。

圖 2.3-3 美國 FAA 於各州發展 UTM 相關整合示範計畫

二、歐洲

歐洲在無人機的產業發展上，民間力度強，國際上知名的廠商有法國的消費型無人機廠牌 Parrot、全方位解決方案提供商 Delair Tech、瑞士的設備巡檢無人機製造商 Flyability。歐洲除了民間市場需求多樣及豐富外，各國政府亦積極建立友善的無人機環境。圖 2.3-4 所示為德國的產學合作案例，新創無人機公司 Volocopter 結合斯圖加特大學的模擬及計算能量，並利用法蘭克福機場提供的場域進行試飛，加速驗證無人機之適航性及服務能量。



資料來源：University of Stuttgart^[33]，<https://www.uni-stuttgart.de/en/university/news/press-release/Safety-for-air-taxis/>。

圖 2.3-4 斯圖加特大學為 Volocopter 於城市飛行進行模擬

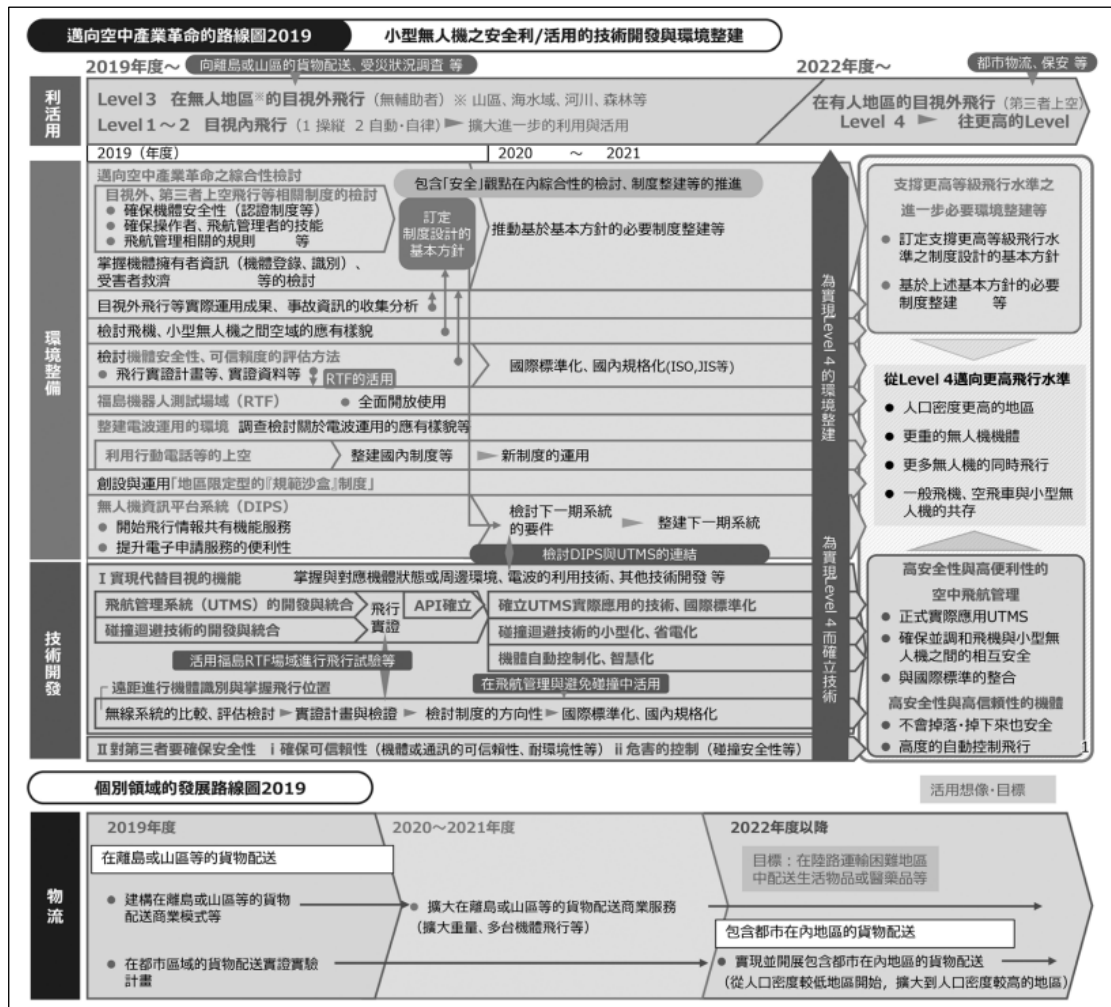
三、日本

1. 政府政策發展趨勢^[3]

日本在無人機產業推動上，官方由經濟產業省負責。日本在 2015 年成立「整建小型無人機相關環境之官民協議會」，並於 2017 年提出「空中產業革命」，針對垂直技術發展、產業整合、及法規進行通盤性規劃及更新，如圖 2.3-5 所示，並設定六個重點領域，包括物流、災害對應、基礎建設維護管理、測量、農林水產業，以及 2019 年新增之保全業等。其推進方向為將無人機運作由郊區推往市區；由載物到載人。

2017 年，國土交通省與經濟產業省共同成立「無人航空機之目視外及第三者上空飛行檢討會」，並在此會底下設立「物流分科會」。並在 2019 年基於實證計畫成果成立「人口稀少地區無人機物流商業模式檢討會」。2021 年在航空局安全部下，由部長室參事督導，成立 22 人的「次世代航空移動辦公室」，推進 UAM 發展。

日本已經在農噴、建築量測、橋樑檢測、空拍等視距內飛行運用展開。未來會在物流運送、安全維護及其他視距外應用進行研究努力^[4]。



資料來源：洪尉淳（2020）。日本物流領域無人機應用發展與我國的可能借鏡。中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所，經濟前瞻，83-90。

圖 2.3-5 日本空中產業革命發展規劃 2019（總體策略與物流領域）

2. 測試場域與政府提供投資動機

在飛行測試場域規劃上，2020 年第一季開放的福島機器人測試場^[15]提供無人機開放及可控制的場域，並針對不同功能用途設計許多設施提供模擬操作。實際使用案例包括消防訓練、道路維護、包裹運送、一般無人機操作訓練等。

日本政府在無人機產業發展上，也為了提高企業投資意願於 2020 年 2 月 18 日批准了一個新法案，支持國內企業開發無人機技術，符合安全性等條件的企業可獲免 15% 公司稅，藉此扶植國內的無人機產業。

此外，政府方面則有國土交通省積極推動無人機相關應用，如物流應用實證計畫，如圖 2.3-6 所示。除物流外，巡檢、調查、監測等應用都會透過政府公開招標的方式提供給業者提案競標，藉以提升產業技術及輔助產業發展。

實施地點	實施日期	代表業者	路線特性	飛行距離	飛行時間	目視狀況	輔助人員有無	搭載物
長野縣 白馬村	2018年 10/22～10/23	株式會社 白馬館	山區	1公里	5分鐘	目視外	有	食物、垃圾
福島縣 南相馬市 浪江町	2018年 11/5～11/6	株式會社 自律控制系 統研究所	人口稀少 地區／山區	9公里	15分鐘	目視外	無	業務用資料或宣 傳資料（模擬）
福岡縣 福岡市	2018年 11/20～11/21	ANA控股 株式會社	海上	5公里	10分鐘	目視外	有	資料或小型貨 物、海產品
岡山縣 和氣町	2018年 12/1～12/15	株式會社Future Dimension Drone Institute	人口稀少 地區	10公里	15分鐘	目視內	有	食物材料、日用 品
埼玉縣 秩父市	2019年 1/15～1/25	樂天	山區	3公里	10分鐘	目視外	無	烤肉用品

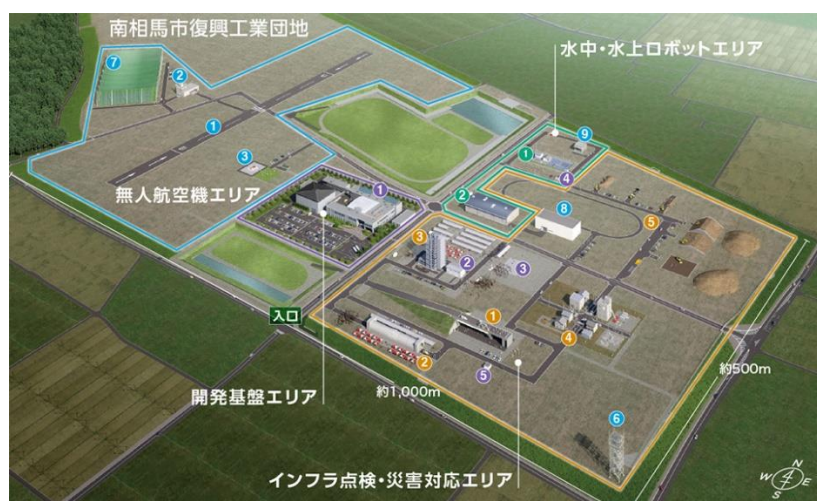
資料來源：洪尉淳(2020)。日本物流領域無人機應用發展與我國的可能借鏡。中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所，經濟前瞻，83-90。

圖 2.3-6 日本國土交通省 2018 年無人機物流實證計畫

3. 協會協助溝通統籌

(1) 日本無人機產業發展協會（JUIDA）

JUIDA (Japan UAS Industrial Development Association)成立於 2014 年，旨在協助推廣 UAS 在日本的發展。該組織自 2016 年起，舉辦每年一度的日本無人機世博會，推廣產業並與國際間交流。JUIDA 在無人機安全方面扮演重要角色，出版了安全說明書，亦負責審核無人機訓練學校。除上述之外，該組織在四個行政府建置了無人機測試飛行場域，支持研究開發與教育，前述之福島機器人測試場^[15]亦由 JUIDA 協助管理，如圖 2.3-7 所示。



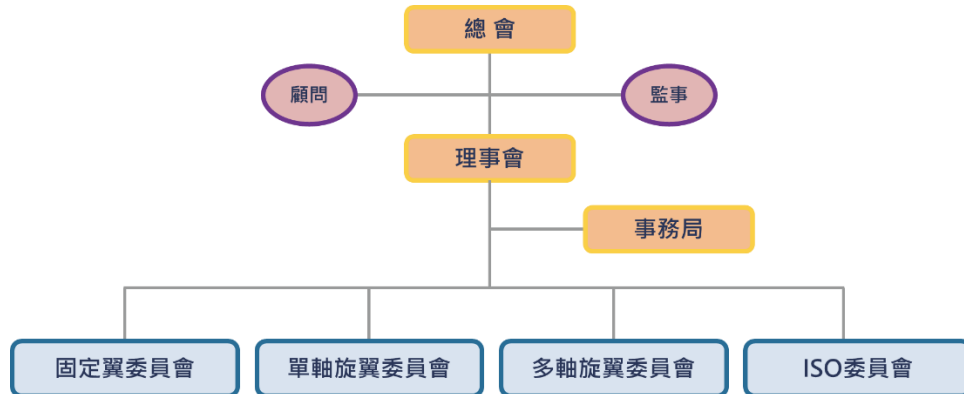
註：淺藍色編號為與無人機測試相關設施。

資料來源：福島機器人測試場^[15]，<https://www.fipo.or.jp/robot/overview>。

圖 2.3-7 福島機器人測試場簡介圖

(2) 日本產業用無人航空機工業會 JUAV

JUAV (Japan UAV Association) 源於 2004 年的無人機產業協會，針對農用及監測用大型無人直升機進行安全規範^[5]。2017 年擴大組織內容，將小型多旋翼無人機等納入協會，主要針對無人機製造產業安全標準建立。透過協會，日本政府可以針對無人機安全、法規、國際標準等進行研究及制定規範。該協會亦協助進行產業調查並與國外相關機構進行鏈結交換意見及情報。



資料來源：JUAV，<http://www.juav.org/about/committe.html>。

圖 2.3-8 JUAV 組織架構圖

四、韓國

韓國自 2017 年底就成立了無人機專責機構，並開始規劃長期發展架構。除了透過公部門的需求擴大無人機市場外，各地區研究場域的設置也使民間廠商更有意願投入研發。韓國政府對於產業外銷的補助也有顧及，使得韓國製無人機產品及服務在國際上具有一定競爭力。

在 UAM 部分，韓國為全球第一個建立公共和私營部門參與以實現 UAM 的政策共同體的國家。韓國國土交通部與 40 家公司、學研機構、國家機關於 2020 年 6 月共同簽署合作備忘錄，並以國土交通部副部長為主委，成立 UAM Team Korea (圖 2.3-9)，並訂立 2025 年為 UAM 目標商轉年，更確立期間各種指標及產業發展藍圖。為了有效管理及推動，成立 Mirae Drone Transportation Office 技術委員會，負責統籌解決 UAM 相關阻礙及挑戰，此組織由產業界、學研界及相關專家組成。

2020 年提出的藍圖初步訂定出發展的 6 項策略，包括修訂安全規範、建立穩固 UAM 生態系、加速 UAM 服務與民眾接受度、建立基礎設施與連結其他交通系統、創造一個公平/永續與健康的產業體系、擴展國際合作與全球標準。綜觀這 6 項策略可以發現韓國非常審慎地針對 UAM 生態系進行規劃及

盤整，有計畫地推動相關應用、建設及規範(圖 2.3-10)。

韓國亦於 2021 年 10 月發布 UAM 運營概念 1.0 版，該文件為探討如何到 2025 年實現城市空中出租車商業化，目標是到 2035 年實現完全自主的 UAM^[1] 運營，並同時發布將為 UAM 發展建立一固定空中走廊。



資料來源：韓國國土交通部^[16]。

圖 2.3-9 UAM Team Korea



資料來源：億航智能。

圖 2.3-10 韓國購買億航 216 於首爾、大邱、濟州進行應用測試

五、新加坡

新加坡積極推動無人機產業發展，透過環境建立、政府計畫支持以及循序漸進的推動方式，造就出新加坡在 Drone Industry Insights 評比之國際無人機準備指數(Drone Readiness Index)中排行第一的成績。

1. 成立專責機構

新加坡民航局及新加坡企業發展局共同於 2019 年 4 月成立 Singapore Unmanned Aircraft System (UAS) Community 簡稱 SG UAS，負責協助支持無人機市場開拓、發展標準及政策推動及提供測試場域(JTC' s Seletar Aerospace Park)。

2. 循序漸進法規推展

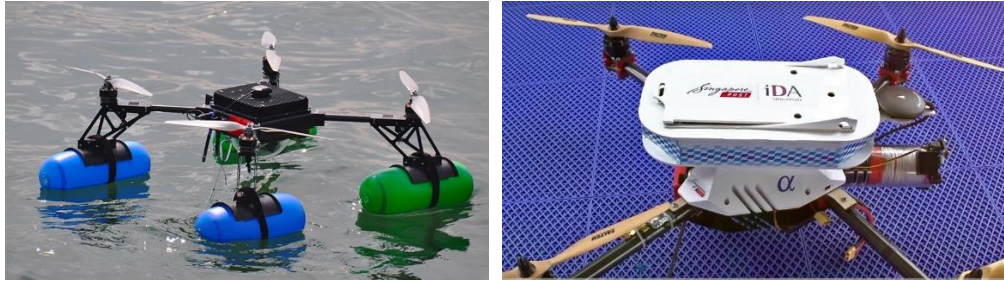
透過新加坡民航局 CAAS 在 2015 年 6 月制定出無人機相關法條開始加強無人機對於公共安全的管制。在 2019 年推出針對無人機管理規範的專章，並於 2020 年 1 月施行，規範類似歐美日(將於 2.3.3 節介紹)：

- (1) 2020 年 1 月 250 公克以上無人機需註冊
- (2) 2021 年 2 月開始，操作 1.5 公斤至 7 公斤無人機需滿 16 歲並進行基礎訓練，商業及 7 公斤以上須取得操作證照
- (3) 操作員許可為 1 年期，CAAS 會依據申請者是否能夠安全執行任務及機型安全性評定核發資格，並公布所有持有者清單供交流。
- (4) 活動許可分為兩種：商業用及娛樂/教育用
 - Class 1: 非娛樂用(25 公斤以內)或教育用(7 公斤以內)活動需申請。
 - Class 2: 25 公斤娛樂用或 7 公斤教育用，或執行超過 60 公尺活動、距機場 5 公里內、在限制、危險、受保護區域內活動。

3. 政府計畫支持

新加坡當局對於無人機應用相當重視，因此許多公務需求任務開始以無人機執行。例如：

- (1) 2016 年新加坡海事及港務管理局與當地業者 Hope Technik 公司合作開發水蜘蛛無人機用於判定油汙洩漏(圖 2.3-11)
- (2) 新加坡民防部隊使用無人機協助打火
- (3) 國家環境局規劃使用無人機尋找蚊蟲滋生處
- (4) 政府研究機構 IDA Labs 協助新加坡郵政打造無人機(圖 2.3-11)



資料來源：Hardwarezone.com；Singapore Post。

圖 2.3-11 無人機油汙洩漏巡檢(左)；無人機物流快遞(右)

4. 政府對於新科技的支持

當世界各國都還在郊區進行載人 UAM 試飛階段，新加坡就已經在市中心進行試飛。透過 2019 年 ITS 世界大會，新加坡政府結合德國公司 Volocopter 以駕駛操縱無人機於新加坡灣進行試飛(圖 2.3-12)。未來也將建設停機坪等初步基礎設施，推動後續發展。此外，新加坡認可歐洲航空安全局 EASA 的安全認證標準，而 Volocopter 在 2019 年底取得 EASA 的設計核可，也使得未來 Volocopter 製造的飛機能更快速的引入新加坡執行服務。

新加坡民航局也和 Airbus 長期合作合作針對 UAM 在城市環境的安全進行相關執行研究，主要為 UTM 相關的技術及解決方案開發，另外也包含社會接受度探討。



資料來源：evtol.com。

圖 2.3-12 Volocopter 無人機飛行於新加坡灣

2.3.2 國外無人機空域管理 UTM

相對於傳統民航空中交通管理 ATM(Air Traffic Management)，無人機隨著數量預計大規模成長，不同應用領域在空域的競爭及與有人機的疊合，未來在空域管制上在安全及效率上需要設計出新的管理規則，無人機空域管理 UTM 便應運而生。此小節針對美國、歐盟等國際上 UTM 發展現況及未來設計進行盤點及呈現。

一、美國

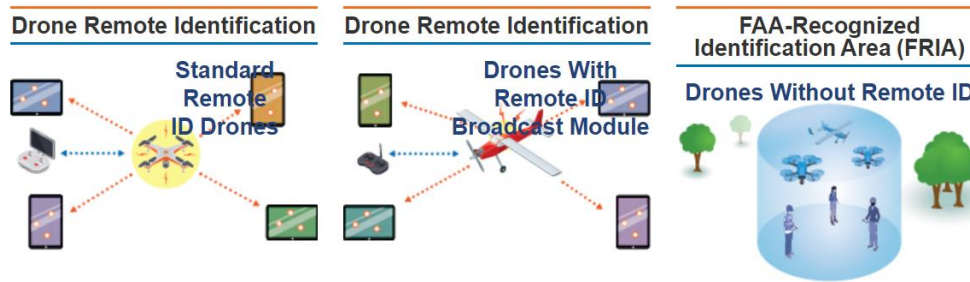
1. 遠端識別 (Remote Identification) 規範

遠端識別技術為推展 UTM 的一項重要指標，傳統有人機透過國際協定，要求機體上裝載廣播式自動相關監視(ADS-B, Automatic dependent surveillance - broadcast) 設備，使得飛行器能夠在全球被辨識及定位。無人機相對應的也需要類似協定去推動無人機識別，因此目前全球皆對於此技術進行相關研究及開發。FAA 首先於 2021 年年初頒布命令規範未來在美國境內運行之無人機將裝載廣播型式(Broadcasting)之遠端識別設備，並要求製造商在 18 個月後完成變更，操作員規範則在 30 個月後實施。未來除在 FAA 認可的空域中免裝設 Remote ID 設備之外，其他地方皆須以內嵌式或外掛式方式裝載(圖 2.3-13)。

針對遠端識別，FAA 要求未來運行無人機需要提供以下資訊：

- (1) 無人機識別碼
- (2) 經度、緯度、高度、速度資訊
- (3) 控制站、控制員位置
- (4) 時間資訊
- (5) 緊急狀況資訊(內建遠端識別無人機須提供)

3 WAYS DRONE PILOTS CAN MEET REMOTE ID RULE



資料來源：FAA。

圖 2.3-13 FAA 對於未來遠端識別之規範

2. 空域整合

FAA 除開展 2.3.1 提及之 IPP 計畫協助空域整合外，亦與 NASA 合作開發未來空域管理系統 NextGen (The Next Generation Air Transportation System) 進行空域管理現代化，改變傳統的飛航空域分配及管理方式，納入非傳統飛行器進行創新評估及設計。此系統預計會大大提升空域的彈性及容量，推升新興無人機之發展。

二、歐盟

歐洲除了各國在無人機的研發不遺餘力外，歐盟開放天空下的空域重新整合及管理更是其著重研究的重點，為無人機發展必須儘速解決的問題。歐洲空中航行安全組織(European Organisation for the Safety of Air Navigation，又名 EUROCONTROL)成立於1960年，為歐洲之跨國組織，負責歐盟成員國及其他簽約夥伴之空中交通管理ATM。無人機之空域整合由其主導，另與歐洲航空安全局(European Aviation Safety Agency，EASA)及歐洲單一天空飛航管理研究 Single European Sky ATM Research (SESAR) Joint Undertaking 提出 U-Space 藍圖，主要研究無人機之運行空域並設計新的管理架構。

U-Space 也初步訂定出四個無人機發展階段，從 U1 到 U4，無人機服務將逐步由偏遠地區往人口稠密區推動，亦將出現更高度自動化的服務。

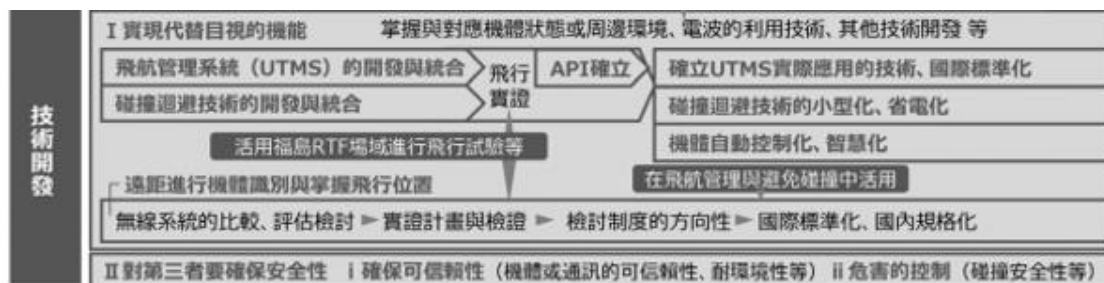


資料來源：歐洲單一天空空管研究計劃 (SESAR) 聯合執行體 (JU) ^[29]。

圖 2.3-14 歐盟 U-Space 發展藍圖

三、日本

前述日本於 2017 提出空中產業革命藍圖，藍圖內納入 UTM 規劃(圖 2.3-15)。由於日本訂定目標欲在 2022 年達到在有人地區進行目視外飛行，因此在配套上必須建立起遠端識別規範及逐步落實 UTM 系統的開發與整合。日本在福島無人機測試場^[15]進行相關技術飛行測試，標準制定上將遵循國際標準並制定國內規格。此外，財團法人 JUTM (Japan Unmanned System Traffic & Radio Management Consortium)在無人機營運安全及空域整合上結合產官學研的能量進行研究，目的在使無人機能夠安全的存在並提供人類服務。

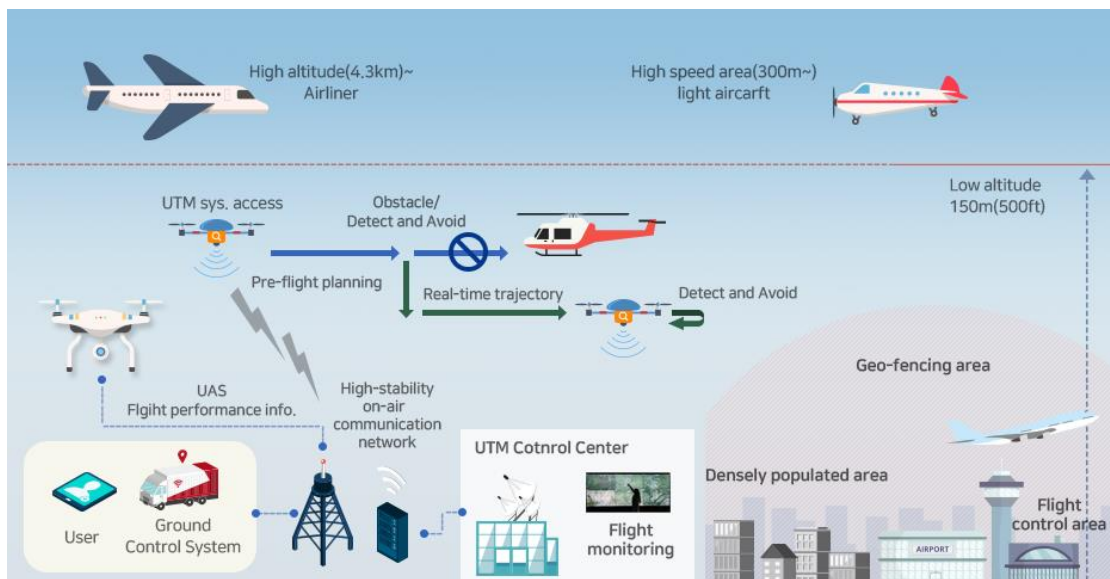


資料來源：洪尉淳 (2020)。日本物流領域無人機應用發展與我國的可能借鏡。中華經濟研究院第二 (國際經濟) 研究所，經濟前瞻，83-90。

圖 2.3-15 日本空中產業革命擷取

四、韓國

為推動 UAM 載人服務，韓國在 UTM 的研究上透過國土交通部經費資助予航空安全技術研究院 KIAST (Korea Institute of Aviation Safety Technology) 推動。一五年期研究計畫於 2017 年展開，針對低空域的 UTM 系統進行研究，三階段的計畫結合了電信公司、資通訊公司、無人機製造商、大學等機構，目的在打造出安全有效的無人機管理。KIAST 規劃之 UTM 概念主要包括在禁飛區(機場、人口稠密區)設立圍籬限制無人機操作；在非禁飛區透過控制中心即時監管無人機運行(圖 2.3-16)。



資料來源：KIAST^[25]，https://www.kiast.or.kr/en/sub06_02.do。

圖 2.3-16 韓國 KIAST 規劃 UTM 概念圖

五、新加坡

新加坡在打造國內無人機發展環境的用心由相關合作計畫可見一斑。2018 年由新加坡民航局主導針對大量超越視距飛行無人機進行 UTM 設計測試，由工程公司 NOVA System 及 UTM 專門顧問 OneSky 共同執行(圖 2.3-17)。計畫成功在 2021 年 3 月執行測試，後續將會繼續與有關當局合作深化技術、發展管理架構、制定操作限制及統一操作標準。此外，新加坡民航局自 2016 年起與空中巴士集團簽署合作 MOU，合作進行 UTM 研究，2020 年更深化為針對初步 UAM 服務進行相關環境整備。



資料來源：OneSky。

圖 2.3-17 新加坡 UTM 計畫 OneSky 建置之管理介面

六、丹麥

丹麥已於 2020 年 6 月宣告建立北歐第一個 U-Space 服務，11 月開始測試 UTM 平台功能，並於 2021 年將開始全國性的建置計畫。UTM 平台由丹麥交通運輸部旗下國有公司 Naviair 主導建置，該公司同時也是丹麥有人機空域導航服務供應者。後續丹麥政府提供 2 千 5 百萬丹麥克朗(約 1 億 1 千萬台幣)給 Naviair 進行相關測試，透過國際級測試級場域 UAS Denmark(圖 2.3-18)、交通部、學校、機場及相關單位共同優化及深化服務範疇。



資料來源：UAS Denmark^[32]，<https://uasdenmark.com/testcenter/>。

圖 2.3-18 丹麥無人機國際測試場

七、以色列

新創公司林立的以色列，在無人機領域也沒有缺席。自 2020 年起，以色列創新機構、交通與道路安全部以及民航局主導推動無人機 UTM 相關計畫，初期以推廣物流的都市空中運輸為目標，終期解決交通壅塞問題及推動大規模 UAM。計畫推動利用解除法規限制，創造出測試場域提供給不同公司進行測試。2021 年 3 月，計畫於開放空域中執行無人機 UTM 管理測試，透過 UTM 控制中心的監控，利用以色列新創軟體公司 Airwayz Drones Ltd. 開發出來的系統，8 架無人機共同起飛成功完成測試(圖 2.3-19)。8 架無人機系統分別屬於不同公司，執行不同任務，其中物流應用載運不同物資包含食品、包裹等，透過情境模擬測試未來可能營運狀況。



資料來源：The Times of Israel^[30]，<https://www.timesofisrael.com/israel-launches-2-year-pilot-preparing-the-sky-for-network-of-delivery-drones/>。

圖 2.3-19 以色列 UTM 示範計畫

2.3.3 國外無人機管理組織及法規

在無人機管理與法規上，國際各國皆在近幾年針對無人機制定專責法規。各國的規定內容大致相似，主要針對無人機及操作員管理，提升使用安全及保護隱私權。下列舉海外三個區域的法律規定。

一、美國聯邦航空總署 FAA

美國主要根據於 2016 年 8 月公布施行的小型無人機規範(聯邦規則彙編 CFR，Title 14，Part 107)規範及管理小型無人機。超過 55 磅的無人機則要依據使用目的依循其他飛行法令。詳細規範如表 2.3-1。

SFAR (Special Federal Aviation Regulation)針對在受到新冠肺炎影響下，因為認證機構無法提供認證，致使操作者無法遵守認證程序而必須操

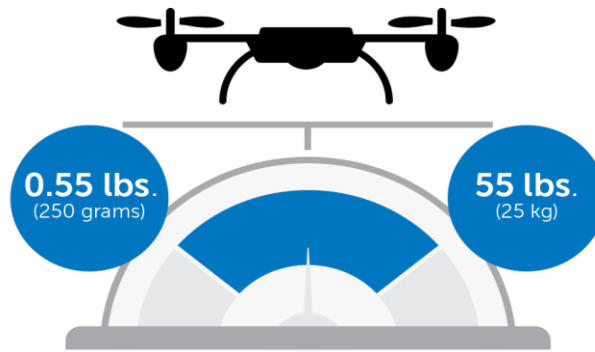
作飛航相關儀器進行作業的法律豁免解釋。其內容亦針對無人機的認證提供有條件的豁免。其中一項為針對依規定須於 2020 年 4 月 1 日至 2020 年 6 月 30 日之間必須重新取得認證之操作員進行認證豁免。另一項為針對線上訓練課程提供六個月無須證照的操作期。

表 2.3-1 美國 FAA 無人機相關規範

無人機機體及操作相關規定	無人機分級	小型無人機（圖 2.3-18）：0.55 磅 ~ 55 磅（約 25 公斤），依據美國法典(U.S. Code)Title 14，Part 107 由 FAA 進行管理。 超過 55 磅之無人機：由美國法典 Title 49，Section 44807 管理，申請核可程序較小型無人機複雜，亦不適用小型無人機之規範。申請須提供無人機之： ■ 設計及操作方式 ■ 操作員之訓練及飛行經驗 ■ 安全措施提供 ■ 明確提出最大飛行速率及高度、最低飛行能見度及與雲最小距離 ■ 需取得主管機構認證(FAA)
	註冊規範	超過 0.55 磅（約 250 克）無人機都需要註冊，小型無人機為三年更新一次，註冊費用為一次一架五美元。註冊會取得序號，必須將序號黏著於機體上。
	速度限制	小型無人機為 100 英里/小時（87 節、約 160 公里/小時）。
	載運物品限制	可載運物品，但總重需小於 55 磅，並且不影響無人機之運行。
	飛行高度限制	小型無人機為離地面高度 400 英尺（約 120 公尺），若超過 400 英尺，須保持在建物 400 英尺內之距離。
	飛行區域限制	在特定空域運行需經過空中管制同意才能運行。
	操作時間限制	必須在日光充足時間運行。日出前 30 分鐘到日出或日落至日落後 30 分鐘尚可操作，但無人機必須配備避免撞擊之輔助照明。

	其他運行限制	須維持在視距(Visual line-of sight, VLOS)內操作，除非經過核可取得豁免。不可運行於非直接參與人的上空。不可運行於非開放空間。必須禮讓其他有優先權之飛行器。能見度大於三英哩始能操作無人機。
	駕駛員分類	FAA 將小型無人機駕駛依用途及使用者分成四類，四類都需要通過同樣的認證，FAA 另外依據分類提供資源： 休閒型使用者或社區型機構 認證的遙控駕駛及商業用途 公共安全及政府 教育類使用者
無人機操作員相關規定	考核機制	操作者須年滿 16 歲，並配有小型無人機遙控飛行員證書，或受配有認證人員之陪同，使能操作小型無人機。 • 能聽、說、寫並了解英文 • 身心理狀況良好 • 通過基礎航空知識考試，主題包含： 小型無人機相關規範、限制跟控制 空域分類及操作要求；影響小型無人機操作之飛行限制 航空天氣來源及對小型無人機表現之影響 小型無人機之乘載及對其影響 緊急程序 研究資源管理 無線電通訊程序 小型無人機效能評定 毒品及酒精對生理之影響 航空決策及判斷 機場運作 維護及操作前檢查程序 證書 2 年效期，失效後必須再次通過知識考試

資料來源：本研究彙整。



資料來源：FAA，<https://faadronezone.faa.gov/#/>。

圖 2.3-20 FAA 規定之小型無人機範圍

二、歐洲航空安全局 EASA

歐盟須通過無人飛行機駕駛檢核才能駕駛無人機，無人機亦須註冊納管。原預計 2020 年 7 月 1 日新的歐洲無人機規定將施行，但由於新冠疫情之影響則推遲施行。在無人機規定規劃的過程，EASA 廣邀各界的意見，針對基本的管理及安全，以最小限制為原則，訂定必須規範。詳細規範如表 2.3-2。

表 2.3-2 歐洲 EASA 無人機相關規範

無人機機體及操作相關規定	無人機分級	C0(Commercial Class 0)：低於 250 公克，符合安全規定。 C1：低於 900 公克，須有電池電量顯示功能，須有應答設備(transponder)提供駕駛員身分資訊、無人機的序號列、及其他飛行相關資訊。 C2：低於 4 公斤，機身上須有燈具協助定位，並配備應答設備、電池電量顯示功能、飛行資訊。 C3：低於 25 公斤，3 公尺寬度限制，必須配有失效安全(failsafe)設備，確保安全落地。配備資料傳輸保護，避免未受授權之干預與操作。並配備應答設備、電池電量顯示功能、飛行資訊、燈光設備。可執行自動控制飛行(autonomous)。 C4：低於 25 公斤，不能執行自動控制飛行，無其他進階設備要求。 操作分級： 開放類型(open category)：250 公克以上至 25 公斤之無人機，或低於 250 公克非玩具配備有感測器可取得個人資料。 特定類型(specific category)：開放類型操作之外的其他操作，如 BVLOS、自動控制飛行、超重、超高。須通過特定營運風險評估(Specific Operations Risk Assessment, SORA)並受主管機構認證才能操作。 認證類型(certified category)：操作較具安全上不確定性須通過認證及核可曾能營運。如無人飛行載具。
	註冊規範	自 2020 年 7 月 1 日起，開放類型無人機都需要註冊。
	速度限制	C0、C1：19 公尺/秒(68.4 公里/小時)。
	載運物品限制	可載運物品，但總重需小於無人機分類總重限制，不可載運危險物品，並且不影響無人機之運行。
	飛行高度限制	開放類型操作限制飛行高度為地面以上 120 公尺。
	飛行區域限制	不能在機場、直升機坪及其他影響公共安全及緊急事件發生處飛行。亦不能飛越具機敏性或受保護之區域，如監獄、軍

		事基地、電廠等。
	操作時間限制	由製造商提供之操作手冊限制為準，夜間操作須有燈光輔助辨位。
	其他運行限制	開放類型操作須維持在視距(Visual line-of sight, VLOS)內操作。不可運行於非直接參與人的上空。必須禮讓其他有優先權之飛行器。
無人機操作員相關規定	歐洲在 2020 年 7 月 1 日以後，無人機操作員(C1~C4)需要註冊並通過線上認證考試。考試詳細內容尚未公布。	

資料來源：本研究彙整^[22]。

三、日本國土交通省

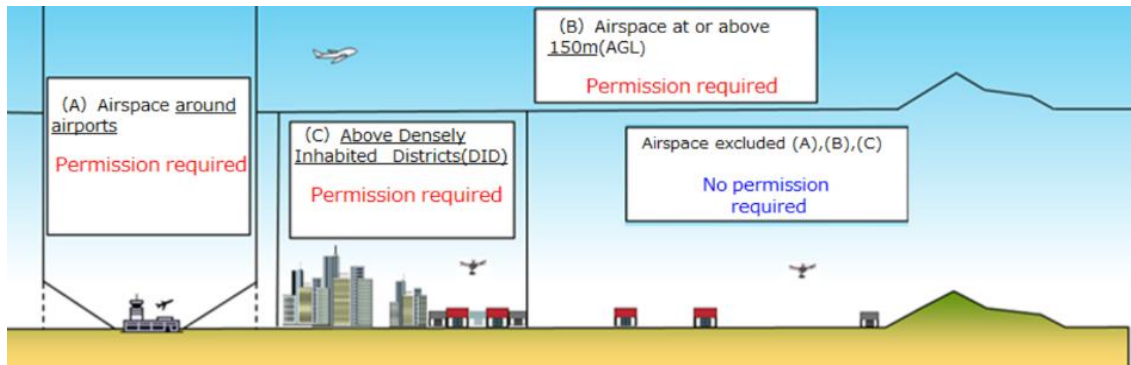
日本自 2015 年施行修改的航空法^[6]，其修訂針對無人機安全及管理進行規定如表 2.3-3。

表 2.3-3 日本國土交通省無人機相關規範

無人機機體及操作相關規定	無人機分級	200 公克以下(包含電池重量)之無人機不需受管制。
	註冊規範	日本政府於 2020 年 1 月召開之國會提出航空法修正法案，自 2021 年度要求流通的無人機必須登記，並爭取從 2022 年度開始把使用無人機的配送等服務推向商用，主要將優先用於醫藥品及生活必需品的配送、守護兒童往返學校及老年人及建築物的建築及檢查等。日本國土交通省和警察廳等相關部門將期召開跨部會會議決定方針，為配合登記義務化，將在 2021 年度之前制定無人機配送等服務商用化所需的規則。

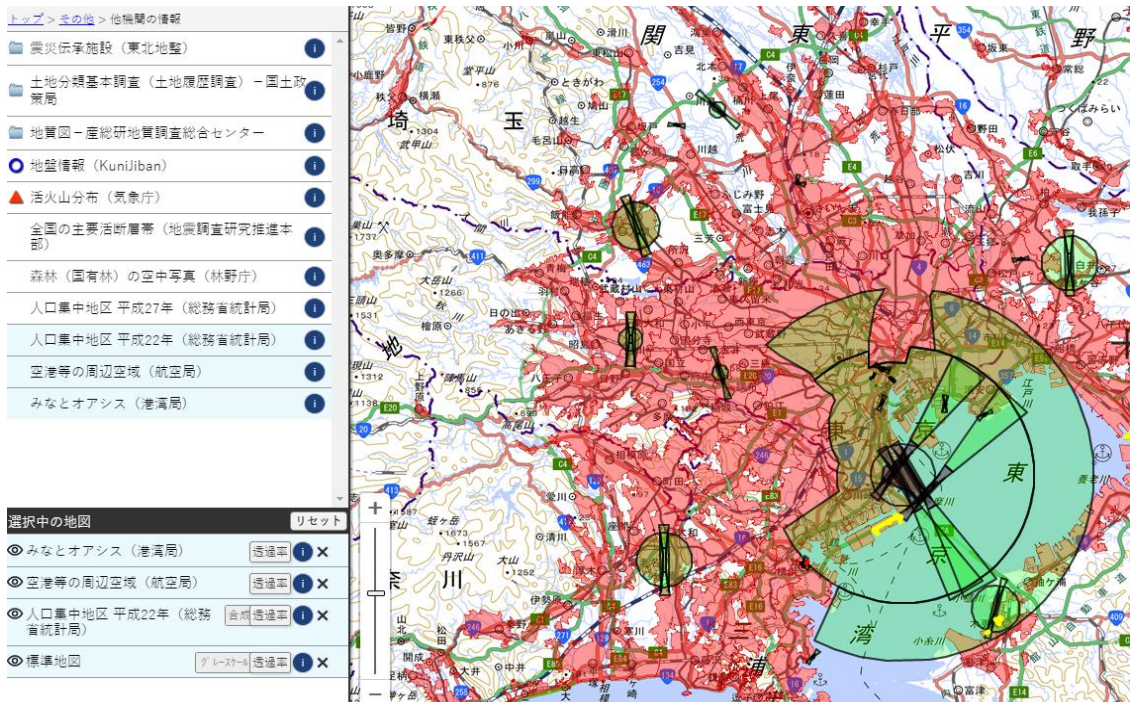
	速度限制	無。
	載運物品限制	禁止搬運有爆炸可能性的危險物，且禁止使用無人機空投物品。
	飛行高度限制	地面算起 150 公尺高度。
	飛行區域限制	機場周邊，包含更寬廣的延伸空中區域、150 公尺以上高空及人口集中區域皆禁止飛行，如圖 2.3-19。且根據地方行政單位條例規定，寺院、神社或公園等特定場所也可能禁止無人機飛行。其他私有地、道路、鐵路上空、神社、觀光景點、外使館、重要國家設施，同樣未經許可全面禁飛，需要向各地點的管理者進行申請。詳細可飛行區域，亦可至日本國土交通省網站查詢，如圖 2.3-20。其中人口集中區域、機場及其周邊延伸空域等皆會以色塊標示。
	操作時間限制	除經國土交通省同意之例外規則外，無人機之飛行必須在日出後日沒前。
	其他運行限制	除經國土交通省同意之例外規則外，需在直接肉眼目視範圍內之監視下飛行，與第三人或他人建築物、車輛等物體應距離 30 公尺以上，並不得在祭拜或假日等人群聚集之場所上空飛行。
無人機操作員相關規定	日本政府擬於 2022 年引入證照制度，在視線範圍外、人口密集區等環境施放無人機，需要證照才能操作。而且證照有年齡和時效限制，需要進行考核，證照續期也要再考。而且當操作人員違反無人機法例時，除了面臨罰則，其證照也會被取消，同時亦不獲續訂。	

資料來源：本研究彙整。



資料來源：日本國土交通省，https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html。

圖 2.3-21 日本飛行空域示意圖



資料來源：日本國土交通省，https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html。

圖 2.3-22 日本飛行空域查詢系統

2.3.4 國內無人機政策與法規

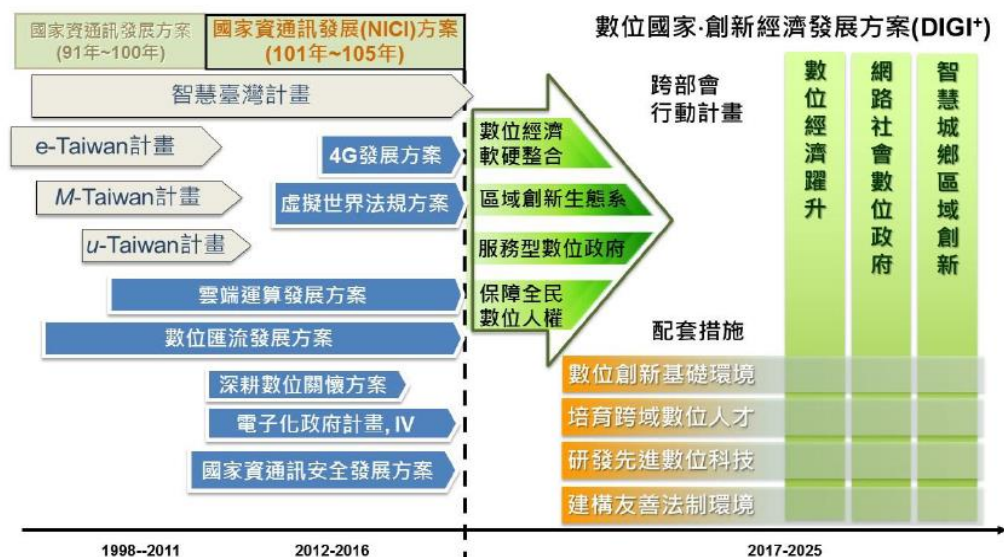
政府為刺激無人載具科技及人工智慧結合發展，制定無人載具科技創新實驗條例，提供完善且安全之創新實驗環境，以促進產業技術及創新服務之發展。經濟部航太產業發展推動小組提供無人飛機產業輔導與商機評估服務；科技部前瞻及應用科技司舉辦無人機競賽，促進產學投入研究；交通部亦發起多項計畫邀集民間參與，如自民國 107 年開始辦理之偏鄉無人機物流測試計畫。此外，國內亦有許多上位計畫與方案，整合各種技術協助與產業，有助於無人機產業的發展。

一、政策

1. 數位國家·創新經濟發展方案(2017-2025 年)^[7]

行政院自 2017 年推動的數位國家·創新經濟發展方案又稱「DIGI+方案」，旨在推動臺灣成為智慧國家。其內容包括建構有利數位創新之基礎環境，包含 5G 及物聯網(Internet of things, IoT)等的基礎設施建設，這些項目的發展對於無人機之通訊控制有很大的助益，對於超越視距 BVLOS 之操控可以減少延遲，對許多商業及國防執行精細作業有很大的幫助。

此方案一共規劃 7 個主軸行動計畫，如圖 2.3-23 所示，其中一主軸為「研發先進數位科技」。在此主軸中的其中一項推動策略為「推動無人載具創新技術研發、創新應用系統平臺研發及航遙監測圖資獲取技術」，藉由跨領域整合型人才培育、強化關鍵零組件與系統整合等技術開發、以場域實證來驗證系統技術與應用模式之可行性，並制定或檢討相關法規等來推動之。



資料來源：行政院，數位國家·創新經濟發展方案(2017-2025 年)。

圖 2.3-23 DIGI+方案 7 個主軸行動計畫

2. 5+2 產業創新計畫

由行政院提出之 5+2 產業創新計畫包括「智慧機械」、「亞洲·矽谷」、「綠能科技」、「生醫產業」、「國防產業」、「新農業」及「循環經濟」等七項產業計畫。

(1) 亞洲・矽谷

由國家發展委員會負責之「亞洲・矽谷」方案，期許透過法規鬆綁、人才培育及扶植在地新創等方式，以創新創業驅動經濟成長；並善用臺灣優勢，深化國內外鏈結，以物聯網產業促進產業轉型升級。其兩大主要目標為推動物聯網產業發展及健全創新創業生態系。推動方案包含協助建置創新實驗場域、鏈結國外能量、培育人才、投資新創研究、完備創新法規，如在智慧物聯方面，應因應無人機與無人車等交通工具調適相關法規。

(2) 新農業

由農業委員會負責之「新農業」方案，則是以新科技彌補勞動力流失，並降低生產成本、增加產能，並且利用科技與設備討入精準作業流程以減少人力需求。

(3) 國防產業

「國防產業」則是透過國防產業發展條例支持及升級，往國防科技自主方向前進。並運用國防需求，結合產業力量建立完整設計、製造、組裝及關鍵技術等自主能量，建構軍機與船艦自主供應鏈，並拓展應用至民用市場。

以上三個方案皆與無人機的研發與應用息息相關，從上游的關鍵零組研發與中游系統系統整合至下游產業應用，皆可利用以上方案之推動能量。

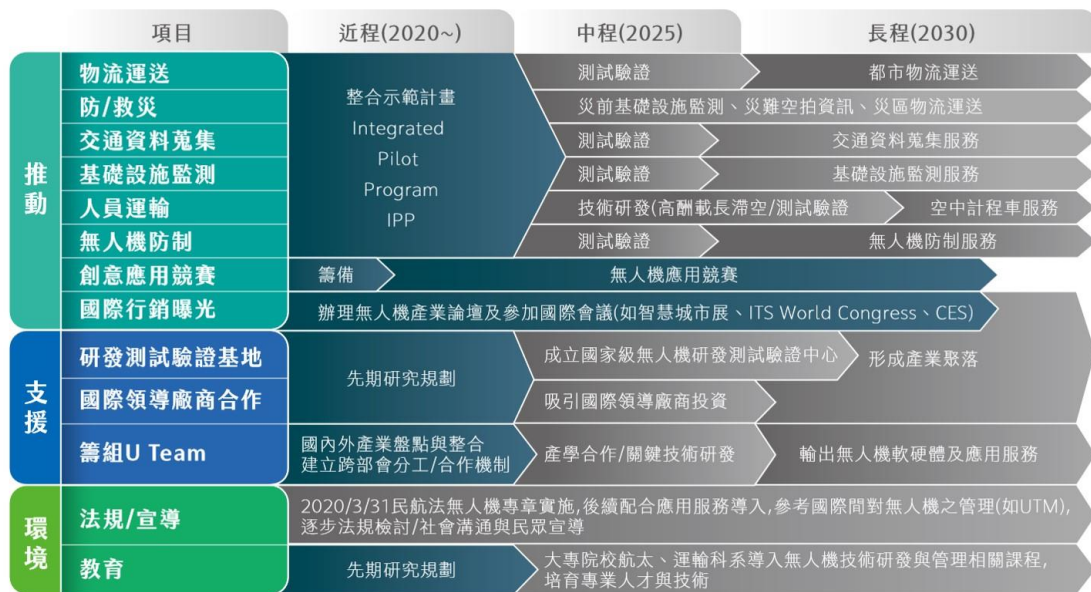
3. 2020 交通科技產業政策白皮書

交通部頒布 2020 年交通科技產業政策白皮書^[8]，其中專章探討無人機科技產業政策。內容主要敘述未來發展願景、重要議題、發展策略、及提出行動方案。

(1) 未來發展願景

在未來發展願景中，白皮書提到了無人機產業由於應用領域大幅擴張，近年全球產值高速提升。臺灣在這波浪潮中，由於國內市場較小，應走向國際。並預估 2030 年國內無人機產值將可達新臺幣 394 億元，並創造 9,000 個就業機會。為掌握此機會，交通部將結合經濟部、科技部等，輔導民間無人機相關產業成立 U-Team、規劃推動無人機整合示範計畫 IPP 並與國際廠商接軌交流等。並且規劃臺灣無人機在交通

領域發展之 Roadmap，如圖 2.3-24 所示。在推動項目中，近程先推動上述 IPP，並在中程階段 2025 年開始測試驗證各種應用，包括物流運送、交通資訊蒐集、基礎設施監測，甚至是高酬載且長滯空之空中計程車服務，並預計在長程 2030 年開始推動以上服務。除了產業應用的規劃之外，亦同時發展其背後所需之能量，包含測試驗證基地、檢討法規，以及配合大專院校培育專業人才與技術等。



資料來源：交通部（2020），2020 交通科技產業政策白皮書。

圖 2.3-24 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖

(2) 重要議題

重要議題主要為由於目前國內對無人機之應用需求尚未明確，因此造成部分廠商技術發展無所依循；且因現階段國內無人機市場規模不大，因此應與國際接軌並強化行銷輸出；最後亦需持續檢討管理方式與人才培育，才能有足夠的能量支持國內無人機產業發展。重要議題可總結為以下三點：

- 緊密結合國內無人機之應用需求與廠商技術發展
- 強化國際合作與國內產業發展環境
- 加速國內相關管理制度訂定及人才培訓作業

(3) 八點發展策略方針：

- 推動無人機整合示範計畫擴展無人機應用
- 跨部會合辦「無人機創意應用競賽」

- 籌組我國 U-Team
- 強化國際行銷
- 成立國家級無人機研發測試驗證中心
- 吸引國際領導廠商投資
- 健全無人機相關法規與管理及社會溝通與民眾宣導
- 培育無人機研發及管理人才

(4) 行動方案

行動方案方面，短期參考美國 FAA，制定無人機整合示範計畫。邀集國內外產官學研參與先期規劃及技術發展，將經驗帶至中長期一方面扶植國內軟硬體服務產業發展，另一方面爭取國際廠商來臺投資。另結合交通部、經濟部及科技部之能量，成立國家級無人機研發測試驗證中心，推動無人機飛行場域。在人才培育上，先期評估技術研發及管理能量缺口、適合導入的課程，中長期協請教育部於大專院校推動相關院系及課程開辦。

4. 無人載具科技創新實驗條例

為推動國內無人載具之研發與應用，於民國 107 年年底公布無人載具科技創新實驗條例，主管機關為經濟部。無人載具主要範疇包含無人車、無人機及無人船，由於科技的創新，法規上需要突破才能允許相關研發測試及實作，因此導入監理沙盒之概念，在推動具創新性服務時亦能確保安全。

因應於法規，經濟部於 108 年年底推動「無人載具科技創新實驗計畫」並成立辦公室協助推廣。成果方面，無人車目前已核准於臺北、新北、桃園、新竹、臺中、彰化、臺南、高雄等地進行測試；無人船則在高雄愛河有實驗計畫，總共核定 9 案上路實驗，帶動投資約新台幣 3.5 億元，目前僅無人機尚無相關計畫執行。

由於民航法無人機專章於民國 109 年 3 月底公布，無人機的一般操作均能透過民航局申請程序進行操作限制排除，使得無人機多數操作於沙盒的申請沒有法規排除的必要。然近期經濟部已與民航局達成共識，無人機可透過全自動飛行進行沙盒實驗申請，透過排除法規上操作員的要求限制執行計畫，目前已有廠商申請核可中。

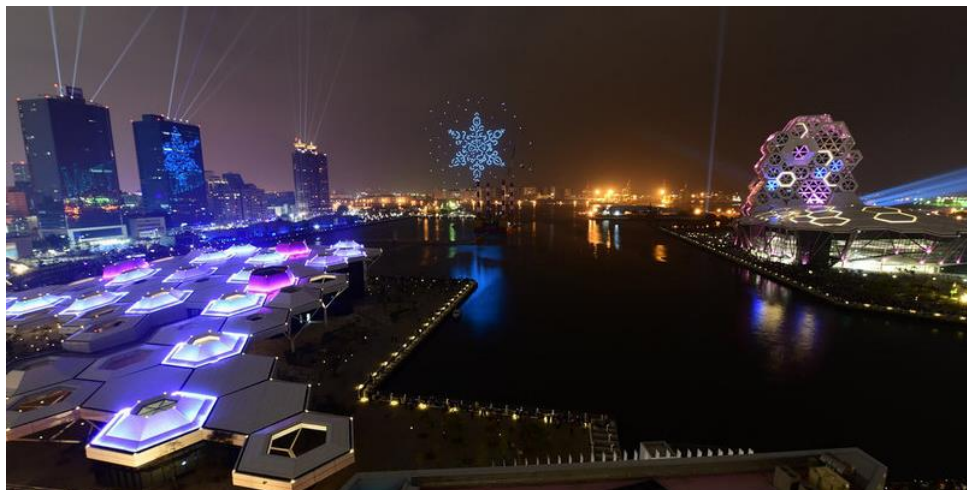
5. 地方政府推動計畫(嘉義無人機產業園區、亞洲新灣區、5G AIOT)

(1) 嘉義縣「無人機 AI 創新應用研發中心」與「民雄航太園區」

因應無人機的蓬勃發展，國際上技術領先國如美國、日本針對無人機的技術開發透過場域的提供，建立良好的研發測試環境。臺灣亦在嘉義縣規劃出無人機產業發展園區，預計將提供飛行測試場域及研發設計、生產空間。「無人機 AI 創新應用研發中心」位於朴子市原台體大太保校區，此園區由嘉義縣推動設立，民國 110 年 1 月 8 家廠商共同簽署合作意向書未來落成後將落腳於此。「民雄航太園區」將由中山科學研究院成立，利用嘉義縣多元的地理環境，發展國際級「無人機測試驗證場域」，除推動國機國造及產業聚落外，亦期許吸引國外投資。

(2) 高雄市亞洲新灣區

高雄市政府於亞洲新灣區持續投資、招商(圖 2.3-25)，並於民國 109 年年底成立「5G AIoT 國際大聯盟」，結合國際大廠微軟、思科、亞馬遜旗下雲端服務商 AWS 及國內電信龍頭中華電信、遠傳等共同在亞洲新灣區打造全台最完整的 5G AIoT 驗證與示範場域。隨著「亞洲新灣區 5G AIoT 創新園區」如火如荼地推動，中華電信投入軟硬體建設，園區初期將打造智慧製造、AR 及 VR 應用、無人機巡檢、物流運送、智慧交通、健康管理與照護、智慧路燈及環境偵測等 7 大項 5G 垂直應用實證場域。



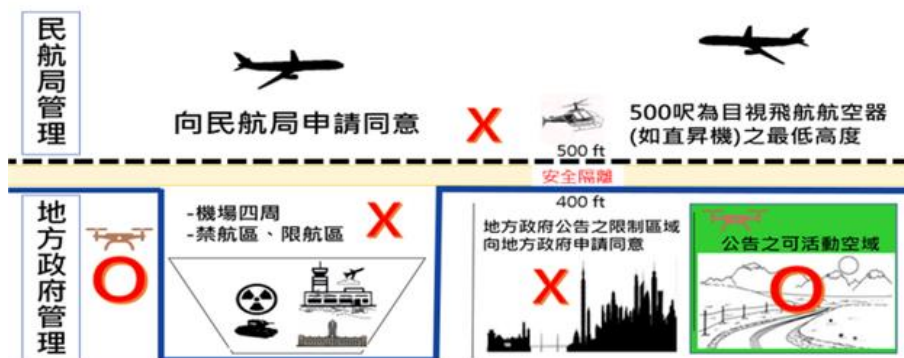
資料來源：中央通訊社，<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202012240374.aspx>。

圖 2.3-25 亞洲新灣區及無人機表演

二、民航法遙控無人機專章

遙控無人機專章修正草案^[9]已於民國 107 年 4 月 3 日經立法院三讀通過、民國 107 年 4 月 25 日經總統公布。行政院已於民國 108 年 6 月 10 日核定「民用航空法」第 99 條之 9 至第 99 條之 19 及第 118 條之 1 至第 118 條之 3，自民國 109 年 3 月 31 日施行。其中新增名詞定義及就原本條文新增無人機項目、亦新增無人機專設條文，內容包含限制無人機使用場域、操作限制、人員管理包括明列使用規範及合格駕駛條件、器材管理以及懲處方式等。機體、操作員及操作規定，民航局依循國際上無人機發展先進組織如 FAA 及 EASA 的規範，未來也會跟隨最新規定與時俱進，確保臺灣與國際規範接軌，穩定國內產業發展。

無人機新法上路後，400 呎以下空域由地方政府管理。機場四周、禁航區、限航區內不能飛行無人機；地方政府公告之限制區域要向地方政府申請同意，如圖 2.3-26 所示。交通部民用航空局亦有無人機活動區域範圍查詢系統，民眾可使用查詢各縣市的可飛行範圍、禁飛範圍、限制使用範圍等詳細資訊，如圖 2.3-27 所示。空域於法規施行初期每三個月更新一次，待穩定後每半年更新一次。



資料來源：交通部民用航空局。

圖 2.3-26 無人機使用場域與其管理單位



資料來源：交通部民用航空局，<https://drone.caa.gov.tw/Default/AreaModal>。

圖 2.3-27 無人機活動區域範圍查詢系統

自民國 109 年 3 月 31 日遙控無人機管理規則生效以來至 9 月 24 日，民航局針對民間辦理無人機飛航申請統計相關應用共計 1181 件，其中空拍占比為八成以上，監測約占一成，其餘一成為其他用途，如圖 2.2-18 所示。

其他詳細無人機相關規定與無人機操作員相關規定如下表 2.3-4 所示。

表 2.3-4 臺灣無人機專章相關規範

無人機機體及操作相關規定	無人機分級	根據最大起飛重量，可分為以下五種級別，並有相對應之規範，如表 2.3-5。
	是否需註冊	自然人所擁有的無人機起飛重量在 250 公克以上，以及政府機關(構)、學校或法人所有的無人機，都需要至民航局網站註冊。
	速度限制	無。
	載運物品限制	不得裝載依民用航空法第四十三條第三項公告之危險物品。不得投擲或噴灑物件。
	飛行高度限制	自然人、政府機關（構）、學校或法人可在 400 英尺以下地方政府公告可活動空域操作。 政府機關（構）、學校或法人應經能力審查後，向民航局申請 400 呎（自地表算起的高度，非海拔高度）以上飛航操作限制之排除，並經核准，於每次飛航前向民航局申請同意後才能從事飛航活動。 不得於民航局所劃定公告之禁、限航區、航空站或飛行場四周之一定距離範圍內從事遙控無人機飛航活動。
	操作時間限制	不得於日落後至日出前之時間飛航。
	其他運行限制	在目視範圍內操作，不得以除矯正鏡片外之任何工具延伸飛航作業距離，且不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。

表 2.3-4 臺灣無人機專章相關規範(續 1)

無人機操作員相關規定	遙控無人機於飛航活動期間，操作人有二人以上者，應於飛航活動前指定一人為決定權人，未指定前不得從事飛航活動。 政府機關（構）、學校或法人所有之遙控無人機；自然人所有之最大起飛重量 2 公斤以上未達 15 公斤且裝置導航設備之遙控無人機；自然人所有之最大起飛重量 15 公斤以上之遙控無人機，皆需持有無人機操作證。 自然人操作重量大於 2 公斤以上未達 15 公斤無裝置導航設備之無人機，屬於休閒娛樂性質（航空模型），操作時不需持有操作證。 自然人所有之遙控無人機最大起飛重量未滿 250 克者不需註冊，其操作人不需持有操作證， 操作證分類： 學習操作證：申請者應年滿 16 歲，經申請後，由民航局發給。 普通操作證：申請者應年滿 18 歲，經學科測驗合格後，由民航局發給。 專業操作證：申請者應年滿 18 歲並符合相關經歷規定後，經體格檢查及學、術科測驗合格後，由民航局發給。
------------	---

資料來源：本研究彙整。

表 2.3-5 不同重量遙控無人機之管理內容

	250g 以下	250g - 2kg	2kg - 15kg	15kg - 25kg	25kg 以上
註冊	✓*	✓	✓	✓	✓
一般操作操作證			✓**	✓***	✓
從事法人業務操作證	✓	✓	✓	✓	✓
檢驗					✓**

註*：政府機關（構）、學校或法人所有者，無論重量均需註冊。

註**：裝置導航設備者。

註*** 未裝置導航設備者。

資料來源：本研究彙整。

若違反相關規定，其罰則如圖 2.3-29 所示。相關罰則包括在非合法領域飛行無人機、操作員未領有操作證、無人機未合法註冊等。



資料來源：交通部民用航空局。

圖 2.3-28 無人機違規相關罰則

2.4 小結

透過無人機技術發展概況了解無人機應用領域及使用方式，可以發現全球無人機應用已經十分廣泛，部分應用也已經成熟；經由全球無人機產值現況資料及推估了解無人機產業發展趨勢，可以發現市場對於無人機未來的發展力度及潛力相當看好；最後透過各國無人機相關政策及法規制定探討，許多國家對於無人機產業的重視程度已相當高，彙整本章重點摘要如下：

一、技術發展概況

1. 基礎技術

- (1) 無人機機型主要有三種型態：旋翼型、固定翼型、混合翼型，不同應用依據各機型選用。
- (2) 無人機能源形式主要有：燃油、複合能源、鋰電池、燃料電池、太陽能電池，燃油能量密度最高，接續為氫燃料電池及鋰電池。現今之無人機多選用鋰電池為能源，主要原因包含穩定、便宜及低汙染。
- (3) 控制為區分無人機與航空模型最重要的項目，無人機載控制元件主要包含飛控電腦、通訊系統、定位系統、氣壓計等。

2. 常見應用技術

- (1) 感測應用技術最常裝載的儀器有三種：光學攝相機、光學雷達、攝像儀，不同應用依據使用情境選用不同儀器。
- (2) 控制應用技術主要為超越視距飛行技術(BVLOS)及電動垂直起降技術(eVTOL)。超越視距飛行在無人機自動化運行為非常重要的技術，需

透過不同感測元件、即時定位及即時通訊協助飛行及達成任務。電動垂直起降技術則是在發展 UAM 的載人或載物應用時關鍵的技術。

二、產業發展現況與趨勢

1. 國內外應用現況及趨勢

無人機應用用途主要可區分為消費型、商用型及軍用型，本研究僅針對應用最多元且潛力最強的商用型無人機作探討。

- (1) 產業應用領域主要可以區分為 14 項，其中占比最大 5 項為：能源、公共行政、農業、專業、科學和技術服務、運輸與倉儲。
- (2) 無人機使用方式主要有 10 項，占比最大前 3 項為：巡檢與保養、製圖、監測、調查、定位與偵測。
- (3) 交通應用漸趨重要，主要由 UAM 載貨、載人應用推動。UAM 為無人機新興領域，未來在技術進展及規範鬆綁後將成為發展趨勢。
- (4) 國內無人機應用主要在空拍、公共行政及農噴。其中公共行政包含測繪、巡檢、物流等。

2. 國際無人機市場產值預估

- (1) 金融投顧機構及市場調查諮詢單位皆已開始對無人機進行市值預估，PwC 預估將超過 1,273 億美元、Drone Industry Insights 預估 2025 年將超過 430 億美元。
- (2) 全球六大洲於無人機產值預估皆將上升，其中亞洲市場為最大且成長最快的市場，預估將由 2020 年之 86.2 億美元成長至 2025 年的 170 億美元的市值。
- (3) 交通領域產值在各大產值預估中皆名列前茅。
- (4) 儘管遭遇新冠肺炎衝擊，無人機產業在 2020 年市場需求降低，但多數無人機業者對於未來產業及自動化需求皆持正面態度。

三、相關政策與法規

1. 國外無人機產業規劃與管理

- (1) 美國民間產業交流多，國家推動方式係以強化技術及管理為目標於各地進行相關測試實驗計畫。
- (2) 歐洲多國努力發展無人機產業，如德國注重產官學合作。歐盟則是針對空域整合進行研擬及測試，U-Space 的藍圖已經提出。

- (3) 日本政府支持多元計畫、強調安全。對於無人機開設不同應用計畫以促進產業發展，另外透過相關協會推動無人機相關業務與建立產官學研溝通橋樑。
- (4) 韓國政府以國家之力扶持產業、並積極融入國際標準。積極與 40 家公司、學研機構、國家機關共同簽署合作備忘錄，成立 UAM Team Korea，確立期間各種指標及產業發展藍圖，且由產學研界組成 Mirae Drone Transportation Office 技術委員會，負責統籌解決 UAM 相關阻礙及挑戰。
- (5) 新加坡積極建立發展環境、吸引外商進入發展。透過成立專責機構管理無人機相關事務，政府亦透過計畫及歡迎態度接納無人機創新技術。法規採用循序漸進方式推動，對於產業影響降至最低。

2. 國外無人機空域管理 UTM

- (1) 美國訂定出無人機遠端識別規範，並要求業者及操作者在未來必須裝設。透過 IPP 推動 UTM 相關技術成熟。
- (2) 歐盟在空域整合提出 U-Space 概念，透過階段性 U1 到 U4 逐步將空域從郊區往市區進行整合。
- (3) 日本在空中產業革命藍圖中列出 UTM 的階段性執行目標，透過 JUTM 整合產官學研能量進行相關研究。
- (4) 韓國透過航空安全技術研究院 KIAST 執行政府 UTM 研究計畫。
- (5) 新加坡針對大規模無人機共同運行及 UAM 兩應用情境由民航局主導與國際大廠進行 UTM 研發測試，並逐步深化。
- (6) 丹麥透過國際級測試場域執行 UTM 相關測試計畫。
- (7) 以色列透過情境模擬針對物流進行 UTM 測試及架構建置。

3. 國外無人機管理組織及法規

- (1) 美國主管機關為 FAA；歐洲各國透過 EASA 制定共同標準；日本由國土交通省負責法規制定及管理。
- (2) 各國法規關於機體註冊、操作員認證、操作規範等標準皆一致。

4. 國內無人機政策與法規

- (1) 臺灣有許多對於科技產業發展的輔助方案，然而目前針對於無人機產業進行輔助的方案還沒有提出。

- (2) 交通部對於無人機產業發展訂定出發展藍圖，並透過專案持續更新修訂。另也透過整合示範實驗計畫及創意應用競賽推廣獎助無人機應用。
- (3) 近期經濟部已與民航局達成共識，無人機可透過全自動飛行進行沙盒實驗申請，透過排除法規上操作員的要求限制執行計畫，目前已有廠商申請核可中。
- (4) 部分地方政府積極推動相關建設，包含嘉義「無人機 AI 創新應用研發中心」與「民雄航太園區」、高雄市亞洲新灣區相關建設等。
- (5) 法規部分，民航局為無人機專章之管理修訂單位，在規範上依循無人機先進國家如美國及歐盟之規定，未來也將依國際發展方向趨勢檢討國內相關規定。
- (6) 無人機資安問題已漸為各國重視，小自使用者私自竄改程式「取消禁飛區和高度限制」影響社會安全；大至駭客入侵駭取系統「妨礙執法」、「盜取貨物」、「群飛攻擊」等造成國安危害，未來無人機資訊安全需重視，並由相關資訊軟體安全規範、無人機 ID 識別與查證、專用通訊協定及資料傳輸加解密機制進行防範。

第三章 我國無人機關鍵技術分析與產業能量盤點

3.1 國內產業能量盤點

無人機產業鏈從上游至下游分工精細，加上無人機產業為服務導向之服務，各供應環節交流緊密，系統整合廠商負責擔任中間之溝通整合橋梁。

於 2.2 節探討無人機目前主要執行的應用服務狀況及未來趨勢，這些應用服務影響著無人機產業鏈發展。市場必須要有應用服務需求或潛力去推動產業鏈的發展。圖 3.1-1 為本研究整理之無人機產品開發流程，由應用服務推動，技術開發 → 零組件製造 → 零組件認證 → 系統整合 → 整機檢驗，這個流程最後滿足應用服務需求。



資料來源：本研究彙整。

圖 3.1-1 無人機產品開發流程

3.1.1 無人機開發流程分析

無人機技術開發係針對應用服務需求進行，本節將藉由第二章所述無人機應用領域及用途進行技術開發分析探討。

一、技術開發

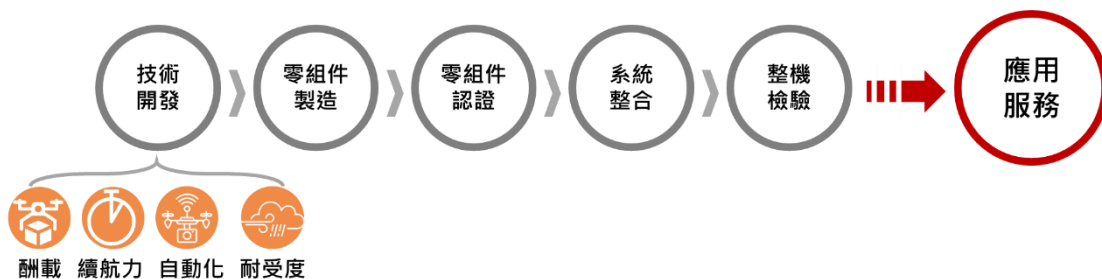
無人機技術開發是透過應用項目而帶動研發需求，本研究列舉 4 項無人機應用項目如表 3.1-1 所示，顯示技術開發上即使在不同領域執行不同任務，但所需要的技術相近，不同處為針對不同領域用途有不同的研發目標。

因此，本研究歸納並列舉幾項主要技術開發項目，以說明技術開發於產品開發流程中之內涵，說明如下：

表 3.1-1 無人機各領域技術開發項目整理

領域+使用方式	無人機應用執行活動	技術開發
能源+巡檢	● 錄影攝像 ● 多角度、長時巡航	● 續航力 ● 機體穩定性 ● 酬載 ● 自動化影像辨識 ● 飛行自動化
農業+噴灑	● 精準噴灑農藥或播種 ● 大面積作業	● 酬載 ● 續航力 ● 遙控技術 ● 機體穩定性 ● 飛行自動化
運輸+載物	● 載運包裹 ● 範圍內多點配送	● 酬載 ● 續航力 ● 機體穩定性 ● 遙控技術 ● 飛行自動化
運輸+載人	● 城內或城際運輸 ● 範圍內多點配送	● 安全性 ● 酬載 ● 續航力 ● 飛行自動化 ● 噪音控制

資料來源：本研究彙整。



1. 酬載

酬載為無人機應用最重要的技術發展之一，可以分為主動式酬載(Active Payload)與被動式酬載(Passive Payload)。主動式酬載主要為提供無人機進行任務需求之感測器，依據實際應用需求裝設，主要可能有光學相機、熱像儀、多光譜相機、光達、粒子傳感器等。而被動式籌載主要為貨品，

貨品就包羅萬象，從物流的包裹、醫療物資、到緊急救護的救生圈、滅火土，再到農業用的播種、農藥，以及餐飲零售業的食物糖果等。酬載的強弱主要影響因子為機體及動力設計，如何讓機體平穩運行且載運重物，而其營運速度如何提升，這些問題都需要經過精密的計算及設計。

2. 續航力(Endurance)

續航力代表了無人機能夠執行任務的範圍及時間，主要以能源、動力、機型影響最大，此外飛行控制對於機體姿態調整以及速度表現也影響著續航力。由於目前鋰電池的限制，無人機在飛行的滯空性表現還有很大的突破空間。以電池推動的多軸旋翼型無人機目前在各種級距的滯空性表現，都還難以突破一小時的限制。未來無人機在走向全自動化及超越視距飛行的前提，續航力的阻礙需要決定性的突破。

3. 飛行自動化(Automation)

飛行自動化為無人機趨勢，若技術成熟，可在工作上減少人力管控，而達成的主要關鍵為飛行控制及通訊。從出發→執行任務→返航充/換電→再次出發，飛行控制及通訊必須及時精確才能達成完整運作。飛行控制器可視為無人機大腦，負責接收資訊並協調各組件進行和諧穩定的飛行及執行精確任務。而通訊則是確保無人機準確且即時地接收及反應命令，必要時回傳資料給中心，中心亦能同時監控多架無人機飛行。

4. 環境及天氣耐受度(Resilience)

無人機在依據執行任務規劃設計時，周遭環境狀況可以左右機型設計。雨天天氣對於無人機影響大，尤其是旋翼型無人機，定翼型目前大型無人機如 Zipline 公司的送貨無人機可以在雨天飛行，一般無人機廠商通常不建議於雨天操作。

強風則是對輕型無人機具有破壞性，盛行區需選定適合機型設計，機體材料也必須使用較強素材打造。而除了載具外，飛行控制機制設計對於飛機在不穩定天候的控制也相當重要，例如強風來襲時，如何立即辨認並調整姿態對飛機安全性相當重要。

二、關鍵零組件

訂定了技術發展方向並設計好相對應零組件，接下來就是零組件製造。因應前述列舉之主要技術開發項目，對應之關鍵零組件進行說明，如為達到高酬載、高續航、自動飛行以及高環境耐受度的設計，載具、動力、飛控、能源為本研究透過資料蒐集及訪談整理出的無人機關鍵零組件。



1. 載具

(1) 機型選定與製造

臺灣國內在機型設計上由於做航空模型的能量累積，在直升機型的設計製造能力強，在農業植保機應用相當多。定翼型無人機臺灣的應用多在大面積的繪圖或調查應用，因此多設計為中小型無人機。多軸旋翼型則由於設計相對簡單，大專院校相關系所在研製上多以多軸旋翼型入門，新創公司也大多會從技術門檻較低的多軸旋翼型進行產品開發。混合翼型較少見，主要為研究單位為特殊任務設計委託民間製造。

(2) 機體設計與材料

在決定出機型後，機體設計針對預計服務項目進行重量及結構設計。透過模擬軟體測試不同機體設計，包括配重、空氣力學對機體的穩定性影響，並可納入不同酬載、天候因素，去推估設計出來的無人機續航力、穩定性及環境耐受度。模擬能夠針對不同參數去推估無人機運作，甚至可以透過模擬進行飛行自動化環境建立及評估，預演整個飛行流程，確保實際操作萬無一失。

機體材料主要包含塑膠、鋁及複合材料。塑膠輕量但結構強度較弱；鋁結構強度強但重量重；而複合材料具備輕量、結構強及抗腐蝕之特性，商業用無人機大多選用此材料設計。常見的複合材料包含碳纖維、玻璃纖維、硼纖維及紡綸纖維等，製造材料的公司多為傳統航太工業相關廠商。

2. 動力

電池動力主要包含的元件有螺旋槳、馬達及電子變速器(Electronic Speed Controller, ESC)，三者之間互動精確，在配置上需針對欲達到的效能在穩定性及安全性上進行測試。由於市場規模關係，臺灣在這三者製造上尚維持以航空模型為主的生產方向，因此產品都較小，無法直接提供給重量較重的無人機使用。加上無人機較航模精細許多，機身搭載許多設備，原

本的航模搭配經驗都需要重新研究，才能確保品質安全穩定。目前臺灣的無人機學研單位或系統整合公司，在動力元件選用上由於價格關係及規格關係，多選用國外產品。

3. 飛行控制

飛控設計主要依據機型設計開發，臺灣具備所有機型的飛控設計能力。

(1) 多軸旋翼型

由於運作較簡單，市面上有許多開源(Open Source)飛控軟體及飛控電腦可以直接對無人機進行初步設定。針對較精細的控制調校，廠商會以改寫原有程式碼方式符合實際應用需求或自主開發飛行控制系統。

(2) 直升機型

跟多軸旋翼型的不同在於可變螺距的機構，可以針對風向變動進行螺旋槳扇葉角度的調整，執行更精細的姿態變化，然而設計相對的也會困難許多。臺灣由於航模的產業發展歷史，在直升機行飛控有很深的研究基礎，因此具備相關飛控系統研發實力。

(3) 定翼型

定翼型飛控原理與民航機相近，起飛、降落的控制以及飛行過程中的側風、落山風等，都是飛控設計的挑戰。

(4) 混合翼型

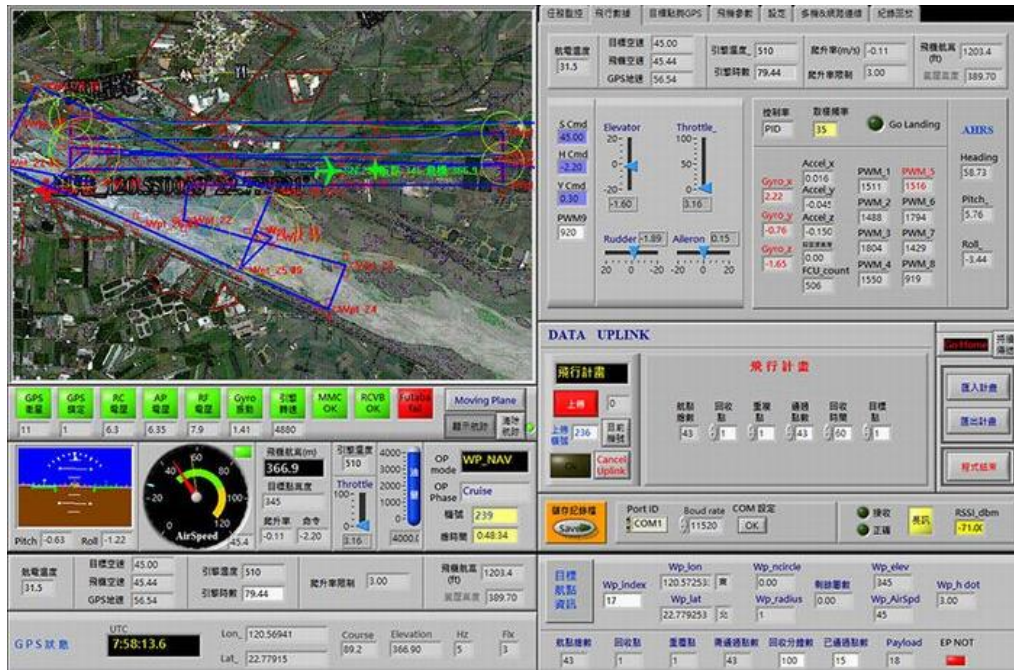
混合翼型的飛控設計困難在旋翼定翼切換的飛控設計，由多旋翼模式轉變為定翼模式中間如何確保無人機的穩定、不失速，仰賴重複的模擬級實際測試經驗累積。

4. 能源

無人機目前能源趨勢為電池技術，多數無人機採用鋰聚電池。臺灣在鋰電池產業布局近乎完整，上游為原材料機殼製造、中游為電池芯製造、下游為電源控制板製造。上游因專利卡位與技術材料不足而掌握度較低，發展速度較國際緩慢，需仰賴國外進口，然而廠商正致力改良材料，研發鋰電池正極材料與電解液，將可突破障礙。未來產業將可布局在電動車及無人機上裝載並發展市場。無人機相較於電動車除須注意效率外，在輕量化亦須持續進步，所以在材料上的選定及結構設計上會比電動車更加複雜。

5. 通訊及地面控制站

無人機地面控制站為地面與無人機進行溝通及控制的橋樑，操作員透過地面控制站顯示無人機飛行資訊監控無人機飛行及操作任務。地面控制站一般顯示資訊包含無人機位置、飛行姿態、飛行軌跡、飛行計畫、目標航點資訊、飛行控制模式狀態、電池電壓、全球衛星定位系統狀態、數據連結傳輸狀態、空速、地速等(圖 3.1-2)。



資料來源：智飛科技。

圖 3.1-2 無人機地面控制站軟體介面

三、無人機系統整合

無人機系統整合為開發流程中含金量最高也最重要的一環。無人機為相當精細的產品，為了確保其運行的安全、穩定及可靠，系統整合商須針對客戶需求對零組件進行評測及選定，並將組合而成之無人機進行飛行測試，確認無虞且合法後才能將系統交付。要執行這些步驟流程需要有廠商對無人機系統完整的了解且同時累積相當多的經驗才能達到。臺灣的系統整合商都具備相當實力，主要有從事航空模型起家的公司、中科院航空研究所服務背景的創業家以及航太系相關學校教師等。

四、無人機零組件檢測及整機檢驗

1. 零組件檢測

國內目前零組件認證係由零組件製造廠自行進行內部測試，並提供相關數據予系統整合單位。缺乏具公信力單位統一化的檢驗。由於這個因素，系統整合商或學研機構在選購零組件時較難以確認該產品是否符合自己的需求，往往須透過整機再進行測試。

2. 整機適航檢驗

國內廠商一般在系統整合後，會自行進行整機的適航測試，確保各零件運作正常。然而如須正式註冊飛行，國內目前依據民航局法規規定，無人機重於 25 公斤者，需進行檢驗，確保其適航性。如製造商欲販賣 25 公斤級無人機，需進行型式檢驗；消費者購買通過型式檢驗之無人機，需註冊並通過實體檢驗。若為自製無人機，則須針對機體進行特種實體檢驗，為包含型式及實體檢驗之檢驗，如圖 3.1-3 所示。目前民航局委託協助執行檢驗之單位為中山科學研究院。



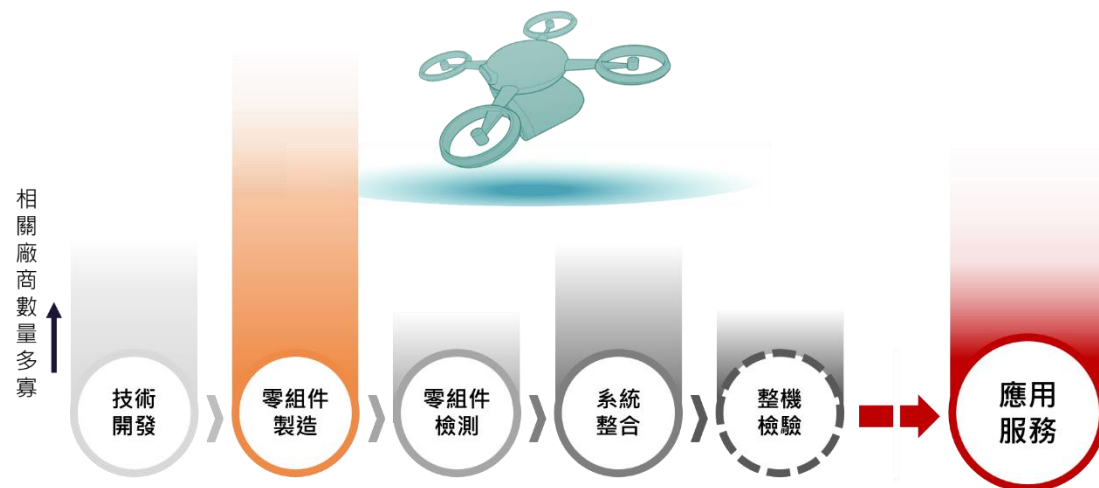
資料來源：交通部民用航空局。

圖 3.1-3 無人機檢驗規定

3.1.2 國內無人機廠商能量盤點

圖 3.1-4、表 3.1-2 為本研究整理之臺灣無人機能量盤點，由圖可見，依產品開發流程分類，國內在零組件製造相關廠商數量占多數，其次為技術開發及系統整合，零組件檢測及整機檢驗的能量相對低。

國內無人機產業主要可以區分為兩塊：國家研究機構、民間廠商研發製造。國家研究機構主要包含國家中山科學研究院(以下簡稱中科院)以及經濟部轄下之工業技術研究院(以下簡稱工研院)、金屬工業研究發展中心(以下簡稱金屬中心)，於無人機技術開發及系統整合具備足夠能量。而民間無人機相關廠商多，以零組件製造廠商占大多數，系統整合商除了傳統航模公司兼製外，亦有許多立基已久之廠商及新創公司。透過研究機構與民間之良性交流互動，帶動相關技術逐漸進步、產業成長。



資料來源：本研究繪製。

圖 3.1-4 臺灣無人機相關廠商能量盤點

表 3.1-2 臺灣無人機相關產業廠商列表

產品開發流程	廠商彙整
技術開發	中科院、工研院、金屬中心、漢翔航空、經緯航太、中光電智能機器人、臺灣希望創新、田屋科技、雷虎科技、智飛科技、璿元科技、翔隆航太、奧榮科技、通天國際、翔探科技、天空飛行科技、蒼穹科技、泰世科技等
零組件製造	電池相關研製：中碳、喬信、群光、能元、中國電器、赫強、長園、尚智等 動力相關研製：六俊、富田、東元、廣營、千附、泓記等 飛控系統研製：英諾飛、智飛科技 載具相關研製：泰世、田屋、雷虎、拓凱、磁震、碳基、榮剛、科翰等
零組件檢測	系統整合法人/業者、學研機構等
系統整合	中科院、工研院、金屬中心、經緯航太、中光電智能機器人、臺灣希望創新、田屋科技、雷虎科技、智飛科技、璿元科技、翔隆航太、奧榮科技、通天國際、翔探科技、天空飛行科技、蒼穹科技、泰世科技等
整機檢驗	中山科學研究院
應用服務	空拍：昇典影像、楓驛器材、飛岳影像等 公共行政：系統整合法人/業者、學研機構、工程顧問公司等 農噴：經緯航太、聯航空噴、寰宏農業科技、好立富農業等

資料來源：本研究彙整。

一、技術開發

國內具無人機技術開發之單位包含：中科院、工研院、金屬中心、漢翔航空、經緯航太、中光電智能機器人、臺灣希望創新、田屋科技、雷虎科技、智飛科技、璿元科技、翔隆航太、奧榮科技、通天國際、翔探科技、天空飛行科技、蒼穹科技、泰世科技等。

1. 國家研究機構

中科院航空研究所為臺灣無人機技術研發核心單位，無人機主要業務為國防無人機研發製造以及無人機檢驗；研發製造部份包括主要提供國防偵蒐任務使用的中型中翔無人機及小型紅雀無人機。

工研院^[10]則是有三個研究所在執行無人機相關技術開發，包括電池技術研發的材料與化工研究所、機體與馬達動力研究的機械與機電系統研究所、資訊通訊研究所則於 2018 年研發的電信操控無人機隊解決方案榮獲全球百大科技研發獎(R&D100) (圖 3.1-5)。

金屬中心成立的智慧移動載具實驗室(IVC)為無人機技術研發的關鍵單位，其研發之無停轉風機無人機巡檢系統技術拿到 2020 年全球百大科技研發獎(R&D100) 的殊榮(圖 3.1-5)。



高負載高續航無人機

資料來源：工業技術研究院。



電信操控無人機解決方案

圖 3.1-5 工研院無人機相關技術開發案例

2. 民間廠商

民間無人機廠商具系統整合能力者一般都具備技術開發之能力，例如漢翔曾經打造出一架以太陽能為能源的高空長航時(High-Altitude Long-Endurance, HALE)無人飛行載具。天空飛行科技則是研製出 200 公斤級無人機，如圖 3.1-6 所示，其機體完全由該公司設計打造。經緯航太公司則是具備機體設計技術。



資料來源：本研究彙整。

圖 3.1-6 天空飛行科技生產 200 公斤級無人機

二、零組件製造

零組件製造廠商包含電池相關研製廠：中碳、喬信、群光、能元、中國電器、赫強、長園、尚智等；動力相關研製廠：六俊、富田、東元、廣營、千附、泓記等；飛控系統研製廠：英諾飛、智飛科技；載具相關研製廠：泰世、田屋、雷虎、拓凱、磁震、碳基、榮剛、科翰等。

1. 能源相關研製

由於電池為無人機能源發展趨勢，於此僅針對電池做說明。電池主要由機殼、電池芯及能源控制板組成，供應鏈可以分成上游、中游、下游三部分，上游為原材料包括電極、電解液、隔離膜、罐體等之供應商；中游為電池芯，主要由日本及韓國掌握技術，臺灣的能元科技為國內最大供應商、興能高公司也具有技術；下游能源控制板主要有智慧型電池模組管理與電池老化壽命偵測技術，目前臺灣的供應佔世界四成以上，但多數為筆記型電腦應用。在無人機應用上，能元科技被 Uber 選為載人 UAM 機體的電池供應商。

2. 動力相關研製

動力部分零組件主要包含螺旋槳、馬達、電子變速器。馬達部分，由於無人機目前市場需求量不高，廠商無法量產，使得國內成品在規格上選

擇較少。六俊電機提供客戶客製化馬達的公司，千附、廣營等航太工業元件公司也有在無人機動力上提供相關產品。

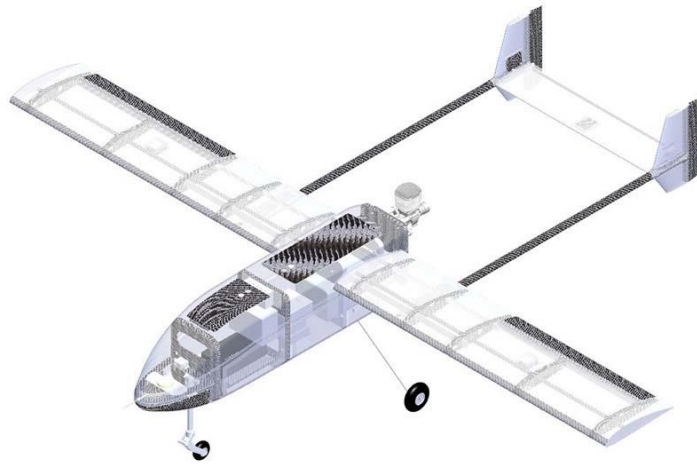
3. 飛控相關研製

臺灣飛行控制系統主要研發有兩家公司，定翼型的智飛和直升機型的英諾飛。智飛為系統整合商，也銷售自家無人機。英諾飛則專注在飛控次系統研發，並與國內無人機廠商如經緯、田屋等合作開發。翔探科技股份有限公司則有針對多軸旋翼型無人機進行飛控系統研發。

4. 載具相關研製

載具製造包含機體設計及複合材料鑄模生產。臺灣在機體設計部分，具備系統整合能力的廠商多皆具有相關技術(圖 3.1-7)，然而由於對穩定性及可靠度的要求，無人機廠商會與傳統航模業者合作，購買其機殼進行組裝。這些代表性廠商包含雷虎、泰世、田屋及亞拓。

臺灣主要生產高性能複合材料的公司為與傳統航空產業相關的廠商，包含臺灣區航太工業同業公會成員：拓凱、磁震、破基、榮剛等。另外零件機構較為簡單且目標為研究型的無人機，廠商也會透過 3D 列印技術直接生產。



資料來源：經緯航太科技股份有限公司。

圖 3.1-7 無人機機體複材分布

三、系統整合

無人機系統整合廠商包含中科院、工研院、金屬中心、經緯航太、中光電智能機器人、臺灣希望創新、田屋科技、雷虎科技、智飛科技、璿元科技、翔隆航太、奧榮科技、通天國際、翔探科技、天空飛行科技、蒼穹科技、泰世科技等。除了系統整合外，部分廠商在技術開發上或零組件製造

上具備單一或多項研製能量。多數系統整合業者同時具備應用服務的能量，例如經緯航太針對量測、製圖及農噴等提供服務^[11]；中光電針對巡檢及物流提供服務。此營運模式可針對無人機應用服務項目提供完全解決方案，並依據客戶需求直接對無人機進行調校。

四、無人機零組件檢測及整機檢驗

1. 零組件檢驗

臺灣零組件檢驗尚未具備統一標準，多透過廠商自行測試檢驗。部分業者提供檢驗服務，如金屬中心協助美國 XOAR 公司進行馬達及螺旋槳測試檢驗；璿元科技在動力系統上提供相關檢驗設備及服務。

2. 整機檢驗

整機檢驗業務由民航局主管執行，國外無人機引入或國內無人機檢驗都需要受到民航局認可，目前中科院協助辦理無人機檢驗，確保廠商提供之文件符合實際運作安全要求。中科院在執行檢驗作業上接收到民間廠商對於檢驗場域的需求，因此目前與嘉義縣政府積極推動無人機產業聚落及測試檢驗中心的成立。

五、應用服務

1. 空拍

無人機空拍為臺灣無人機最興盛的應用服務，多數廠商使用大疆無人機執行任務，依據民航局提供之資料，目前國內主要有 10 間左右較具規模的空拍業者。

2. 公共行政

公共行政任務包含測繪、監測、巡檢、物流…等，主要服務提供者為無人機整合法人及業者、學研機構、工程顧問公司等。

3. 農噴

國內無人機農噴需求逐漸上升，除經緯航太使用自家整合之無人機外，多數農噴公司使用中國製無人機執行服務。

3.2 關鍵技術研發能力分析

政府研究資訊系統(Government Research Bulletin, GRB)紀錄了自民國 82 年來迄今科技部專題研究計畫、各機關委託研究計畫、各機關科技類自行研究計畫等資料。該系統顯示我國自民國 82 年已有無人機相關研究計畫，民國 90 年後相關研究計畫數量更是大幅增長。本研究以「無人機」、「無人飛行載具」、「無人飛行器」等關鍵字搜尋計畫標題及摘要內容，結果顯示民國 82 年至 109 年有約 900 筆相關研究計畫，其中約 80 筆計畫的執行單位為民營公司與研究機構，其餘執行單位以大專院校為主。大專院校在民國 109 年執行的計畫總經費約為 2.2 億元。

計畫主管機關以科技部為最大宗，其他如行政院國家科學委員會、行政院農業委員會、內政部、經濟部、交通部等執行計畫逐漸增長，可看出我國無人機的研究能量逐年累積，研究計畫越來越多樣性、相關技術研發種類也逐年增加，且應用服務越來越廣泛。近年來國際上無人機的應用已從航拍、監測、農噴等逐漸進展到載物甚至載人，整體走向以提高酬載力、增長續航力，並且在不同應用場域使用適合的能源系統與載具形式，並搭配其他相關技術，以發揮無人機的最高效能並將對環境的影響降至最低。

隨著國內公私部門對無人機應用需求逐漸明確，國內無人機之應用需求與廠商未來技術發展進行鏈結，國內無人機產業可集中資源發展之適合技術，例如橋梁巡檢、邊坡巡檢、警用巡檢等。本章節從目前交通領域發展與未來應用方向，包括巡檢與監測、物流運送至載人 UAM，歸納所需的關鍵技術，並分別探討其相對的技術發展方向。未來發展不同的應用服務將需要不同的關鍵技術的結合。

本小節先行歸納分析結果，在巡檢與監測的應用發展中，關鍵技術除了無人機本身的含定位系統、避障系統等，酬載系統包括攝影與感測，及後端的 AI 辨識、製圖及建模等，皆是重要發展關鍵，提高巡檢與監測的精度與效率。我國目前在此應用發展中，橋梁、隧道巡檢訊號遮蔽的情形，以及飛控的穩定、抗風性皆在發展精進中；邊坡檢測、水庫巡檢、警用巡檢等應用發展較成熟，但是在相機與其他感測零組件較缺乏，多從國外進口；部分應用已發展出完整的作業模式，但成熟的商業模式尚未發展完善。

而在物流運送與載人 UAM 方面，臺灣在發展其關鍵技術包括飛行控制系統、能源系統、動力系統等的過程，需有因應不同應用服務的不同機型(包括多旋翼機、單旋翼機、定翼機、混合翼機等)供各類技術系統的測試，與不同系統之間的搭配測試，協助加快技術發展的過程；等技術發展成熟後再逐漸規格化與模

組化，並可搭配更多加值應用。下表 3.2-1 為物流運送與載人 UAM 的關鍵技術零組件整理，並比較目前整體發展趨勢與國內發展狀況。

表 3.2-1 物流運送與載人 UAM 關鍵技術零組件的發展趨勢與國內發展狀況

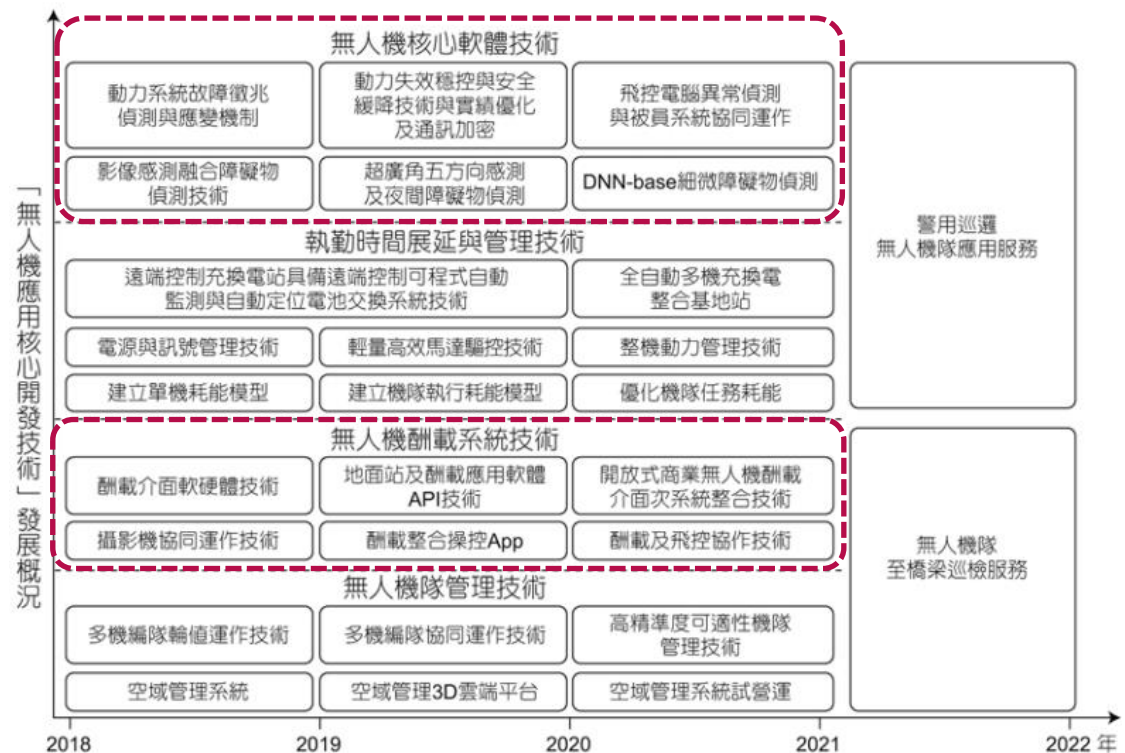
		發展趨勢	國內發展狀況
能源系統	油電混合	除了運用小型無人機外亦有使用在大型無人機 UAM	運用在小型無人機，工研院研發出高負載高續航力商用無人機可在負重 30 公斤的情況下飛行 45 分鐘
	鋰電池	鋰電池能量密度國際團隊研發至 360 Wh/kg	臺灣鋰電池廠商發展能量密度至約 250 Wh/kg，有高能量密度、快速充電、長生命週期、高放電倍率等特性
	燃料電池	美國燃料電池公司 HyPoint 發表可做出能量密度為 530Wh/kg 的氣冷式燃料電池，可提供 1kw 以上的功率	工研院材化所將電堆模組做到高功率並輕量化，提升 50% 的功率密度，能量密度可達將近 486Wh/kg
馬達		往高力矩、高扭力、高推力重量比、散熱佳、材料選擇、高輸出效率等方向精進目前市面上的馬達對於 UAM 發展還不成熟，主要問題是效率、可靠、輕量化等三方面的不足。	廠商有研發生產能力，但因市場小無法規模生產難以投入客製化
飛控		往更高的精準度與更穩定的飛行控制發展	大部份公司購買開源飛控進行修改；有無人機公司自行開發，亦有公司專做飛控開發與無人機公司合作

資料來源：本研究彙整。

以下分別探討詳述巡檢與監測及物流運送與載人 UAM 所需的關鍵技術內容、發展現況與未來發展方向。

一、巡檢與監測

巡檢與監測為目前國內發展中的技術與應用，用於國土測繪與邊坡、橋梁、隧道及電塔等基礎設施的巡檢與交通流量、國土邊境等監測。若以警用巡邏與橋梁巡檢為服務目標，工研院資訊與通訊研究所整理其前三年所需開發的技術，如圖 3.2-1 所示，包含核心軟體技術、值勤時間延展與管理技術、酬載系統技術與機隊管理技術等^[12]；本章節著重在核心軟體與酬載系統方向，包括定位系統、避障系統、攝影與製圖及後端 AI 辨識與分析等。



資料來源：經濟部技術處，2018/2019 產業技術白皮書；工研院資訊與通訊研究所。

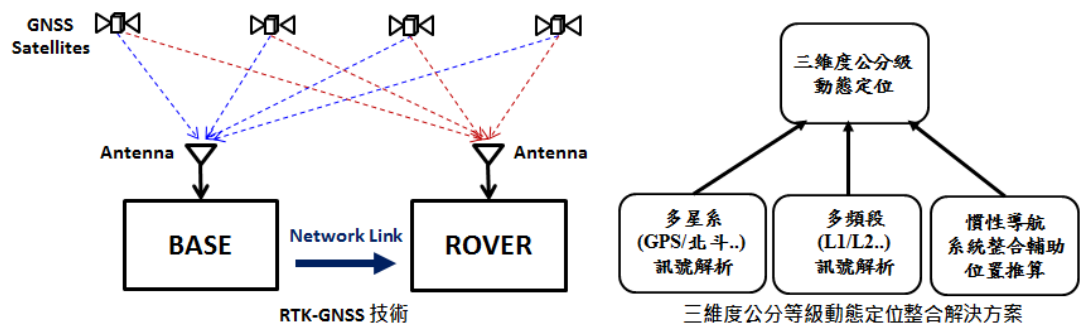
圖 3.2-1 無人機應用核心開發技術發展藍圖

1. 定位系統

無人機可替代人力到達不易到達的隧道、鋼橋、橋底、離岸風機、電塔等進行滲水與劣化等檢測。傳統 GPS 全球衛星定位精準度的不足，容易造成精準實務應用上的誤差，且在上述環境中，無人機更是常因在沒有 GPS 環境或受其他電波干擾下，難以精準定位拍攝。因此，如何在該環境依然保持定位並穩定的飛行是重要技術。

在這樣需求的帶動與衛星定位技術的快速發展下，與多研究單位與廠商投入研發即時動態(Real-Time Kinematic, RTK)定位技術。例如工研院資訊與通訊研究所發展出 RTK 定位解算能力之公分等級全球導航衛星系

統(Global Navigation Satellite System, GNSS)的解決方案。主要關鍵技術在於接收使用多頻段(L1/L2...)與多星系(GPS、北斗...)的載波相位觀測量，並利用了參考站(BASE)和移動站(ROVER)之間觀測誤差的空間相關性消除掉移動站觀測數據中大部分的誤差，如圖 3.2-2 所示。同時，也整合慣性導航(Inertial Navigation System, INS)技術，透過所裝設的感測器，能夠根據相對於上一次 GNSS 的定位位置訊息推算出目前的定位位置。提供如短隧道、市區高樓、樹林的遮蔽環境完整定位覆蓋，即時地提供移動站的三維精準定位結果。



資料來源：工研院資訊與通訊研究所。

圖 3.2-2 RTK-GNSS 定位技術

除了 RTK 技術之外，亦可透過無人機搭載感測器進行相對位置的定位。如日本國土交通省在 2016 年試驗在隧道內以無人多旋翼直升機配備多個光學傳感器和敲擊聲檢查機，在隧道內部半自動獲取包括牆壁在內的各種牆壁表面信息，並將信息提供給地勤人員，並創建檢查表格式。

另外，在定位系統不穩定的狀態下，無人機亦可加裝球殼防止直接碰撞，更可近距離的檢測物體，並安全地在狹窄的空間內飛行，如圖 3.2-3 所示。



資料來源：日本國土交通省。

圖 3.2-3 搭配球殼的多旋翼無人機

2. 避障系統

無人機於各類場所執行飛行時，會具有不同特殊避障需求，例如巡視鐵塔時候需避開電線，以避免被纏繞而導致危險；且無人機的避障能力是實現各類自動化飛行與智慧化編隊的關鍵。「測量距離」為避障的基礎，只要能夠測量出與障礙物之間的距離，就可以在撞向障礙物之前停止前進。目前主要有以下幾種做法：

- (1) 超音波：不受光線、粉塵、煙霧干擾，可多方向偵測，且超音波可以在空氣中、液體或固體中振動傳送。
- (2) 紅外線：便宜、容易使用且安全，但精度較低、距離短且方向性較差。
- (3) 飛時測距：原理類似超音波，透過紅外線折返的時間計算跟物體之間的距離得出 3D 景深圖。其探測距離遠、掃描速度快、抗光干擾性佳，但準確度有限。
- (4) 立體視覺：利用 2 架或 2 架以上的攝影機來取得物件的不同視角，並以進行三角測量法取得與物體之間的距離資訊。立體視覺方式較省電、適用於光線充足的環境，但軟體演算法複雜、有延遲性，且不適用於昏暗或光線變化多的情況。

3. 攝影與製圖

無人機搭載空拍設備，其攝影機需為可呈現高解析度成像，並可清楚於一定距離拍攝巡檢設施；不同高度之拍攝範圍及物件解析度不同，而物件之大小與解析度亦影響後續 AI 之辨識度。除可見光線機外，無人機亦可搭配熱成像或光學等光電偵測設備，除了可執行全天候任務外，在執行偵察任務時可提供設備異常偵測、熱點調查等多項任務。如紅外線熱成像夜視技術，在全黑環境中可見到標誌、橋墩等物體，亦可看穿煙霧。

攝影除了為了作為後續影像分析外，亦可與定位系統與製圖結合。SLAM 技術(Simultaneous Localization and Mapping，同步定位與地圖構建)是一結合定位與製圖的技術，該技術利用感測器對周遭環境資訊的擷取得到環境特徵，並藉由此特徵與無人機間關係得到定位結果。SLAM 技術可分為兩部分，一為製圖端(Mapping)、二為比對端(Matching)；SLAM 技術中，定位好壞取決於地圖的建置成果，因定位來源取決於地圖上之特徵分布情形，也因此在建置地圖時需考量環境複雜度、動靜態物體多寡、環境被遮蔽情形等狀況，需在進行地圖錄製時前先進行詳細規劃。亦有相關技術廠商將 LiDAR 結合 SLAM 技術進行環境的掃描並建立 3D 地圖，如圖 3.2-4 所示。



資料來源：國祥貿易。

圖 3.2-4 利用 LiDAR-SLAM 結合無人機進行掃描

4. AI 影像辨識與分析

AI 影像辨識分析即為我國現階段具有發展性的科技；以橋樑檢測為例，全臺目前有超過 12,000 座公路及鐵道橋樑數量，透過無人機搜集影像資料，並透過 5G 傳輸高畫質影像並由 AI 來判讀影像、輔助檢測評估風險，即能提高公共設施的安全性。

橋樑檢測的影像辨識為取得資料後的處理分析，其工作原理為當檢測目標構件物影像由影像擷取裝置轉換為數位影像資料後，去除影像中的雜訊、加強對比與分離影像中的檢測目標物與背景，藉以改善影像的清晰程度並同時提升影像分析時的準確度。近年來更是運用人工智慧 AI 技術協助影像辨識與分析，如運用在農場巡檢盤點作物數量與建立每個作物的座標與面積；風機的損傷或髒汙的偵測與辨識等。

AI 影像辨識技術環節可分為感測(Sensing)、影像處理(Image Processing)、影像分析(Image Analysis)以及應用(Application)等四個部分；在零組件方面則包括攝影機(Camera)、感測器(Sensor)以及處理器(Processor)等。影像辨識技術中，於機器視覺系統當中的主要二個技術項目為 — 1. 影像處理(Image Processing)：當光訊號轉換成數位資料後，由於某些因素如光線不佳或對焦不理想等造成失真，使得影像資料參差不齊，再加上資料當中通常有很大的比重屬於非感興趣的範圍(Region of Interest)，因此在進入到下一步影像分析前需要進行適當處理，除了能提升最終的辨識效率外，亦可增加精確度，讓最終的資料是有效的；2. 影像分析 (Image Analysis)：影像資料經過適當模組化處理後，最終即可根據應用的需求進行比對或辨識，此階段與應用場景具有高度的關聯性，而具有強大影像運算能力的晶片為此環節的關鍵零組件。

人工智慧所對應的背景技術可視為是深度學習網路(Deep Neural Network, DNN)，透過不斷的修正錯誤與回饋，讓很多層的矩陣交互記憶與學習所要達成的正確任務，在訓練過程中，需要對資料標記作微調、對神經網路作微調以及對回饋修正微調。採用同樣的訓練過程，資料可以更換，讓深度學習網路可以分辨出路口監視器中的各類物件，如公車、行人、機車與小客車等，如圖 3.2-5 所示。此應用有別於過去依靠人工觀看大量影帶尋找目標物，可大幅提升工作效率，亦可協助判定交通違規事件。



資料來源：工業技術研究院，<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?MmmID=654304432122064271&MSID=1001517142715210104>。

圖 3.2-5 AI 辨識監視器中大量物件

二、物流運送與載人 UAM

物流運送與載人 UAM 主要關鍵技術方向為酬載力高、續航力高，其中載人無人機所需的可靠性與安全性相較於物流運送高出許多，且相對技術門檻亦提高。為達到以上需求，有幾項關鍵技術與零組件需發展到一定的程度，包括能源系統、動力系統與飛控系統等，而 UAM 則更是專注在 eVTOL 的技術研發。

1. 能源系統

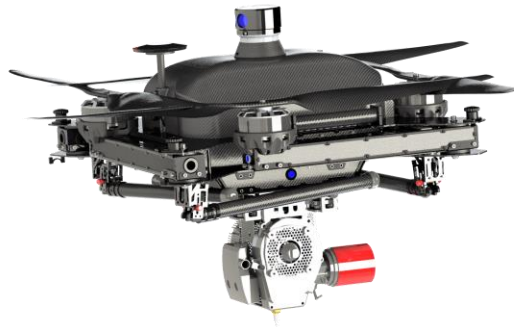
無人機的能源系統朝向以乾淨能源發展為主，尤其以 UAM 為目標發展的空中載具，因其飛行在城市上空，因此低汙染低排放更是重要發展條件。

無人機以高酬載與高續航力為目標，足夠的功率可推動 eVTOL、高能量密度、長生命週期等因素，都是發展 UAM 動力系統的主要技術門檻。同時，電池的大小、重量與充電時間等，也都是決定空中載具發展模式的重要因素。目前許多開發空中載具的公司多使用鋰電池做為供電來源，亦有數家公司使用燃料電池、油電混合的方式。

雖未來國際趨勢 UAM 發展將走向純電力模式，油電混合動力與傳統燃油相比已減少許多汙染，且若針對末端排放進行處理，亦有機會可以達到最低汙染的條件。因此本章節將探討油電混合、鋰電池與燃料電池三種能源系統。

(1) 油電混合

油電混合與純電力的無人機相較之下，其續航力與酬載力都有一定的優勢。油電混合的特點利用燃油發電，保留了燃油的高能量密度優勢也保留了電驅動操縱靈活的特點。美國商用無人機生產商 Harris Aerial 推出油電混合四軸無人機— Carrier H4 Hybrid，其特色為續航力強，最多可連續飛行 5 小時。它同時配備了 48V 電池、2 千瓦汽油發電機，以及 4.3 升油缸。若負重量不超過 5 公斤，可連續飛行約 1.5 小時；若負重量不超過 3 公斤，最多可連續飛行 5 小時，如圖 3.2-6 所示。



資料來源：Harris Aerial。

圖 3.2-6 Carrier H4 Hybrid 無人機

工研院亦研發出「高負載高續航商用無人機」，其最大載重達 30 公斤，且續航力達 45 分鐘，適合緊急物資運送與其他高載重產業需求。其中使用到的關鍵技術就是油電動力混合系統，透過供給油料來轉換成電力的方式，加強其能量密度，並且不會有充、放電後電池效率下降的問題，並配有鋰電池作為備用。

在 UAM 的發展中，由德事隆集團(Textron Inc.)旗下的貝爾直升機公司 (Bell Textron Inc.) 所研發的 Bell Nexus，如圖 3.2-7 所示，就是以油電混合的動力系統使其可載更多乘客且飛行距離可更遠，並且強調若未來電池密度提高時亦可將機體改成全電力模式。

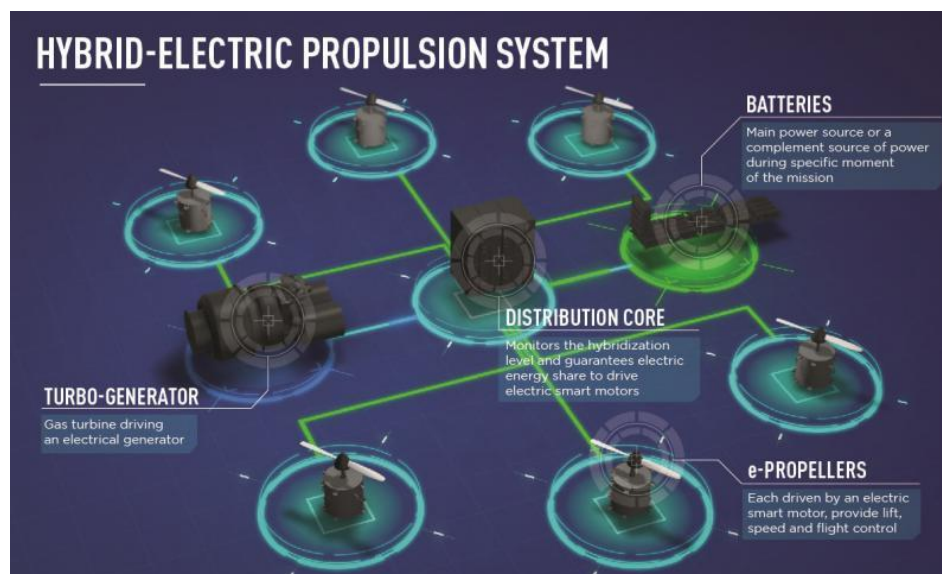


資料來源：Bell Textron Inc.。

圖 3.2-7 Bell Nexus

Bell Nexus 所搭配的油電混合推進系統 (Hybrid-Electric Propulsion System, HEPS) 是由 Safran 公司研發。HEPS 是一套分配式的能源系統，根據飛行的時段與需求，調整電力分配至不同的螺旋槳。它一共有三個子系統，包括依靠渦輪驅動和電池的發電機、電力管理系統以及產生升力和推進力的電動機，如圖 3.2-8 所示。

油電混合相較鋰電池與燃料電池，因有撞擊燃燒的可能性，以大型無人機在都市上空飛行較有安全上的考量，未來技術研發上需特別注重安全與穩定性。



資料來源：Safran。

圖 3.2-8 Bell Nexus 所搭配的油電混合系統

(2) 鋰電池

目前鋰電池中的為鋰聚合物(Li-Po)電池為無人機常使用的電力來源，目前在研發 UAM 的廠商大多選擇此作為其動力來源。現有鋰電池普遍主要問題為其能量密度不足，續航力不夠，且充電時間長，大多業界皆認為尚有許多進步的空間。

特斯拉公司表示鋰電池能量密度需達到 400Wh/kg 才能取代燃油動力，使空中載具做到 eVTOL 的功能。與特斯拉合作研發鋰電池位於加拿大的 Dalhousie 大學 Jeff Dahn 小組，在 2020 年 8 月提出該團隊成功將電池能量密度提高至 360 Wh/kg，目前尚未完成完整充放電循環測試與商業化。而一般工業生產的鋰電池能量密度普遍落在 150 到 180 Wh/kg 之間，有部分公司可製造超過 200 Wh/kg 的鋰電池。

臺灣亦有鋰電池廠商能元科技成功進入國際 UAM 產業供應鏈，該廠商電池的高能量密度（目前約 250Wh/kg）、快速充電、長生命週期、高放電倍率等特性，為其可進入國際供應鏈的關鍵因素，其他如高安全性、耐低溫與可模組化等技術，亦為該廠商製造的鋰電池可作為無人載具動力系統的重要關鍵。

此外，亦有廠商在研發鋰硫(lithium-sulfur)電池，該電池的能量密度比鋰離子高、充放電效率高，擁有高儲電容量與使用壽命。該電池尚未商業化，目前仍在研發階段。

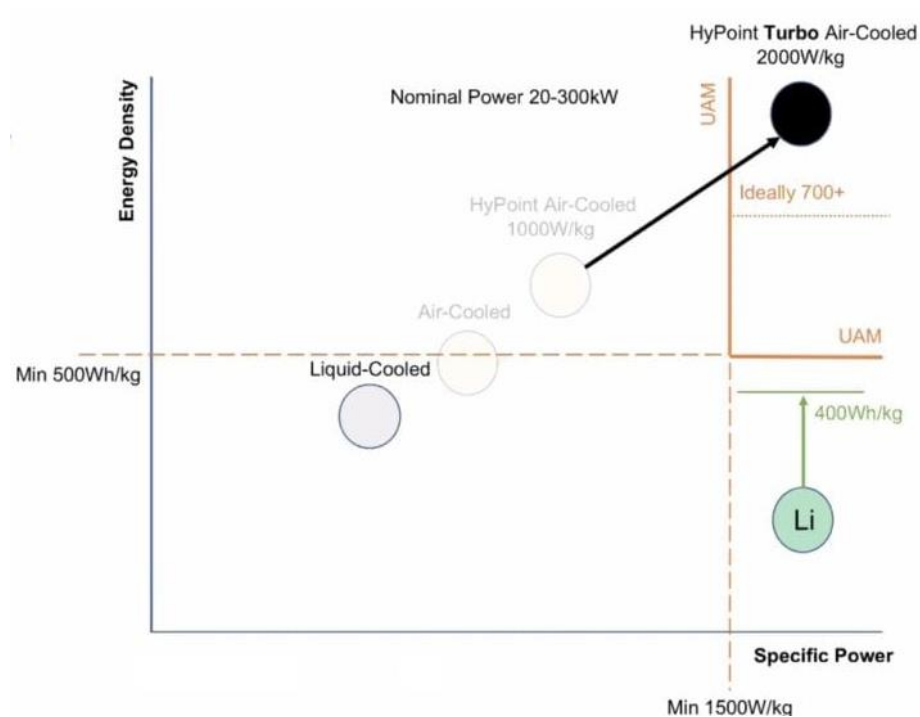
(3) 燃料電池

燃料電池為將燃料中的化學能轉換成電能的發電裝置，其最常見的燃料為氫氣，由於反應後只會產生水跟熱，不會產生污染；當電力耗盡後也只要添加燃料即可，解決傳統電池充電耗時的問題，因此有許多國際能源大廠近年來皆陸續投入氫燃料電池的研發。2020 年初，工研院使用燃料電池的無人機成功酬載重達 5 公斤（總起飛重量 30.77 公斤），滯空飛行時間長達 130 分鐘。

工研院材料與化工研究所將燃料電池電堆模組做到高功率並輕量化，提升 50% 的功率密度，以滿足無人機長航時的需求。2020 年中，工研院測試出其燃料電池系統能量密度可達將近 486Wh/kg，遠高於目前市面上的鋰電池。此外，由於目前無人機電堆仍未有國際標準規格，工研院先將電堆以模組的方式標準化，目前一個電堆能提供 1kw 以上的功率，未來只要估算無人機的耗電量，就能直接組好電堆模組，不需每台都從頭打造，也能加快未來燃料電池進軍無人機產業的速度。

惟燃料電池目前價格昂貴，雖其生命週期長，但是初期建置成本高。且充電的設備建置與充電過程的安全性也是一大考量，對於未來無人機停靠站的相關建築法規亦為一課題。

美國加州燃料電池公司 HyPoint 表示，要達到 UAM 的發展條件，電池需要有 1,500W/kg 的功率與 500Wh/kg 的能量密度，目前鋰電池發展雖有達到上述功率，但能量密度尚未到達，如圖 3.2-9 所示。該公司發表目前可做出能量密度為 530Wh/kg 的氣冷式燃料電池(air-cooled hydrogen fuel cell powertrain)，可提供 1kw 以上的功率；且正在致力於研發能量密度 960Wh/kg 且可提供 2kw 功率的電池技術，並預計在 2023 年可將該產品商業化。



資料來源：Hypoint^[18]。

圖 3.2-9 燃料電池發展現況與達到 UAM 需求的技術門檻

下表 3.2-2 比較鋰電池與燃料電池的性能與技術的發展程度，並分別以一間廠商為例比較兩者的發展模式。目前使用燃料電池為動力發展 UAM 的廠商較少，其中以美國 Alaka' i Technology 與其研發的多旋翼 Skai^[18] 最具代表性；鋰電池廠商則選擇同樣研發多旋翼機型的德國公司 Volocopter 為例。

表 3.2-2 鋰電池與燃料電池發展 UAM 的比較

		鋰離子電池	燃料電池
技術比較	充電設施	充電方便	充電設施建置成本高
	充電速度	充電速度較慢	充電速度快
	能量密度 (Wh/kg)	(1) 能量密度低，可支持飛行距離較短 (2) 普遍落在 150-180 Wh/kg (3) 臺灣有廠商研發至 250Wh/kg (4) 國際團隊研發至 360 Wh/kg	(1) 能量密度高，可支持高酬載與長航程 (2) 工研院研發至 486 Wh/kg (3) 美國 HyPoint 公司最新發表電池能量密度為 530Wh/kg
	生命週期	生命週期短	生命週期長
	輸出功率	輸出功率較高，有利於發展 eVTOL	輸出功率較低，不利於發展 eVTOL
案例廠商/機型		Volocopter/VoloCity 	Alaka' i Technology/Skai 
酬載 (payload)		200 公斤	450 公斤
飛行速度		110 kph	最高 185 kph 平均速度 136 kph
飛行時間		約 20 分鐘	最高到 4 小時
巡航距離		35 公里	16-240 公里

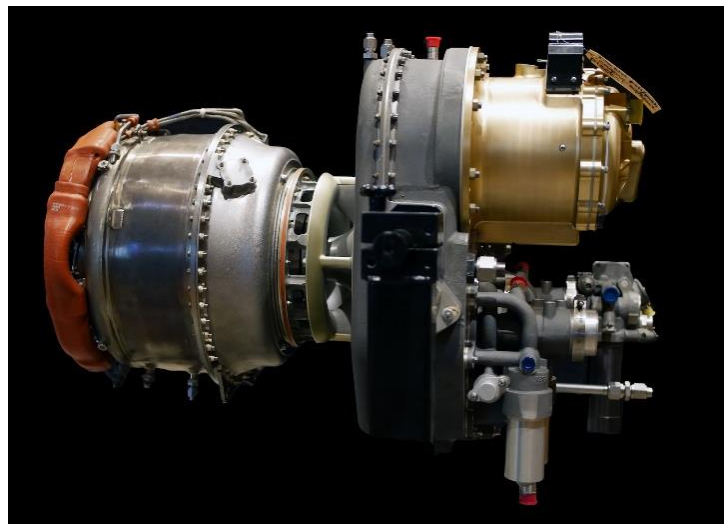
資料來源：本研究彙整。

2. 動力系統

動力系統包含槳、馬達與電子變速器(Electronic Speed Controller, ESC)，三個環節環環相扣。無人機的設計上通常在動力會大作小用，使其能有充分的能量空間維持穩定。

為了讓空中載具在都市飛行，低噪音是一個重要的關鍵。空中巴士的 CityAirbus 無人機團隊與勞斯萊斯公司(Rolls-Royce)推進系統合作，以八個功率為 200kW 且有高力矩重量比的電動馬達運轉 8 個螺旋槳的形式，且低轉速低噪音的無人機。大部分的其他廠商亦有類似的理念，如 Volocopter 使用 18 個無刷直流馬達、Skai 使用 6 個低轉速低噪音馬達，使 UAM 的噪音降到最低，達到可以在都市運行的條件。

達到 UAM 發展，馬達性能往高力矩、高扭力、高推力重量比、散熱佳、材料選擇、高輸出效率等方向精進，才能將載具推升，且當馬達效率越佳就越節省電力。美國 Honeywell Aerospace 與空中載具 Pipistrel 公司(亦為 Uber Elevate 合作廠商之一)合作，致力於研發全自動垂直起降的相關技術，並計劃使用該技術與 Volocopter 合作。Honeywell Aerospace 在 2019 年中研發了油電混合渦輪發電機，該產品與目前與許多直升機 1,100 軸馬力 HTS900 燃氣引擎的性能相當，如圖 3.2-10 所示。並且，該公司也致力於繼續研發全電動的馬達，並預計在 2023 至 2025 年間完成。



資料來源：Honeywell Aerospace。

圖 3.2-10 Honeywell Aerospace HTS900 引擎

目前市面上的馬達對於要發展為載人階段還不成熟，主要問題是效率、可靠、輕量化等三方面的不足；其中前兩項為主要考量，輕量化則是最近由美國能源局推動，期許提升功率密度；又或如目前馬達以外轉開放

式形式較普遍，但此形式不適合用於載貨或載人。馬達的研發歷史悠久，除了在上述方向不斷的精進之外，近年來亦有許多研究單位致力於尋找新的材料來提升馬達的效率。

工研院機械與機電系統研究所的馬達研發從工業用馬達開始，至 2011 年開始進入車輛動力研究，在 2017 年導入「磁通旋變同步感應電機技術」開發新馬達，使用簡單、磁通設計巧妙、低成本、無驅動的方式，來滿足超優等級的馬達效率標準。近年來更是成立「高效率馬達創新研發與產業加值推動」團隊，推動工業定頻與變頻電機之效率與功率密度提升，帶動臺灣產業建立自主且國際領先的薄型電機與超高效電機技術。

除了工研院的技術之外，臺灣亦有許多馬達廠商，且亦有能力研發高效能馬達，如富田電機為特斯拉的馬達供應商；台達電子亦有意願進入無人機馬達供應鏈。臺灣在高性能馬達方面因無法規模生產而無法與其他大國相比，但在高酬載、高拉力或特殊規格馬達研發生產上，許多廠商技術可達到，臺灣有機會成為領先者，然而因市場需求小、產量少，特別製程之產品初期廠商進場意願可能不高亦是一大課題。另外，ESC 在無人機設計中要求體積要小，但在高酬載商業級無人機中容易燒掉，為一研討改正方向。

除了馬達本身的效能之外，將馬達裝上無人機之後，需進行後續的調校使其達到一定的穩定度，亦是未來技術研發需面對的挑戰。

3. 飛控系統

無人載具最終要邁向自動飛行，主要是依靠傳感器系統獲取位置信息並反饋到微處理器進行控制系統的運算。由於空中飛行的不確定性高，在不同狀態下相對反應的參數動作也不同，因此強大的飛控系統對於 UAM 發展的安全性是非常重要的。飛控一般包括傳感器、機載計算機和伺服作動設備三大部分，實現的功能主要有無人機姿態穩定和控制、無人機任務設備管理和應急控制三大類。

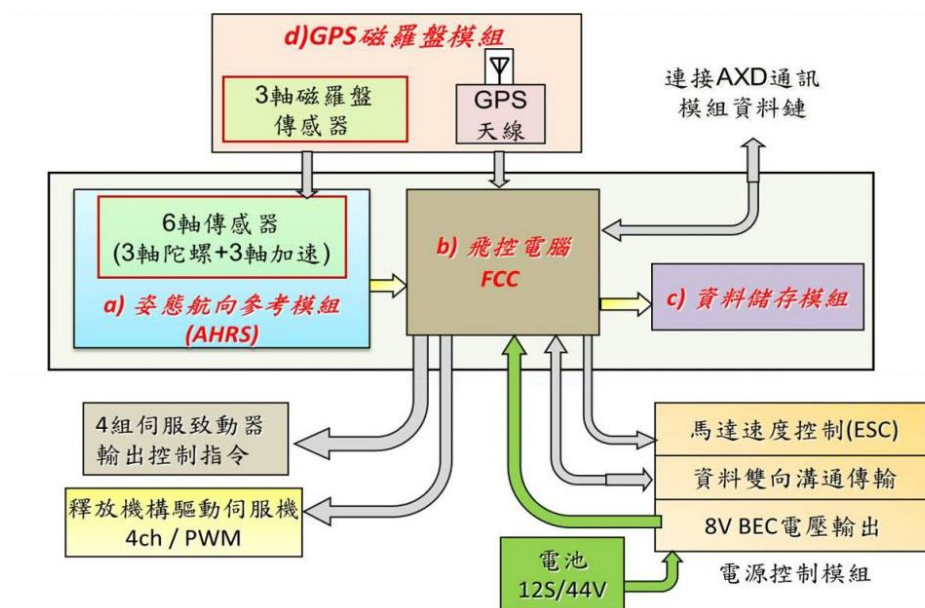
早期開源（Open Source）飛控主要以四軸機型為主，近年來才開始發展出直升機的飛控系統，並逐漸發展出定翼機與混合翼機型的飛控。目前國內大部分的無人機公司多購買開源飛控進行修改，包含 Pixhawk 與 PX4 等類型；亦有無人機廠商有自行開發飛控電腦，如智飛科技與田屋科技等。智飛科技^[13]的飛控電腦可進行導航點自動飛行外，也同時兼具酬載控制能力，操作人員可以透過地面控制站，進行視距外動態即時控制，如圖 3.2-11 所示；田屋科技整體飛控系統主要包含四個模組^[14]，如圖

3.2-12所示，包含姿態航向參考(AHRS)模組、飛行控制電腦(FCC)模組、資料儲存模組、GPS 與磁羅盤模組。



資料來源：智飛科技股份有限公司。

圖 3.2-11 智飛科技 SD02-A 飛控電腦



資料來源：田屋科技股份有限公司。

圖 3.2-12 田屋科技整體飛控系統基本架構

除此之外，亦有廠商專注做飛控系統與其他無人機公司整合，如英諾飛公司，專精於做直升機飛控系統，並與許多直升機型無人機公司合作；工研院亦有開發的「馬達動力失效保護」飛控軟體，可協助無人機在飛行中，有一軸的馬達故障時，能自動切換到馬達失效保護模式，幫助無人機迅速回穩、確保安全降落或返航，提升無人機的飛行安全。

在 UAM 的發展模式中，因空中交通將更加複雜、環境也將充滿更多不確定因素，因此感測器的精準度、可靠度與反應速度將會更重要。且安全

性與可靠性是 UAM 的最重要的發展考量，因此飛控的穩定性也更加重要。且除了飛控的核心之外，如何整合 GPS 訊號、避障系統、光流感測、AI 辨識系統與設計人機介面等，為未來飛控系統的發展重點；亦有部份國外廠商已研發將機器人作業系統(Robotic Operating System, ROS)與飛控結合。在飛控核心的晶片、微處理器與軟體等，臺灣皆有足夠的能量製造，與其他系統整合進而打造出一套完整的飛控系統才是未來的挑戰。

另外，飛控系統的發展的重點之一是需要經過不同環境的測試並進行反饋，如測試不同等級的側風、落山風等狀況，再進一步修正，使無人機達到最穩定飛行狀態。因此測試場域的規劃對於飛控系統的精進相當重要。

4. 垂直起降 (Vertical takeoff and landing, VTOL)

上述為發展載物與載人的關鍵零組件技術，在載人無人機方面，有一關鍵整合性技術，即垂直起降 (Vertical takeoff and landing, VTOL)，為發展該應用的主要重點之一，且大多研發廠商又以純電力為主要能源作為基礎發展電動垂直起降 eVTOL。大部分發展 eVTOL 的廠商共同挑戰為電池與安全問題，主要為需要高能量又輕量化的電池，且馬達的效率與槳的搭配、高精度的定位系統亦為重要關鍵。

3.3 產業能量缺口分析

各產業欲探討能量缺口必須了解產業的生態系(Eco System)。PESTLE 分析方法為企業用以追蹤執行中或欲執行之計畫、產品、服務等總體環境，有別於SWOT 分析方法，PESTLE 更全面地針對產品環境影響因子包含政治面(Political)、經濟面(Economical)、社會面(Sociological)、科技面(Technological)、法律面(Legal)、以及環境面(Environmental)進行分析。此節將依據 PESTLE 分析方法對於臺灣無人機產業之生態環境進行探討。

一、政治環境

政治環境主要探討政府對於產業的影響，這些影響包括稅金政策、財務政策、關稅政策…等。

1. 政府單位無人機應用業務量少，重視度普遍尚低

臺灣無人機產業目前尚處於發展初期，參與廠商及應用不多，因此目前政府的重視程度相對較低，在扶植產業的努力上尚未見專門的政策輔導或大型的計畫支持。然而政府也意識到未來無人機的發展，主要在交通部、經濟部及科技部都有開始對無人機進行相關推動計畫，交通部也擬定產業發展藍圖並持續透過國際經驗精進未來規劃。本研究盤點行政院轄下部會執行無人機相關之業務或計畫，整理如下表 3.3-1。

表 3.3-1 行政院各部會執行之無人機相關業務或計畫

行政院部會	無人機相關業務、計畫
內政部	國土測繪
交通部	民用航空局負責無人機法規執行與修訂；運輸研究所辦理推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃(本研究)、整合示範計畫、創意應用競賽，目前正協助各部會協調籌組無人機國家隊
經濟部	無人載具科技創新實驗計畫、無人載具科技實證運行補助計畫
科技部	綠能無人機創新大獎賽、補助產學進行無人機相關應用研究
國防部	軍用無人機、軍用空域管制
教育部	大學產業創新研發計畫補助無人機相關研究應用
勞動部	補助無人機職業訓練課程
農委會	執行植保機操作規範執行與修正、無人機植保專班開設

衛福部	與交通部合作執行血清運送
環保署	執行無人機海洋污染監控、空汙監控
國發會	地方創生臺南左鎮國中無人機學校計畫
海巡署	利用無人機協助偵察巡邏任務
原住民族委員會	原住民職訓運用計畫包含無人機操作證照培訓班開班

資料來源：本研究彙整。

2. 國內無人機採購規範限制國產無人機研發

政府部門採購無人機常採用最低價標，國內雖然的技術，但是在成本上難以與中國抗衡，造成中央及地方各單位的無人機多為中國製無人機。以行政院為例，中國製無人機佔總數七成，其中農委會有 227 架、交通部占比最高達九成。近年中國製資通訊用品的資安議題在國際上受到相當大的關注，臺灣在無人機管制上也在逐漸增強。前交通部長林佳龍在 2020 年 12 月面對此議題強調涉及資安議題之產品將停用並加速汰換；行政院副院沈榮津亦說明行政院已要求所屬單位須在 110 年底前全面完成汰換。

然而在如火如荼談論汰換時，汰換機制及根本問題最低價標若沒有解決僅是治標的做法。臺灣無人機業者面臨到市場狹小的困境，透過公務需求能夠提供給業者適當的發展空間，在國際市場上競爭才會有贏面。最低價標限制住業者的發展空間，也造成惡性競爭，未來在採購案開案時應避免使用最低價標形式決標。

3. 中美貿易戰可能為臺灣機會

美國自 2017 年開始對於中國製無人機逐步進行限制，由於資訊安全議題，首先是國防部全面禁止中國製造商生產之無人機使用。於 2020 年 1 月，美國內政部更禁飛超過 800 架使用大部份中國製零組件之無人機。為了取代這些需求，國防部透過檢驗並推薦出 5 家無人機製造商符合國家使用需求。

美國對於中國無人機的禁令也影響了世界，各國對於中國製商品的資安疑慮提高，例如日本計畫禁止公務用無人機使用中國製產品，民間則有日本電信電話 NTT 集團開始針對巡檢用中國製無人機以自製化或採購方式逐漸取代。臺灣國內廠商具備無人機研發自製實力，加上國際對臺灣製產品信任度上升，這股替換中國製無人機浪潮對於國內無人機產業發展有正向的影響。儘管中國製無人機短期有其大量製造帶來的價格優

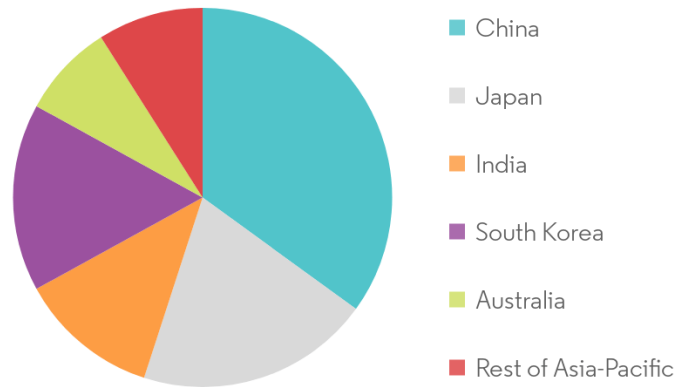
勢，對於中小企業有足夠吸引力，無人機市場尚未飽和，國內應積極發展自身實力，努力進軍國際市場。

二、經濟環境

1. 臺灣將與亞太區多國競爭

經濟環境面，臺灣處於全球無人機發展白熱區，中國、日本、韓國、印度、東南亞等國提供了龐大的市場，但也相對的充滿了競爭(圖 3.3-1)。中國有大疆創新科技，在全球消費型無人機具獨佔地位同時也持續往商用型無人機市場突破。日本及韓國在商用型無人機發展迅速，透過國內的應用發展相關技術，預備未來的藍海。

Asia-Pacific Small UAV Market: Revenue (%), by Country, 2019



資料來源：Mordor Intelligence，
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-small-uav-market-industry>。

圖 3.3-1 亞太區無人機主要市場占比

2. 臺灣需善用零組件製造優勢積極投入市場

臺灣具有先天資訊與通訊科技技術優勢，相關零組件生產製造能力強。然而由於無人機結構精密，許多元件都需另外開設生產線製造，目前在市場規模不足的情況下，國內廠商較無意願投入。在後端軟體及整合技術研發上，亦受限於市場規模，產值不穩定的狀況下，較少有公司願意投入無人機應用服務開發。為了擴大市場，臺灣政府及民間對於無人機的資源投入須提升，除了國內市場開拓外，國際市場是臺灣發展無人機須努力的。市場穩定後，整體零組件及服務發展將更完整及具競爭力。

三、社會環境

臺灣社會對於無人機的正視及接受程度會成為未來無人機發展的重要議題，在空域整合上也必須加入考量。隱私權議題、噪音問題、安全議題都是無人機未來要普及必須解決的問題。臺灣曾經發生過無人機撞上 101 大樓的事件以及無人機闖入松山機場事件，間接加速了無人機專章的制定與施行，公共安全也逐漸受到重視。未來無人機使用相關爭議勢必將隨著產業成長而增加，除了法規外，相關民眾教育及防治手段都須加緊推動。此外，與民眾及社區間之溝通亦是一重要工項，美國將於未來幾年針對無人機社區參與進行計畫推動，臺灣更加地狹人稠，亦應加速籌劃進行。

四、科技環境

1. 學研機構與產業界連結緊密度不足

臺灣的科技環境優異，ICT 產業、航太工業、各相關零組件產業構成無人機產業厚實的地基。四大產業智庫包含資策會、工研院、中經院及台經院對於無人機皆有深入的研究，可將寶貴的調查研究資料提供予民間廠商，輔助產業發展。另外技術面，中科院、工研院、金屬中心及各大專院校都有對無人機進行技術上開發，政府機關也會協助民間技術轉移。

根據政府研究資訊系統(GRB)資料顯示，民國 82 年至 109 年間無人機相關專案由大專院校執行約有 600 件，約佔總案件的 65%。可見大專院校相關研究能量佔我國無人機研究的很大一部分。唯學界及產業普遍合作不夠緊密，使學術研究難以跳脫理論、業界難以加速研發速度，因此未來需針對學界與產業界之間規劃合作機會，加速產學界於無人機的發展。

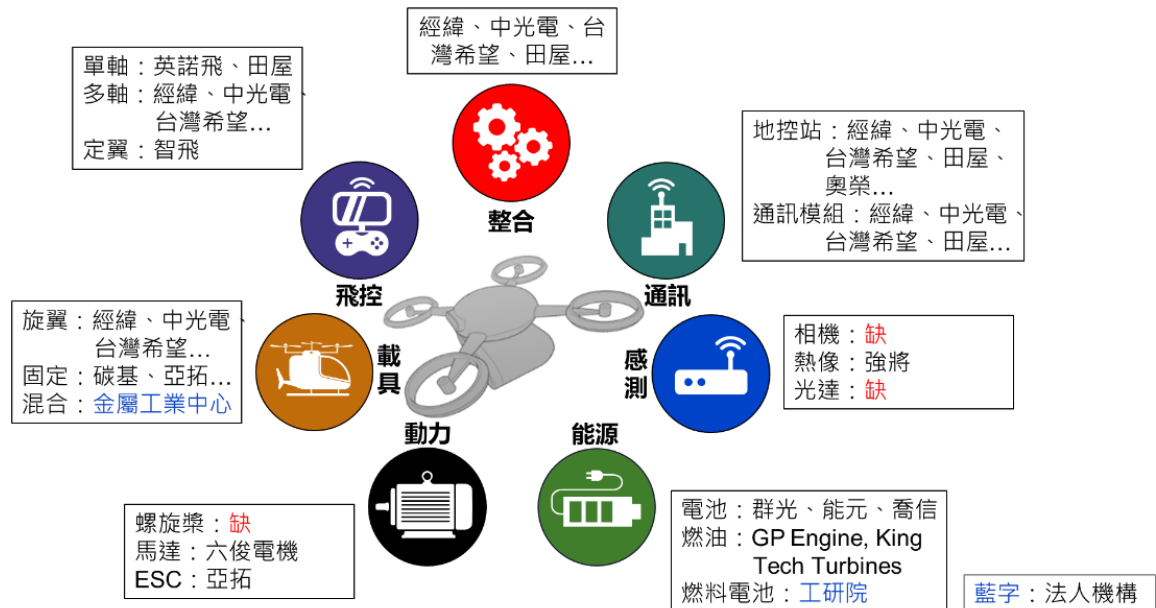
2. 市場需求限制科技發展

雖然民間廠商及學研單位有往無人機產業領域投入，但目前國內無人機市場尚未成形，吸引力不夠，使得各家投入的人力及資源都不多，因此技術及商品無法源源不絕地推出。無人機廠商往往需要與零組件廠商透過客製化合作或購買國外成品才能達到需求，因此價格上較高，影響海外市場競爭力。

3. 技術缺口及供應鏈缺口

除了市場尚不足以支應無人機相關技術研發外，臺灣在無人機供應鏈上缺乏一些關鍵零組件，包括飛控系統、動力系統、感測元件等較缺乏開發廠商(圖 3.3-2)，其他供應鏈也因為無人機通常為特別規格的緣故而需

要從國外進口。機體部分許多業者透過 3D 列印機自行製造，目前在生產中小型無人機還可以支應，然而未來若要朝高載重之運物、載人無人機推進，相關機體設計製造能力目前國內較缺乏。



資料來源：本研究彙整。

圖 3.3-2 無人機零組件對應國內代表廠商

五、法律環境

臺灣於民國 109 年 3 月 31 日施行無人機專法，對無人機有了跟國際上一致的規範，如此對於臺灣在無人機未來發展的準備程度獲得了國際上的認可。根據 Drone Industry Insights 的評估，良善的規範包含以下幾項：適用性 (Applicability)、人力資源 (Human Resources)、行政結構 (Administrative Infrastructure)、操作限制 (Operational Limits)、空域整合 (Airspace Integration)、及社會接受度 (Social Acceptance)。

1. 適用性

政府機關須不斷針對無人機法規進行滾動修正，因為無人機產業為新興且不斷變動的產業，政府須確定法規跟上科技發展及實用。交通部民航局在法規修訂上跟隨國際無人機發展先進國的規範，在有重大法規突破時，將會視國內情況檢討更新。空域管制方面，民航局自專章實施以來每 3 個月更新一次。在國際上尚未有重大變革之前，臺灣的法規適用性在未來仍需持續檢討，特別是針對民間反彈較大的試飛、農噴、娛樂型用途等須加快與民間之交流，適度作出調整。

2. 人力資源

操作員訓練及認證規範複雜度以及未來是否依據科技進展調整認證審核機制。目前民航局在操作員訓練上透過各組織或民間廠商提供課程訓練，認證上則依據三種機型訂定基本級及高級操作證認證術科考試，術科考場列表如表 3.3-2 所示。考試題目及方式由於規定剛開始實施，尚未有較大變革，未來需密切注意國際趨勢及市場及國內測試檢驗經驗，修訂相關審核內容。

表 3.3-2 臺灣術科考場列表

地區	名稱
北部	臺北市民航局行政大樓術科考場
	臺北市中國科大術科考場
	新北市東南科技大學術科考場
	大新店飛行場術科考場
	桃園市銘傳大學桃園校區術科考場
	宜蘭市宜蘭大學城南校區術科考場
中部	苗栗縣經國飛行場術科考場
	臺中市藥毒所試驗田術科考場（農噴專用）
	雲林縣臺灣福爾摩沙無人飛行器協會場地術科考場
南部	嘉義市嘉義大學術科考場
	高雄市實踐大學高雄校區術科考場
	屏東縣竹田飛行場術科考場
東部	花蓮縣東華大學壽豐校區術科考場
	臺東縣鹿鳴術科考場

資料來源：本研究彙整。

3. 行政結構

行政結構探討政府對於無人機科技產業發展的支援度，包含保險、註冊、飛航申請流程等，這些項目是否簡單明確。目前臺灣由民航局標準組負責無人機相關業務，針對各項規範及申請步驟，都有頒布相關指引圖示協助民間及地方政府迅速了解法規及流程。

(1) 保險

依據民航局規範，政府機構、學校及法人在從事無人機操作限制活動都應該於事前投保責任險。在臺灣目前有南山、華南、富邦、台產、兆豐、和泰、泰安、明台、第一、新光、國泰世紀、新安、台壽保及旺旺友聯等 14 家保險業者提供相關保險產品。然而由於保費計算方式係以國外遙控無人機第三人責任險之費率為基礎，再以一般責任險之承保理賠經驗依精算原理原則調整而得，透過訪談，民間業者普遍認為目前保費過高。臺灣未來政府應該協助保險業者進行更精確的風

險評估及保費計算，調整費率使民間業者的負擔能夠降，促進產業發展。

(2) 檢驗

機體檢驗部分依據民航局規定超過 25 公斤無人機須通過型式檢驗，目前僅委由中科院執行相關檢驗程序，因此通常需花費數月才能通過，繁瑣的文書處理工作也使得目前國內僅少數無人機通過檢驗，此因素也限縮民間往 25 公斤以上無人機進行發展。

(3) 飛航申請流程

民航局目前飛航申請流程作業快速且容易取得核可，據民航局標準組統計，自民國 109 年 3 月 31 日至民國 109 年 9 月 24 日止，共有法人申請案 1181 件，共通過 1111 件，僅 70 件遭駁回，核可率為 94%。其中遭駁回之 70 件，原因多為申請空域過大。

4. 操作限制

無人機允許飛行空域劃設精細及嚴格程度，允許操作項目（如超越視距飛行）的多寡及操作準則制定，這些項目可以顯示地區對於無人機產業的積極態度。臺灣民航局劃設的空域包含綠區（合法活動區）、黃區（有條件限制活動區）、紅區（禁限航區）於民國 109 年 3 月 31 日法規施行以來，於 6 月及 9 月各更新一次，目前以每 3 隔月更新一次為原則。臺灣在空域劃分係由交通部、國防部、民航局及地方縣市政府提供，以安全為原則，故黃區及紅區範圍劃設較大，且目前以 2D 平面劃設，精細度未來需要隨安全研究及空域整合漸漸改善。允許操作部分，民航局目前儘量核可限制排除之飛行申請案以鼓勵廠商透過申請執行相關活動，目前主要以空拍為主。

5. 空域整合

未來在發展無人機服務時為了安全及效率，空域整合為相當重要指標。國際上在近幾年無人機蓬勃發展下，無人機先進發展國家包含美國、澳洲、波蘭、新加坡等國，都與民間 UTM 廠商合作研擬未來空域整合方案。瑞士甚至與民間共同執行制定國際辨識標準，並結合民間業者共同簽屬協議。臺灣目前較少相關研究計畫，未來可以參照國際領先國家經驗或與民間業者共同合作執行相關研究實驗計畫。

6. 社會接受度

法規上如何保障民眾的隱私及安全並同時給予無人機操作者明確的指南為另一重要指標。目前各國法規皆有對無人機規範中加入對隱私及安全的規範，然而目前由於操作限制嚴格，規範相對容易規定，未來在空域整合後無人機的運行規範勢必將進行更精細的修訂，臺灣在此面向亦須積極觀察國際發展趨勢，對內研擬相應對策。

六、自然環境

無人機受自然環境影響大，無人機目前在降雨及強風環境下操作較困難。而臺灣四季多雨，夏季有西南季風，冬季有東北季風，對於無人機的發展有不利影響。因此未來在場域規劃除審慎選點之外，可於多點設置簡易試驗場域，如此才不會因為地區氣候型態或天氣狀況影響產業發展。

另一方面，世界趨勢推行綠能，對於未來目標在市區飛行的無人機服務有很大的影響。因此目前即便電池的能量密度不若燃油，商用型無人機多數仍採用電池作為能源。然而廢電池回收議題也逐漸受重視，如何在生產過程生產出低污染的產品會是未來重要課題。臺灣在電動機車及電動車市場逐漸蓬勃發展下，電池回收問題未來勢必需要解決，目前已有廠商提出以退場電池提供路燈電力來源之方案，無人機的電池回收問題也可與電動汽

第四章 交通領域策略與措施檢討修訂

4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討

為逐漸發展並帶動我國無人機產業，除透過 3.3 節針對國內現況產業缺口分析外，產業發展利基也需要進行完整的分析，透過正反面的比對發展後續策略並規劃發展藍圖。前章節利用 PESTLE 分析方式，將國內環境分成五個面向進行探討。本節再進一步根據歸納議題訪談產官學研相關單位，特別針對技術發展、產業與應用、環境各面向(如場域、法規、人才培育等)進行深度的探討。

根據訪談與座談會的討論與回饋，本小節先行歸納結果如表 4.1-1 所示，為技術發展、產業與應用與環境(法規與場域)等三大面向關鍵現況課題及發展方向建議。

表 4.1-1 臺灣無人機產業發展現況與課題及建議發展方向

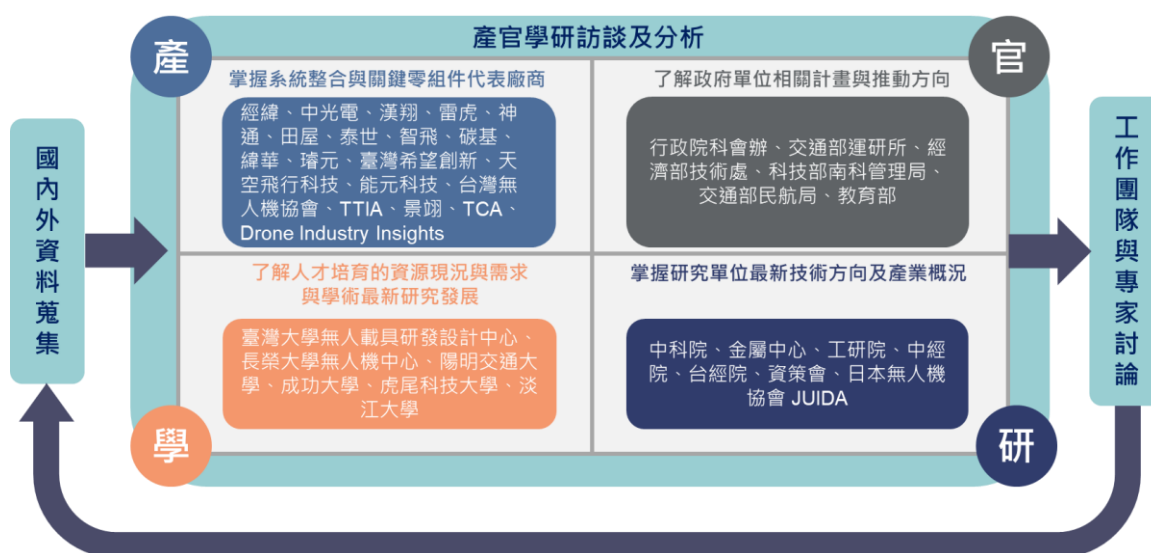
	關鍵現況課題	利基與發展建議
技術發展	臺灣廠商技術能力高，但主要能量聚集於零組件製造，缺乏整合推動及市場誘因，無法發展規模經濟，因此針對無人機零組件研發意願不高；無人機研發廠商規模不大、能量不足，目前能與國外廠商交流之亮點尚不明確。	政府須輔助提供良好投資及研發環境，一方面可利用公務需求為導向提相關技術；另一方面需發展亮點及整體策略以吸引投資。
產業與應用	臺灣大部分無人機應用尚未確立商業模式，且從 POC(Proof of Concept)、POS(Proof of Service)到 POB(Proof of Business)的過程需要有很多資源投入，需仰賴政府介入輔助。	政府須建立統合性政策，一方面吸引國外大型無人機廠商；另一方面以服務應用模式為導向發展國內產業規劃。
環境 (法規與場域)	目前臺灣缺乏具規模之無人機試驗場域，限制技術發展、法規修訂；若無健全的法規及相關配套建立良好發展環境無法吸引國內與國外廠商投資。	朝向優先建立一處國家級場域結合產業聚落，研擬調適無人機專法與檢驗制度，並規劃發展 ATM(Air Traffic Management)與 UTM。

資料來源：本研究彙整。

本研究針對上述三大面向進行的訪談單位包括產業界、政府部門與學研單位，相關單位如下：

- 一、產業界：無人機產業界訪談對象主要為各關鍵零組件的廠商，以及系統整合、整機廠商，包括：漢翔航空工業、經緯航太、中光電智能機器人、天空飛行科技、泰世模型科技、田屋科技、能元科技、智飛科技、璿元科技、德國 Drone Industry Insights 等。
- 二、政府部門：經濟部技術處、經濟部工業局科技部南部科學工業園區管理局、國家中山科學研究院航空所、交通部民用航空局等。
- 三、學研單位：台灣無人機協會、金屬工業研究發展中心、中華經濟研究院、台灣經濟研究院、工研院材料與化工研究所、工研院機械與機電系統研究所、工研院資訊與通訊研究所、資策會科技法律研究所、虎尾科技大學、臺灣大學、成功大學、交通大學、長榮大學無人機中心、日本無人機協會 JUIDA 等。

訪談流程為彙整訪談與座談會各單位意見後，進行工作團隊內部及與顧問專家討論，再進一步的蒐集相關資料，並再於下次訪談中得到回饋，以不斷滾動更新資料與修正方向，如圖 4.1-1 所示。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.1-1 無人機應用發展與利基檢討分析流程

以下詳細說明與上述單位進行的訪談，分別探討技術發展、產業與應用與環境(法規與場域)等三大面向的現況、課題及利基與發展建議。

一、現況環境與發展

1. 技術發展

- (1) 近年來民間無人機技術發展雖有進展，但速度並不快。
- (2) 政府利用競賽、整合示範計畫 IPP 等方式推動應用層面之技術提升，並透過提供資金獎助無人機新創研發。
- (3) 民間無人機產業發展興盛，但許多關鍵零組件仰賴國外進口。
- (4) 許多規模小的廠商研發技術能力很高，但是曝光度不足；亦有國際廠商會直接與臺灣零組件供應商簽約合作。
- (5) 部分廠商與國外或政府單位合作需簽訂保密協議，因此有時並無法了解業界最真實的技術發展現況。

2. 產業與應用

- (1) 大部分業者以公務機關為主要業主，亦有業者出口無人機到國外。
- (2) 目前臺灣應用最多仍以消費機為主，且多為航拍使用；在農業植保機的應用發展迅速。
- (3) 巡檢、物流等其他應用服務多在 POC 階段，如臺灣現在做的物流用無人機都是工程試飛機，上下貨的裝卸與保全機制都還不成熟，進入服務驗證 POS 階段才是挑戰。
- (4) 臺灣目前尚未有業者投入 UAM 相關研發，主要因評估臺灣未來應用市場不大。

3. 環境（法規與場域）

- (1) 因應遙控無人機活動漸增，民航法遙控無人機專章在民國 109 年 3 月底開始實施，規範並管理無人機與其飛行時的安全性，未來民航局會追隨國際規範不斷檢討並更新法規。
- (2) 證照考核政府透過委外與民間機構、學校合作執行。
- (3) 無人機測試需進行空域申請，如與有人機衝突以有人機為主。
- (4) 目前無具規模之無人機試驗場域，因此大部分的業者都是在河濱等空曠場地自行進行試飛。

- (5) 已有地方政府與中科院合作開始進行無人機試驗場域規劃評估，目前預定地在嘉義。

二、面臨課題

1. 技術發展

- (1) 競賽方面政府資金較缺乏，每年規劃經費不確定，可能會影響人才培育，對部分業者來說不僅獎金不具吸引力，且競賽內容與實際應用情形不符；另外，政府標案規範與模式亦無法鼓勵廠商發展技術。
- (2) 臺灣無人機需求量不大、市場小，業者不願意針對特定技術研發，針對 UAM 之相關零組件尚未發展成熟，如電池、馬達及飛航控制技術等；且因無人機需求量不大、市場小、生產量少，廠商不願意客製化零組件（如馬達），亦導致臺灣缺乏關鍵零組件製造商，許多業者需向國外進口零組件。
- (3) 無人機發展公司多但規模較小，單打獨鬥，價格較不具競爭性，無法發展規模經濟；與上述第(2)點臺灣無人機市場小因素亦有關聯。
- (4) 臺灣零組件供應鏈未針對無人機進行整合，且能與國外廠商交流之亮點尚未成形。
- (5) 法規限制無人機測試，技術發展因此受限，如飛控系統須經由測試重覆修正精進，因此法規與場域問題亦影響技術發展。

2. 產業與應用

- (1) 各政府機關開始在關注無人機，但資訊及需求沒有整合，且政府對民間企業的能力所知有限，需求與技術的銜接會有落差；許多公務機關以試驗計畫為初步推動模式，但尚未有專門的政策或大型計畫。
- (2) 臺灣願意投入先期研究的廠商不多，大部分的廠商皆是市場已經形成後才投入發展，因此無法掌控大部分的市場。
- (3) 無人機於多數應用領域尚未確立商業模式。
- (4) POC、POS 到 POB 的過程很困難，需仰賴政府介入輔助。
- (5) 無人機應用保險機制尚未明確，民間業者普遍認為收費過高不合比例。
- (6) 臺灣發展物流服務的無人機未來發展除了技術問題之外，相關法令規範、安全隱私疑慮、以及市場的完整性亦是目前需探討的課題。

3. 環境（法規與場域）

- (1) 法規未與民間產業技術發展緊密結合，導致業者認為法規限制了產業與技術的發展。
- (2) 術科考照處理能力不夠，現行考場無法有效率消化。
- (3) 法規上要求保險機制尚未完善，廠商普遍認為目前保險費率過高，影響廠商投入意願。
- (4) 臺灣空域壅擠，在規劃場域上需要跟民航局、國防部等相關單位討論空域劃分。
- (5) 沒有場域便無法發展技術，也影響法規的制定，若無健全的法規亦無法吸引國內與國外廠商投資。
- (6) 在社會觀感部分，因無人機配戴 GPS 與相機在社區上方飛行，在規範管理上如何避免服務提供業者在執行任務時侵害隱私及危及民眾安全，將會是此產業未來發展的重要課題之一。

三、利基與發展建議

1. 技術發展

- (1) 臺灣產業界具無人機技術發展能力，部分廠商雖然規模不大但研發能力強；亦有部份廠商已與國際供應鏈接軌，政府須輔助提供良好投資及研發環境。
- (2) 無人機為一高度整合產業，臺灣各相關技術如資訊與通信科技技術（ICT）、能源技術（如太陽能、鋰電池、燃料電池等）、定位技術、動力系統、自動駕駛、AI 等領域皆有一定的水準與資源。政府需政策引導異業結盟、相關廠商投資，促進國內的能量結合。
- (3) 政府可利用公務需求帶動國內產業發展，應思考未來長期投資之技術方向，並以需求為導向提相關技術，且政策上應同時注重推動軟、硬體之開發。
- (4) 國內無人機可以依循國外模式：POC、POS 至 POB 來帶動 UAM 發展技術。
- (5) 有國外 UAM 大廠對臺灣的廠商與研發能力有興趣，臺灣需發展亮點及整體策略以吸引投資：整合無人機零組件廠商，打造完整供應鏈，統

合能量，製造整機以利進入國際市場；臺灣無人機相關資源豐富，便可吸引國外大廠進入投資。

2. 產業與應用

- (1) 以服務應用模式發展產業規劃，且未來服務應用可進軍國際、東南亞市場。臺灣多天災，因此邊坡與河川巡檢為一大應用領域；另臺灣發展再生能源，日漸提高風力發電及太陽能發電場域，亦可作為無人機巡檢設施；且臺灣公路與橋梁密度高、多山區、多偏鄉、多離島地區的特性，亦為未來在巡檢監測與物流的潛在市場。
- (2) 政府須建構出統合性政策方案，吸引國外大型無人機與 UAM 廠商；另一方面，臺灣可利用國內應用作為驗證功能，未來將市場擴及到國外。
- (3) UAM 發展國內技術及法規與產業發展尚有落差，技術上可先著重發展物流，再逐漸增加酬載力、可靠性及安全度；同時法規也需跟進朝向打造適合未來發展 UAM 的法規環境。
- (4) 在評估應用服務時須因地制宜，找出切入點：如目前 Zipline 在道路基礎設施不發達的盧安達進行醫療物資運送有訂定出特殊的運送標準程序；Wingcopter 在萬那杜進行跳島物資運送。服務商須就無人機設計、場站設計及整體服務圈規劃進行評估考量。
- (5) 面臨極端氣候成為常態，無人機災防應用上，未來我國應可建立平時的基本能量，用以執行公用設施巡檢(軌道、公路、電力、重大設施等)、國土調查(斷層與破碎地形、農漁牧資源等)、偏鄉離島運補作業，方能因應我國面臨緊急事態時，有關災情勘查、救災指揮、通訊中繼、資源運送等應變工作。
- (6) 因中國製無人機的資安疑慮，我國政府機關將逐步汰換中國製無人機，此政策將提高政府機關使用臺灣製無人機的比例，同時也將帶動我國在易造成資安疑慮的零組件的研發。

3. 環境（法規與場域）

- (1) 臺灣無人機相關法規已跟上國際法規制度的腳步，因此未來亦可與時俱進，根據無人機發展的方向與國際趨勢打造更良好的法規環境。

- (2) 空中交通管理 ATM(Air traffic management)與無人駕駛飛機系統交通管理 UTM 為國際上無人機安全運行的研究方向，臺灣也需設定願景目標，逐步達成。
- (3) 研擬無人機專法調適與檢驗制度。
- (4) 進行飛行場域沙盒規劃，先求有場域再進一步精進規劃。
- (5) 場域規劃設施要完善、場域要多元、飛行要安全，周邊生活機能要方便；距離各無人機製造廠房不可太遠，或是有足夠的吸引力使廠商將廠房設置在園區內。
- (6) 可朝向建立一處國家級測試場域形成產業聚落與數個地區型場域方向規劃。
- (7) 可利用測試場域的階段性成果回饋至保險機制的改善。

由以上訪談可得知，我國無人機發展將由監測與巡檢相關應用、物流與緊急輸送，與未來載人無人機及發展 UAM 循序漸進發展；一方面完善現有發展中相關應用，一方面逐漸加重酬載與加長飛行時間發展載物與載人無人機。

4.2 推動策略與措施修訂

國內無人機現況技術發展，主要係依循政府需求進行，並無整體技術藍圖規劃，實需要統整推動政策及目標。

故本研究依據前述國際發展趨勢、我國應用概況與產業盤點結果、交通部交通科技產業政策白皮書等透過專家學者訪談與座談會，確認我國無人機科技產業發展利基，並檢討修訂我國無人機在交通領域之發展策略、中央與地方合作機制，協助研提後續推動計畫。

4.2.1 交通科技產業政策白皮書推動策略檢討

於 2.3 節、圖 2.3-22 所述，我國無人機在交通領域之發展策略項目中，近程(2020 年~2025 年)先推動整合示範計畫，並在中程(2025 年~2030 年)開始測試驗證各種應用，並預計在長程(2030 年以後)開始推動應用服務；而除了產業技術推動之外，亦同時發展其背後所需之能量，包含測試基地、法規調適，以及配合大專院校培育專業人才與技術等支援環境，本研究依圖 2.3-24「我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖」歸納其策略之內涵如表 4.2-1 所示

而透過國際發展趨勢、專家學者訪談與座談會，本研究已檢討無人機發展方向，據以針對推動策略進行檢討如表 4.2-1 所示，作為推動策略與措施修訂之基礎。

表 4.2-1 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖檢討

項目	2020 交通科技產業政策白皮書 推動策略內涵歸納	本研究策略檢討
推動面	1. 拓展無人機於交通領域之多元應用發展，由測試驗證逐步推動服務	1. 無人機發展方向將從載物到載人，需提供安全可靠的運輸服務，並納入空中交通管理(UTM)
	2. 推廣臺灣經驗至國際市場，與國外大廠進行上下游合作	2. 應參考國際發展，並建立國內合適發展之標準與規格
支援面	3. 整合產官學研界，集中資源達成跨部會、產業技術合作	3. 政府須表達對於無人機發展的支持，並以公部門帶動市場需求
	4. 成立測試基地，輔助孕育無人機產業聚落的形成	4. 除了測試基地，相關基礎設施與城市規劃也須納入無人機未來運營的考量

表 4.2-1 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖檢討(續 1)

項目	2020 交通科技產業政策白皮書 推動策略內涵歸納	本研究策略檢討
環境面	5. 檢討法規與提供教育環境， 提升無人機產業國際競爭力	5. 將測試計畫納為提升社會溝通與宣傳之手段

資料來源：本研究彙整。

4.2.2 我國無人機交通領域發展策略修訂

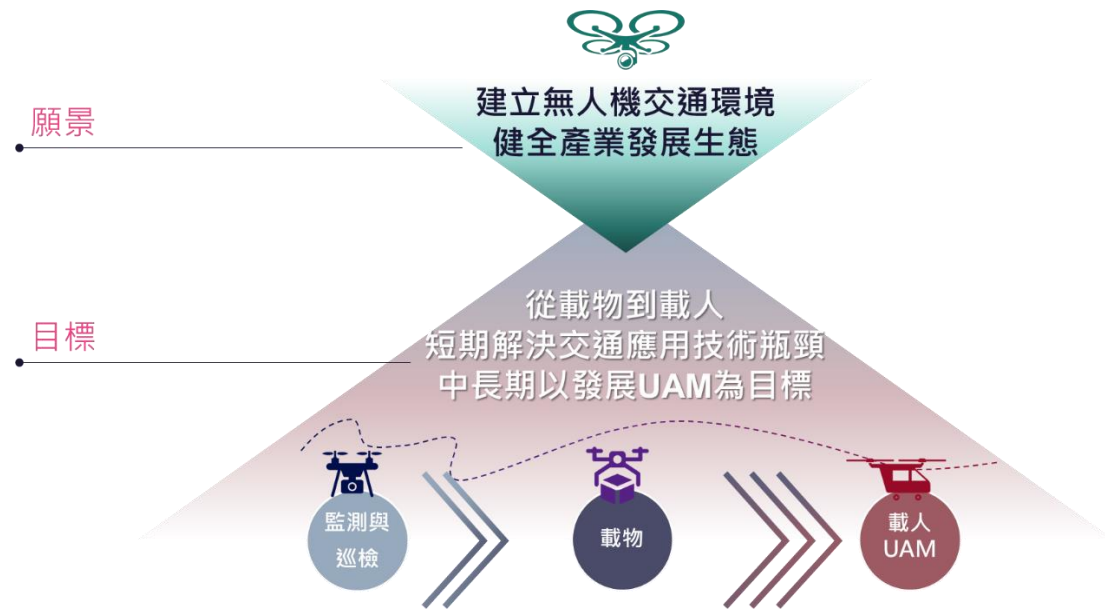
一、願景與目標

本研究之目的，為能夠順利將無人機技術導入我國交通運輸各項工作，並延續與深化交通部在無人機領域之發展策略與推動措施，以及引領國內相關產業發展。因此，將以交通運輸、產業環境兩方面切入，勾勒「**建立無人機交通環境、健全產業發展生態**」作為發展願景，如圖 4.2-1 所示。

透過 4.1 節無人機發展方向檢討，訂定發展方向為「**從載物到載人**」，以及考慮策略發展需由期程規劃，故納入短中長期構想，發展目標為「**短期解決交通應用技術瓶頸、中長期以發展 UAM 為目標**」，如圖 4.2-1 所示。

考量無人機發展，依據技術研發、產業市場、環境支援進行分類能釐清各項推動項目的意涵，故修訂策略面向為「**技術**」、「**產業**」、「**環境**」，各面向訂定次要目標，以明確各面向須達到的目標狀態，說明如后，如圖 4.2-1 所示。

1. 技術：「**提供安全可靠的交通服務**」。
2. 產業：「**建立公平永續的產業生態**」。
3. 環境：「**健全適合導入的發展環境**」。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.2-1 我國無人機交通領域發展願景與目標

二、推動期程

依循原發展策略之期程規劃，並訂定各期程之推動方向如下：

1. 短期 2020 年~2025 年，此階段將以聚焦研發為方向，開展各項測試驗證計畫。
2. 中期 2026 年~2030 年，此階段將以累積能量為方向，開始導入示範計畫、擴大測試計畫規模，並與國際合作交流等。
3. 長期 2031 年以後，此階段將以推廣普及為方向，落實相關應用服務，產業亦已形成聚落，可將國內研發技術經驗輸出國際。

三、推動策略

依循前述願景目標與期程，修訂發展策略如圖 4.2-2 所示。各發展策略皆制定短中長期措施，並且研擬主導部會，相關說明如下：

面向	目標	策略	主導 部會	短期措施2021~2025 (聚焦研發)	中期措施2026~2030 (累積能量)	長期措施2031~ (推廣普及)
技術	提供安全可靠 的交通服務	推動無人機多元應用服務測試	交通部 經濟部	辦理無人機整合示範計畫 (橋梁巡檢及物流)	推動物流與UAM場域測試驗證計畫	↑
		投入無人機關鍵技術研發	交通部	推動無人機防制	持續推動無人機防制發展	↑
		補助無人機基礎技術研究	經濟部 交通部	推動無人機沙盒驗證計畫(橋 梁巡檢、物流)	推動城市物流與郊區UAM之沙盒驗證 計畫	↑ 推動城市UAM沙盒驗證計畫
		推動無人機空中交通管理	科技部	以科技計畫補助無人機相關基礎研究		↑
		建立無人機測試場域	交通部 科技部 經濟部 地方政府	發展無人機追蹤識別技術 及空中交通管理規則	發展無人機空中交通管理相關機制	↑
產業	建立公平永續 的產業生態	加速導入無人機於公務應用	科經交 三部會	測試場域設備規劃及建置	各層級測試場域規劃及建置	↑ 各層級測試場域營運
		籌組 U-Team	科經交 三部會	推動整合示範計畫(IPP) 汰換中國製無人機	常態化導入無人機於公務應用	↑
		規劃無人機創新應用營運服務 體系	交通部	建立跨部會合作機制並籌組 U-Team	擴大U-Team組織規模	↑ U-Team技術能力輸出國際
		強化國際行銷	交通部 經濟部	規劃無人機營運、服務、權 責、保險、資訊安全	擴大無人機創新應用領域體系規劃	↑
				辦理國內外研討會與展覽	辦理國際博覽會，吸引國際廠商合作投資	↑
環境	健全適合導入 的發展環境	法規與管理方式調合	交通部	法規與管理方式調合	參考國際通用管理方式，逐步進行法規與管理方式調合	↑
			交通部	辦理無人機檢驗	參考國際無人機通用技術規範發展，逐步調合檢驗基準。	↑
		培育無人機研發及管理人才	教育部	研擬無人機課程與教材	與相關部會合作，配合產業人才供需趨勢，擴大無人機專業人才培育。	↑
			交通部	舉辦無人機應用創意競賽	依據產業與應用需求，持續推動無人機產學合作相關工作。	↑
		社會溝通與民眾宣傳	交通部	無人機相關法令宣導 舉辦無人機應用創意競賽	持續辦理社會溝通與民眾宣導相關活動	↑

資料來源：本研究繪製。

圖 4.2-2 我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖修訂

1. 技術面：提供安全可靠的交通服務

(1) 推動無人機多元應用服務測試

提供合適場域（港區、公路、機場、軌道等）以進行概念驗證，並協助部分公務單位進行物流運送、防 / 救災、基礎設施監測、無人機防制、交通資料蒐集等無人機應用，鼓勵專業廠商投入參與示範計畫。因該項策略涉及實驗場域以及無人載具科技創新實驗計畫，因此主導部會為交通部與經濟部。

- 辦理無人機整合示範計畫 IPP

A. 短期工作重點：參考美國及日本無人機推動經驗，皆透過辦理整合示範計畫，於固定場域持續提供廠商執行長時間測試驗證，以逐步提升技術，故本研究建議短期以橋梁巡檢及物流為主要應用，持續推動無人機整合示範計畫 IPP。

B. 中長期目標：擴大應用項目，辦理物流及 UAM 場域測試驗證。

- 推動無人機防制

A. 短期工作重點：擇定重要交通關鍵基礎設施試辦無人機防制。

B. 中長期目標：邀請國內外產、官、學、研各界共同參與，俟技術成熟並累積相當經驗後，將推動技術及經驗轉移，扶植防制設備硬體及軟體服務產業之發展。

(2) 投入無人機關鍵技術研發

整合跨部會資源，以沙盒驗證計畫推動無人機研發及應用，鼓勵相關法人與廠商投入研發突破關鍵技術。因關鍵技術研發需場域與沙盒協助測試，因此主導部會為交通部與經濟部。

A. 短期工作重點：以橋梁巡檢、偏鄉物流為主題，推動沙盒驗證計畫。

B. 中長期目標：擴大應用項目，分階段辦理，中期以城市物流、郊區 UAM，長期以城市 UAM 為主題，推動沙盒驗證計畫。

(3) 補助無人機基礎技術研究

補助學界無人機相關科學基礎研究，並由學界依專長領域研提，以累積我國無人機基礎研究能量，主導部會為科技部。

- A. 短中長期工作重點：補助學界無人機相關科學基礎研究，並由學界依專長領域研提，以累積我國無人機基礎研究能量。

(4) 推動無人機空中交通管理

配合無人機各項技術的研發，UTM 需與產業技術發展結合，建立國內無人機飛行環境，發展空中交通管理相關機制。主導部會為交通部。

- A. 短期工作重點：發展無人機追蹤識別相關技術及空中交通管理規則。
- B. 中長期目標：發展無人機空中交通管理相關機制，並可吸取美國與歐盟經驗，於推動管理中，建立空中廊道之概念。

(5) 建立無人機測試場域

將閒置的大型公共設施或場域轉型活化利用，成立無人機測試場域並形成無人機科技產業聚落。建議地方政府可協助於盤點當地合適土地，交由中央進行全臺測試場域的整體規劃，指認並分工各場域功能，後期再交由地方政府進行場域的宣傳與招商等工作，並且連結場域與周邊土地的生活圈規劃。因場域涉及產業發展、技術研發、無人機監管等跨部會事務，建議由經濟部與科技部投入資源輔導發展，交通部視需求提供相關協助。

- A. 短期工作重點：規劃研究合適場域的條件、推動策略及各單位分工等課題，積極爭取中央部會及地方政府提供合適場域，進行測試場域設備規劃及建置。短期以建立一國家級場域中心為目標，包含無人機測試、研發與產業聚落的形成。
- B. 中長期目標：配合經濟部與國際無人機相關產業領導廠商進行技術交流，並且爭取來臺投資，規劃與建置各層級無人機測試場域，形成無人機相關產業聚落。長期目標為建立北中南各一處的地方型場域，以提供不同地區的廠商就近進行試飛與測試。

2. 產業面：建立公平永續的產業生態

(1) 加速導入無人機於公務應用

透過政策宣示，加速以公務需求帶動無人機產業發展，並持續擴大應用項目，普及無人機公務應用使用。因無人機於公務應用涉及多個部會與單位，因此主導單位為經濟部、交通部與科技部三方。

A. 短期工作重點：辦理無人機整合示範計畫推廣無人機之公務應用；並逐步汰換中國大陸製有資安疑慮之無人機產品。

B. 中長期目標：常態化導入無人機於公務應用。

(2) 籌組 U-Team

透過無人機產業盤點與整合以及關鍵技術研發，輔導業者輸出無人機軟硬體及應用服務。因 U-Team 為整合各部會資源聯盟，因此主導單位為經濟部、交通部與科技部三方。

A. 短期工作重點：建立產官學研跨部會分工 / 合作機制、進行國內外無人機相關產業與關鍵技術盤點作業，籌組 U-Team。

B. 中長期目標：U-Team 組織擴大並輸出技術能力至國際。

(3) 規劃無人機創新應用營運服務體系

針對無人機未來投入商轉，預先規劃無人機應用領域之營運服務體系相關議題，並提出政府與營運廠商權責劃分。主導單位為交通部。

A. 短期工作重點：規劃未來無人機商轉營運服務體系，建立營運、服務、權責、保險、資訊安全等各種業務的體系。

B. 中長期目標：擴大探討無人機創新應用領域，並進行相關應用營運體系規劃。

(4) 強化國際行銷

為我國無人機產業提供國際展示舞台，創造技術交流與曝光機會。主導單位為交通部與經濟部。

A. 短期工作重點：辦理國內外研討會及展覽，與國外無人機廠商進行交流。

- B. 中長期目標：持續辦理無人機產業論壇及參加國際會議，展示國內創新技術研發與應用成果，規劃以團隊的方式赴國外參展，並邀請國外無人機廠商進行交流，吸引國際領導廠商來臺投資。

3. 環境面：健全適合導入的發展環境

(1) 法規與管理方式調合

持續配合應用服務參考國際間對無人機之管理，以及國內整合示範計畫、競賽、沙盒試驗等階段性成果回饋，逐步進行法規與管理方式調合。主導單位為交通部。

- 法規與管理方式調合

- A. 短期工作重點：配合民用航空法無人機專章實施，持續進行法規與管理方式調合。

- B. 中長期目標：參考國際無人機通用管理方式，逐步進行法規與管理方式調合。

- 辦理無人機檢驗

- A. 短期工作重點：依據民用航空法相關規定，辦理無人機各類檢驗工作。

- B. 中長期目標：參考國際無人機通用技術規範發展，逐步調合檢驗基準。

(2) 培育無人機研發及管理人才

提供無人機軟硬體設計相關學術研究機構足夠資源，並充實產業技術研發以及中央與地方政府管理的能量。相關課程研擬規劃主導單位為教育部；創意競賽主導單位為交通部。

- 研擬無人機相關課程與教材

- A. 短期工作重點：與相關部會合作，研擬無人機相關課程與教材，培養學生具備無人機相關知能。

- B. 中長期目標：與相關部會合作，配合產業人才供需趨勢，擴大無人機相關專業人才培育。

- 舉辦無人機創意應用競賽

- A. 短期工作重點：辦理無人機創意應用競賽，鼓勵產學合作。
- B. 中長期目標：依據產業與應用需求，持續推動無人機產學合作相關工作。

(3) 社會溝通與民眾宣導

增加無人機相關應用曝光機會，並進行無人機相關法令宣導，持續進行社會溝通。主導單位為交通部。

- A. 短期工作重點：持續辦理無人機規範管理法令宣導說明會，建立中央與地方協作機制，辦理地方政府公告區域、管理與宣導事宜；以及舉辦相關說明會或進行輔導措施，利於產業熟悉相關檢驗法規與程序；另配合「無人機創意應用競賽」，建立無人機正面社會形象。

4.2.3 中央與地方合作機制

透過上述推動策略可知，無人機發展牽涉整合計畫、安全檢驗、特許場域、法令配合、基礎設施、城市規劃、人才培育、經費補助等多項層面，相關牽涉部會至少涵蓋交通部、科技部、經濟部、教育部、地方政府等，需透過國家層級引導規劃，方能有效推展。

因此，本研究初步建議將無人機發展層級提升至行政院，透過行政院凝聚各部會協調執行方向，整合部會分工與分配預算，初擬各部會功能定位規劃如下：

- 一、交通部：以應用服務帶動技術與產業發展，提供場域執行測試與法規管理調適，並且進行無人機的監理。
- 二、科技部：支持基礎技術研究、研發創新科技，以研究計畫提升科技發展；且南科管理局亦有建置無人機技術加值平台，可持續協助關鍵技術發展。
- 三、經濟部：支持技術研發，輔導產業發展，並以無人載具科技創新實驗條例提供沙盒試驗環境。
- 四、教育部：投入相關人才培育，協助學生創意競賽計畫，並且規劃短中長期教育計畫。

整體而言，各部會執行方向以輔導產業支持研發、提供場域測試與法規管理、投入人才培育等為主；而地方政府則以執行在地環境調查、盤點合適場域，以利無人機發展能順利推展。

此外，亦建議跨部會能持續合作、推動、並逐步拓展，如交通部能提供合

適場域，以利經濟部無人載具科技創新實驗計畫以沙盒方式進行測試驗證；或交通部可視需求，提供經濟部與科技部投入資源輔導發展測試場域之相關協助等。

4.3 市場規模與產值推估

本研究透過國內外案例趨勢探討，可得知在軍用、民用與商業型無人機上，未來皆將帶來更多應用發展與產值，我國無人機國內市場固然有限，然以服務應用模式發展產業規劃，透過高階巡檢、智慧農噴、物流等專用無人機之發展，較能符合我國產業發展政策，政府可提供產業將我國作為練兵場，協助系統廠商將相關無人機產品推展至國際、東南亞市場。

本研究先行將針對交通領域的商業應用服務分析其市場產值，以符合相關機關未來應用實務需求。目前臺灣交通領域無人機相關應用，包括公路巡檢、軌道巡檢、交通監測與離島物流等，依照國際趨勢的發展未來亦有潛力發展UAM。

雖在初期橋梁巡檢或是物流的測試計畫效益與產值或許不大，但在確保工作人員安全、緊急用品的輸送與偏鄉人道物資運送等面向的價值是很大的。本章節依照國內發展現況與未來方向，分別為巡檢、監測與物流，以 2020 年起的三十年估算產值，亦即以 2050 年為目標年進行產值預估。根據前章節策略規劃可知，巡檢與監測相關應用規劃為短期內可進行試辦計畫與商轉，因此以 2025 年為產值推估起始年；物流運送則規劃為中長期目標，因此以 2030 年為產值推估起始年。

以下為以無人機代替各公務機關現有的作業方式，從應用端進行其市場規模與產值推估。

一、巡檢

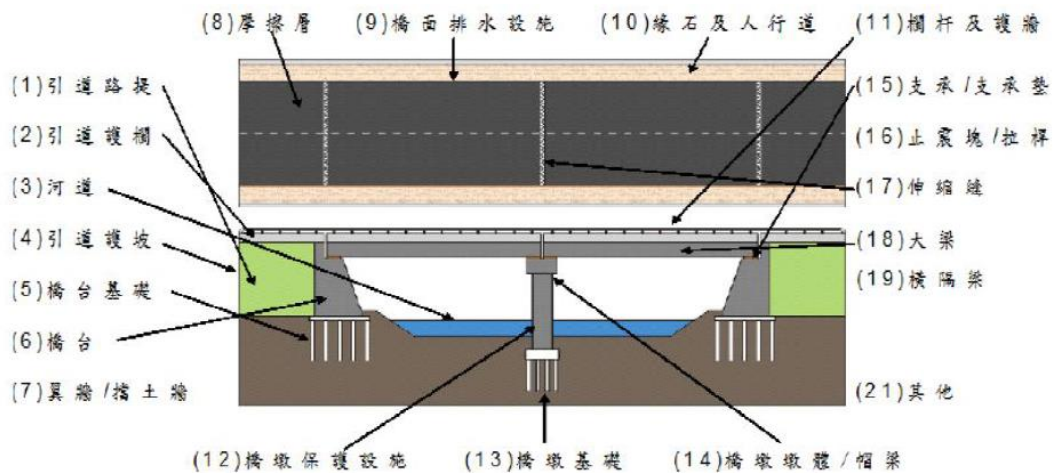
目前巡檢服務主要包含橋梁巡檢與邊坡巡檢，其中橋梁巡檢又分為公路橋梁與鐵路橋梁。因公路與鐵路橋梁的現有巡檢細項不同，且能使用無人機巡檢的構件也不同，因此以下將公路與鐵路橋梁巡檢產值予以區分計算。在邊坡巡檢方面，則參考近年政府單位邊坡巡檢的標案價格與工作範圍作為單價計算基準。

1. 公路橋梁巡檢

養護單位以往遇到高橋墩或跨河橋梁時，只能利用橋梁檢測車、高空作業車或小型船艇作業，操作危險、費時且成本高。近年來臺灣已開始進行橋梁巡檢的試辦計畫，如 2019 年苗栗縣無人機橋梁巡檢應用計畫以中

平大橋、玉清大橋為場域、2020 年運研所亦發起無人機整合示範計畫，其中公路總局橋梁檢測為主題之一。

橋梁構件多達 20 多種(圖 4.3-1)，過去公路總局橋梁檢測主要利用無人機針對 19 個構件拍攝。目前針對橋梁巡檢多以人工手動飛行、拍攝，再以人工判斷缺失，此做法可涵蓋到大部分的構件；未來自動化檢測包含飛行自動化、AI 影像辨識自動化等為目前正在發展中技術。



資料來源：交通部運輸研究所（2016），橋梁檢測工具效能提升計畫。

圖 4.3-1 橋梁構件說明

參考交通部運研所「第二代臺灣地區橋梁管理資訊系統」截至民國 110 年 6 月統計資料，國內車行橋梁共計 22,645 座(統計橋梁總長度大於 6 米之數量)，轄管機關包含高速公路局、公路總局、縣市政府等，統計如表 4.3-1 所示，針對 22,645 座車行橋梁檢測經驗，每年定期檢測金額約 5 億元。

表 4.3-1 國內車行橋梁數量統計表

轄管機關	橋梁總長度大於 6 米之數量
交通部高速公路局	2,445
交通部公路總局	3,378
縣市政府	16,564
台灣港務股份有限公司	24
交通部觀光局	6
內政部（國家公園）	15
教育部	15

轄管機關	橋梁總長度大於 6 米之數量
經濟部	88
科技部	54
民航局	5
桃園國際機場股份有限公司	6
行政院農業委員會	34
國軍退除役官兵輔導委員會	11
總計	22,645

資料來源：本研究彙整。

2. 鐵路橋梁巡檢

臺灣軌道運輸發達，根據鐵路管理局之「108 年臺灣鐵路統計年報」，其大橋(20 公尺以上)總長度約為 121 公里。根據鐵路管理局之工作執行案例，其跨水與高度較高橋梁約 500 座，目前委外檢測每年費用約為 2,000 萬元，亦即每公里巡檢費用約為 165,000 元。

3. 邊坡巡檢

我國高速公路沿線有 1,600 處工程邊坡，且公路總局轄管的山區道路長度逾 1,200 公里。因公路總局轄下邊坡數量龐大，因此制定邊坡分級管理制度，依不穩定徵兆明顯性將邊坡「定性」分為 A、B、C、D 級 4 個等級進行管理，A 級表示邊坡有明顯不穩定徵兆，D 級則表示不明顯。目前 A 級邊坡數量有 145 處、B 級 32 處、C 級 745 處、D 級 480 處，共計列管 1,402 處邊坡。

參考過去政府關於邊坡巡檢的標案價格與工作範圍，平均每公里的巡檢費用約 75,000 元至 110,000 元。

二、交通監測

根據政府標案中包含綜合規劃、可行性評估、研究與規劃，及交通部公路總局相關監測工作，每年約有 120 個相關標案。因每案皆有編列調查費，以每個標案 30 萬至 50 萬元作為以無人機進行監測工作之費用，每年相關費用約為 6,000 萬元，彙整如表 4.3-3 所示。

三、偏鄉與離島物流

臺灣離島多，有 65 個偏鄉地區，且 3,000 公尺以上的高山約 268 座，要到達這些地區非常耗時與耗人力。目前針對物流運送已有數個試驗計畫如表 4.3-2，地點大多為山區或是離島。

表 4.3-2 臺灣無人機物流運送試驗計畫

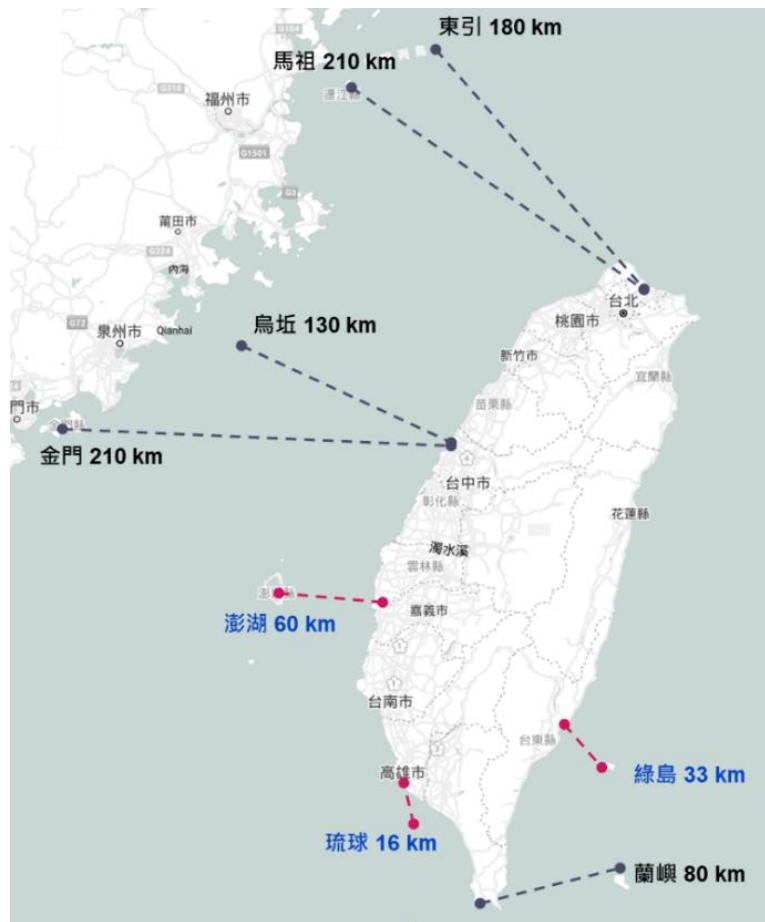
地點	飛行距離	效益
臺南左鎮郵局	單趟 3-5km	提升交通不便地區居民之物流服務便利性
桃園大溪 (東興宮萊爾富至家戶)	398m/ 海拔落差 17m	
烏石港 - 龜山島	往返 24km	
嘉義阿里山鄉 (阿里山衛生所至里佳衛生室)	7.4 km/海拔落差 862m	縮短患者醫療物資需求的回應時間

資料來源：本研究彙整。

目前中華郵政離島運送地區包括澎湖地區、金門地區、馬祖地區、東引地區、烏坵地區、綠島地區、蘭嶼地區與琉球地區等八處。若中華郵政的離島運送區域可用無人機替代，以中華郵政東港運送物品至小琉球的成本費用約為每年 100 萬為基準，平均每公里成本費用為 6.25 萬，無人機在離島物流的產值約為每年 5,700 萬元。未來可從距離較近的離島開始測試如琉球、綠島與澎湖等，如圖 4.3-2 所示。

另偏鄉地區的物流運送，根據內政部定義臺灣有 65 個偏鄉地區，若以每月物流人員薪資 36,000 計算成本，假設每個偏鄉地區每個月需一物流人員一半的時間成本，每年約產值約為 1,400 萬元。

推動進程上，建議採無人機載重與航程技術能力「由近至遠、由輕到重」分階段實施；另山區偏鄉、屏東東港至小琉球、澎湖群島以馬公、馬祖群島以北竿(或南竿)為對各無人機降場之離島物流運送，進行第一階段規劃。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.3-2 臺灣本島港口至離島距離與離島物流市場規模

五、產值分析彙整

上述各交通領域的無人機應用，為目前國內皆有在進行試驗計畫或朝向該方面的技術研發，可預期未來以無人機作為主要工具進行上述工作將逐漸朝向固定模式與常規化；而未來產業發展上，物流運送與 UAM 產值仍具潛在市場，建議後續研究計畫可持續深入探討。

綜合以上巡檢、監測與物流等無人機應用，2025 至 2050 年之國內交通領域應用總產值約為 186 至 202 億元，彙整如表 4.3-3 所示。

表 4.3-3 國內交通領域應用總產值

項目		規模	單價	年產值(元)	評估 年期	總價 (元)
巡檢	公路 橋梁 巡檢	國內車行橋梁 共計 22,645 座	-	5 億	2025 至 2050 年	125 億
	鐵路 橋梁 巡檢	臺鐵大橋約為 121 公里 高鐵高架長度 約 250 公里	165,000 元/ 公里	6,100 萬		15.3 億
	邊坡 巡檢	公路總局山區 道路長度約 1,200 公里	75,000~ 110,000 元/ 公里	9,000 萬~ 1.3 億		22.5~32.5 億
交通監測		每年約有 120 個相關標案 (綜合規劃、可 行性評估、研 究與規劃，及 交通部公路總 局相關監測工 作)	300,000~ 500,000 元/ 案	3,600 萬 ~6,000 萬	2025 至 2050 年	9~15 億
離島物流		澎湖地區、金 門地區、馬祖 地區、東引地 區、烏坵地 區、綠島地 區、蘭嶼地區 與琉球地區等 八處	100 萬/16 公 里/年 (以中 華郵政東港 運送物品至 小琉球的成 本費為例)	5,700 萬	2030 至 2050 年	11.4 億
偏鄉物流		65 個偏鄉地區	18,000 元/ 半個月物流 人員薪資	1,400 萬	2030 至 2050 年	2.8 億
2025 至 2050 年之國內交通領域應用總產值						186~202 億

資料來源：本研究彙整。

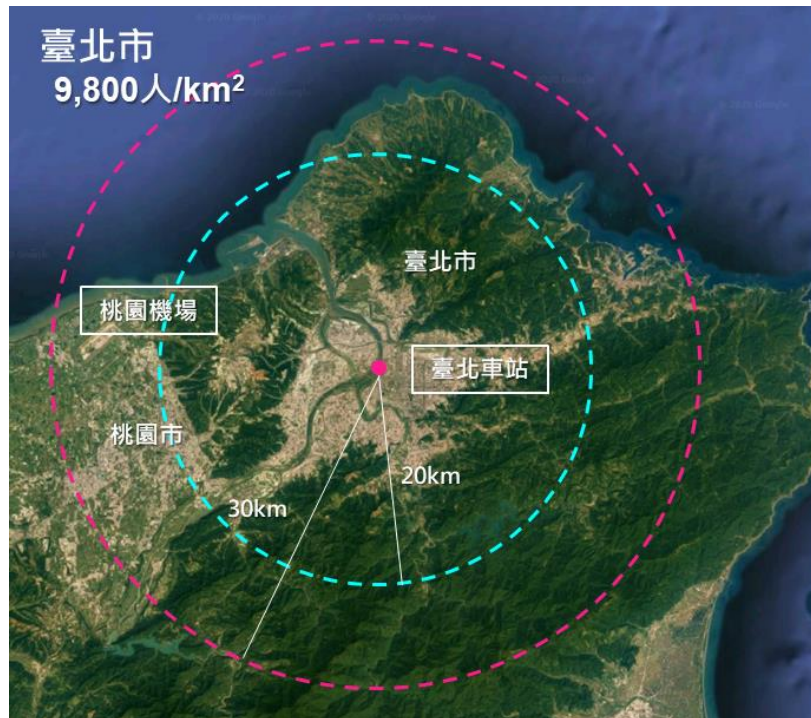
六、載人 UAM 情境推估

上述產值預估項目皆為國內有在進行試驗計畫的應用方向。目前國內尚無 UAM 相關測試計畫，但高人口密度的都市有交通壅塞問題，雖可透過軌道系統紓解，但建設時程長且會有交通黑暗期，在此情境下，無人機可成為滿足即時性需求的服務運具。且隨著國際趨勢的發展與我國無人機產業的發展潛力，未來臺灣亦有發展 UAM 應用的可能性，可考量國際合作，推動 UAM 之發展計畫，引導我國航空、汽車、機械、能源、AIOT(Artificial Intelligence Of Things)、晶片等產業進行合作形成產業鏈，方有利未來 UAM 產業之布局。

觀察國際發展趨勢，日本發展 UAM 策略以郊區到市區、載物到載人為方向；韓國亦有類似上述發展方向且提出由仁川機場至購物中心的點對點測試路線吸引國際大廠；新加坡則已在 2019 年底提供濱海灣給予 Volocopter 試飛，未來亦預計在相同區域提供觀光飛行服務；而法國亦在規劃 2024 年從機場到奧運會場的 UAM 載人服務。參考國際各種載人 UAM 情境，並依據臺灣環境特色探討我國載人 UAM 發展情境探討如下：

1. 都市到機場

臺北市為臺灣人口密度最高的都市($9,800$ 人/ km^2)，半徑 20 公里即可覆蓋全市、30 公里可覆蓋臺北都會區。桃園機場為全臺旅客最多的機場，以臺北都會區為中心，半徑 20 至 30 公里即可抵達桃園機場，飛行時間約為 20 分鐘。如圖 4.3-3 所示。



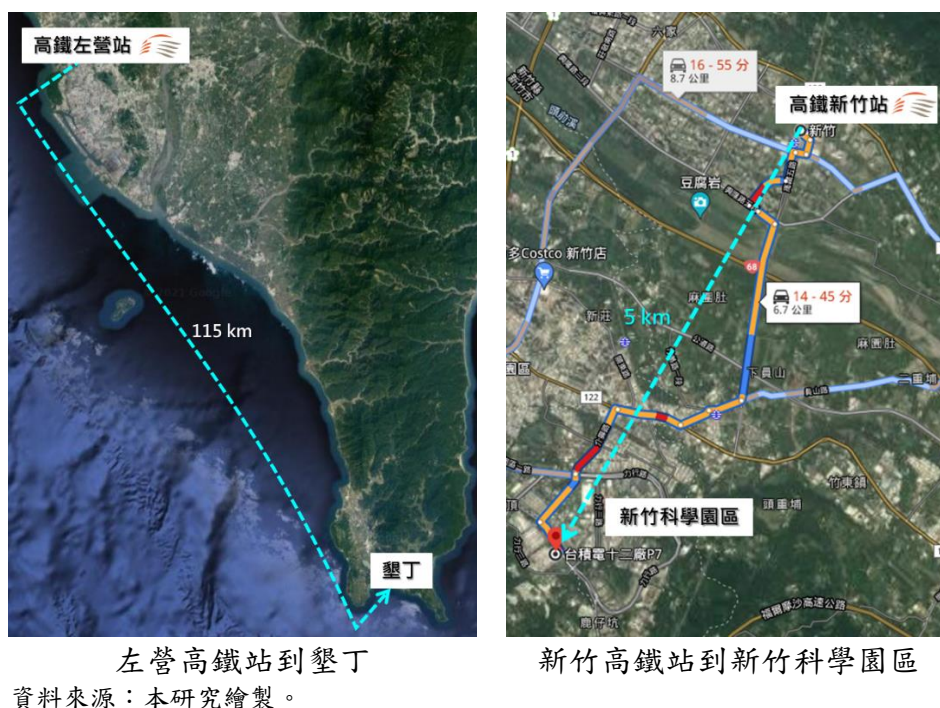
資料來源：本研究繪製。

圖 4.3-3 臺北市到桃園機場服務情境

2. 高鐵站至觀光景點(觀光用途)、科學園區(商務用途)

在觀光用途與商業用途，發展由高鐵站至目的地的情境。例如由高鐵左營站出發至墾丁國家公園一般車程約 2 小時；由高鐵新竹站至新竹科學園區雖距離只有約 7 公里，但尖峰時段塞車問題嚴重車程約 45 分鐘。以載人 UAM 服務可大幅降低上述旅行時間，增加商務與觀光上的效率。

未來高鐵站規劃上，亦可預先規劃運用 UAM 進行周邊地區接駁情境構想，有利新站開發時預留接駁空間規劃。



3. 離島與偏鄉運輸

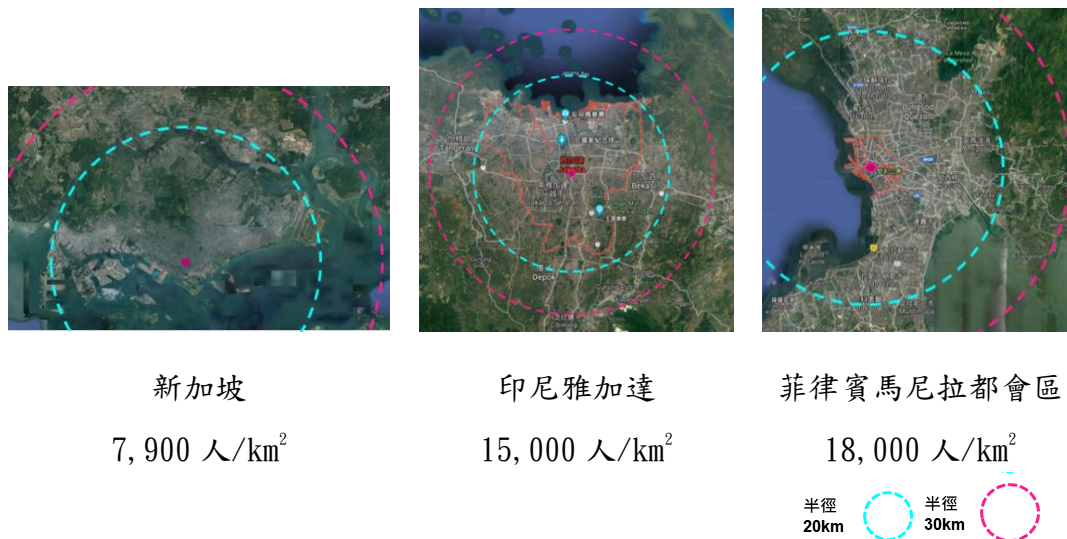
許多國家的 UAM 發展藍圖皆為由郊區開始做起。臺灣亦可參考此方向在偏鄉與離島地區進行相關先期服務。一方面除了偏鄉與離島地區因其他交通方式並不如都市地區便利，若有緊急需求時使用載人 UAM 可達到即時運送的高效率；另一方面在人口稀少地區進行先期營運可減少公眾疑慮並有利於社會溝通。相關場域如下圖 4.3-5 從東港到小琉球地區，單趟約 16 公里。



圖 4.3-5 離島運輸 - 東港到小琉球

4. 輸出國際

未來臺灣無人機相關技術逐漸純熟，亦有機會將國內應用服務模式出口到其他國家。許多鄰近國家與城市亦有人口密度高與交通壅塞的問題，如東南亞地區人口密度前三高的國家與城市如新加坡、印尼雅加達與菲律賓馬尼拉等，如圖 4.3-5 所示，皆為適合發展 UAM 的地區。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.3-6 以國內經驗可服務國外 UAM 的範圍

4.4 無人機科技產業聯盟(U-Team)研議籌組

一、背景目的

透過盤點我國無人機相關產業能量，並以無人機在交通領域之推動策略及措施為基礎，可知未來無人機產業蓬勃發展，其最大價值在產業應用。然而，目前我國無人機現況多數為中小企業各自進行技術研發，有以下侷限包括：曝光度不足使得技術無法有效交流與發展；政策法規與產業技術發展存有落差；以及培育資源投入與試驗環境的缺乏等，皆限制無人機產業的發展與應用。且無人機同時涉及多部會分工，且涉及國安、飛安及資安，需由產官學研跨部會分工機制整合資源。

因此，本研究研議籌組我國無人機科技產業聯盟(U-Team)，透過凝聚產業能量，並研擬產官學研跨部會分工機制，以進行產業盤點與整合相關資源、關鍵技術研發、提高國內外能見度以輸出軟硬體及應用服務等，帶動臺灣相關產業發展。

因無人機涉及領域非常廣，U-Team 發展初期由交通領域開始，之後再逐漸延伸至其他領域；且協助落實我國無人機交通領域發展策略。

二、案例參考

本研究參考國內「Open Data 聯盟」(Organization for Data-driven Application, ODA)、「台灣車輛移動研發聯盟」(Mobility Taiwan Auto Research Consortium, mTARC)、鐵道科技產業聯盟(R-Team)及日本無人機產業發展協會 JUIDA 的背景與運作模式，綜合各聯盟適合無人機產業發展的特點，作為籌組 U-Team 的主要參考依據。以下分別簡要說明各聯盟的籌組情形：

1. ODA 主要成員為產業界，聯盟主要作為產業交流與合作平台，促進應用服務發展，並彙整產業需求，提供政府施政參考。分組機制主要是根據不同應用設定工作小組，並由工作小組召集人訂定小組目標，如開發合作、標準制定、參與政府計畫、推廣工作成果等。
2. mTARC 為經濟部技術處於 2005 年集結相關研發法人單位推動成立。創始成員包括車輛研究測試中心、工研院機械與機電系統研究所、金屬工業研究發展中心、中山科學研究院、工研院材料與化工研究所、華創車電、工研院資訊與通訊研究所、資策會智慧系統研究所等。依據發展技術藍圖，訂定共通性的議題後，再指派各單位分工研究，避免重複投

入資源。經費來源以各單位申請科專計畫研發為主，每年均會舉辦展覽，呈現關鍵技術研發成果。

3. R-Team 由交通部主導成立，結合 62 家產官學研單位，以整合國內產業技術能量，投入國內外建設，擴大產業規模及產值效益。從市場需求、研發能量、關鍵價值等面向評估國產化項目，並協助法人廠商研發、產製及檢測驗證，建立國內檢測驗證標準及程序。
4. JUIDA 組織功能於 2.3.1 小節已有相關介紹，主要為推動無人機產業發展，此處針對組織架構及協力機制做說明；JUIDA 由學界主導，成員另外包含民間公司、研究機構及政府部門，組織扮演各領域之間的橋樑，負責溝通並提供相關產業發展建議。

參考上述聯盟的組織架構與特點，並因應 U-Team 的特性分別參考可借鏡之運作方式，如下圖 4.4-1。如 Open Data 聯盟因應不同應用設定工作小組，且各工作小組召集人訂定小組目標；mTARC 依據發展藍圖各組織分工避免資源重覆投入；R-Team 協助法人與廠商研發、檢測驗證。

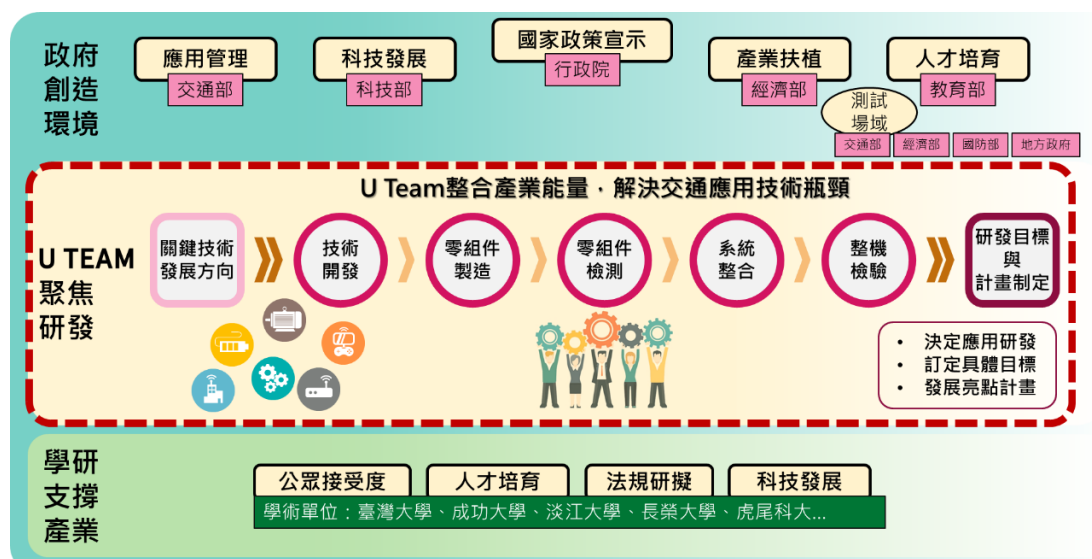


資料來源：本研究繪製。

圖 4.4-1 借鏡相關聯盟運作特性

三、功能內涵

本研究規劃無人機未來發展模式如圖 4.4-2 所示。為利於協助無人機產業未來健全發展，有賴政府創造環境、學研單位支撐產業，以及 U-Team 聚焦研發。因此，U-Team 在無人機整體環境中的功能為整合產業能量，初期以解決交通應用技術瓶頸為主。

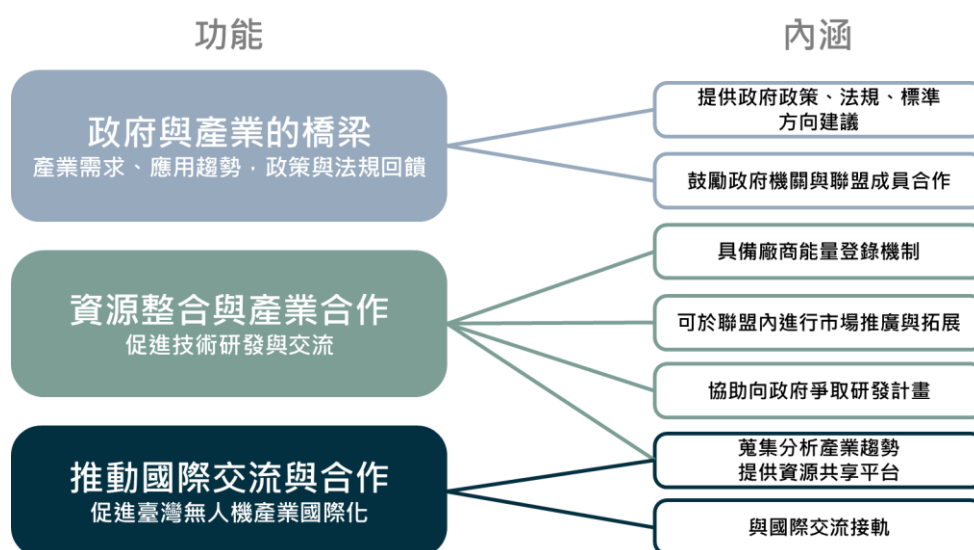


資料來源：本研究繪製。

圖 4.4-2 無人機未來發展模式

另一方面，U-Team 對於廠商與其成員之功能與內涵如下圖 4.4-3。

1. 作為政府與產業溝通的橋樑，將業界的需求與想法傳遞給政府端，並且提供政府市場的應用趨勢，協助政府在政策與法規進行調適回饋。
2. 整合產業能量，促進資源整合與產業的合作，並且初期聚焦在解決交通應用技術瓶頸之關鍵技術研發，其整合範圍將包含整體產業鏈(如技術開發、零組件製造、零組件檢測、系統整合、整機檢驗)。
3. 推動國際交流與合作，促進臺灣無人機產業國際化，並且可共享資源與產業趨勢整資訊，協助臺灣廠商與國際廠商交流接軌。



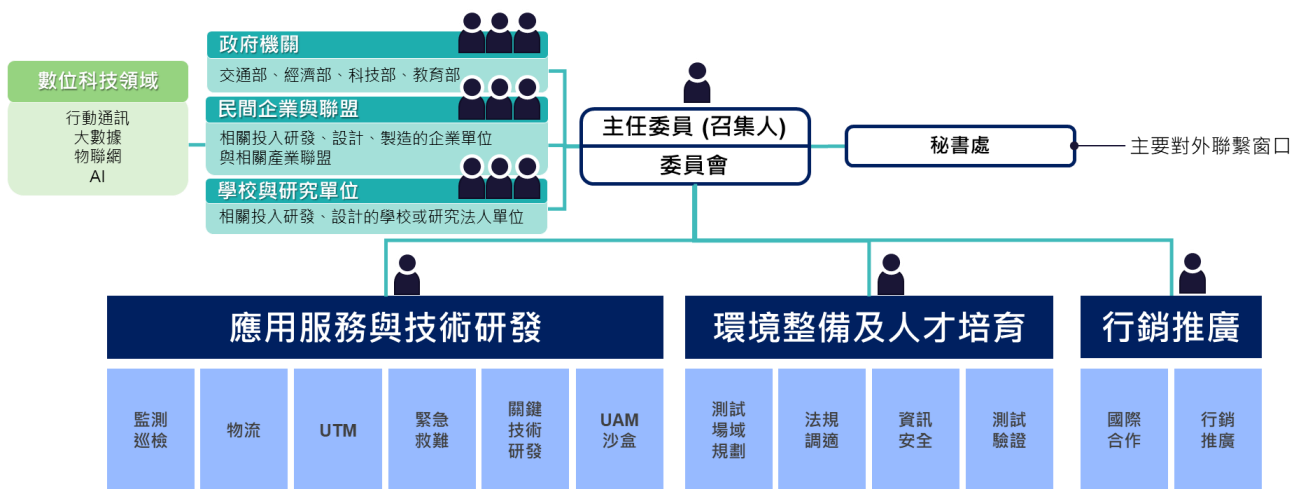
資料來源：本研究繪製。

圖 4.4-3 U-Team 功能與內涵

四、組織架構

U-Team 的籌組以關鍵技術研發為核心，並分為應用服務與技術研發、環境整備及人才培育、行銷推廣三組。其中應用服務與技術研發組主要成員為產業界，其他兩組成員則包含產業、學界與相關法人單位。組織初步構想如圖 4.4-1 所示。

U-Team 設立主任委員一名與委員若干名成立委員會，由各組推派組長擔任委員，並加入官學研界代表委員；委員會扮演中立角色，需定期進行聯盟工作進度檢討與共同跨組議題之討論。聯盟組成成員說明如下。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.4-1 無人機科技產業聯盟(U-Team)籌組初步構想

1. 政府機關以交通部為召集單位，並集結科技部、經濟部、教育部等。
2. 學校與研究單位包含投入關鍵技術研發設計的學校或研究法人(如工研院、金屬中心、中科院、資策會等)。
3. 產業界包含投入無人機相關研發、設計、製造的企業單位。
4. 因無人機應用結合許多數位科技領域，因此相關行動通訊、大數據、物聯網與 AI 等相關領域專家亦邀請至委員會。

U-Team 組織分工以協助落實我國無人機交通領域發展策略為基礎，分為應用服務與技術研發、環境整備及人才培育、行銷推廣三組，說明如下。

1. 應用服務與技術研發

應用服務與技術研發組為 U-Team 聚焦研發之發展核心，除了整合產業能量、制訂目標與計畫，決定每年研發項目、訂定具體目標，並協助政府

發展亮點計畫等功能以外，亦可於技術整合組定期召開產官學研技術討論，探討國內無人機發展問題與挑戰。

該組主要成員為產業界成員，並且以應用領域再進行分組，初期以交通領域的應用與關鍵技術研發為主，包含監測巡檢、物流、UTM、緊急救難、UAM 沙盒等組別。

2. 環境整備及人才培育

參考國際間對於無人機發展之相關管理法規，如美國聯邦航空總署 FAA 針對無人機研擬認證標準與空中交通要求、歐洲航空安全局 EASA 研究無人機之運行空域並設計管理架構、日本政府提供 15% 公司稅豁免的方案以提高企業投資無人機產業意願等。

本研究建議 U-Team 環境整備及人才培育組可依據技術研發之測試結果，逐步調適我國法規，而為切合產業發展需求。並且透過產官學研界多方之對話，提出及凝聚合適之法規修正共識，以及研提利於技術研發與產業發展之減稅法案，加速政策法規落實的進程，與無人機推動穩定發展。

另外回顧國外案例，美國聯邦航空總署 FAA 已成立七處無人機測試場域（其中四處由學校單位經營）、日本 JUIDA 已建置四處無人機測試飛行場域等，透過測試場域的建置，可提供人才培育上的助益，亦協助政府執行各項任務，並協助產業發展研發與測試。

本研究建議由 U-Team 環境整備及人才培育組主導，向各地方政府或學校單位徵詢合適場域，建置無人機研發與測試中心並打造無人機科技產業發展聚落，以及規劃地方小型測試場域，支持研究開發與教育，並導入相關教育課程，培育我國無人機產業發展專業人才與技術。

另外因無人機應用涉及多項資訊安全領域，我國以及國際上許多國家逐步禁用有資安疑慮的無人機。因此在有關資安的零組件以及通訊等方面的相關規範與營運模式，本研究建議亦納入後續整體環境規劃中。

3. 行銷推廣

回顧國外案例，美國商業無人機博覽會(Commercial UAV Expo America)針對商用無人機的科技及應用每年皆會舉辦年度交流、日本自 2016 年起，每年亦皆會舉辦年度的日本無人機世博會，推廣產業並與國際間交流。

本研究建議由 U-Team 行銷推動組進行規劃與籌備，定期舉辦應用研討會和示範研討會，邀請產官學研界一同參與進行意見交流，分享與交流創新技術研發與應用成果，發揮產業技術化與產業化之綜效；並可籌備舉辦大型博覽會，供國內廠商展示最新發明及分享相關知識，並增加廠商國內外能見度與商機。

而無人機產業於地方發展亦可透過 U-Team 進行相關行銷推廣活動，達到與地方之社會溝通，以減少大眾對於公共安全與環境影響的疑慮，並增加社會接受度。

4.5 教育訓練及成果推廣活動辦理

一、辦理無人機教育訓練課程

無人機教育訓練係針對交通部民用航空局遙控無人機專業基本級操作證 I(2 公斤以上，未逾 25 公斤)做課程安排。課程提供 2 公斤以上無人機供學員使用。

1. 活動對象

活動對象係針對交通部及其部屬機關之無人機相關工作領域人員辦理，本次教育訓練共邀集以下單位包含：公路總局、鐵道局、臺灣鐵路管理局、高速公路局、中央氣象局、航港局、中華郵政、高雄港務公司、運輸研究所參與。

2. 活動地點及時間

學科共 1 場：交通部運輸研究所 6 樓會議室，民國 110 年 5 月 6 日上午 9 時至 12 時。

術科共 3 場：中國科技大學臺北校區，民國 110 年 5 月 11 日、8 月 20 日、8 月 24 日上午 9 時至下午 4 時 30 分。

3. 活動內容

學科：學科測驗指南導覽與法令宣導

術科：

- 術科測驗報到程序及表單說明
- 科目程序及要領
- 術科基本科目練習(GPS 模式)、著重學員具備單飛能力
- 術科測驗科目練習(GPS 模式)、著重學員熟悉飛操科目的程序

- 術科測驗科目練習(姿態模式)、著重學員熟悉實際測驗的桿舵關係
- 術科模擬測驗(姿態模式)、著重學員體驗術科測驗情境

4. 活動紀錄



資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-1 學科課程



資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-2 術科課程

二、協助辦理研究計畫重要成果活動

本計畫之重要成果包括辦理卓越領航乘風起飛記者會、參與智慧城市展及辦理本研究成果發表會。

1. 卓越領航乘風起飛記者會

協助在民國 109 年 11 月 17 日於交通部舉辦記者會，由時任交通部長林佳龍先生宣示打造無人機國家隊，並啟動無人機創意應用競賽及整合示範計畫，廣召人才在物流運送、橋梁檢測發展等提出設計及解決方案，以凝聚產官學研力量。

記者會並邀請行政院科技會報辦公室、教育部資科司、科技部南部科學園區管理局、漢翔航空、中科院、經緯航太等單位，以及無人機領域產業相關先進與專家共襄盛舉。



資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-3 卓越領航 乘風起飛記者會大合照

2. 智慧城市展

於民國 110 年 3 月 23 日至 3 月 26 日為期四天的智慧城市展，協助於交通願景館設置計畫攤位，展示本研究計畫成果，並公布我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖，向參觀展覽的民眾進行說明。



資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-4 時任交通部王國材政務次長參訪無人機攤位

3. 成果發表會

本成果發表會「領航奇機 交通部無人機推動成果發表會」目的為推動國內無人機產業發展、凝聚業界共識及信心，活動聚集交通部運研所同期三項無人機計畫包含本計畫、「無人機在交通領域之創意應用競賽」及「無人機整合示範計畫推動及管理服務」共同舉辦。

(1) 時間與地點

民國 110 年 10 月 7 日於交通部運輸研究所國際會議廳舉辦。

(2) 與會嘉賓

包括產官學研各界先進(表 4.5-1)，另亦邀請「無人機在交通領域之創意應用競賽」及「無人機整合示範計畫推動及管理服務」兩案之參賽獲獎團隊共計 37 隊參與。

表 4.5-1 「領航奇機 交通部無人機推動成果發表會」與會嘉賓

單位名稱	貴賓姓名	職稱
交通部	王國材	部長
交通部運輸研究所	林繼國	所長
交通部民用航空局	林國顯	局長
交通部運輸研究所	黃新薰	副所長
交通部運輸研究所	吳東凌	組長
交通部運輸研究所	許書耕	組長
台灣車聯網產業協會	吳盟分	理事長
金屬工業研究發展中心	江進豐	處長
金屬工業研究發展中心	楊光勳	博士

航見科技股份有限公司	張東琳	執行長
經緯航太科技股份有限公司	羅正方	董事長
國家中山科學研究院	邱祖湘	督導長
漢翔航空工業股份有限公司	林南助	執行長
中光電智能機器人股份有限公司	王仲平	資深協理
南科 AI_ROBOT 自造基地	吳宇凡	工程師
嘉義縣政府	江振瑋	處長
國家中山科學研究院	陳俊宏	主任
中華科技大學	石大明	副校長兼航電系主任
臺灣希望創新股份有限公司	李志清	執行長
長榮大學	林清一	專案特聘教授
TaiwanAILabs 源智慧公司	林雅萍	CEO 執行長
台灣數位光訊科技股份有限公司	廖紫岑	董事長
國立成功大學	賴維祥	教授
中華航空事業發展基金會	黃昭瑩	專員
經濟部航空產業發展推動小組	簡志維	副主任
交通部公路總局	楊秉順	科長
工業技術研究院資訊與通訊研究所	陳國睿	經理
工業技術研究院機械與機電系統研究所	彭文陽	副所長
工業技術研究院材料與化工研究所	康顧嚴	經理
桃園市大溪地政事務所	陳志宗	主任
交通部高速公路局	康志福	總工程司
交通部高速公路局	賴榮俊	南區養護工程分局長
經濟部水利署南區水資源局	陳佳立	正工程司
台灣電力股份有限公司供電處	林世孺	副處長
臺北市政府大地工程處	方韻喬	股長
經濟部水利署第四河川局	李友平	局長
交通部公路總局	楊秉順	科長
中華郵政	陳敬祥	協理

資料來源：本研究彙整。

(3) 活動內容

成果發表會議程如表 4.5-2 所示，主要內容包含：部長、所長等嘉賓致詞、無人機三計畫之簡報分享、頒獎典禮、產學媒合成果揭曉及頒發感謝狀、攤位參訪交流。

表 4.5-2 「領航奇機 交通部無人機推動成果發表會」議程

時間	議程		內容
14:00-14:30	報到(領航盃與 IPP 成果影片播放)		
14:30-14:35	致歡迎詞		交通部運輸研究所林繼國所長
14:35-15:15	成果發表	領航盃創意組獲獎作品發表	「諾亞之翼」團隊
		領航盃應用組獲獎作品發表	經濟部水利署南區水資源局
		IPP 橋梁檢測成果發表	黎明工程顧問股份有限公司
		IPP 物流運送成果發表	奧榮科技股份有限公司
15:00-15:10	部長媒體聯訪		
15:15-15:20	長官致詞		交通部王國材部長
15:20-15:55	領航盃頒獎		交通部王國材部長&獲獎團隊
	亮點儀式：產學媒合成果頒發五十萬元支票		交通部王國材部長、交通部運輸研究所林繼國所長、媒合團隊&相關單位
	頒發感謝狀		交通部王國材部長&相關單位(漢翔航空工業股份有限公司、國家中山科學研究院、財團法人金屬工業研究發展中心、經緯航太科技股份有限公司)
	IPP 頒獎		交通部王國材部長&獲獎團隊
15:55-16:05	主題：因應國內無人機產業挑戰，推動 U-Team 成立與發展		台灣車聯網產業協會吳盟分理事長
16:05-17:00	參觀攤位		

資料來源：本研究彙整。

(4) 活動紀錄



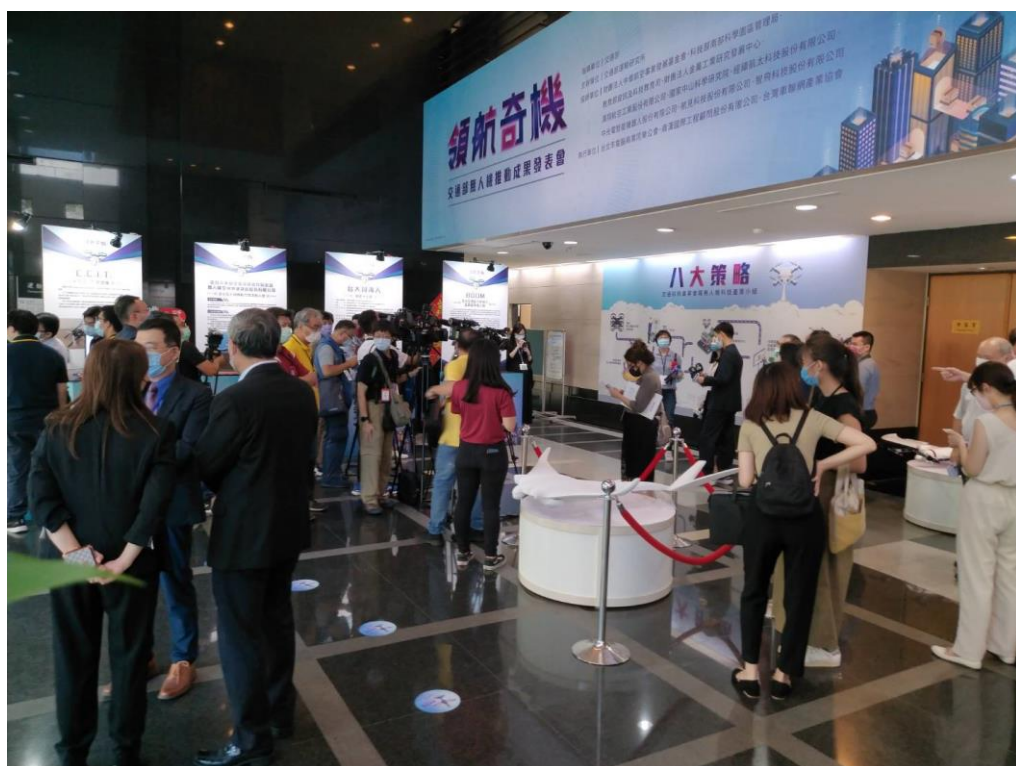
資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-6 成果發表會參與狀況



資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-7 交通部部長與運輸研究所所長揭曉媒合成果



資料來源：本研究彙整。

圖 4.5-8 攤位展覽與交流

三、投稿計畫研究成果

本研究計畫已於民國 110 年 10 月 4 日，彙整研究成果後投稿至交通部運輸研究所之運輸計畫季刊。

四、辦理成果行銷推廣活動

本計畫於計畫期間舉辦 6 場座談會、主辦無人機科技產業小組第四次會議、協辦卓越領航乘風起飛記者會以及成果發表會等。透過這些活動，本計畫順利將無人機產業研究成果推廣至產官學研各領域。詳細各個活動的舉辦時間及內容請見下表。

表 4.5-3 成果行銷推廣活動辦理彙整表

活動名稱	舉辦時間	活動內容
專家座談會	民國 109 年 7 月 24 日	針對臺灣無人機產業發展現況及願景初步與廠商及相關政府、法人單位交流
專家座談會 (二)	民國 109 年 8 月 14 日	參訪國家中山科學研究院航空所，以了解臺灣無人機製造研發能力。透過座談會與中科院專家交流國內無人機發展方向及願景。
卓越領航 乘風 起飛記者會	民國 109 年 11 月 17 日	特別邀請時任林佳龍交通部長、教育部、經濟部、科技部等部會一同為交通部運輸研究所推出之三項無人機計畫召開記者會加持，並推廣臺灣無人機產業。
關鍵技術能力 發展座談會	民國 109 年 12 月 22 日	邀集產官學研參與座談會，針對無人機產業現況、關鍵技術發展如飛行控制、電池、馬達等進行討論，並探詢未來發展載人無人機之可能性。
UTM 座談會	民國 110 年 1 月 21 日	邀集民航局、中科院及民間業者針對無人機空中交通管理進行交流。針對國外已發展之 UTM 系統討論未來可能在臺灣執行之作法。

活動名稱	舉辦時間	活動內容
無人機科技產業跨部會整合座談會	民國 110 年 2 月 5 日	邀集行政院科會辦、經濟部、教育部等政府機關參與，討論未來無人機相關計畫部會分工方向。特別針對沙盒計畫及無人機測試場域進行未來願景及分工討論。
無人機科技產業小組第四次會議	民國 110 年 3 月 31 日	討論我國無人機在交通領域發展之 Roadmap 及策略（2.0 版草案）及籌組我國無人機 U-Team 相關規劃。
我國發展城市空中交通(UAM)座談會	民國 110 年 5 月 4 日	邀集產官學研探討臺灣發展都市空中運輸可行性。從技術面、市場面、管理面切入討論，從中找尋臺灣適合的 UAM 產業角色定位。
領航奇機交通部無人機推動成果發表會	民國 110 年 10 月 7 日	交通部於 2019 年成立「無人機科技產業小組」，並擬定無人機整合示範計畫推動及管理服務(IPP)、無人機在交通領域之創意應用競賽(領航盃-無人機創意應用大賽)及推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃，各計畫皆有豐碩之成果，透過發表會呈現辦理成果，以闡述交通部未來推動方向及策略。

資料來源：本研究彙整。

第五章 結論與建議

發展無人機應用服務已成為國際趨勢，其高機動性、高彈性部署特性，使其在交通領域具有極大應用潛力，能夠有效提升運輸系統之易行性、可及性及安全性，本研究目的係針對我國無人機科技產業在交通領域之應用發展提出策略規劃，透過蒐集國內外無人機技術與應用發展趨勢，進一步盤點我國無人機關鍵技術能力與產業能量缺口，據以研擬我國無人機在交通領域之推動策略。本研究提出「我國無人機在交通領域之發展策略及路徑圖(Roadmap)2.0版」，以及兩項我國無人機在交通領域應用之2025年里程碑，同時提出籌組我國無人機U-Team相關規劃，以循序推動前述發展策略重點。研究成果可做為我國交通運輸領域導入無人機應用之策略指引、並提供無人機科技產業及學研單位協力聚焦關鍵技術與應用領域之參據；亦可提供民用航空法無人機專章之中央及地方管理單位，包括交通部民用航空局及各地方政府，掌握發展趨勢，做為後續調和無人機管理方法之參據。

5.1 結論

一、無人機應用概況與發展趨勢

本研究透過國際與國內無人機應用現況與趨勢分析，了解國內無人機應用主要在空拍、公共行政及農噴；國際間除了上述應用外，載人UAM為無人機新興領域，部分廠商已進行試飛及認證，未來將成為發展趨勢。

國際間相關政策亦蓬勃發展扶持無人機產業，包含測試實驗計畫、空域整合、產官學研聯盟、國際合作等；我國雖有許多對於科技產業發展的輔助方案，然而目前針對於無人機產業的整體政策引導方案尚未提出，相關測試場域、法規調適亦在規劃中。

二、我國無人機關鍵技術分析與產業能量

藉由盤點我國無人機相關能量得知，國內在零組件製造相關廠商數量占多數，其次為技術開發及系統整合，零組件檢測及整機檢驗的能量相對低。國內相關法人及研究機構於無人機技術開發及系統整合具備足夠能量；而民間無人機相關廠商多為零組件製造廠商、系統整合商包含傳統航模公司之外亦有少數新創公司。

臺灣目前在巡檢與監測的應用發展中，關鍵技術包含定位系統、避障系統等，酬載系統包括攝影與感測，及後端的AI辨識、製圖等，皆已有一定的

成熟度；而在物流運送與載人 UAM 方面，臺灣在發展中的關鍵技術包括飛行控制系統、能源系統、動力系統等。

三、修訂我國無人機在交通領域之發展策略、路徑圖及發展里程碑

依據蒐集國內外無人機發展趨勢與國內產業技術能量盤點分析之結果，本研究提出修訂「我國無人機在交通領域之發展策略及路徑圖 2.0 版」，分別就技術、產業及環境等三個面向，針對未來無人機產業之發展重點，包括無人機巡檢及物流之場域驗證、UTM、UAM，以及人才培育等議題，提出短、中、長期發展措施。並且就我國交通領域之需求，研訂偏鄉物流、橋梁檢測等兩項發展重點之 2025 年里程碑。

四、籌組我國無人機 U-Team

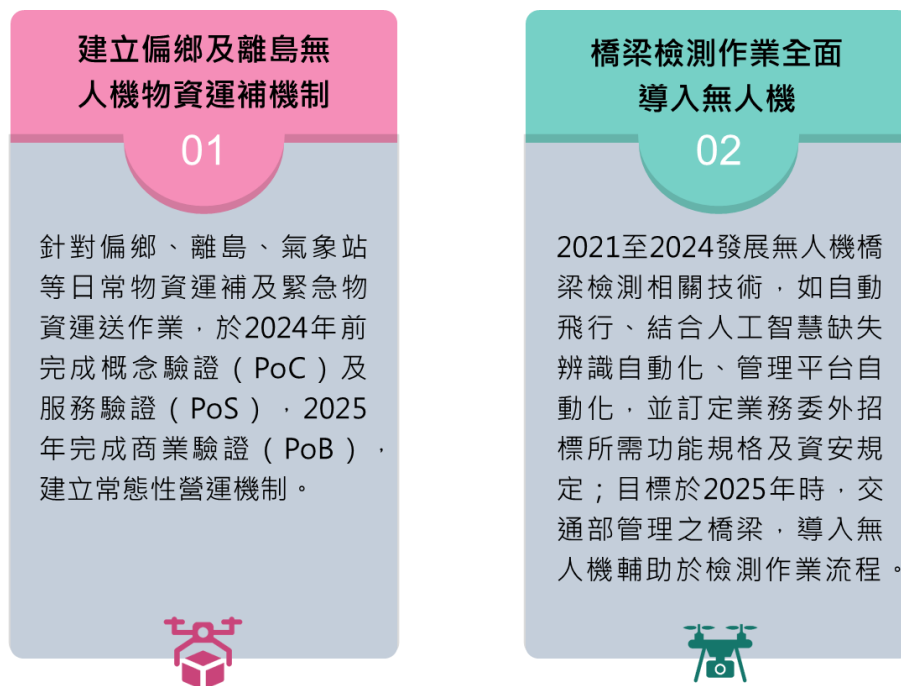
我國在發展無人機產業的生態體系尚在建立中，在技術、場域、政策、法規與人才培育等方面皆發展到一定的程度，惟各方面的資源並未進行整合，且尚無一明確上位政策引導產業走向，能量分散在各領域，無法有效地利用各界優勢形成加乘效果。因此，本研究建議規劃籌組我國無人機 U-Team，除了整合產官學研各界資源外，透過進行有效率的分組與分工，在技術、環境與行銷方面整合策略，協力落實 Roadmap 各階段措施，藉由聯盟訂定目標帶動國內無人機產業發展。

5.2 建議

依據本研究修訂之無人機在交通領域之推動策略及措施，為持續推動我國無人機產業發展，建議優先執行下列計畫，以逐步整合國內無人機相關資源並且建立完整的無人機生態圈，並建議未來持續進行無人機產業盤點。

一、籌組我國無人機科技產業聯盟（U-Team）

本計畫已初步研議 U-Team 架構與組織成員，並且建議在 2025 年我國無人機在交通領域應用的里程碑可分為物流及橋梁檢測兩大方向（圖 5.2-1）。建議後續持續深化架構、確認目標與策略，並且提出各分組的具體化工作項目，確認聯盟運作模式，建議聯盟成立初期，可由政府部門協助輔導及統合各界資源，中長期以聯盟自主永續運作為目標。



資料來源：本研究繪製。

圖 5.2-1 我國無人機在交通領域應用-2025 年里程碑

二、發展完善我國無人機監管與空中交通管理系統

隨著無人機數量預計大規模成長，不同應用領域在空域的競爭及與有人機的疊合，未來在空域管制上在安全及效率上需針對無人機有新的管理規則。

除了美國 FAA 已於 2021 年初頒布未來美國境內運行之無人機需裝載廣播式的遠端識別設備外，歐盟亦正在進行空域整合並設計管理架構，韓國結合電信公司、資通訊公司、無人機廠商與學研機構等進行低空域的 UTM 系統研究。因此，我國在未來無人機管制與空域整合將應用何種模式與系統，且該如何與生產端、法規調適與服務端接軌，以及搭配的通訊技術、使用功率規範等，皆需要跨部會共同研擬的重要課題。

在基礎建設布建方面，則建議未來可規劃系統性及通盤性無人機基礎建設，並建構 UTM 管理控制中心，與航管單位橫向聯繫，以有序管理無人機，同時廣設行動指揮、熱點等基礎設施，以快速擴展無人機服務需求區域。

三、規劃我國發展相關關鍵技術的應用情境

為了發展各應用的關鍵技術，例如物流、載人 UAM 等，建議規劃相關情境，以利關鍵技術聚焦發展。

例如在物流方面，高山物資補給或是離島長距離緊急醫療用品運送，所需要克服的困難點不同，相關能源續航力、抗風性等技術研發方向亦有差異。

另外，因應國際上有許多廠商與政府扶植發展UAM，我國尚未有明確政策或是廠商投入相關研發。未來在各技術發展成熟到某一階段時，UAM的發展將呈現指數性的成長。

因此建議預先進行我國未來發展 UAM 的情境規劃進而得知服務需求，在情境規劃上，亦建議能分析臺灣發展 UAM 不同情境之優劣比較及可能面臨難題或挑戰，再進一步了解所需的技術規格以及與現況技術的落差，進行UAM的Roadmap規劃。

另一方面，亦建議可思考我國在全球 UAM 生態體系的角色，研究應由生產製造、零組件製造端，或是服務應用端切入，導入國外設計觀念應用於國內產業環境；同時評估技術發展成熟度及安全可靠度，以視是否達到民航監理單位之認可。

最後，在關鍵技術研發測試過程，建議後續研究計畫可提出各階段實驗情境 POC、POS 及 POB 驗證對應之參考項目，以協助未來更具體執行服務驗證。

四、結合新興技術於交通運輸領域之創新應用

無人機未來於交通領域之應用，建議持續推動創新應用領域，透過結合新興技術(AI 人工智慧、5G 等)，鏈結高經濟價值產業，以帶動產業發展，如無人機可結合 AI 人工智慧應用於橋梁及邊坡巡檢，達到缺失辨識自動化；或如結合 AI 人工智慧與 5G 技術，達到交通監測辨識自動化與即時化；或如結合 AI 人工智慧應用於物資運補，達到自動規劃最佳揀貨與送貨飛行路徑等；上述議題皆可做為後續延伸研究以及產業應用參考。

五、跨域整合的整體產業戰略發展

無人機產業整體發展於本階段研究計畫先行從交通領域為出發，然未來國內產業發展仍應整體思考，建構從「軍民通用」、「商業應用」到「休憩娛樂」整體的產業發展，而跨域整合即須考慮航太產業、國防安全及低軌衛星等面向。因此，在產業能量盤點上，未來建議除了針對既有產業作盤點，亦須將臺灣具領先地位之產業能量作整體思考，跳脫目前既有之應用，思考我國產業有別於他國之應用服務優勢，再重組和鏈結相關產業鏈。

後續跨部會合作建議與經濟部針對整體產業發展進行討論，探討產業鏈的重組及應用服務面向。

參考文獻

1. 內政部國土測繪中心無人飛行載具系統專區。 https://www2.nlsc.gov.tw/UAS/2-2_no1introduce.html
2. 交通部運輸研究所（2016）。橋梁檢測工具效能提升計畫。
3. 洪尉淳（2020）。日本物流領域無人機應用發展與我國的可能借鏡。中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所，經濟前瞻，83-90。
4. 日本國土交通省（2014）。下一代基礎設施機器人（橋梁維護）。
5. 日本產業用無人航空機工業會，<http://www.juav.org/about/committe.html>
6. 日本國土交通省，https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html。
7. 行政院（2017）。數位國家·創新經濟發展方案(2017-2025 年)。
8. 交通部（2020）。2020 交通科技產業政策白皮書。
9. 交通部民用航空局。遙控無人機管理資訊系統，<https://drone.caa.gov.tw/>
10. 工業技術研究院。https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1036233376112763651&MGID=1037157774672051044
11. 經緯航太科技股份有限公司。<https://www.geosat.com.tw/TW/index.aspx>
12. 經濟部技術處（2018）。2018/2019 產業技術白皮書。
13. 智飛科技股份有限公司。<http://www.taiwan-uav.com/>
14. 田屋科技股份有限公司。<https://www.avix-tech.com/>
15. 福島機器人測試場，<https://www.fipo.or.jp/robot/overview>
16. 韓國國土交通部（2020）。Korean Urban Air Mobility (K-UAM) Roadmap & UAM Team Korea.
17. Airbus. Retrieved from <https://www.airbus.com/defence/uav/zephyr.html>.
18. Aviation Today (2020). Retrieved from <https://www.aviationtoday.com/2020/04/16/will-hydrogen-fuel-cells-play-a-role-in-the-vtol-revolution/>
19. Drone Industry Insights (2019). Drone Applications Report - A Cross-Industry Study of Drone Use Cases.
20. Drone Industry Insights (2020). The Drone Industry Barometer 2020.
21. Drone Industry Insights. Retrieved from <https://droneii.com/>

22. European Aviation Safety Agency. Retrieved from <https://www.easa.europa.eu/tags/uaav>
23. Federal Aviation Administration. Retrieved from https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/test_sites/
24. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture, Retrieved from <http://www.fao.org/3/I8494EN/i8494en.pdf>
25. Korea Institute of Aviation Safety Technology. Retrieved from https://www.kiast.or.kr/en/sub06_02.do
26. Mordor Intelligence (2020). Retrieved from <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-small-uav-market-industry>
27. NASA Urban Air Mobility (2018). Urban Air Mobility (UAM) Market Study, Retrieved from <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/uam-market-study-executive-summary-v2.pdf>
28. PwC (2016). Retrieved from <https://www.pwc.com.au/press-room/2016/drone-technology-may16.html>
29. Single European Sky ATM Research (2017). U-Space Blueprint.
30. The Times of Israel, Retrieved from <https://www.timesofisrael.com/israel-launches-2-year-pilot-preparing-the-sky-for-network-of-delivery-drones/>
31. The Washington Post (2014). Retrieved from <https://www.washingtonpost.com/wp-srv/special/national/drone-crashes/how-drones-work/>.
32. UAS Denmark. Retrieved from <https://uasdenmark.com/testcenter/>
33. University of Stuttgart (2019). Retrieved from <https://www.uni-stuttgart.de/en/university/news/press-release/Safety-for-air-taxis/>

附件 1 期中審查意見與回覆

MOTC-IOT-109-IDB014 推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃

期中審查意見與回覆

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
國立臺灣大學周教授瑞仁	1. 關鍵技術盤點與整合尚未列入大專院校單位，目前使用 GRB 搜尋約有 1,000 件政府部門支持的研究計畫，科技部是大宗。	期末階段以「GRB 政府研究資訊系統」搜尋無人機、無人飛行載具、UAV 等相關關鍵字，並整理分析各計畫主管機關、執行單位、研究性質等特性納入期末報告中。	同意研究單位處理情形。
	2. U Team 的組成很大的困難會是產官學研單位垂直與水平整合，建議後續需對整合提出更具體的對策，如透過市場的互補製造誘因吸引廠商。	期末階段透過產官學研單位訪談了解加入 U Team 的意願、因素與相關建議；並探討其他相關聯盟的運作方式以提出具體對策。	同意研究單位處理情形。
	3. 除了交通部、科技部、經濟部、教育部，農委會也是無人機使用的大宗部會，整體考量也需著墨。	本研究在國內應用案例彙整中納入農委會應用使用案例。 考量本研究目的為持續蒐集各先進國家無人機在交通領域之應用發展趨勢、盤點我國無人機產業能量、研擬我國無人機在交通領域之推動策略並研議籌組無人機科技產業聯盟(U Team)；故期末階段策略規劃重點針對交通領域進行探討。	同意研究單位處理情形。
	4. U Team 法制面建議可諮詢或延攬科技法專家。	期末階段透過訪談相關單位(資策會科法所)並納入 U Team 組織成員考量。	同意研究單位處理情形。
	5. 新加坡對 UAM 廠商誘因大，臺灣可比較參考優劣勢及其政策。	於第二章新增說明新加坡政策上如何支援無人機產業發展。另亦參考	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
國立臺灣大學吳教授瑞北		Volocopter 於新加坡發展 UAM 之相關資訊納入期末報告探討。	
	6. 無人機使用最大宗還是軍方，是否有可能軍公結盟可納入參考。	本研究研議籌組 U Team 的組織成員，考量產官學研各界加入，如中科院與漢翔航空亦納入研議名單中。	同意研究單位處理情形。
	7. (書面意見) 報告書 4-9 頁，環境面 5.原：檢討法規與提供教育環境，以提升國際競爭力。檢討：將測試驗證計畫納為提升社會溝通與宣傳之手段，請進一步說明。	期末階段持續滾動檢討策略規劃，除了納入發展期程與部會分工以外，並進一步說明策略構想內容。	同意研究單位處理情形。
	8. (書面意見) 報告書提出產官學研整合，中央與地方整合，並提出整合性政策都是對的。不過執行面一直無法落實，第 11 次全國科技會議力倡跨部會合作，如何做，由上而下，資源誘因、市場誘因...，建議能有更詳細具體可行的方案。	期末階段透過產官學研單位訪談了解加入 U Team 的意願、考慮因素與相關建議等；並探討其他相關聯盟的運作方式以提出具體對策。	同意研究單位處理情形。
	9. (書面意見)政府扮演的角色，環境的建置、資源到位、政策法規明確、長期而穩定，人才培育、獎勵條例，請多做。	已將政府角色納入策略構想中。	同意研究單位處理情形。
國立臺灣大學吳教授瑞北	1. UTM 重要性高，BVLOS 是關鍵，建議進一步了解美國 FAA 與歐盟相關法規，以及其他非政策制定國、與臺灣國力規模類似之國家的因應方式(如丹	於第二章「國外無人機產業規劃與管理」補充說明美國、歐盟、日本、韓國及新加坡之 UTM 及未來空域規劃管理方向及政策；亦納入丹麥及以色列	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	麥、新加坡、以色列)。	相關政策於期末報告中。	
	2. 市場產值需更清楚分析，如國防與民用、消費型與商業型、系統整合與應用服務的產值需要釐清，並建議將國內市場與產值與國際比較。	本研究透過國內外案例趨勢探討，可得知在民用與商業型無人機上，未來將帶來較多應用發展與產值，且交通領域之應用各國皆逐漸重視，故本研究針對交通領域分析市場產值，以符合相關機關未來應用實務需求。期末階段透過相關單位的訪談，釐清國內市場產值分析。	同意研究單位處理情形。
	3. 臺灣 ICT 或其他資源是否有機會引入投資無人機？能源形式上太陽能電池是否有機會？在定位系統方面臺灣應有機會發展。	於 2.1.1 節「基礎技術」之「二、能源型式」補充太陽能電池資訊以及應用於無人機之優缺點，並補充其他相關整合技術與無人機產業的關係。	同意研究單位處理情形。
	4. 在意見徵詢方面，建議再增加產官學單位。是否可了解為何政府單位使用大疆無人機，在禁用之後是否有因應措施。	於第三章補充國內無人機採購規範，說明公部門採購中國製無人機相關歷程及汰換因應。	同意研究單位處理情形。
	5. 建議可彙整分析政府單位投入無人機計畫相關的經費。	以「GRB 政府研究資訊系統」搜尋無人機、無人飛行載具、UAV 等相關關鍵字，並整理分析各計畫主管機關、執行單位、研究性質等特性納入期末報告中。	同意研究單位處理情形。
	6. 政府如何利用公務需求帶入研發，如何整合民間業界有發展的機會，期望能夠看到具體的想法。	期末階段持續滾動檢討策略規劃，除了納入發展期程與部會分工以外，並進一步說明策略構想內容。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	7. 人才培育是產業發展的關鍵，建議將學研單位納入 U Team，探討可扮演的角色跟定位。	本研究已將學研單位納入 U Team 組織架構中，期末階段亦訪談學研單位，加強其角色的討論。	同意研究單位處理情形。
	8. (書面意見) 除法人、記者會外，也建議召集系統整合業者，了解產業發展困境，以及政府各部會可以努力項目。	期末階段針對跨部會合作、U Team 籌組辦理相關座談會，並將會議紀錄納入策略研擬中。	同意研究單位處理情形。
	9. (書面意見) 建議召集各校航空系所或研究中心，了解其教學研究困境，以及教育部、科技部、交通部可以著力事項。	期末階段針對跨部會合作、U Team 籌組辦理相關座談會，並邀集產學界共同討論，會議紀錄納入策略研擬中。	同意研究單位處理情形。
	10. (書面意見) 太陽能電池雖能量密度低但最輕也最環保，可以當有基地能源下提高滯空時間，結合機翼控制、飛機類型(如 eVTOL)及應用情境仍有發展空間，似補強。	於 2.1.1 節「基礎技術」之「二、能源型式」補充太陽能電池資訊以及應用於無人機之優缺點及適合應用情境。	同意研究單位處理情形。
	11. (書面意見) 市場宜分不同 sectors 加以分析，例如軍用型與民用、消費與商用、無人機系統及服務，以更清楚全貌。	本研究透過國內外案例趨勢探討，可得知在民用與商業型無人機上，未來將帶來較多應用發展與產值，且交通領域之應用各國皆逐漸重視，故本研究針對交通領域分析市場產值，以符合相關機關未來應用實務需求。 期末階段透過相關單位的訪談，釐清國內市場產值分析。	同意研究單位處理情形。
	12. (書面意見) 國內之市場及學界產值及 SWOT，可進一步分析。	本研究針對國內市場環境以 PESTLE 分析進行，PESTLE 相較於 SWOT 分析更能針對整體產業	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
		環境考量。 學界產值則參考「GRB 政府研究資訊系統」與訪談相關單位，依據報告中 PESTLE 分析更進一步分析探討。	
	13. (書面意見) UTM 是政府下個階段應致力的重點，如 FAA 在 UTM 之 Remote ID 之規範以及各國因應之對策及策略。	於 2.3.1 節「國外無人機產業規劃與管理」補充說明美國、歐盟、日本、韓國及新加坡之 RID、UTM 及未來空域規劃管理方向及政策。	同意研究單位處理情形。
	14. (書面意見) 學術界投入研發之人力及獲得資源之分析比較，以釐清政府人才培育之規劃、困境及因應。	期末階段以「GRB 政府研究資訊系統」搜尋無人機、無人飛行載具、UAV 等相關關鍵字，並整理分析各計畫主管機關、執行單位、研究性質與經費等特性；並透過學研單位訪談釐清困境與因應作為。	同意研究單位處理情形。
淡江大學洪教授健君	1. UAV 軍民用很難分開，建議可參考美國國防部 UAV Roadmap。	已研讀參考美國國防部 UAV Roadmap，並於期末階段訪談洪委員。因本研究著重於一般商用與民用無人機產業應用，因此不將國防領域相關資訊納入報告。	同意研究單位處理情形。
	2. 鋰電池短暫時間內難取代燃油動力，對於中大型的定翼建議可加強探討燃油動力。	期末階段於 2.1.1 小節「基礎技術」中增加對燃油及中大型無人機應用及趨勢探討分析。	同意研究單位處理情形。
	3. 臺灣受限 NCC 的 RF 功率的管制，而 2.4GHz 全世界不受限，且有自動跳頻的技術，其非 UAV 主	期末階段辦理 UTM 發展座談會，將相關議題納入，並建議將相關限制及未來發展之研究納入後	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	流，只是不得不為之，未來若透過跨部會的討論使 NCC 鬆綁相關功率規範，可拓展無人機應用。	續建議事項辦理。	
	4. UAV 航管目前尚無明確規則，需透過跨部會與民航局的協助。	期末階段舉辦 UTM 與跨部會整合等座談會，探討國內 UAV 航管發展方向。	同意研究單位處理情形。
	5. 無人定翼飛機、無人直升機著墨較少，應加強論述內容。	本研究報告並不限定無人機機型探討，已檢視各章節確保涵蓋討論到定翼及直升機型。	同意研究單位處理情形。
行政院科技會報辦公室 李副組主任 高銘	1. 建議補強計畫格式內容，如針對訪談問題描述與內容重點列表；針對產值描述應更細分，並取得一致的衡量基礎，如以 2030 年為發展目標分析較明確的產業整體論述、規劃及推動。	期末階段整理統一訪談問題描述與內容列表格式；針對產值描述亦新增論述說明國外與國內產值衡量基礎，並訪談相關產業分析單位補充分析基礎。	同意研究單位處理情形。
	2. 國內產業能量應做更完整的分析，如資通訊產業、AI、IOT、自動駕駛、電子酬載的整合應多做論述。	在第四章我國發展利基進行更完整的論述。	同意研究單位處理情形。
	3. 中科院在國產國造方面未來四年有百億預算的釋出，可能會影響產業界的重組，建議對此多做描述。國內市場不夠大，就中科院政策有機會技轉到業界，與業界能量整合，是有機會扶植產業發展，後續可再加強研究。	期末階段安排與中科院訪談，了解相關能量整合議題，並納入策略規劃中。	同意研究單位處理情形。
	4. (書面意見) 有關國際先進國家產業規劃，可強化	加強於第 2.3.1 節「國外無人機產業規劃與推動」	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	其他國家規劃內容、措施、政策與法規，以作為國內政策制定與產業推動之參考。	之美國、歐盟、日本、韓國、新加坡等國家產業規劃政策相關內容。	
	5. (書面意見) 有關 UAM 應用，雖整理相關資料；建議可多投入「測試場域之測試驗證，發展測試驗證規範…」相關議題。	於第 2.2.1 節「國內外應用現況與趨勢」第 7 項「載人應用」中針對相關議題增加內容論述。	同意研究單位處理情形。
	6. (書面意見) 有關 UTM 管理系統，建議應加速投入管理與通訊技術、自動偵測與避障技術、民航、軍機戰管空域分配、管理議題之研究。	考量本研究目的為持續蒐集各先進國家無人機在交通領域之應用發展趨勢、盤點我國無人機產業能量、研擬我國無人機在交通領域之推動策略並研議籌組無人機科技產業聯盟(U Team)；UTM 相關議題之研究建議納入後續建議事項辦理。	同意研究單位處理情形。
	7. (書面意見) 建議可盤點中央、地方政府無人機推動情形，產業能量盤點與需求技術掌握。	以「GRB 政府研究資訊系統」搜尋無人機、無人飛行載具、UAV 等相關關鍵字，並整理分析各計畫主管機關、執行單位、研究性質等特性納入期末報告中。	同意研究單位處理情形。
	8. (書面意見) 相關重要會議、訪談可製作成列表，並做重點紀錄，以提供研究參考與佐證。	整理相關會議、訪談與座談會會議重點紀錄於附錄。	同意研究單位處理情形。
	9. (書面意見) 後續可加強「產業建言」、「法規調適」、「社會環境影響」...等議題。	於 3.3 節「產業能量缺口分析」PESTLE 分析中增加相關內容論述。	同意研究單位處理情形。
交通部科技	1. 此報告已達到期中階段要求，今日意見可於期末	感謝委員指教。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
部科技顧問 室劉簡任技 正建邦	階段再納入增修。		
	2. 國內小型無人機生產製造能力沒問題，主要將尋找應用端出海口，可再針對相關單位進行訪談；而大型載貨或載人的無人機，則需再盤點國內能量，建議可圖像化呈現，參考經濟部電動巴士產業盤點圖示。	期末階段透過相關單位訪談釐清，並參考經濟部電動巴士產業盤點圖示化無人機國內能量。	同意研究單位處理情形。
	3. 國內巡檢產值是否高估，建議再評估。	期末階段透過相關單位的訪談，釐清國內市場產值分析。	同意研究單位處理情形。
	4. 無人載具科技創新實驗條例可納入第二章的國內政策與法規論述；嘉義的測試場域計畫、亞洲新灣區、5G AIOT 等計畫也可納入論述。	於 2.3.4 節納入「國內無人機政策與法規」。	同意研究單位處理情形。
	5. 國際趨勢產值的文獻需納入以增加其公信力。	第二章國際趨勢產值部分相關資料文獻整理納入附錄。	同意研究單位處理情形。
	6. 國內需求除了橋梁與軌道是否還有其他應用，建議再跟需求單位訪談。	期末階段透過相關單位的訪談，釐清國內市場產值分析。	同意研究單位處理情形。
	7. U Team 與無人機科技產業小組關係需再釐清說明，並建議本計畫相關規劃策略可與科技產業小組進行討論。	U Team 為民間方推動無人機發展，科技產業小組則為政府方推動無人機發展，兩者各有其推動背景；期末階段更深入探討研議籌組 U Team，並就籌組構想、相關規劃策略與科技產業小組進行討論。	同意研究單位處理情形。
	8. (書面意見) 部長已指示交通科技產業會報各產	期末階段就相關規劃策略與科技產業小組進行	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	業小組進行 2021 年白皮書內容修訂，本計畫提出之檢討建議，請運研所後續循產業白皮書修定程序凝聚共識提出。	討論。	
	9. (書面意見) 本計畫參考很多國際趨勢報告，建議後續將相關文獻完整的條列在報告內。	相關資料文獻於期末階段整理列出於附錄。	同意研究單位處理情形。
	10. (書面意見) 小型無人機著重應用端的出海口，大型載貨或載人應用則著重技術能量盤點，管理系統、法規等，在產業面可以先針對各重要關鍵零組件等進行產業盤點(如畫出一台無人機，列出各系統組件，並盤點產業能量及缺口)，找出產業能量缺口並誘導進行技術創新發展。	期末階段透過相關單位訪談釐清，並參考經濟部電動巴士產業盤點圖示化無人機國內能量。	同意研究單位處理情形。
	11. (書面意見) 簡報第 27 頁國內產值預估，橋梁及軌道巡檢單價過高，請再予檢視。	期末階段透過相關單位的訪談，釐清國內市場產值分析。	同意研究單位處理情形。
經濟部航太產業發展推動小組簡副主任志維	1. 報告內容之彙整、分析及未來規劃完整，有利做為未來執行及推動之參考依據。	感謝委員指教。	同意研究單位處理情形。
	2. 產業分析考量業者廠商不易提供參考資料，建議規劃單位可運用現有資源與借重委員的專長完善報告。	期末階段安排訪談委員，借重委員專長與經驗更完善整體報告。	同意研究單位處理情形。
	3. (書面意見) 產業能量缺口分析章節，建議可強化	於 3.3 節「產業能量缺口分析」PESTLE 分析中第	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	與業者技術缺口或供應鏈之缺口內容。	四點「科技環境」中增加相關內容論述。	
臺灣無人機應用發展協會馮理事長渤	1. 從產業面來看，第二章提到「如能推進到超越視距之操控階段...」，從108年開始無人機的應用已經從飛手的操控向自動飛行階段前進。與多國際廠商與國內中光電也已經開始使用。從今年開始自動化會成為主流，包括自動起降、自動充電、數據自動上傳等，希望在產業面分析能夠加入更新資訊。	期末階段進行資料蒐集更新並修正寫法。	同意研究單位處理情形。
台灣車聯網產業協會智慧無人機應用與管理工作小組陳召集人奕廷	1. 目前世界各國的法規皆以小型 UAV 為主，未來 UAM 需要的法規規範一定不同，未來是在 UTM 的管理或是 ATM 的管理，可再研究。	考量本研究目的為持續蒐集各先進國家無人機在交通領域之應用發展趨勢、盤點我國無人機產業能量、研擬我國無人機在交通領域之推動策略並研議籌組無人機科技產業聯盟(U Team)；UTM 相關議題之研究建議納入後續建議事項辦理。	同意研究單位處理情形。
	2. 建議可分析國內各法規與政策彼此的依存與互補程度，是否有遺漏與需再補充的項目。	期末階段探討將無人機專法與政策、IPP、沙盒、競賽等計畫成果回饋至法規修正納入策略修訂中。	同意研究單位處理情形。
	3. 各國產業推動作法不同，例如美國是 FAA 主導，有大型公司支持新創產業投入；日本為政府主導協會配合；韓國則是公私協力。臺灣作法應該為何？	加強於第 2.3.1 節「國外無人機產業規劃與管理」之美國、歐盟、日本、韓國、新加坡相關政策內容。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	建議多做相關國家作法的補充說明。		
	4. 依照 IPP 規劃方式，橋梁檢測有 19 項，無人機僅能達其中幾項，因此若直接取代現有橋梁檢測產值會有誤差；上下游產業鏈估算建議亦納入產值估算；UAM 產值估算跟現有計程車的依存程度與替代性需再思考。	本研究透過國內外案例趨勢探討，可得知在民用與商業型無人機上，未來將帶來較多應用發展與產值，且交通領域之應用各國皆逐漸重視，故本研究針對交通領域分析市場產值，以符合相關機關未來應用實務需求。期末階段透過相關單位的訪談，釐清國內市場產值分析。	同意研究單位處理情形。
	5. 未來利基點目前主要是用廠商訪談的內容作結論，建議可以從國際與國內比較分析探討；資安議題也需再有更多著墨。	結合國內外案例與廠商訪談，整理歸納國內利基，並且納入資安議題與其帶來的課題與機會。	同意研究單位處理情形。
	6. 對於 U Team 的建議，以 ODA 為例子是以產業為思維，做為產業與政府之間的溝通橋樑，產業對政府有期許也對產業較了解，反應的時間會比較快；由法人當橋梁產業聲音會回饋較弱且較慢。	持續了解各協會或聯盟運作方式，並且與相關業者、法人、政府單位探討最適合 U Team 的組織模式。	同意研究單位處理情形。
	7. 新加坡對 UAM 廠商有吸引力，原因之一是歐盟 EASA 與新加坡 CAA 互相認同，Volocopter 不需再經過檢驗；目前 Volocopter 正在興建無人機機場，未來會搭配一個飛機手跟一個乘客，未來是受 ATM 管理非 UTM，	於 2.3.1 節「國外無人機產業規劃與管理」新增說明新加坡政策上如何支援無人機產業發展。另亦參考 Volocopter 於新加坡發展 UAM 之相關資訊納入期末報告探討。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	比照有人機的管理方式，可作為未來 UTM 的借鏡。		
經濟部技術處無人載具科技創新實驗計畫辦公室雷主任震台	1. 建議除產值以外，另考量外部性效益，評估導入無人機應用之價值，如無人機橋梁巡檢之產值或許不大，但就提升橋梁安全展現的價值可能是很大的，建議後續補充相關論述。	在產值分析之前先補充相關應用，包含巡檢、物流與UAM等應用的價值論述。	同意研究單位處理情形。
	2. 建議補充國內應用案例(檢測、物流、醫療運輸等項目)與國際比較，分析國內的優劣勢，找出未來資源需要投入的地方	國內應用案例補充於2.2.1 節第三項「國內應用狀況」。優劣勢於3.3 節「產業能量缺口分析」PESTLE 分析中增加相關論述。	同意研究單位處理情形。
	3. 未來發展 UAM 應是共識，該如何去啟動，建議可先就 UAM 的情境作更深入探討(都會區、點對點、最後一哩)，找出臺灣最有需要發展的情境與定位，即可得知需求、載具的規格、基礎設施，可針對此做技術的聚焦。	本研究探討UAM發展情境，以及透過沙盒辦理測試驗證，作為我國無人機在交通領域之推動策略方向，並建議UAM情境深入的探討可納入後續建議事項辦理。	同意研究單位處理情形。
	4. (書面意見) 酬載為無人機重要系統，列入技術開發階段應屬合理，有關酬載系統是否應納入零組件(或系統)製造，請考量。	報告中零組件部分著重於製造部份，因此酬載系統於報告中列入技術開發階段。	同意研究單位處理情形。
	5. (書面意見) 有關地面導控站(或系統)是否需納入飛行控制或另增新項，請考量。	地面導控及通訊設施新增於 3.1.1「無人機開發流程」第二項「關鍵零組件」補充說明相關技術。	同意研究單位處理情形。
	1. 經檢視本計畫推動單位	感謝委員指教。	同意研究單位

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
科技部前瞻 及科技應用 司謝科長孟 儒	(運輸研究所)規劃工作分 項及研究內容具有前瞻 科技推動及產業利用價 值;執行單位(鼎漢顧問公 司)所提期中報告書內容 尚稱完整。		處理情形。
	2. 隨著國內公私部門對無 人機應用需求已逐漸明 確,建議後續研究可針對 如何結合國內無人機之 應用需求與廠商未來技 術發展進行鏈結,具體呈 現國內無人機產業可集 中資源發展之適合技術, 並提出擴展市場規模之 政策建議。	期末階段加強關鍵技術 發展分析之論述,並納入 策略規劃中。	同意研究單位 處理情形。
	3. 第二章 國內外無人機應 用概況與發展趨勢建議: (1)依據報告書 2.2.1 現況趨勢 所述,無人機領域應用方面 主要以能源及公共行政為 前兩大領域。 (2)在能源領域部分,建議執行 單位可蒐集使用於再生能 源巡檢或維護之國內外現 況及對應使用無人機所需 的必要條件,充分比較國外 使用情形及進行我國無人 機應用於能源單之可行性 評估;評估如何有效應用於 我國現在比例日漸提高的 風力發電及太陽能發電場 域,若能結合無人機及再生 能源兩大領域,將使我國無 人機產業先具備良好的市 場利基。	(1) 感謝委員指教。 (2) 於 4.1 我國無人機應 用發展方向與利基檢討 中增加相關內容論述。 (3) 於 2.3.1「國外無人機 產業規劃與管理」提出各 國針對新冠肺炎因應手 段彙整。 (4) 本研究透過國內外 案例趨勢探討,可得知在 民用與商業型無人機上, 未來將帶來較多應用發 展與產值,且交通領域之 應用各國皆逐漸重視,故 本研究針對交通領域分 析市場產值,以符合相關 機關未來應用實務需求。 期末階段透過相關單位 的訪談,釐清國內市場產 值分析。 (5) 於 3.3 節「產業能量	同意研究單位 處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	(3)在公共行政領域部分，報告書中針對新冠肺炎監測僅針對防疫部分進行討論，建議執行單位可著重於全球疫情時期各國於數位建設的發展及應用進行評估，例如針對無人機使用於5G+AIoT的應用及智慧科技的推動，國內外無人機全自主運作相關科技現況進行資料分析及彙整，提供無人機產業在面臨後疫情時期的整體布局。 (4)於本報告書 2.2.2 國內外無人機的產值說明部分，雖已揭露全球無人機產值預估，然而本計畫書主要作為我國產業發展先期研究，可針對軍事無人機，商用無人機，商業服務與消費無人機等各應用領域進行分項產值研究及市場規模評估，依據分析結果評估我國產業現在及未來擁有的發展利基。 (5)可針對大陸現有無人機產業已成之優勢進行分析，檢視我國無人機產業能切入之高附加價值部分，以無人機商業模式之生態鏈進行整體探討，而非單純的以製造業的角度思考，提供推動產業鏈結共同發展參考。	缺口分析」PESTLE 分析整體生態系作探討，期末階段會再針對國際市場及無人機產業蒐集資料，增加分析深度。	
	4. 第三章 我國無人機關鍵技術分析與產業能量盤點建議：	(1) 期末階段加強關鍵技術分析論述。 (2) 加強我國具有前瞻	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	(1)報告書第三章主要針對我國無人機關鍵技術及產業能量進行盤點，盤點內容尚屬完整，建議可結合不同關鍵技術進行評估。 (2)報告書中3.2關鍵技術能力分析，可針對我國具有前瞻潛力之技術領域作我國未來發展無人機產業之亮點技術，例如報告書所述 AI 影像辨識分析，即為我國現階段具有發展性的科技；以橋樑檢測為例，全臺有超過12,000 座公路及鐵道橋樑數量，若透過無人機搜集影像資料，並透過 5G 傳輸高畫質影像，並由 AI 來判讀影像、輔助檢測評估風險，即能提高公共設施的安全性。建議可以針對無人機擷取相關圖像或數位資訊後，如何將資訊流傳輸至雲端系統內並進行 AI 演算之可行性進行評估，並提出我國優勢科技提供給規劃單位或產業進行後續科研或產業推動參考，並擴大推動無人機產業之附加價值。 (3)另外在無人機動力方面，長執勤時間的無人機需求日漸增加，除了能源種類的改變外，整體機械動力系統整合方面也是我國產業的強項，這些技術的建立，應可透過研究機構與產業共同合作，建議報告書可著重產	潛力之技術領域之論述與分析、提出我國具有優勢之發展機會。 (3) 於 3.3 節「產業能量缺口分析」PESTLE 分析整體生態系作探討，再針對國內機械動力系統整合能量蒐集並新增相關資料，增加分析深度。	

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	業生態系的建立進行評估，而非針對單一技術分析，將可提高報告書的政策價值。		
	5. 第四章 交通領域策略及措施檢討修訂建議： (1)報告書建議若成立無人機產業聯盟(U Team)可以研發法人單位較為適合，提醒法人組織的建立須符合財團法人法之相關法規。 (2)另外在組織功能部分，學研單位的支撐並未於 4.2.2 節有明確說明，另外在表 4.3-2 之評估年期部分，請具體說明評估依據及產值計算基準，並比較使用無人機運作與現在實際運作之差異。	(1) 期末階段持續了解各協會或聯盟運作方式，並且與運研所及相關業者、法人、政府單位探討最適合 U Team 的組織模式。 (2) 加強說明學研單位在未來整體策略的角色；另在 4.3 中說明計算參數與依據並比較與目前運作狀況之差異。	同意研究單位處理情形。
漢翔航空工業股份有限公司 F-16 維修中心林執行長南助	1. 第一章所述邀請專家座談效果如何？專家意見是否列為未來本案之重要參考？	專家座談會會議記錄納入研究報告附錄，並作為本研究策略規劃參考。	同意研究單位處理情形。
	2. 2.1.2 節應用技術，本章節係描述無人機可運用的技術還是無人機本身所使用的技術？	2.1.2「應用技術」係指應用於無人機可運用技術，修正用詞使其更明確。	同意研究單位處理情形。
	3. 2.2.1 節探討結果，與第三章我國無人機關鍵技術是否有發現我國可以在 UAM 發展的機會？	結合 2.2.1 節探討結果與第三章關鍵技術分析成果，在 4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討中論述我國發展 UAM 的課題與機會。	同意研究單位處理情形。
交通部民用航空局	1. 國內無人機產業許多是空拍業者，亦是無人機應用端業者，占現有申請應用的 85%，受到法規影響最大；目前報告內容分析	於 2.2.1 小節「國內外應用現況與趨勢」新增「三、國內應用概況」補充說明國內無人機應用案例	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	偏向垂直分工，建議可針對水平分工再多著墨。		
	2. 針對第三章的 PESTLE 分析推導至第四章課題與利基，建議再強化歸納的論述。	針對兩章節之接合及連結加強論述。	同意研究單位處理情形。
	3. 報告內容用詞建議斟酌或明確說明，如「國家級場域」，對於廠商需要何種場域可以完整測試，可能會影響場域的規劃方向；以及「專司研擬發展無人機專法與驗證制度」，目前已有民航局研議法規，是否還需專司研擬法規；以及「認證、驗證、檢驗、檢定」等名詞在業者沒有統一標準，政府與民間話語不一致。	加強說明「國家級場域」之功能與定位；並針對各專有名詞清楚定義並統一說法。	同意研究單位處理情形。
	4. UTM 牽涉到 Remote ID，應要先解決，建議於期末階段有更多相關論述。	期末階段舉辦 UTM 與跨部會整合等座談會，探討國內 UAV 航管發展方向，並整理相關意見於後續策略推動之內容。	同意研究單位處理情形。
	5. U Team 的「法制組」編制規劃，建議改用「環境建構及人才培育(環境人培)」較為中性。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
交通部航政司	1. 無人機之應用已從一般空拍、監測使用，拓展至物流運算服務，未來則有機會成為無人機城市空中交通(UAM)；查民航局基於兼顧飛航安全與產業發展，已於民用航空法及遙控無人機管理規則	感謝提供資訊。另運研所於執行無人機整合示範計畫過程中已與民航局保持溝通聯繫。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	訂有相關規定，包含遙控無人機之物流運送能力審查等，現運研所亦刻正辦理東港-小琉球之物流運送示範計畫，爰建議運研所適時提供該示範計畫之執行情形予民航局參考，俾利該局視情檢討相關法規命令。		
	2. 發展 UAM 應用尚有能源、動力、飛控系統及垂直起降等關鍵技術(如期中報告 P.3-20 所述)待克服與突破，建議運研所可視該技術發展進程，規劃做為下一階段整合示範計畫。	於報告推動策略內容中提出，作為未來計畫推動之建議參考。	同意研究單位處理情形。
	3. 為因應遙控無人機蓬勃發展所衍生之無人機飛航管理(UTM)議題，除須依靠無人機上之射頻識別裝置外，尚需配合地面接收站及資訊處理、資料交換等功能，方能形成完整管理環境，惟國際間仍持續就無人機飛航管理(UTM)與有人機飛航管理(ATM)進行整合研究，目前尚未有具體方向，民航局將持續瞭解並作為後續政策規劃參考。	感謝提供資訊。	同意研究單位處理情形。
	4. 遙控無人機科技產業整體發展，基於經濟部權管之「設計研發」、「製造」在先；交通部監理其「使用」與「維護」在後之分	納入我國無人機交通領域發展策略修訂、U-Team 組織功能定位，檢討各政府機關之權責分工。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	工模式，爰建議規劃團隊在後續工作項目「研議籌組我國無人機科技產業聯盟(U-Team)」部分，應先釐清各政府機關之角色，並依 U-Team 組織主係「研發關鍵技術、整合產業能量」之功能定位，重新檢視各政府機關之權責分工，以利於協助無人機產業未來健全發展。		
交通部運輸 研究所運輸 資訊組	1. 表 2.1-1 機型優缺點比較中，「部分冗餘」在多軸旋翼機型列為缺點，混合翼機型則將「冗餘」列為優點，建議補充說明。	冗餘應為優點，多軸旋翼型需具備六軸以上才具備冗餘，由於目前多為 4 軸旋翼型無人機，因此在此列為缺點。期末階段會加強論述補充。	同意研究單位處理情形。
	2. 2-7 頁，光學雷「」與熱像儀，漏字，請修正。	遵照辦理，修正為光學雷「達」與熱像儀。	同意研究單位處理情形。
	3. 2-10 頁，長「制空飛行」，錯字，請修正。	遵照辦理，修正為「滯空飛行」。	同意研究單位處理情形。
	4. 2.2.1 節建議補充國內公私部門應用無人機之實際案例。	遵照辦理，新增第三項「國內應用概況」。	同意研究單位處理情形。
	5. 2-48 頁 格式錯誤，請修正。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
	6. 3.1 節國內產業能量盤點之內容，偏重技術及製造能量，建議可結合第二章國內應用案例，補充國內廠商現階段提供應用服務之能量。	期末階段過與民航局訪談，掌握國內廠商現階段提供應用服務之能量。	同意研究單位處理情形。
	7. 3.2 節建議補充巡檢與監測相關關鍵技術目前國內研發情形。	遵照辦理，加強論述巡檢與監測相關關鍵技術研發狀況。	同意研究單位處理情形。
	8. 表 3.1-2 臺灣無人機先關	遵照辦理，修正為「臺灣	同意研究單位

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	產業廠商列表，錯字，請修正。	無人機相關產業廠商列表」。	處理情形。
	9. 3-33 頁，適用性(pplicability)，錯字，請修正。	遵照辦理，修正為「適用性(Applicability)」。	同意研究單位處理情形。
	10. 4.3 節有關無人機物流之產值推估，金門、馬祖、澎湖等距離本島較遠，且現有有人機航線服務之離島，以無人機進行物流服務之可行性及效益，建議再行評估；且各離島單價均以每年 100 萬元計算似不合理。	期末階段訪談相關需求單位與應用單位，並檢討產值推估分析。	同意研究單位處理情形。
	11. 4.2.3 節中央各部會之分工項目目前較為概略，且未說明中央與地方分工，建議後續再予充實說明。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
	12. 第四章建議補充有關設置無人機研發測試驗證場域之中央各部會分工，中央與地方政府分工及中央可協助事項。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
主席結論	1. 請補充說明國家級及地區型無人機場域之功能定位與分工，以及場域設置處數之分析論述。	期末階段訪談相關單位(如中科院)，並加強論述國家級與地區行無人機場域之定位。	同意研究單位處理情形。
	2. 請研究團隊參考各國推動無人機產業相關組織，以及國內產業聯盟案例，如 Open data 聯盟等架構屬性及其利弊分析，提出後續推動 U-Team 建議。	期末階段持續了解各協會或聯盟運作方式，並且與運研所及相關業者、法人、政府單位探討最適合 U Team 的組織模式。	同意研究單位處理情形。
	3. 有關國內應用產值之推估方式及年期，請再予細化補充說明，並納入關聯	期末階段透過相關單位訪談進行釐清，並細化產值推估之內容修正於期	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	產業鏈產值估算。	未報告中。	
	4. 第二章請進一步補充國內公私部門無人機應用案例，並跟國外比較分析，從中找出國內相較突出或需要再精進的地方，並於第三章補充目前國內廠商提供應用服務的能量。	於 2.2.1 節「國內外應用現況與趨勢」新增「三、國內應用概況」補充說明國內無人機應用案例；並於 3.3 節「產業能量缺口分析」PESTLE 分析中再針對相關應用缺口及限制。	同意研究單位處理情形。
	5. 第四章已經提出後續工作推動策略，目前的相關敘述內容較為概念性，請再進一步具體化，包括各單位權責分工，除中央各部會外，地方政府也應一併納入考量，例如嘉義推動中之無人機研發測試中心計畫。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
	6. 除了無人機本身以外，其他新興的科技技術，如 AI、IoT、5G 等皆可與無人機結合，請提出無人機結合新興技術在交通科技領域的創新應用之延伸研究發展建議。如非屬於本計畫契約工作範圍，請納入後續建議與研究方向。	於 4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討增加臺灣 AI、IoT、5G 相關發展概況內容。	同意研究單位處理情形。
	7. 請研究團隊針對各項意見列表整理回應說明處理情形，於會議紀錄文到一週內送本所承辦單位，以做為後續報告修訂之依據，另於工作會議中說明委員意見處理情形。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
	8. 本次期中報告審查經審	遵照辦理。	同意研究單位

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	查委員同意原則修訂後 通過。		處理情形。

附件 2 期末審查意見與回覆

MOTC-IOT-109-IDB014 推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃

期末審查意見與回覆

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
台灣車聯網 產業協會智 慧無人機應 用與管理工 作小組陳召 集人奕廷	1. 美國及日本皆透過整合示範計畫，於固定場域提供廠商執行長時間測試驗證，以逐步提升技術，未來推動可參考相關經驗。	已將持續辦理整合示範計畫納入發展策略及路徑圖。	同意研究單位處理情形。
	2. 對比歐盟 U-Space 的進程、FAA 和 NASA 推動 3D 及電子圍籬管理建立空中廊道概念，國內在發展 UTM 或 UAM 時可吸取相關經驗。	已將 UTM 及相關空中廊道概念納入發展策略及路徑圖。	同意研究單位處理情形。
	3. 韓國已提出 K-UAM 組織以推動 UAM，現代汽車亦與 Uber 結合推動空中計程車，臺灣要推出什麼策略因應？請補充說明。	已補充建議說明，以政府角度，進行我國未來發展 UAM 的情境規劃，進而進行 UAM 的 Roadmap 規劃；而在產業角度，則建議思考我國在全球 UAM 生態體系的角色，研究應由生產製造、零組件製造端，或是服務應用端切入，如何引入 UAM 至國內的無人機與交通環境中。	同意研究單位處理情形。
	4. 新加坡民航局及企業發展局共同推動 UAM 發展，結合航管及經濟產業的力量，因此推動迅速，預計明年將推出相關服務；臺灣在未來發展 UAM 可以提出什麼戰略或政策宣示？請補充說明。	已補充建議說明，以政府角度，進行我國未來發展 UAM 的情境規劃，進而進行 UAM 的 Roadmap 規劃；而在產業角度，則建議思考我國在全球 UAM 生態體系的角色，研究應由生產製造、零組件製造端，或是服務應用	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
		端切入，如何引入 UAM 至國內的無人機與交通環境中。	
	5. 目前團隊研究估算之產值偏低，無人機的創新附加價值高(效率、安全、3D 建模等)，收費也應較高；若產值低估將可能影響廠商對未來產業發展之信心。	本研究提出之無人機產值估算，已考量國內市場規模，以橋梁檢測為例，考量範圍不僅包含公路總局之橋梁，更包含高速公路局、地方政府等轄管之橋樑。 考量本研究計畫屬於政策發展研究規劃，產值預估先行以政策可執行之範圍進行估算，故建議無人機的創新附加價值估算納入後續研究辦理。	同意研究單位處理情形。
	6. 研究報告是否可寫出建議適合臺灣發展之關鍵技術為何？請補充說明。	本研究已彙整國內產業利基與發展建議，並就技術發展層面提供關鍵技術相關說明。	同意研究單位處理情形。
臺灣無人機應用發展協會馮理事長渤(孫理事增保代)	1. 目前國內無人機應用因後端無龐大產業支持，因此獲利有限，需透過背後高經濟價值產業應用來帶動發展。	已補充說明，建議無人機未來可結合新興技術於交通運輸領域之創新應用。	同意研究單位處理情形。
	2. 建議規劃系統性及通盤性無人機基礎建設，並建構全國性 UTM 中心，與航管單位橫向聯繫，以有序管理無人機；並透過大數據分析服務需求，廣設行動指揮、熱點等設施，以擴展無人機服務，並快速服務需求區域，以政府主導方式或民間推廣，背後透過高價值產業支持。	已補充說明，建議在基礎建設布建方面，未來可規劃系統性及通盤性無人機基礎建設，以有序管理無人機。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
國家中山科學研究院陳主任俊宏	1. 臺灣無人機市場規模現況不大，高階無人機發展契合臺灣產業政策，政府可以臺灣為練兵場，目標為對外銷售，可銷往東南亞。	相關意見已納入市場未來發展說明。	同意研究單位處理情形。
	2. 極端氣候已為常態，無人機應於平時建置能量，面臨緊急事態時才有工具使用。	相關意見已納入產業與應用利基說明。	同意研究單位處理情形。
	3. UAM 將帶來未來變革，臺灣可藉由導入國外技術，透過合作學習形成國內產業鏈，於 UAM 產業興起前，事先佈局國際市場。	相關意見已納入市場未來發展之載人UAM情境推估說明。	同意研究單位處理情形。
	4. 廠商對於法規及驗證程序不夠了解，建議民航局增加辦理廠商輔導或說明會，以減少雙方認知誤差。	本研究提出之發展策略及路徑圖已納入社會溝通與民眾宣傳相關議題。	同意研究單位處理情形。
	5. 系統可靠度、環境安全性、資訊安全為未來著重項目，各國已開始重視資安，資訊軟體安全規範到無人機 ID 識別查證、專用通訊協定與傳輸資料加解密等機制須預先設計。	相關意見已納入國內無人機政策與法規說明。	同意研究單位處理情形。
經濟部技術處無人載具科技創新實際計畫辦公室雷主任震	1. 沙盒試驗已與民航局討論出以全自動化試驗申請沙盒，透過排除操作員資格進行實驗，目前已有一案進行審理中。	已更新無人載具科技創新實驗條例近況。	同意研究單位處理情形。
	2. 建議後續計畫可針對本研究團隊提出 UAM 3 個	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
台	情境設定，進行分析(優劣勢、可能面臨挑戰等)。		
	3. 團隊提出之實驗情境POC、POS及POB驗證項目，建議後續計畫可提出各階段參考項目，以協助未來更具體執行服務驗證，相關細項可再與產業廠商討論。	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。
經濟部航太產業發展推動小組簡副主任志維	1. 肯定團隊對於無人機產業之市場、技術及法規之研究，建議未來於無人機產業盤點能夠持續進行。	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。
資策會產業情報研究所李研究總監高銘	1. 科技會報辦公室對於產業推動的角度，希望建構從「軍民通用」、「商業應用」到「休憩娛樂」整體的產業發展；無人機機型分為「中小」與「中大」，兩者有不同產業鏈及供應鏈，「中大」型無人機契合臺灣整體產業之戰略發展，思考方向非單純產業發展，亦跨域至「航太產業」、「國防安全」及「低軌衛星」等。	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。
	2. 能量盤點部分，目前研究報告中，只針對既有無人機產業做盤點，未將臺灣具領先地位之產業能量作整體思考，未來無人機產業鏈會與目前不同，團隊可提供建議做為後續計畫的研究方向。	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。
	3. 臺灣有別於其他國家之	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	應用服務優勢為何？應跳脫目前應有之應用，思考針對臺灣產業有幫助且有別於他國之應用服務為何？再思考產業鏈的重組和鏈結。	畫說明中。	處理情形。
	4. 無人機產業於地方發展建議透過 U Team 進行相關行銷推廣活動，達到與地方之社會溝通，以減少大眾對於公共安全與環境影響的疑慮，並增加社會接受度。	已納入 U Team 行銷推廣建議說明中。	同意研究單位處理情形。
	5. 經濟部已有跨部會推動無人機產業相關計畫，後續跨部會合作將針對整體產業發展討論，產業鏈的重組及應用服務面向，建議可於下期計畫廣泛蒐集資訊。	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。
交通部航政司	1. 經檢視本計畫推動單位(運輸研究所)規劃工作分項及研究內容具有前瞻科技推動及產業利用價值；執行單位(鼎漢顧問公司)所提期中報告書內容尚稱完整。	感謝委員指教。	同意研究單位處理情形。
漢翔航空工業股份有限公司 F-16 維修中心林執行長南助	1. 第一章所述邀請專家座談效果如何？專家意見是否列為未來本案之重要參考？	專家座談會會議記錄納入研究報告附錄，並作為本研究策略規劃參考。	同意研究單位處理情形。
	2. 2.1.2 節應用技術，本章節係描述無人機可運用的技術還是無人機本身所使用的技術？	2.1.2「應用技術」係指應用於無人機可運用技術，修正用詞使其更明確。	同意研究單位處理情形。
	3. 2.2.1 節探討結果，與第三	結合 2.2.1 節探討結果與	同意研究單位

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	章我國無人機關鍵技術 是否有發現我國可以在 UAM 發展的機會?	第三章關鍵技術分析成 果，在 4.1 我國無人機應 用發展方向與利基檢討 中論述我國發展 UAM 的 課題與機會。	處理情形。
交通部民用 航空局	1. 國內無人機產業許多是 空拍業者，亦是無人機應 用端業者，占現有申請應 用的 85%，受到法規影響 最大；目前報告內容分析 偏向垂直分工，建議可針 對水平分工再多著墨。	於 2.2.1 小節「國內外應 用現況與趨勢」新增「三、 國內應用概況」補充說明 國內無人機應用案例	同意研究單位 處理情形。
	2. 針對第三章的 PESTLE 分 析推導至第四章課題與 利基，建議再強化歸納的 論述。	針對兩章節之接合及連 結加強論述。	同意研究單位 處理情形。
	3. 報告內容用詞建議斟酌 或明確說明，如「國家級 場域」，對於廠商需要何 種場域可以完整測試，可 能會影響場域的規劃方 向；以及「專司研擬發展 無人機專法與驗證制度」， 目前已有民航局研 議法規，是否還需專司研 擬法規；以及「認證、驗 證、檢驗、檢定」等名詞 在業者沒有統一標準，政 府與民間話語不一致。	加強說明「國家級場域」 之功能與定位；並針對各 專有名詞清楚定義並統 一說法。	同意研究單位 處理情形。
	4. UTM 牽涉到 Remote ID， 應要先解決，建議於期末 階段有更多相關論述。	期末階段舉辦 UTM 與跨 部會整合等座談會，探討 國內 UAV 航管發展方 向，並整理相關意見於後 續策略推動之內容。	同意研究單位 處理情形。
	5. U Team 的「法制組」編制 規劃，建議改用「環境建	遵照辦理。	同意研究單位 處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	構及人才培育(環境人培)」較為中性。		
交通部航政司	1. 本研究計畫相關內容所提及之「國家級」用法建議修正。	本研究計畫提及之「國家級」用法，皆為引述 2020 年交通科技產業政策白皮書內容所述「成立國家級無人機研發測試驗證中心」，相關用語將配合後續政策推動調整，現階段尚無指認特定場域。	同意研究單位處理情形。
交通部民用航空局	1. 民航法配合運研所 IPP 計畫，與物流配合狀況良好，在後續執行物流測試時，民航局會要求廠商提出執行任務時對無人機位置掌握之能力。	感謝提供相關資訊。	同意研究單位處理情形。
	2. FAA 預計 2023 年執行 Remote ID 相關規範，因藍牙傳輸範圍有限，較適用於視距內飛行管理，其可靠度未來須提升。	感謝提供相關資訊。	同意研究單位處理情形。
	3. 綜觀目前 UAM 規劃，許多服務是為取代直升機航路、降低營運成本而研發；產業發展由一開始新創公司為主到現在傳統航空業加入，飛控電腦的技術成熟度及安全可靠度為未來發展觀察重點，亦須視是否達到民航監理單位之認可。	已補充說明，未來國內 UAM 發展規劃上，建議可思考我國在全球 UAM 生態體系的角色，研究應由生產製造、零組件製造端，或是服務應用端切入，導入國外設計觀念應用於國內產業環境；同時評估技術發展成熟度及安全可靠度，以視是否達到民航監理單位之認可。	同意研究單位處理情形。
	4. 民航局組織未來將加入正職人員協助無人機相關業務；民航局目前無人機相關業務以航發會補	感謝提供相關資訊。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	助為主，執行先導性研究為主，規模較小。		
	5. 國外 UAM 發展考量安全性，目前設計上多採用 8 旋翼以上，而目前國內業者在發展上仍有許多改進之處，未來可導入國外設計觀念應用於國內產業環境。	已補充說明，未來國內 UAM 發展規劃上，建議可思考我國在全球 UAM 生態體系的角色，研究應由生產製造、零組件製造端，或是服務應用端切入，導入國外設計觀念應用於國內產業環境；同時評估技術發展成熟度及安全可靠度，以視是否達到民航監理單位之認可。	同意研究單位處理情形。
交通部運輸研究所運輸資訊組	1. 本計畫與跨部會已有基本溝通管道、合作與鏈結，將來可再深入探討如何與跨部會更密切合作。	已納入建議後續研究計畫說明中。	同意研究單位處理情形。
	2. 第二章分別於 2.2.1 節及 2.3 節提出無人機新冠肺炎監測應用案例，以及無人機廠商對市場影響看法；建議可補充國外運用無人機於疫情期間運送疫苗等應用案例。	已補充印度與非洲於疫情期間透過無人機運送疫苗之案例說明。	同意研究單位處理情形。
	3. 第三章第 3.3 節 P.36 有關無人機考照規定及現有國內考場，請依據民航局最新規定及資訊予以更新。	已更新。	同意研究單位處理情形。
	4. 第四章第 4.4 節有關無人機科技產業聯盟(U-Team)研議籌組一節，建議參考案例除國內類似產業聯盟外，可納入如日本無人機產業發展協會 JUIDA 等國外產業聯盟與公部	已補充 JUIDA 聯盟經驗。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	門合作協力機制。		
	5. 第四章有關 4.2.3 節中央地方合作機制，建請補充地方政府角色，並依據 4.2.2 我國無人機在交通領域發展策略及路徑圖修訂各部會分工。另加強跨部會合作相關論述，例如經濟部無人載具科技創新實驗計畫與交通部之合作方式建議。	已補充中央與地方合作機制，以及中央跨部會合作機制相關論述。	同意研究單位處理情形。
主席結論	1. 無人機、人工智慧及 5G 等技術於交通運輸領域之創新應用，可列為後續長期研究重點，請研究團隊針對無人機結合人工智慧、5G 等新興技術，例如無人機結合 AI 人工智慧應用於橋梁及邊坡巡檢等應用，提出後續延伸研究以及產業應用相關建議。	已補充說明於本研究之建議章節，無人機未來可結合新興技術於交通運輸領域之創新應用。	同意研究單位處理情形。
	2. 第二章國內外無人機應用概況與發展趨勢之資料內容請全面檢視與更新修訂。	已通盤檢視第二章內容並修正更新。	同意研究單位處理情形。
	3. 有關 5.4.3 國內市場規模之推估，以橋梁為例，僅以公路總局之橋梁進行推估，由於除公路總局之橋梁外，尚有高速公路局、地方政府等轄管橋梁，若僅以公路總局之橋梁推估將低估國內市場規模，請完整覈實進行推估。	本研究提出之無人機橋梁檢測產值估算，已考量國內市場規模，考量範圍不僅包含公路總局之橋梁，更包含高速公路局、地方政府等轄管之橋梁。	同意研究單位處理情形。

審查委員	審查意見	審查意見回覆	本所主辦單位 審查意見
	4. 報告書請補充政府與民間以及產業界的協力機制，例如嘉義縣政府與中科院合作推動設置無人機產業園區、U Team 與公部門合作建議，以及中央地方分工機制，以提供後續推動之參考。	已補充中央與地方合作機制，以及中央跨部會合作機制相關論述。	同意研究單位處理情形。
	5. 今天審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請研究團隊列表整理及逐項說明回應辦理情形，並且充分納入報告之修正。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。
	6. 經徵詢審查委員意見，期末報告審查原則通過，請研究團隊於一週內(110年10月22日)提送期末修訂報告。	遵照辦理。	同意研究單位處理情形。

附件 3 訪談紀錄

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(一)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：臺灣無人機協會
2. 訪談時間：109 年 8 月 7 日（星期五）上午 10 時 00 分
3. 訪談地點：鼎漢國際工程顧問公司 538 會議室
4. 出席者：臺灣無人機協會 吳修廉理事長

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 臺灣無人機協會相關業務

- (1) 臺灣無人機協會成員組要為小型無人機廠商，成員遍布於全臺各地。
- (2) 協會內有乙家廠商已製作出滯空超過一小時的旋翼型無人機。
- (3) 協會主要協助民航局進行證照驗證。

2. 臺灣的無人機發展方向

- (1) 目前國內各機關皆有使用無人機，但皆各行其事，建議各機關層級應進行業務調和。
- (2) 針對無人機之發展因多掌握各層級廠商之建議。
- (3) 韓國已經設計出無人機公園，提供民眾一個安全使用無人機之場域。
- (4) 現行法規與實務未能呼應，且懲罰符合比例原則，造成民間業者於執行試飛或工作任務之困擾。另國際針對無人機採用申請制，對於使用證照較無要求。
- (5) 目前測驗場有：宜蘭大學、松山機場(2 公斤以下，室內)、東南科大、桃園銘傳、農業試驗所(提供特定產業訓練)、虎尾科大、長榮大學，考照處理能力不夠，一天僅能提供 12 個名額檢測，建議未來應於每個縣市提供一處測驗場。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：金屬工業研究發展中心
2. 訪談時間：109 年 8 月 17 日（星期一）下午 1 時 00 分
3. 訪談地點：金屬工業研究發展中心台北辦公室
4. 出席者：金屬工業研究發展中心 薛乃綺副組長、劉修銘產業分析師

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 金屬中心無人機相關業務

- (1) 無人機實驗室技術開發，負責人為楊光勳博士。
- (2) 目前無人機於各領域發展上，尚未確立商業模式，現況收費機制主要分為基本收費、按照里程及時間等變動參數、訂閱制等三種收費方式，其中最大困難為變動參數，因影響因子較多，導致價格難以訂定。
- (3) 目前保險主要受政府規定，且無人機財損保費精算的僅 2-3 家，而每一架次皆須有投保責任險，每次費用也相當高昂(一架次約 1 萬多)，期待未來可提供場域供沙盒測試與訂定保險差別費率。
- (4) 金屬中心在主要投入材料及結構之研究，如：酬載、抗風、平衡等。

2. 臺灣零組件能量

- (1) 目前無人機零組件多仰賴進口，且主要來源為中國，如欲發展零組件代工，需有完整供應鏈。
- (2) 國內無人機龍頭公司於國際上仍屬較小規模，且臺灣缺乏系統整合商，導致臺灣於國際市場上較無競爭力。
- (3) 交通部須明確未來發展方針，若是針對應用則不需專注於產業發展，如：新加坡在汽車工業上仰賴進口，但在無人車發展卻名列前茅。

3. U Team 相關討論

- (1) U Team 的產業端可以邀請公會加入，公會具有號召力及資金。
- (2) U Team 的議題可與關鍵零組件議題結合，可透過主管機關(法人或公會)指認關鍵零組件供應廠商，並將其廠商納請加入 U Team。

- (3) 關鍵零組件目前分類分較廣，初步可分為下列幾類：電池、馬達+電控+槳、控制器+感測器。建議可再與電電公會討論分類與適合的廠商。
- (4) 如何讓團隊運作為最重要且最難的議題，是否透過法人負責管理或委由民間廠商、公會管理，針對權力分工與利益分配問題仍需特別注意。
- (5) U Team 可分為無人機發展規劃組、法規政策組、產業零組件發展組。
- (6) 建議針對應用深入研究，零組件的議題可不需深入。
- (7) 整體發展需仰賴民間投入帶動產業發展之動力，政府則需提供沙盒場域供 U Team 發揮。
- (8) 沙盒及 IPP 期望可以整合，針對服務適才適性分配發展。
- (9) 無人機 POC 至 POB 有很大的鴻溝，政府相關輔助需與產業相應。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(三)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：虎尾科技大學鄒杰炯教授
2. 訪談時間：109 年 9 月 1 日（星期二）上午 10 時 30 分
3. 訪談地點：虎尾科技大學
4. 出席者：虎尾科技大學 - 鄒杰炯教授

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 發展 UAM 的測試過程

(1) 從短期載物到長期載人的 payload 演進，可能從 50kg（物品）到 100kg（單人）到 200kg（雙人）。

(2) 短期：目前即便是多旋翼也不易到達 50kg 的酬載。應先測試其飛行穩定性、續航力、安全性及各天候飛行狀況等。

中期：可先使用假人裝 sensor 進行擬真測試。一般多旋翼 8 軸以上的安全性已足夠，除非相鄰的 2 個螺旋槳壞掉。德國的 Volocopter 做 16 旋翼的機型，可模擬若有幾個馬達壞掉的狀況等，等到失誤的機率低到一個程度之後方可再進入到下一階段測試。

中長期：載人測試一定要有足夠的安全設施，如安全衣、氣囊、緩衝球等相關安全設備。

長期：實地操作應先選偏僻的地區，遠離人潮，飛行高度可先嘗試於 2-3 公尺高度進行測試。

2. 發展 UAM 的關鍵技術

(1) 電源供應：目前鋰電池的放電能力有限，且高電能易產生過熱情形，若透過增加電池則也會增加無人機重量。

(2) 動力：Payload 容易過熱，導致效能降低，能量消滅快。故目前市場多發展多旋翼，縮小馬達減緩過熱問題。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(四)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：中華經濟研究院
2. 訪談時間：109 年 9 月 3 日（星期二）上午 10 時 30 分
3. 訪談地點：中經院五樓會議室
4. 出席者：中華經濟研究院 溫蓓章老師

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總、陳柏君協理、紀秉宏副理、
劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 背景介紹

目前交通部對於 UAM 的願景是希望在起步階段時，臺灣可以組成 U Team 產生群聚效應，讓國外的廠商來臺灣找到合適的廠商，希望可透過產業統合、打造整機，讓臺灣進入到國際的供應鏈。而電電公會未來希望在公會中組成無人機的聯盟達到跨國合作，並也希望將臺灣具有潛力的公司帶上國際，與國際接軌。

2. 國際市場現況

特斯拉初期有七成的零件來自臺灣，但當時特斯拉並不是以產品發展為目標，僅有 300-500 輛/年的目標；至今特斯拉產品發展已達 50 萬輛/年，反之臺灣供應鏈佔有卻小於 15%。

臺灣常被當作是前期的合作的對象，因為臺灣於市場上很具有彈性且配合意願高，但於在規模量產中，臺灣廠商普遍風險承擔能力不足，且對投資遲疑、市場估算偏向不樂觀、資源限制等原因。因此臺灣在特斯拉供應鏈的百分比降低，一方面是產能產量沒有跟上特斯拉的需求；另外因運輸產業從製造到服務基本上都是被政府高度管制的產業，包括車廠的許可也是被高度管制跟約束，並不是一個非常自由競爭的產業，也因此市場比較大的政策制定者可以用政策來引導製造端的發展，利用政策扶植產業的投資，投資方自然就會跟當地國合作。特斯拉現在的設廠決策是在中國設 Gigafactory 3(比在歐洲設廠早)，主要營收也是來自中國。

特斯拉的縮影可作為無人機產業的 references，可得知其背後有產業、科技與政策的競爭。

3. 未來可能與國際合作之方式

因美中抗爭貿易談判，美國對中國有很多禁止輸入的清單，無人機為政府高度管制，未來核心零件與關鍵系統和作業服務平台也亦會納入禁止清單，如大疆的無人機在美國國防部已經全面不能使用。美國國防部創新研發計畫，有四家美國廠商與一家法國廠商，臺灣或許有機會與這些公司合作發展，因臺灣還是美國的白名單，且臺灣廠商有 credit 進去美國的無人機供應鏈。

從美國的技術與應用端的掌握，思考臺灣可切入的市場，臺灣的漢翔體系在美國跟法國的供應鏈中有插旗，如美國主要是從軍用需求去考量供應鏈，漢翔算是相對穩定的。仍須了解漢翔現有的主要品項是否有無人機中主要的品項。如發動機是關鍵必要零件，雖然漢翔擅長的是燃油的發電機，無人機主要是電池發電，如電池發電發展完成且成熟，漢翔則較難進入，但如果是 hybrid，則有機會。其他臺灣廠商如：東元的產品線比較廣、富田是做車用的電能發動馬達，未來也都有機會切入該市場。

4. 臺灣無人機發展現況

無人機因其安全性考量，會比汽車會受到更多的政府管制，預期未來無人機從製造到使用的管制會較嚴謹。臺灣於物流無人機技術，目前已執行數個測試計畫，如載血清、屏東芒果(20kg)、台南左鎮山上飛行到郵局 3 公里等，但目前投入主要為測試，不像日本是有系統地於山進行無人機物流實證計畫。載物無人機考量安全、需求及運輸方式，但在臺灣有太多其他的運送的替代方式（uber eats、機車等）。因此無人機在偏遠地區的使用是具有競爭性，且運送緊急物資用品是更具有利基的。

5. 臺灣無人機發展走向

若發展走向以臺灣為市場，政府有力量可以去引導，但若臺灣不是主要市場，則須仰賴判斷全球市場走向。臺灣跟中國的產業連結非常強，因此也會阻礙臺灣與美國的連結。

臺灣是否會使用無人機，會是無人機產業再臺走向的一個關鍵，會導致臺灣無人機產業的邏輯發展定位不同，如是要走美國的市場以軍事為主，但同時也要下滲到一般民用，其無人機的性能會跟服務台北市的性能非常不一樣。現在的疫情或許可以在臺灣多創造出一個島內移動的想法，時間價值越高的人，在壅塞的路上越願意付出更高的代價，如在內湖上班、台北去宜蘭等。

另也須考量無人機究竟是 demand driven 或是 technology push？載人無人機/UAM 應是 technology push，因為技術想要找應用場所以不停地去嘗試；安全跟緊急事件使用的無人機則偏向 demand driven，其在速度與彈性上是有優勢跟市場的。如果今日無人機只是作為一個替代品，如 UAM，就是 technology push，但是 technology push 不一定是無效的，因為他可能可以擠壓出原本不存在的市場。產業發展也應考慮 value equation，若產生質變，人類可能會願意改變其移動方式。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(五)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：漢翔航空工業
2. 訪談時間：109 年 9 月 10 日（星期四）上午 10 時 00 分
3. 訪談地點：漢翔航空工業
4. 出席者：漢翔航空工業股份有限公司 F-16 維修中心 - 林南助執行長

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總

運研所 黃于哲副研究員

台北市電腦商業同業公會

二、訪談紀錄

1. 臺灣發展無人機零組件的課題

國內的電子業對於無人機零組件較不熟識，需透過的專家帶領進入產業，相信臺灣於此市場是具有發展性的，未來可與 TCA 或是電電公會合作。

過去電子業想要進入汽車電子，即便臺灣的電子業很強，但是因為可靠度的問題，後來幾乎都沒有成功，因為隔行如隔山。漢翔從航空電子到汽車電子是可以的，因為航空的東西所要求的可靠度高(20 年)，比電子業的可靠度更高許多。反觀，電子業要的是充量，從高的往低的走可以(航空到汽車 downgrade)，從商業(電子業)到航空專業並沒有那麼容易可切入，因產業的習慣、組織文化、要求的品質皆不相同。

2. 臺灣發展 UAM 的課題

臺灣在無人機產業最缺乏的系統整合商，且是有經驗的系統整合。若要的是是一個全飛機的系統，臺灣目前仍無廠商可勝任。雖中科院有小型無人機相關系統整合的經驗，但是對 subsystem 要求的規格不夠嚴謹，所以造成整合起來有困難度。雖每個領域都有各自的專家，但屬於全系統整合的廠商確實是有點缺乏，即便有廠商願意帶頭，其它廠商也未必服從，UAM 的系統整合建議是要由國家來帶領。

臺灣在製造電馬達的經驗不多，但電馬達較輕可以節省重量、精確度更好，而電動飛機在未來十年內將會啟用電馬達。無人機亦適合用電動馬

達、太陽能(如漢翔開發 Hale)，但目前問題還有許多，如面積要大、用鋰電子的滯空時間也還不夠，所以能夠提供的 payload 也不高。雖目前電池的技術發展快速，但臺灣傳統的航太業大多無投入無人機的製造，建議可以從電機系著手，帶領他們了解航太電子，遠比從航太發展電池還快。

國內的航太業因尚未看到無人機市場，故較少接觸，如要成為 Boeing 或是 Airbus 的供應鏈，需投入很長的時間，回收期也會很長，但無人機市場未來的盈利是相對長久的。

3. 臺灣發展 UAM 的切入點

UAM是個趨勢，發展腳步需要更上趨勢，因具有發展性的產業大家都會不斷投入，因此時間是一個很重要的因素，如果已經確定以 UAM 為目標，時程應盡速安排。與國外合作是一個選擇，加上臺灣的文化發展相當合適，如有國際大廠願意與臺灣合作，困難度跟服從會減少很多。目前韓國、日本跟新加坡皆以開始投入，但臺灣卻一直尚未投入。電電公會預計邀請國外大廠 UAM 來臺灣展示，屆時臺灣應該準備如何於國外大廠爭取更多的合作機會。

美國國防部開放與五家廠商合作。從國防開始往下做到民航的速度會比較快。民航機用的都是已經成熟的技術，只有國防(mission oriented)才是有 advanced technology。因為民航機(market oriented)要的是人機安全，但是國防是為了武力；所以兩個的 approach、design philosophy 是不一樣的，等到國防的技術成熟了才會轉到民航身上。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(六)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：工研院材料與化工研究所
2. 訪談時間：109 年 10 月 20 日（星期二）下午 4 時 00 分
3. 訪談地點：工研院材料與化工研究所會議室
4. 出席者：工研院材料與化工研究所 蔡麗端組長

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總、紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 工研院目前有四個所在做無人機相關工作：材化所、機械所、資通所與產科國際所。材化所與機械所共同研發一台 eVTOL 複合翼無人機；資通所負責巡檢、電競(定位要很準)跟 AI；產科國際所業務主要是從事產業分析。
2. 物流主要是運送第一哩路(各別廠商送到集貨區)跟最後一哩路(偏鄉地區)，主要會針對人道物流(緊急醫療)跟交通不便之區域。
3. 未來建議朝向多旋翼、直升機或是定翼機等功能無人機進行發展，因物流需要高續航力，利用直升機結合燃料電池較合適，且 80%的物流重量小於 5 磅 (2.27 公斤)，因此於酬載力上問題是可克服的。
4. 載物與載人之間會有極大差距需要面臨挑戰，首要面對的是安全，建議短期應可著重於載物的發展，利用臺灣離島的風場當作試驗基地。
5. 可變螺距相對多旋翼直升機較省電，因直升機上升後可利用空氣的動力，可減少電量的使用。工研院材化所與田屋科技有合作研發一台『北極燕鷗』，是目前唯一有酬載力的直升機。另臺灣的多旋翼發展與大陸大疆相比仍呈弱勢，因此建議可朝直升機的研發前進。
6. Uber Elevate 目前使用鋰電池進行飛行，但鋰電池的能量密度低，且沒有安全保護裝置，導致飛行受到嚴重的限制，現今 LiPo 的能量密度是 150-180 wh/kg，Uber 的目標是希望可以達到 400 wh/kg；燃料電池儲氫罐體積大、雖燃料電池的建置成本高，但是生命週期長，因此相對鋰電池成本仍較低，且具有安全性，建議燃料電池可針對需求進行彈性調整，在發展模組化，減少製造成本。

7. 臺灣尚未有馬達大廠，因此工研院多採用日本與德國進口之馬達，但目前市場上的馬達耗電功率仍較大；材化所目前已從電池角度切入研究，希望可延長無人機的飛行時間。
8. 工研院材化所樂意加入 U Team，建議可利用臺灣所擁有的優勢先著重發展，例如高抗風、安全、高續航等技術。建議各部會之間透過上位計畫整合，促使目標一致減少資源浪費。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(七)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：天空飛行科技
2. 訪談時間：109 年 10 月 23 日（星期五）上午 10 時 00 分
3. 訪談地點：天空飛行科技
4. 出席者：天空飛行科技 李文慶董事長

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總經理、紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 天空飛行科技主要從事高度整合。
2. 臺灣於零組件發展上皆具有一定品質，但缺乏了品牌。
3. 無人機 UAS 有五大系統：飛機、飛控、酬載、攝影球/紅外線、地面控制站。
4. 飛機原型機皆需先進行飛行測試，再將測試的相關問題進行修正，因此量產的機型都是『型號 2』。
5. 從無光環創造到有光環，U Team 的資源建議要投入像天空一樣的公司，具有研發能力、由國家帶領；而不是投入於既有光環的公司。
6. 工研院與金屬中心具有研發能力，較適合進行發展；中科院發展偏向軍事；漢翔對於此案較無意願與熱忱投入發展。
7. 臺灣的飛控系統，市場上的有智飛與英諾飛，其中英諾飛於飛控發展上較具有淺力。
8. 推薦發展動力系統-引擎之公司，如：Great Power Engine（活塞引擎）、King Tech（噴射引擎）。
9. 載具機體製造是目前較缺乏的製造，而天空飛行科技具有機體製造的能力，因此金屬中心機體組裝與試飛皆與天空飛行科技合作。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(八)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：金屬工業研究發展中心
2. 訪談時間：109 年 8 月 17 日（星期一）下午 1 時 00 分
3. 訪談地點：金屬工業研究發展中心台北辦公室
4. 出席者：金屬工業研究發展中心 薛乃綺副組長、劉修銘產業分析師

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 無人機發展 Roadmap

- (1) 工研院材化所目前正在執行海上物流試驗，IVC 亦認同團隊提出之想法，未來無人機物流要產生利潤，必須走向都市物流，因此無人機應先朝向物流發展。
- (2) 全球目前無人機發展 Roadmap 都類似，從載物至載人方向發展。
- (3) 無人機機型上相差甚大，多軸、直升機及定翼型皆各有優缺點，須找到相對應之服務優勢發展。直升機在進行載物方面或許較合適，但載人需要再評估，因此發展 UAM 機型選擇是一關鍵課題。

2. 產業能量盤點

- (1) IVC 與團隊列出之 9 間整機商，除漢翔和雷虎之外都有接觸。
- (2) 電池技術目前有與台塑電池合作安裝於 AGV 上，效能穩定。
- (3) 臺製馬達動力較小，不適應用於中大型無人機之動力需求，因此 IVC 目前使用美國馬達。
- (4) 威剛 ADATA 有發展無人機，建議團隊亦可去了解。
- (5) 載具系統設計包含：結構設計製造、流場模擬測試、機體整合、優化，目前 IVC 使用 Altair 的系統協作。

3. U Team

- (1) 建議詢問經緯，領導團隊該如何產生。
- (2) IVC 認為由法人團體去領導，較易控制團隊內成員。

4. JUIDA

- (1) IVC 對 JUIDA 是法人對法人關係。
- (2) 結盟初步想法是想將臺灣的產品推廣進入日本市場，但進入日本市場門檻相當的高。
- (3) 目前無人機教育及認證、推廣，商業往來較弱。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(九)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：泰世科技模型
2. 訪談時間：109 年 11 月 2 日（星期一）下午 2 時 00 分
3. 訪談地點：泰世科技模型
4. 出席者：泰世科技 - 莊明樹總經理、陳勁儒業務經理

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 泰世科技主要從事直升機載具與動力(內燃機)，將機體提供給服務商，供服務商進行後續之應用，主要服務對象為中國，也包括消防局丟擲高空滅火彈、繪圖、監測與農噴。
2. 無人機的四大組成是：載具、動力(電動、內燃機)、控制與 payload。
3. 現今無人機推動主要的困境，為載重與續航力之問題，當載重提升則續航力下降、續航力提升則載重就會下降，且鋰電池的能量密度不足，燃料電池價格昂貴無法商轉，因此透過內燃機系統進行商轉是最可行的。
4. 臺灣廠商尚未投入零組件研發與製造，主因尚無廠商提出需求。
5. 臺灣的許多應用仍受限於法規，例如之前有用無人機運送藥物到山區的試驗計畫，後來因與藥事法規定牴觸，該計畫便沒有持續執行。
6. 目前泰世主要合作馬達廠商為泓記精密(台中)，工研院機械所也有馬達的研發能力；飛控廠商推薦英諾飛；載具系統推薦泰世、田屋、雷虎等，臺灣目前較無廠商投入多旋翼的載具，建議可朝複材方向尋找。
7. 不同用途的無人機應有不同的發展形式，如：物流飛往山區特定點可使用直升機，較省電且無安全疑慮；海上物資補給可考慮用引擎動力，較無汙染問題。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：田屋科技
2. 訪談時間：109 年 11 月 6 日（星期五）下午 2 時 00 分
3. 訪談地點：田屋科技
4. 出席者：田屋科技 張成榮總經理、童貴珊總經理特助

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 田屋科技執行海巡任務，若使大於 25 公斤之無人機，需民航局型式認證(約 8 個月)。
2. 如臺灣要發展 UAM，安全認證是重點，安全認證相對困難且耗費經費龐大，因此 UAM 發展之路仍漫長。
3. UAM 另一方面為從有人機改無人機，因機體上已經通過安全認證，若針對次系統調整於程序上會相對簡易。
4. 田屋跟工研院材化所合作的燃料電池裝載於無人機案例，因國內無相關規範，民航局先參照中國規範使用。
5. UAV 和 UAM 發展方向、運用技術皆不同。
6. 現今零組件(如馬達等)缺口，並非無技術製造，主因市場需求不夠，造成供給端不願投入生產。
7. 直升機較多旋翼機機構複雜，可變螺距等機構使直升機能夠在強風及風向不定的區域執行任務。
8. 建議政府由需求面發展服務規範要求，並藉由訂定規範使廠商能夠朝規範突破技術(如 7 公斤物流包裹規範)。
9. 有鑑於安全，場域可由郊區試飛漸漸穩定再進入市區。需透過政府跟隨技術發展，推動各領域計畫。
10. 目前採購法僅限乙家廠商得標，易造成業者相互競爭，建議可研議多家廠商共同參與方式促進產業發展，另建議計劃案金額低於新台幣 300 萬元，提升廠商投入意願。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十一)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：Drone Industry Insights
2. 訪談時間：109 年 11 月 9 日（星期一）下午 5 時 00 分
3. 訪談地點：鼎漢 405 會議室 via ZOOM
4. 出席者：Drone Industry Insights Kay Wackwitz Founder & CEO、Hendrik Bödecker Founder
經緯航太 謝岡副總
鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師、
許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. PwC 預估的無人機產值採 total available market 方式，預估金額過高，目的是吸引投資。Drone II 採用由下而上的數據統計方法，serviceable available market，僅採計產生的收益。Drone II 的模式在內部研發很久，2015 年創立至 2019 年才出版第一份市場報告。
2. 交通運輸領域採計的種類相當多，包括倉儲、維修等。而 UAM 預估在 5 年後才有可能產生收益，尚未列入現今市場。
3. 無人機為高變動性市場，所以 Drone II 僅預估 5 年內的市場。
4. 臺灣不應侷限於輸出服務、軟硬體，應從整體生態系去構想無人機發展策略，現今亞洲各國家已開始訂定無人機規範，有助於整體亞太地區產業蓬勃發展。
5. Drone II 將臺灣列為全球前 35 大無人機市場，主因是將無人機規範完整度，以及人才訓練等部分之考量。
6. 韓國有委託 Drone II 進行研究；Drone II 提供訂閱制，提供報告及資料庫供為使用。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十二)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：能元科技
2. 訪談時間：109 年 11 月 12 日（星期四）下午 3 時 00 分
3. 訪談地點：台泥大樓一樓
4. 出席者：能元科技 陳柏宏經理、黃楠耿專業副理、謝慶餘課長

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 對於 UAM 發展，電池的安全性極為重要。
2. 無人機未來應用發展朝向軍事、載貨或是載人，將會影響電池技術與形式發展。
3. 臺灣較具有知名度的馬達公司，如：東元與富田電機。
4. 能元科技除了作為 Uber Elevate 的供應商外，亦為美國國防部無人機電池與太空用的電池供應商。
5. 特斯拉說明鋰電池能源密度要達到 400wh/kg 才能作為 UAM 的供電系統，目前能源密度大約 250wh/kg，從商業模式來看，400wh/kg 只是可以飛比較遠，並不代表 250wh/kg 無法飛行。
6. 能元可成為 Uber Elevate 供應商，主因產品特性為高倍率、充電時間短、生命週期長且放電倍率大。
7. 以臺灣的廠商角度來看，希望可以做特殊規格的零件，因為臺灣具有研發能力，且此市場競爭者亦相對較少。
8. 能元科技於接洽的時，希望可直接對應營運商（Uber），而不是產品方（Hyundai、Pipistrel...），較能確保合作之穩定性。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十三)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：Japan UAS Industrial Development Association
2. 訪談時間：109 年 11 月 18 日（星期五）上午 9 時 00 分
3. 訪談地點：鼎漢公司 405 會議室
4. 出席者：JUIDA 千田泰弘副理事長、熊田知之理事/事務局長、
Naoki Taguchi, Head of Strategy Division
交通部運輸研究所 黃于哲副研究員
鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師、許宗倫
助理規劃師

二、訪談紀錄

1. JUIDA 相當重視風險管理及認證，因此設立了 4 座飛行測試廠。
2. JUIDA 制定之 guideline 雖不具法律效益，但政府機構會以其制定之 guideline 進行評估，作為後續法規制定之參考，此為 JUIDA 與日本政府間之共同合作關係。
3. 政府於提供無人機產業資金及研發方向。
4. 日本計畫於 2023 年提出 UAM 的初步 roadmap，並預計在 2025 年大阪世博展示 UAM。
5. sorapass 空域顯示系統，類似臺灣民航局提供之空域限制圖，僅提供民眾方便查詢，亦整合天氣資訊，無管理與飛行規劃的功能。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十四)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：智飛科技
2. 訪談時間：109 年 11 月 24 日（星期二）上午 10 時 00 分
3. 訪談地點：智飛科技會議室
4. 出席者：智飛科技 黃重生董事長、林晉崑營運長

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總經理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 智飛主要是做定翼型無人機還有混合翼型無人機，直升機僅做整合無研發製造。直升機於安全上的風險較高，混合翼如遇到緊急狀況還可透過滑翔再做逃生等動作。
2. 智飛有提供全系統解決方案，包括飛控、地控、長距離即時影像通訊系統、UAV 全系統整合，僅有光電系統酬載整合無自行開發。
3. 目前臺灣僅有 3 間公司，具有 25 公斤以上的無人機型式認證(包經緯與田屋)，因一台飛機認證需耗費 3 個月以上，且每更新一個新的零件需再重新認證，如天空飛行科技，無餘力去處理相關文書作業，因此都將飛機外銷給國外客戶。
4. 飛控系統就像是駕駛員，需經過很多受訓及修正。智飛自己的飛控是自行研發的，因此針對飛行錯誤可迅速的修正。但仍有廠商僅投入飛控無製造飛機，導致發現問題難以即時修正，如英諾飛，造成臺灣於飛控上較難精進。
5. 飛控系統的精進需要測試場域，需要練習許多不同的狀況，如側風、落山風等，才能使飛控保持在最穩定的狀況。
6. 飛控的歷史是先有四軸機的 open source，近 3、4 年才發展直升機的 open source 出現，至今逐漸走向定翼機與混合翼機的飛控發展。
7. 飛控重點不在飛控板或是元件，而是在軟體，軟體的架構邏輯除了精準且需經過受訓。
8. 直升機的飛控並不會較複雜，就如同直升機的飛行員操作並不會比與定翼機的飛行員操作還要困難。未來 UAM 若要發展應該是以混合翼較為適合，除了較安全，亦也可做到垂直起降之功能。

9. 臺灣具有馬達製作廠商，但因需求少，導致廠商不願投入。
10. 多數臺灣廠商皆與國外公司、中科院簽訂保密協定，因此多數廠商的能量外界並無法知曉。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十五)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：工研院機械所
2. 訪談時間：109 年 11 月 27 日（星期五）上午 10 時 00 分
3. 訪談地點：工研院機械所
4. 出席者：工研院機械所 彭文陽博士/控制核心技術組組長

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 動力系統包含槳、馬達、ESC，其限制需從整體來看，因三個環節都相互牽制。兩種馬達搭配了相同的槳及 ESC，所產生的效能恐會不同，熱度狀況也會視搭配不同產生不同變化。因此在無人機的設計上，通常於動力會大作小用，使其能有充分的能量空間維持穩定。
2. 機械所過去從工業用馬達開始研發，至民國 100 年才進入車輛動力研究，小從電動自行車大至電動巴士的動力系統。車輛動力主要考量三指標：可靠性、效率、輕量化，其中前兩項為主要考量，可靠性包含動力系統的散熱及冷卻，效率部分目前成效較佳，如 BMW 的 i3 馬達、Tesla 部分馬達零件由臺灣供給；輕量化則是最近美國能源局推動，針對其提出目標期許提升功率密度。
3. 近年機械所才邁入無人機相關研究，主要包含三個主題：電源供應、電源消耗、電源管理。

(1) 電源供應

- a. 傳統航模演進到無人機採用鋰聚電池，具有高放電率，但航時、壽命短(壽命與能量為反比)。機械所主要發展油電複合動力，生產發電機組，朝向輕量化發展，期望達到小、輕、高功率，目前最大困難為散熱問之困難。
- b. 目前除研發出 30 及 50 公斤酬載能力的無人機，另有一架幫廠商製作的 4 米無人機，安全酬載為 70 公斤，約可滯空 20 至 45 分鐘。
- c. 考量油電混合的電池續航力較久，目前也配合投入油電混合電池的馬達，共開發 4 種型號。

(2) 電源消耗

- a. 與華盛頓大學合作製造槳，透過槳去搭配馬達，因機械所有馬達的專業可直接選用調整。
- b. ESC 在無人機設計要求小，但在高酬載商業級無人機使用，容易燒掉，為一研討改正方向。

(3) 電源管理

目前無人機電腦僅針對電池電壓監控，其他飛行相關影響參數不採計，致使電池出現相同飛時但狀況不同的現象。機械所在混合動力電源管理上有投入研發此項。

4. 臺灣在馬達產業上，高性能馬達可能敵不過中國 T Motor 的規模生產，但在高附載、高拉力或特殊規格馬達研發生產上，技術成熟於中國，因此在 UAM 上，臺灣有機會成為領先者，但特別製程之產品初期廠商進場意願可能不高。
5. 目前市面上馬達效率、可靠、輕量化三方面仍不足，因此對於發展 UAM 仍較不成熟。且目前馬達多以外轉開放式形式較普遍，此形式亦較不適合用於載貨或載人。
6. 台達電 Delta 有意願進入無人機馬達供應鏈。
7. 無人機發展專區，中科院目前在嘉義的計畫預計將 20% 的區域劃分給無人機使用，對於產業發展幫助有限，認證中心雖然重要，但對於產業發展並不會有太大的幫助，必須要有空間及資源協助的協助，廠商在技術上進行研發、產品上方能發展順利。
8. U Team 需有政府、法人、產業的角色於團隊內；建議設立法人單位主導（如無人機研究中心），並有特區場域專門籌畫（內含技術研發認證實驗室、飛手訓練、考試認證、研究中心等，促成產業聚落形成）。
9. 銅鑼具有精密技術園區，可做為無人機特區的候選。
10. 可以藉由臺灣防疫有功及臺灣零組件實力強的特性，邀請至少兩家國際 UAM 大廠進駐，藉此展現臺灣在無人機的實力及能見度。
11. 發展 UAM 除了關鍵技術，另 UTM 與基礎設施投入也同樣極為重要。
12. 臺灣 UAM 發展困境最主要面臨航管局對於安全要求嚴謹，與動力系統技術不足之問題。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十六)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：臺灣大學電機系林清富教授
2. 訪談時間：109 年 12 月 2 日（星期三）上午 9 時 00 分
3. 訪談地點：臺大博理館
4. 出席者：臺灣大學 - 林清富教授

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 目前最重要的問題是經費的分配、跨部會整合。當時林教授有機會可以研發出太陽能無人機其中一關鍵原因是因有民間業者資助，在經費充足的狀態下才有辦法不斷進行研發與改良。
2. 飛控系統大多是自己購買開源系統再修改，過程並不困難且有許多開源的飛控系統都寫得很好，對於自行組裝的無人機飛手來說，開源飛控是一個很好的資源。
3. 臺灣有些馬達大廠具有淺力如東元，但無人機用所使用的馬達需客製化且需求不多，會降低廠商投入意願。雖馬達已發展很久，且在目前的技術範圍中幾乎都已經發展到一定的程度，目前有些國家如日本在尋找新的材料製作定子、轉子以提升馬達的效率，這是目前馬達技術研發的趨勢。
4. 目前工研院的技術如電池、馬達等，雖然對外宣稱高水準，但於技術上卻無自行創新或是突破。
5. 許多技術的研發要思考其目的與應用。例如利用燃料電池進行短程物流運送是否合適，在成本過高的狀態下是否符合應用模式；橋梁下巡檢的定位系統的改良是否真的是最重要的技術，又或者可以使用防碰撞的框架與相對位置的定位即可。需先確定目的與技術的研發是否可以接軌，否則會投入許多不必要的資源於無意的研發。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十七)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：交通大學電機工程學系吳炳飛教授
2. 訪談時間：109 年 12 月 22 日（星期五）下午 2 時 00 分
3. 訪談地點：交通大學工程五館
4. 出席者：國立交通大學 吳炳飛教授

交通部運輸研究所 黃于哲 副研究員

鼎漢國際工程顧問 許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 吳教授為科技部控制工程學門之召集人，科技部下共有 19 個學門，這次補助 1,000 萬元由吳教授開設議題，提供給各大專院校師生提案執行控制相關計畫。吳教授對於車輛控制熟悉，但深感過去計畫都在做車輛，因此想轉換領域，故此次選定無人機為主題。
2. 吳教授深感過去學界及產業界各做各的，使學界走不出理論，業界得不到研發成果，因此這次計畫要求學術與產業必須共同組隊，使技術有機會落地。
3. 吳教授目前將有可能參與計畫老師的潛力名單，可以再提供給運研所。
4. 計畫目標為解決民生痛點，目前題目有農業及橋樑巡檢。橋梁巡檢方面期望未來能發展成定期檢測，取代傳統檢測方式。
5. 計畫期程為 2021/8/1 啟始，為三年期，第一年可執行先期研究，第二年必須落地，其中合作廠商也必須於第二年開始負擔每年 10%的計畫費用。
6. 吳教授期許至少有 1 項技術能夠在計畫結束後達到銷售國際的能力。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十八)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：經緯航太羅正方董事長
2. 訪談時間：110 年 2 月 2 日（星期二）下午 3 時 00 分
3. 訪談地點：經緯航太台北辦公室
4. 出席者：經緯航太 羅正方董事長、謝岡副總經理

鼎漢國際工程顧問 李宗益總經理、紀秉宏副理、劉亦淳助理
規劃師、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 在各功能定位規劃中需納入 NCC，因通訊規範將影響無人機的應用，因此需確保 NCC 有與無人機產業的關聯性。
2. U Team 除了資金長期投入運作，亦需要廣邀各界廠商加入，包括應用服務端，電信、物流業者等，零組件廠商，包含電池、馬達、感應器等以及其他基礎設施相關廠商。需將完整供應鏈包含在 U Team 裡面，才能藉由國家隊打造 Clean Supply Chain（相對於紅色供應鏈），從供應連結至應用服務，增進廠商加入的意願。
3. 無人機產業需考量國安、資安與飛安，因此 U Team 仍需政府相關單位加入，雖這些單位無實質的產出，但可對於產業提供適當的回饋；也建議 U Team 成員中產業一定要夠多，才可與政府單位相互取得平衡。
4. U Team leader 領導者若為交通部的長官（如次長、政務委員）可確保團隊長期的運作，若是以法人為主，容易被法人獨攬後續的計畫，且淪為 paper work，需在法人跟產業間找到平衡。
5. 未來若要逐漸汰換中國製無人機，則建議政府標案不能使用價格標，且需限制產地。建議可規範臺灣零組件需占一定比例，且逐漸提高比例，並將此規範納入最有利標的條件中；建議可參考科研採購辦法。
6. 建議政府採購可參考美國機制，開放所有廠商提出構想→選定五家給予經費提出初步規劃→選擇兩家給予經費進入細部設計→最終選定一組進入量產。過程中有許多廠商可能會結盟，且因研發過程可得到些許經費，增加廠商投入意願。
7. UTM 長期的發展需使用臺灣自製的平台，但目前技術尚未純熟，多仰賴國外進口導致成本過高，因此建議臺灣可由 U TEAM 進行後續研發。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(十九)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：中光電智能機器人
2. 訪談時間：110 年 2 月 3 日（星期三）上午 10 時 00 分
3. 訪談地點：中光電智能機器人會議室
4. 出席者：中光電智能機器人 莊清喜副總經理、曾志能協理、李家儀經理
鼎漢國際工程顧問 李宗益總經理、紀秉宏副理、劉亦淳助理
規劃師

二、訪談紀錄

1. 臺灣投入無人機物流的業者意願都不高，因臺灣路網便利且機車普遍，僅有特殊情況的需求才會使用無人機運送物資，主要是背後的價值而不是產值。
2. 目前技術發展可透過 UAV 判斷車輛 GPS 定位，但位於坡度地形定位仍較無法精準，因此可加裝 lidar 使定位更精準。
3. 支持申請沙盒計畫將試驗成果回饋到法規修正。
4. U Team 對廠商的誘因需包含可以有機會提供法規建議(避免法規發展與未來商業利益互相衝突)、可以掌控到政府政策方向與計畫的先機。
5. 中光電的服務有包含三項：賣硬體、提供飛手服務、蒐集資訊後處理分析，大部分的需求是後兩者的結合。
6. 根據不同應用情境發展出不同的 UAV，且從硬體到最終消費者端皆需有有詳細的考量，並回饋到 UAV 的設計。硬體本身設計並非最困難，而是針對每個環境的不斷修正 UAV 本身，才能達到服務的最佳化。
7. 臺灣的遙控器廠商不好找尋，因應緊急救援的服務，需可從遙控器上觀看即時影像，目前尚未找到合適的廠商。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：
2. 訪談時間：110 年 2 月 22 日（星期一）下午 3 時 00 分
3. 訪談地點：臺灣經濟研究院 203 會議室
4. 出席者：臺灣經濟研究院研究一所 林若蓁主任、林冠廷副研究員
鼎漢國際工程顧問 劉亦淳助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 許多廠商想申請經濟部中小企業處小型企業創新研發計畫(SBIR)或是經濟部技術處 A+企業創新研發淬鍊計畫，但因廠商規模小且沒有準備申請文獻的經驗，因此台經院扮演協助申請的角色。
2. 台經院研一所擔任許多協會與聯盟的秘書處，也有許多成立協會與聯盟的經驗。
3. U Team 的成立需要有明確的背景、主旨、經費來源等，讓廠商清楚知道組織的運作方式與主要營運單位。廠商主要關心組織是否能長久運作、穩定的經費來源以及是否有政策支持，若有政府政策支持與長期的推動策略，較能令人信賴。
4. U Team 可結合嘉義場域的成立，將嘉義場域作為發源地，結合兩者的目標發展。
5. 初期可先利用國內公務需求慢慢將國內產能拉上來，等到廠商的技術到一定的水準之後便能夠將產品出口的東南亞國家；台經院也可協助國內廠商與東南亞國家溝通、推銷的平台。
6. 東南亞國家希望能夠吸引國外的前瞻技術，目前注重在自動化、AIoT，與智慧農業、智慧製造等項目。無人機雖然沒有被明列在優先發展項目中，但可藉由與其他技術的結合推廣到東南亞國家。
7. 廠商加入 U Team 可藉由組織發聲，表達對產業的意見與對相關標準規劃訂定的看法等，政府也會諮詢組織作為政策推動依據，此為吸引廠商加入的誘因之一。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十一)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：經濟部航太產業發展推動小組
2. 訪談時間：110 年 2 月 23 日（星期二）下午 3 時 00 分
3. 訪談地點：金屬中心會議室
4. 出席者：經濟部航太產業發展推動小組 簡志維副主任
鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 航太小組主要協助產業推動與政策擬定，沒有做技術研發方面的工作。
2. 無人機的商機可以很大，但若政府無一筆預算支持，商機也難以實現。
3. 組內盤點國內目前三大系統整合商為中光電、經緯與雷虎，其他如泰世科技、天空飛行、尚皇等算是規模與營業額較大的系統整合公司；相關零組件如廣運科技做伺服馬達、英諾飛做飛控電腦等，都是非常優秀的臺灣無人機零組件廠商。
4. 關於 U Team 的運作，建議可由政府先提撥經費(約十億)，支持初期運作四年，主要供廠商提案並補助 50%，或是由政府釋放標案公開招標，主要作為各種研發項目的試金石，類似沙盒與擴大的無人機整合示範計畫概念，同時也可同時確認技術資格符合的廠商；之後政府可以此為依據釋出更多標案與應用需求。因此 U Team 初期為各廠商可研發與累積能量的平台，並非一步到位。
5. 關於國內供應鏈缺口，經濟部 2019 年統計分析將 UAS 產業供應鏈分為六階段，分別為載具系統、推進系統、飛行控制系統、酬載系統、地面導航系統與 UAS 系統整合。目前國內在推進系統與酬載系統中有部分缺口，較需仰賴國外進口。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十二)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：臺灣希望創新
2. 訪談時間：110 年 3 月 11 日（星期四）下午 2 時 00 分
3. 訪談地點：臺灣希望創新會議室
4. 出席者：臺灣希望創新李志清執行長

鼎漢國際工程顧問 陳柏君協理、紀秉宏副理

二、訪談紀錄

1. 臺灣希望創新無人機群飛的資金主要來自科發基金。
2. 目前已與工研院資通所合作研發繫留無人機可抗 5 級風，可飛高度 50~100 公尺。
3. UTM 可分為與地面的傳輸透過通訊系統，以及無人機在空中透過 LoRa 之間可進行 30 公里的傳輸。
4. 民航局目前還未釋出 KML，另外 Airmap 能否跟臺灣法規介接也是需要探討。
5. UTM 要建立模組很快，但重點是用何種通訊系統。
6. FAA 是從有人機角度向下發展無人機空域架構，若要探討無人機交通管理，建議先探討有人機的航管。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十三)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：交通部民用航局
2. 訪談時間：110 年 3 月 16 日（星期二）下午 2 時 00 分
3. 訪談地點：民航局辦公室
4. 出席者：交通部民用航空局 耿驊簡任技正

交通部運輸研究所 黃于哲副研究員

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師、許宗倫
助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 無人機操作申請分為 7 大類，目前申請項目仍以空拍為主。
2. 國內目前應用較多的領域為空拍(約 10 家固定業者)、公共行政(政府計畫 IPP 包含測繪及監控等)、科專計畫應用、農業應用；依據 DroneII 列出的應用項目來看，除運送較少，其他項目國內都有廠商執行。
3. 無人機製造商在試飛上與民航局有較多磨擦，由於民間希望透過試飛快速調整，但法律上須有申請程序，無法即時進行調校。民航局目前可以以不改動法規方式，加速民間試飛核可，民間僅須提交簡單書面說明，民航局會儘速核可三個月的申請，其後再補交完整試飛計畫即可。
4. 民間業者對於無人機管理規則反彈最多的應用是農噴及穿越機(FPV)使用者，在空域申請流程及目視規範較無法認同。
5. 飛控及射頻為臺灣無人機產業鏈的弱點，飛控部分國內多用開源系統 PX4 或 ArduPilot，裕宸公司有做射頻技術(2.4G)，但總體廠商數較少。
6. 名詞解釋：
 - (1) 檢定：有人機人員或適航檢定。
 - (2) 檢驗：無人機機體檢驗(如型式檢驗)。
 - (3) 測驗：無人機人員考照。
 - (4) 認可：國外進入國內儀器或人員證照須受主管機關認可(如模擬機)。上述四項皆為民航用語。
 - (6) 認證、驗證為中央標準局用詞，非民航用語，亦未有明確區分。

(7) 無人機測試驗證場域，驗證一詞為承襲沙盒法規用語。

7. Remote ID：

(1) 民航局會做無人機 RID 規範，會依據歐美規範，但時程會稍晚。

(2) 歐洲對於無人機 RID 尚未規範。

(3) 無人機管理規則第 12 條，已有納入 RID 規範。

(4) FAA RID 規範使用藍芽 4.0 以上或 WiFi 做傳輸，以目視距離 400 英尺作為傳輸距離要求。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十四)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：資策會科技法律研究所
2. 訪談時間：110 年 3 月 22 日（星期四）下午 4 時 00 分
3. 訪談地點：資策會科法所會議室
4. 出席者：資策會科法所 王自雄主任、潘俊良、柯亦儒專案經理

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 科技法是指新興科技所產生的法律相關問題，並沒有實際的範疇，許多問題需回歸到基本法治，例如資通安全管理法。
2. 可從無人機未來的應用趨勢去檢視法規面會遇到的課題，例如無人機作為農噴使用目前以法人操作為主是否符合實際應用需求。
3. 自動、聯網、電動是交通未來的三大方向，法規上可朝向基礎設施與社會面的建構去協助產業的發展。
4. 關於業者對無人機專章認為實行有困難之處，應了解業者的困難點並反映給目的事業主管機關(民航局)，由民航局去修改行政規則。
5. 鼓勵無人機產業發展需由整個政策去推動，單一由法規面去推動較困難；可由中小企業發展條例、產創條例、研發補助計畫、新創公司補助等面向去思考。
6. 沙盒申請可由 POB、POS 角度切入，營運模式方面會較需要法規的排除需求，例如物流送藥、全自動飛行等。
7. 科法所樂意加入 U Team 的環境建構及人才培育組，協助打造適合無人機發展的環境。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十五)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：長榮大學無人機中心
2. 訪談時間：110 年 4 月 12 日（星期一）上午 10 時 30 分
3. 訪談地點：長榮大學無人機中心
4. 出席者：長榮大學無人機中心 林清一教授

鼎漢國際工程顧問 李宗益總經理、紀秉宏副理、許宗倫助理
規劃師

二、訪談紀錄

1. 長榮大學無人機中心為學校的一級單位，為帶動開設無人機學程與業務開發。
2. 目前無人機中心承接三個主要計畫：UTM 三年計畫、科技部創價計畫(一年期、成立公司、未來量產並外銷)、科技部計畫設計翔鶴 VTOL 無人機。
3. 目前和艾斯特、韋能公司進行建教合作，協助太陽能板清洗、熱斑巡檢；亦和馬來西亞砂拉越科技大學建立合作關係。
4. 長榮大學 UTM 中心，建立類 ADBS 系統，透過自組 OBU(價格約 2,600-2,800 元，重 100 多公克)，經由以建立的基地台(每處約 10 萬元)回傳訊號至中心，可監控無人機位置及姿態。
5. 預計在 5 月底做 1,000 個 OBU 分送給 200 家以上廠商做測試，要求提供用途及裝載並分享紀錄給中心做為回饋。
6. 選用類 ADSB 系統是希望未來在與民航局系統界接時方便作業。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十六)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：成功大學航空太空工程學系
2. 訪談時間：110 年 4 月 12 日（星期一）下午 1 時 00 分
3. 訪談地點：成功大學航空太空工程學系
4. 出席者：成功大學航空太空工程學系 賴維祥教授

鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 超輕飛機規範限制嚴格會扼殺產業；郊外地區應可加強規劃放鬆規範。
2. 民航局應針對中國製有資安疑慮之零組件訂定出規範，而非完全禁用。
3. 無人機跨域整合較腳踏車產業更困難，要把握反中國供應鏈的機會。
4. 測試場域未來應廣設，地點建議設置於六都附近，方便廠商進行測試。
5. 未來 UTM 或許會像電信服務，民航局需要訂定出規範，無法限制一家廠商獨佔；同時也需要適度栽培國內團隊。
6. 成大內部正在醞釀無人機相關研發組織，交管系會針對 UTM 做研究、航太及土木也會針對各自領域投入。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十七)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：璿元科技、中華無人系統應用發展協會
2. 訪談時間：110 年 4 月 12 日（星期一）下午 3 時 00 分
3. 訪談地點：璿元科技
4. 出席者：璿元科技 李苾文執行長、李欣宜專案經理

中華無人系統應用發展協會 周玉端理事長

鼎漢國際工程顧問 李宗益總經理、紀秉宏副理、許宗倫助理
規劃師

二、訪談紀錄

1. U-Team 分組的橋梁巡檢建議改為基礎設施巡檢。
2. 物流的困難在法規及航路問題，技術上沒有困難。
3. 建議國內招標規範修訂為類似美國的方式，初期由 10 間取 3 間共同研發，不要再訂硬性規範。因為往往要求過高，反而真正需要的功能不需那麼高的規格就能達成；建議以功能性規範招標。
4. 保險業在無人機領域定價不成比例，應再檢討訂定規範。
5. 中國製無人機汰除應該要規範關鍵零組件或以零組件占比來規範，非全部禁用。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十八)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：臺大無人載具研發設計中心
2. 訪談時間：110 年 4 月 27 日（星期二）下午 3 時 00 分
3. 訪談地點：臺大電機二館
4. 出席者：臺大電機系 - 吳瑞北教授

臺大無人載具研發設計中心 - 孟廣運副執行長、彭進德經理

鼎漢國際工程顧問 劉亦淳助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 產值估算是以服務、系統整合或是零組件的角度估算，需要定義清楚。
2. 以太陽能作為能源來源可以減輕無人機的重量。
3. 未來若有 ICT 廠商願意投資在無人機產業，可帶動產業的發展並且可擴展視野。定位系統是 ICT 的技術，若有相關大廠願意投入資源無人機產業起飛的機會才會大。
4. 丹麥有無人機國家級計畫、以色列有很多新創公司、新加坡亦有科學城做無人載具的先進測試，建議參考上述國家的經驗。
5. 學界在 U Team 的角色包含：政策建議的鞭策、關鍵組件的研發、應用服務的 know how 專業(如不同農作物的農噴特性皆不同)、人才培訓。
6. 臺灣有發展 UAM 各關鍵零組件的能力，只是都分布在不同領域的產業，需要政府政策引導整合才有發展機會。
7. UAM 應是由航空業投入發展，且需制定 UAM Roadmap。
8. 未來需優先發展 Remote ID，參考類似有人機的監控，讓全民都可以看見無人機的位置，由全民監控可降低社會大眾的疑慮。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(二十九)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：臺大生物機電工程學系
2. 訪談時間：110 年 5 月 6 日（星期四）上午 10 時 30 分
3. 訪談地點：台大農機館 212 會議室
4. 出席者：臺大生物機電工程學系 - 周瑞仁教授

鼎漢國際工程顧問 劉亦淳助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 大疆退出市場後，會由誰來補足這個市場的空缺，需盡快思考國內是否有能量。
2. 無人機考照需要使用姿態模式與規劃模式，但並不是每個廠商的機型都有姿態模式可以使用，考照規範跟汰換大疆的政策並無良好配合。
3. 從產業出發，再看缺乏什麼技術去進行研發，需盤點臺灣在哪些元件有優勢，建議可從大廠的供應鏈去看。
4. 軍方該如何釋出資源與民間合作，例如使用無人機反制國外軍機干擾。
5. 宜蘭大學的場域可飛行定翼機，因是原本的空軍基地，因此基本設施都有、場域夠大，未來亦可與週邊的科學園區結合。
6. 可多參考新加坡、日本、丹麥、以色列等國的策略，借鏡這些國家在無人機與 UAM 的發展歷程。
7. 政府單位的整合目前是臺灣比較弱的一塊。公務需求很多，但是沒有單位去完整盤點政府在無人機的各項需求，進而算出可產出的價值。
8. 無人機的保險機制目前每台每要約 15,000 元，考照每兩年要重考一次。目前正要研究相關風險評估，如何使用飛行紀錄精算降低保險以及考照的頻率。
9. 無人機在教育是一個很好的科普平台，包含很多不同的理論與專業，STEAM 科學(Science)、技術(Technology)、工程(Engineering)、數學(Mathematics)、藝術(Art)都包含在裡面。價格上有便宜可入手的機型，可適用的年齡也很廣泛。是一個很好融入到教學體系中的教材。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」訪談紀錄(三十)

一、訪談資訊

1. 訪談對象：淡江大學航空太空工學系
2. 訪談時間：110 年 5 月 7 日（星期五）上午 11 時 00 分
3. 訪談地點：淡江大學工學大樓
4. 出席者：淡江大學航空太空工學系 洪健君副教授

鼎漢國際工程顧問 劉亦淳助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、訪談紀錄

1. 鋰電池用在四旋翼的無人機上最多飛行時間目前約 45 分鐘。許多大型無人機基本上還是使用燃油動力，如中科院的大型無人機亦是。因此建議還是多參考燃油動力的無人機類型。
2. 在通訊上 2.4GHz 是不管制的，但目前 NCC 管制該頻率使用電力只能用到 1W，而一般 1W 的遙控器只能控制到 3 公里內的無人機。因應未來無人機數量大增的趨勢，建議交通部可規範另一個頻段給大型無人機，或是鬆綁功率相關規範。
3. 交通部目前的應用還是比較偏向微型跟小型無人機，報告可先針對相關應用與對應機型多著墨即可。未來在物流運送建議優先服務偏鄉或是醫療為主，價值較大。
4. 淡江大學的航太系目前著重於太空科技、無人機與微衛星三大部分。學校亦有工學院無人機應用研究中心。

附件 4 座談會紀錄

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」座談會紀錄(一)

一、座談會資訊

1. 座談會名稱：專家座談會
2. 座談會時間：109 年 7 月 24 日（星期五）下午 2 時 00 分
3. 座談會地點：交通部運輸研究所 6 樓會議室
4. 出席者：交通部運輸研究所 吳東凌組長、黃于哲副研究員
臺灣車聯網產業協會 吳盟分理事長
經濟部 雷震台主任
國家中山科學研究院 陳俊宏組長
經緯航太 謝岡副總經理、林恆毅特助、王名玉業務經理
鼎漢國際工程顧問 林幸加總經理、李宗益副總經理、紀秉宏副理、劉亦淳助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、座談會紀錄

1. 若沒有應用就沒有產業；世界都尚在起步階段，臺灣 ICT 強，許多廠商都供應大疆等大廠零件。臺灣應利用本土市場練兵，結合經濟部、科技部、科會辦。無人機比 AV、自駕巴士更有機會，因臺灣無車輛工業有困境；但臺灣無人機有生產體系，且公總、南科管理局等皆有計畫推出。
2. 如何有長期、持續的投入為重要課題；AI、IOT 整合必須依賴持續性計畫投入；中央、地方政府須協調整合、分享經驗之機制。
3. 無人機保險，負擔過重，監理主管機關應討論合宜保險機制。
4. 電力動力、操控、感測及通訊等發展需有 roadmap，可能偏經濟部之作業項目。
5. 國外的推動階段從 POC、POS 到 POB，下個階段是空中計程車的概念。臺灣也會跟著這個腳步，只是要看時間。
6. 國內的需求：由公務需求帶動產業發展；強化深化現有公務需求。Payload 為核心突破技術項目；環境面需檢討，法規面該如何因應；沙盒、實證循序漸進，為長期性規劃。
7. 無人機為 3D，相較 2D 無人車複雜許多，安全性重要，地點須較偏遠，臺灣空域較壅擠，先求有，再精進設計規劃。
8. 國內需要自主研發技術，價格該自己掌握；無人計程車國內該做，測試可行環境在哪裡。有市場才有需求，提供環境供學習及找尋定位。

9. 研發效益在需釐清，臺灣產業可找到市場定位，經濟部希望儘量國產化。學習國外去思考未來十年的趨勢。
10. 臺灣無人機發展早，但進程慢，主要是場域問題。臺灣 UAM 很難跑到前段班，應著重於吸引大廠近來投資。臺灣周邊資源好，利用強項吸引大廠。但未來市場可能都不在國內。生產鏈可在臺灣完整化，測試場域需優先考慮。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」座談會紀錄(二)

一、座談會資訊

1. 座談會名稱：中山科學研究院 專家座談會
2. 座談會時間：109 年 8 月 14 日（星期五）下午 2 時 00 分
3. 座談會地點：中山科學研究院台中院區 3 樓會議室
4. 出席者：交通部運輸研究所 吳東凌組長、黃于哲副研究員

國家中山科學研究院 齊立平所長、邱祖湘督導長、陳俊宏組長、吳培欣、林俊雄、陳志維、林世明、羅偉仁、陳芄如、張珉瀚

鼎漢國際工程顧問 林幸加總經理、李宗益副總、紀秉宏副理、許宗倫助理規劃師

台北市電腦商業同業公會 李佩芬經理、蕭宇伶計畫專案經理

臺灣經濟研究院 林若蓁主任、林冠廷副組長

二、座談會紀錄

1. 臺灣發展無人機可以投入的領域

- (1) UAM 要與國際上巨人合作，首先需讓他們看到臺灣產業上的亮點。電電公會將組無人機聯盟，預計邀請國際上知名 UAM 廠商來台展示，臺灣需要有亮點與其交流，未來才有機會發展出策略性結盟。（吳組長）
- (2) 中科院在執行無人機活動時仍須申請空域，目前臺灣法規上重視有人機的安全，因此如有空域上的衝突，都會要求無人機立即降落，常會因為這樣的情況浪費時間、金錢。要達到 UAM 的空域及法規整合要很久，建議以物流發展開始，針對較偏遠（較無安全顧慮）的地區開始發展服務。（齊所長）
- (3) 隨著農業老齡化，無人機需求高，國內民間也在農業領域走得很快。臺灣無人機未來發展可以專注在物流領域，未來市場上的競爭對手可能會是 Uber Eats 和 Food Panda 等近期興起的短距高效物流服務商。UAM 臺灣是有機會，因為民間能量足夠。但目前遭遇到的難題是個體生產數量不足，大廠不願意為無人機開專門生產線，導致製造價格高昂，難以與中國競爭。臺灣在無人機領域發展是有機會的，目

前除了消費型無人機由大疆明顯占有市場之外，其他均無廠商站穩市場。(邱督導長)

- (4) 目前中科院在植保機驗證上，有許多國外特別是中國的公司想把飛機賣到臺灣。臺灣在檢驗上也領先其他國家約兩年，25kg 以上的植保機，國外也送到中科院透過臺灣檢驗。物流方面，樂天與臺灣廠商合作執行 7 公斤運送試驗。法規方面須突破，無人機才有可能進行載物甚至載人，但臺灣仍可朝這方向努力。(林俊雄)

2. 臺灣零組件能量

- (1) 除零組件以外，軟體也為無人機產業之藍海，政策上也應投入推動。在發展上除了專注制空、航程外，不能忽略服務，需更加了解使用者需求。(齊所長)
- (2) 目前發展 eVTOL，重要零組件為電池，未來相關產業如 UAM 要走得遠，仰賴電池技術發展決定。(邱督導長)

3. 創意競賽相關

- (1) 利用創意競賽將 UAM 的相關初階技術列入命題，也將結合南科能量及 IPP 計畫，場域部分規劃較偏遠處(如燈塔物資運送)。未來國外廠商來臺灣可以展示這些應用及技術，顯示臺灣的能力及發展的決心。(吳組長)
- (2) 由於運研所經費有限，且學生能力亦有限，建議無人機競賽題目應放寬、不要太大，只針對 1~2 個 UAM 的相關初階技術發展即可(如載重、飛行時間)。(邱督導長)
- (3) 設計團隊在設計時要特別注意民航法規限制，目前民航法規限制載重不得超過 25Kg。(林俊雄)
- (4) 中科院非常願意提供相關輔導或支援，但由於中科院的實習，對象皆與學校簽約，該部分還需要再考量。

4. 中科院簡報

- (1) 定翼、旋翼檢驗標準根據 ASTM、JARUS、荷蘭標準等訂定。檢驗項目規範機體、遙控設備、數位鏈路等。詳細請見中科院提供之簡報。
- (2) 中科院無人機推動狀況：

於嘉義縣設立臺灣無人機產業園區，場域包含太保 10 公頃及民雄 30 公頃。利用中科院領頭當誘因，吸引招商。太保場域將由虎尾科大以租賃方式使用，嘉義縣將劃定專用空域工進駐廠商使用。

(3) 場域問題回覆：

- a. 規劃民雄、義竹、水溪靶場三個區域。
- b. 民雄：飛行高度不超過 200 呎，與嘉義機場有電話可以直接連絡，並規劃於起飛前一小時通知機場。
- c. 義竹：由嘉義市經發處規劃，為定翼式無人機跑道，可讓 600 公斤及無人機起降，執行 2,000 呎以下測試。受嘉義機場管制，25 公斤級以上無人機皆需配備廣播式自動回報監視系統 ADS-B，規劃設置無人機管制塔台。
- d. 水溪靶場：目前為空軍劃定之空域，為禁航區。規劃於未執行任務時供無人機進行飛行測試。面積達 22,000 公頃，飛行高度可達 15,000 呎。很多國家在無人機空域規劃上都採用軍民共用。
- e. 無人機測試場域可執行大型物流運送及 UAM 測試，建議臺灣多點規劃，並訂定主導性政策推動場域建置。
- f. 西部群聚效益大，有助招商。

(4) 電力動力、操控、感測、通訊、酬載系統(payload)等技術發展需有一個技術的 Roadmap 規劃，可能較偏由經濟部去發展。

5. 台經院簡報

中科院與台經院合作，九月底預計於嘉義縣政府進行無人機表演及相關活動，討論政策、產業、技術等面向。吳組長希望活動也邀鼎漢及電腦公會參加。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」座談會紀錄(三)

一、座談會資訊

1. 座談會名稱：關鍵技術能力發展座談會
2. 座談會時間：109 年 12 月 22 日（星期二）上午 10 時 00 分
3. 座談會地點：運輸研究所 6F 會議室
4. 出席者：交通部運輸研究所 吳東凌組長、黃于哲副研究員

臺灣大學 林清富教授

經濟部 雷震台主任

中科院航空所 陳俊宏組長

工研院機械所 林正軒 經理、工研院材化所 康顧嚴經理、
工研院資通所 梁菁珊副經理

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總經理、紀秉宏副理、劉亦淳
助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、座談會紀錄

1. 臺灣產業現況

- (1) 在臺灣經費限制下，技術面難以全面開發。臺灣目前很多廠商是做組裝，門檻低且成本低，但是沒有掌握真正的技術，臺灣願意投先期研發資金的公司企業少。

大疆可以掌握消費機的市場是因為它創造出市場，現在能做出市調的市場都是已開發的市場，要再進入這些市場都已經太晚。現在大疆還進不去商用型市場，我們可以去思考是否大疆在技術面缺乏什麼、臺灣可以如何切入。臺灣未來市場是以外銷為主，國內應用是測試與確認功能可行性。(林教授)

- (2) 臺灣目前在應用上應是以農噴最多。臺灣是亞洲第一個提出無人機驗證制度，驗證制度參考國際驗證規範，並再修正成適合臺灣規範。中科院有完整測試能量，替民航局執行整機驗證，要求廠商提出測試驗證報告，由民航局發出認證。目前型式認證僅田屋科技的旋翼機、經緯航太的定翼機有通過；也有中國農噴機來臺灣驗證。在物流驗證的方面，因臺灣無場域，中強光電送團隊去日本做物流驗證，並應用在日本樂天物流。大部分的臺灣廠商因驗證文件準備繁瑣、人力不足，在準備驗證過程困難。(陳組長)

- (3) 許多關鍵技術臺灣都有人做，但是無人機業者跟需求單位對接有落差，政府要協助完善需求模式。例如在航拍應用，歷史圖資與現況的比對目前較缺乏，且應如何將航拍應用分享共同經驗技術至橋梁巡檢應用等；物流發展需要場域，且是目前看來較有經濟效益的應用，但是臺灣目前完全沒有環境。(陳組長)

2. 測試場域與空域管理

- (1) 嘉義場域可成為一個平台，一方面與國防配合同時發展產業經濟。產業發展目前最缺的是共同的關注，該場域可吸引中科院、需要測試的廠商等，未來可成為一個異業結盟、產業對接、測廠外銷的平台。目前嘉義場域可滿足 70 至 80% 的產業需求；未來瞄準水溪靶場的空域，可以發展空域細化。(陳組長)
- a. 宜蘭是目前臺灣空域最乾淨的地方，也可同時推動，跟嘉義場域互補。(林教授)
 - b. 選擇嘉義主要考量是因大部分廠商都在中南部，方便產業聚集，且交通方便。(陳組長)
 - c. 交通部對於場域的地點沒有偏好，主要是看有地方政府願意配合。(吳組長)
- (2) 交通部希望盡快進行 UTM 建置，但民航局在這方面較保守，需要推拉力同時進行加速推動。(吳組長)
- a. 初期測試階段由人員進塔台強化溝通。UAV 的空域應是從專用區→分時分層→混合空域逐步進化。(陳組長)
 - b. 建議運用空域單純的宜蘭進行初期測試，中後期再到空域較複雜的西部測試。UTM 是由無人機自主發訊號、或是被動偵測，規格問題需統一。(林教授)
 - c. 中科院目前的測試機體有裝載訊號，追蹤民航機的系統看的到。UTM 為測試驗證基礎，需儘速推動。(陳組長)

3. 關鍵技術發展現況與未來規劃

- (1) 政府要做關鍵的事情，其餘讓民間業者自行研發。一台無人機是否有必要 100% 的零件都是臺灣製造，或是應篩選出重要的技術，政府再進行推動，例如飛控系統因涉及到飛機的穩定性與資訊安全，是否可做為臺灣未來主要發展的關鍵技術。(吳組長)
- a. 在飛控方面，臺灣微控制器(MCU)、晶片設計與晶片製造能力強，但要看願不願意做。飛控越來越注重人機介面整合，目前發展越來越多系統會整合在一起，包含 GPS 訊號、避障系統、光流、AI 辨識等，整合工作龐大，但操作者可方便操作。(林教授)
 - b. 也有越來越多廠商把機器人作業系統(Robot Operating System)搭載在飛控系統上，並加入很多其他的感測器，使無人機反應可以更即時。(林經理)
- (2) 臺灣在燃料電池的發展與許多國際大廠的水準相近。因工研院材化所剛開始研究燃料電池時並非為了無人機，是近期因應無人機的產

業發展才開始將燃料電池與無人機結合，因此工研院研發燃料電池的基礎是很足夠的。目前無人機的電力系統，重量能量密度是關鍵，Uber Elevate 希望他們的電池要達到 400 Wh/kg，目前這種能量密度只有內燃機或是燃料電池可以達到。但是工研院沒有量產，所以目前成本很高，小型企業無法負擔。韓國斗山集團有燃料電池的自動化生產線，因此產量大售價低。(康經理)

- a. 燃料電池的 refill 是一個困難點，對於使用者及營運商來說使用複雜，安全性也是考量點。(林教授)
- b. 斗山集團目前採氣瓶更換式，使用者不需自行添加氫氣，安全測試及措施也在進步中。(康經理)

(3) 未來軟體增值服務在商用機很重要，業主關心安全性問題，因此飛控、通訊要避免中國製，但目前臺灣製造的價格較高。(梁副經理)

4. 臺灣是否有機會發展 UAM

- (1) 馬達、電力、飛控是三大基本元素，建議要優先發展。(陳組長)
- (2) 飛控系統可以用 open source 如 Pixhawk、PX4 為基礎去修改，可以很快有成果，且通常效果也都不錯。(林教授)
- (3) 機械所在 2015 年曾提出 UAM 計畫，臺灣適合當研發場域，但國內沒有市場，未來市場勢必是在國外。發展 UAM 行動方案應是：1. 機體要先出來，政府要帶頭展示出幾種不同機型，包括多旋翼、混和翼等。2. 可利用以上不同機型進行不同關鍵技術的測試，飛控、馬達、電力等，可進行模組化。3. 最後再進行增值應用。(林經理)
- (4) 工研院有多旋翼機型，發展從 2.7m 到 6.7m，酬載可到 120 公斤。馬達的壽命及穩定性要考量，馬達製造容易，但是裝上無人機後調校困難，控制演算法對穩定至關重要。Pixhawk 設定的 PID 值是以空拍設計為主，要大改成 UAM 應用的過程很複雜。UAM 的控制可能不只是 roll (翻滾)、yaw (偏擺)、pitch (俯仰)，要求會更精細。國內目前無標準型機供測試。(林經理)
- (5) 交通部未來會與經濟部技術處合作以沙盒方式推 UAM 案作 demo，未來也預計邀請國際大廠來臺灣展示 UAM 無人機。(吳組長)

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」座談會紀錄(四)

一、座談會資訊

1. 座談會名稱：UTM 座談會
2. 座談會時間：110 年 1 月 21 日（星期四）上午 10 時 00 分
3. 座談會地點：運輸研究所 6F 會議室
4. 出席者：交通部運輸研究所 吳東凌組長、黃于哲副研究員

臺灣希望創新股份有限公司 李志清執行長

景翊科技股份有限公司 陳奕廷總經理

交通局民用航空局 航標準組 耿驊簡任技正、飛航管制組
陳建成技士

中山科學研究院 空研究所 何玉華工程師、資訊通信所 黃
旭章工程師、軍民通用中心 陳薪仁工程師

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總經理、紀秉宏副理、劉亦淳
助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、座談會紀錄

1. 簡報討論

- (1) 陳奕廷總經理：DJI 設計可透過手機將資訊傳回 UTM。
- (2) 李志清執行長：follow inter USS 協定，無人機在有網路狀況會回傳資訊，若無網路則待回到地控站或有網路服務處再回傳。可透過 USS 提供服務介面看到方圓一定距離的無人機活動。
- (3) 陳奕廷總經理：AirMap 平台可見規劃路線上有人機資訊(從 ATM 抓資料)。
- (4) 李宗益總經理：無人機在目前如 AirMap 提供之服務上是否會有延遲狀況？是否有如車輛 V2V 或 V2X 之功能設計？
 - a. 陳奕廷總經理：FAA 的架構下無人機之間有介面。RID 在未來可能會依照 ADSB 之規則運行。目前臺灣對可能衝突之無人機操作，要求廠商派員進塔台，確認與有人機介面之安全，AirMap 將這兩者整併，提供雙方資訊。
 - b. 清執行長：延遲狀況還好，以 DJI 目前方式透過網路傳輸速度足夠。目前 UTM 做到的程度還無避障，僅須確保空域安全，AirMap 等相關服務為簡化此程序之用。多旋翼避障較定翼機容易。

2. 黃于哲副研究員提問

- (1) GUTMA：UTM 的 4 個互通性(interoperability)，產業界想了解國際標準發展情形為何？FAA、EASA 之間有無溝通，在標準制訂上有無整合？
- (2) UniFly(瑞士)有參與歐盟、SESAR JU 的相關計畫，AirMap 有無參與？
 - a. 陳奕廷總經理：日本也有跟 UniFly 合作；AirMap 有跟瑞士合作導入相關技術；Volocopter 在新加坡操作受 ATM 管理，認為 EASA 一般嚴謹度高於 FAA。
 - b. 耿驊簡任技正：臺灣傳統航空系統跟美國介接，無人機法規也跟 FAA 類似，歐盟在無人機管理規則比美國詳細，有步驟進程做法、FAA 較有彈性（鼓勵新創）。技術發展上 FAA 和歐盟競爭大於合作。
- (3) NASA 已完成 UTM TCL1-4 測試，FAA 提出 UTM 運行 5 個情境，以臺灣產業能力來說，UTM 短中長期發展藍圖可以做到什麼程度規劃？

耿驊簡任技正： FAA 到 2023 在做 RID 這個領域，建議用 ASTM (Broadcast RID (美國，Direct RID (歐洲)) /Network RID)。ASTM 無規範使用哪種 RID，只規範如何做傳輸，新聞上有 FAA 計畫執行業者說其使用以 Broadcast RID 為主。歐洲也有自己的標準，跟 ASTM 不相容。UniFly 號稱歐美皆可使用其服務，但不確定使用 Direct RID 或 Network RID。兩種方式尚無定案。李志清老師用 LORA，為 Broadcast RID。

3. 中科院

- (1) 陳薪仁工程師：中科院 UTM 考量到地面及空中，走 ADSB 路線(與有人機好介接)，自主開發手機版及圖台版。測試最遠通訊到 30 公里。低空域(400 呎以下)建議使用 LoRa 類似系統(成本低，佈建快)，物聯網方式，訂定圖台接收標準格式，可利用 4G、5G。大型無人機可導入類 ADSB 系統，中科院已測試可行，且符合 FAA 標準。可以選小場域進行相關驗證計畫。檢驗標準要制定，法規面可以先走、做測試。目前是很好的機會點，臺灣發展早(20 年軍用)，但需要將環境建構起來。
- (2) 黃旭章工程師：106 年就開始開發 ADSB 系統，目前開發 2D 圖台，在長榮大學管理站使用，遠端管理員、操作員也可使用。民航局資料匯入系統，另有電子圍籬，告警機制。尚須使用者回饋及業者合作繼續精進系統。
- (3) 何玉華工程師：嘉義無人機基地發展須借重 UTM 標準、技術，如未來推動力量更強，空域問題要首先解決。UTM 相關測試，須借重交通部相關計畫，中科院在無人機著重於硬體開發。

4. 吳東凌組長：是否可選小地方試做？例如在嘉義地區將基本建立，把 U1、U2 先建立(Pilot)，再視美國及歐盟進度及發展狀況修正擴大。

(1) 李志清執行長：已跟中科院達成共識，未來執行 LORA、4G 在嘉義做 UTM 測試。5G 傳輸距離短，較不適用在 UTM。

(2) 陳奕廷總經理：今年在研究如何將 AirMap 的 SDK 導入。場域很重要，嘉義可以用來做 UTM 測試，可在場域內做管理。未來需要探討臺灣不同 UTM 技術如何跟國際銜接，也可同步驗證。UTM 未來管轄會為民航局或是縣市政府？如美國將責任交付給廠商，廠商再與地方政府合作，成為商業模式。

a. 耿驊簡任技正：歐洲飛航服務為半私有化，營利為主，UTM 發展較積極。美國航管私有化未成功，FIMS 處理資料，放給 USS 執行下端鏈結。

b. 航管組：航管組角色在 UTM 為空域管理，現在執行無人機操作申請檢視，確保操作安全。UTM 局內分工目前尚不明確。

c. 吳東凌組長：在各界尚未意識到 UTM 重要性的時候先確立中心思想並制定容易執行之管理規則，以免未來受到各方意見影響。例如可以邀一家或多家 USS 來臺灣測試、可以先思考未來由地方或中央管理為佳。當務之急為建立場域測試相關技術。管理規定可再與國際交流、觀察發展趨勢。

d. 耿驊簡任技正：臺灣 ATM 有完整概念；UTM 百家爭鳴。目前管理以有人機管理為主，400 呎以下雖管理較鬆，RID 仍有效。RID 為 UTM 關鍵，但不限於做 UTM。FAA 多用 Broadcast RID，因為任何人都可以接收資訊，不需透過 UTM。RID 在臺灣應該要先有實體通訊共識。地面端較空中端難管理，如何確保資料未經竄改。AirMap 號稱航空規格軟體，因其遵循航空產業標準。臺灣曾嘗試做航空電子認證結果沒成功。

e. 耿驊簡任技正：美國法規 12/27 限定 broadcast RID，DJI 未來需修改目前的方式，可模組修正或外掛。

5. 航管組：CAA 參照 ICAO 標準制定，早期參照 FAA 制定相關規範。

6. 嘉義場域

(1) UTM 同一系統整合示範(LORA 和中科院 ADSB)，可能納入水上機場同步。

(2) 陳薪仁工程師：國內市場管無人機為被動，需待市場成形，有利可圖時，縣市政府可能爭相參與。物流在陸域執行安全性考量，海域廊道建立、綠色公路概念，因臺灣海峽天候因素較複雜，也可當作驗證測試場域。城南校區規劃陸域航道。嘉義可當領頭帶動整體產業意識發展。

(3) 目前是 UTM 發展好時機，嘉義場域不要限縮在國內廠商，可帶入國外業者，增加上下游產業在國際市場機會

7. 李志清執行長：建立通訊標準，在管理上有依據，嘉義將成無人機最繁忙空域。管理上需考量如果操作者不將資料回傳的情況，實務上需再做設計考量。
8. 耿驊簡任技正：高度未來在 UTM 系統會是災難、操作者對於基準不清楚。Security 問題如假衛星訊號改座標或資訊，未來需要考量相關議題。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」座談會紀錄(五)

一、座談會資訊

1. 座談會名稱：無人機科技產業跨部會整合座談會
2. 座談會時間：110 年 2 月 5 日（星期五）上午 10 時 00 分
3. 座談會地點：運輸研究所 6F 會議室
4. 出席者：國立成功大學電機系 莊智清教授

行政院科技會報辦公室 李高銘副主任

經濟部技術處 林浩鉅 簡任技正

教育部資訊及科技教育司 翁如慧

中山科學研究院 陳俊宏主任

臺灣經濟研究院 林若蓁主任、林冠廷副組長

交通部運輸研究所 黃于哲副研究員、王瑋瑤副研究員

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總經理、紀秉宏副理、劉亦淳
助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、座談會紀錄

1. 國立成功大學電機系 莊智清教授

- (1) 教育部的無人載具人才培育計畫主持人。
- (2) 香港科技大學跟中國 DJI 結盟，可作為國內大學與產業結盟的案例借鏡。
- (3) 目前教育部是將無人機技術逐步帶入學校教育中。
- (4) 未來 UAM 的基礎設施 Hub 怎麼設計（牽涉到建築法規）、UTM 廊道設計、安全確保等所涉及到的層級比較高，目前大部分的學校仍著重在訓練考證。

2. 行政院科技會報辦公室 李高銘副主任

- (1) 行政院科會辦主要著重於即將落地的前瞻科技與應用服務，相關技術支持都有計畫在推動。
- (2) 臺灣目前針對無人機的政策與形式都具備，只是都仍在上位階段。
- (3) 目前國內無人機產業大多是針對民生需求、休閒娛樂等用途，建議可從臺灣資通訊電子的強項去整合發展，亦可與嘉義園區結合。

- (4) 臺灣目前無人機產業的準備狀況與定位 – 因政府資源有限，臺灣可以掌握的產業鍊與供應鏈為何？希望可以先對此盤點，再做資源集中，朝向產業專業化與高質化發展，未來亦有賴經濟部的支持與交通部的場域配合。
- (5) 隨著整體產業發展趨勢，之後會陸續調整科技計畫與前瞻計畫的配比。
- (6) 針對嘉義場域 – 整體的工作配置還需重新思考，如測試驗證中心可跟民航局配合；要確保進駐廠商是合適的團隊與供應鏈，因目前似乎都是規模較小的民生相關的無人機業者，較忽略掉其他關鍵廠商如電子酬載、控制廠商等。
- (7) 人才培育的部分，政府優先把環境建立好，很多學校已有自己的無人機的教育訓練，便會有加成效。但是學校多還是在偏民生消費的領域，跟所謂的亞洲創新中心還是有一段差距。
- (8) 經濟部工業局也有相關計畫如無人機競速的環境建構、經濟部技術處有無人載具沙盒計畫，交通部跟經濟部要對政策作通盤的討論。

3. 教育部資訊及科技教育司 翁如慧

- (1) 目前沒有針對無人機的教學研究中心，但有其他的研究中心。
- (2) 針對無人載具，主要經費是從科技預算來，而目前比較針對無人車的教材模組，因為學校這塊的能量比較小一點。
- (3) 未來無人機的人才培育方向主要會依據科會辦的規劃。
- (4) 有些學校已有無人機的研究小組(如台大)，經費可能是來自於高等教育深耕計畫，跟資科司比較沒有直接關連。

4. 中山科學研究院 陳俊宏主任

- (1) 產業鍊是產業是否可以建構起來的重要關鍵；UAM 是一個高度機電整合產業，不只是航太的產業，可能是臺灣可以彎道超車的戰略性產業。
- (2) 臺灣 109 年實體檢驗有 35 家，110 年預估會達 200 家（中國有 4 家，因中國沒有驗證制度會送到臺灣做）。
- (3) 嘉義場域推動工作目標包含：
 - a. 建置無人機研發測試驗證環境 — 形成產業聚落第一輪主要是找系統整合商，第二輪再找零件供應商。
 - b. 經營與發展無人機測試場域。
 - c. 無人機應用推廣 — 提供嘉義當地的應用(農業、安全監測、離岸風機巡

檢、太陽能板巡檢、離島運輸、橋樑檢測、邊坡防治、緊急山區運輸、礙子清洗等）。

- d. 常態性的展演，成立無人機國家競技場。
- e. 無人機研發人才培育與訓練 — 開設訓練課程學程，結合實務產業應用，加強人才跟業界的對接。
- f. 國際合作與產業發展 — 媒合國內外廠商。

(4) 未來中科院將不涉及機密的生產帶到嘉義場域，挹注廠商訂單。

(5) 嘉義縣政府將太保校區劃成紅區，只有進駐的廠商可以在這邊試飛，也藉此吸引廠商進駐。

(6) 虎尾科大已經頂下了太保校區，之後會跟各廠商討論進駐意願。

(7) 希望政府有跨部會主導的單位跨出來帶領以上多項計畫；UAM 計畫要有雛型才可與國外大廠對接，電電公會與其他產業電子才能看到商機願意投入。

5. 經濟部技術處 林浩鉅簡任技正

- (1) 跨部會合作很重要，像是經濟部無人載具科技創新實驗計畫辦公室與交通部的合作。
- (2) 就整個無人機產業的發展，目標要明確，要協助產業發展同時也要創造新的交通應用，產業與應用是雙軌進行。
- (3) 有效目標要設定有用的 approach，例如 UAM 不只是技術的 approach，如何跟國際大廠連結、要先建立我們自己的能量等等都是重要階段性任務，需要務實地去設定短中長期目標。
- (4) 測試場域的空域管理問題需要交通部主導解決問題。
- (5) 就無人機產業內部會再召開產業會議，之後可以再提供意見給各位參考。
- (6) 經濟部技術處主要協助建立沙盒環境；U Team 的產業推動組需跟技術要結合，例如電動車產業有鴻海科技集團進入一起做，很快就有成果，如果技術整合沒有領導企業會比較難推動；未來相關工作可能是由部內工業局協助。

6. 臺灣經濟研究院 林若蓁主任

- (1) 台經院現在是交通部智慧交通領域的智庫單位。
- (2) 大部分的廠商都很認同嘉義的場域，主要是有場域跟訂單。

(3) 台經院協助臺灣廠商跟歐美廠商做系統整合、共同開發、零組件供應等。

(4) 臺灣較少做大型載具的廠商，但是在製作小型載具是很專業的；臺灣無人機的技术算是排名世界前段的。

7. 交通部運輸研究所 黃于哲副研究員

(1) 人才培育部分運研所有舉辦創意競賽，未來有課程與教材的發展，如果設施設備可以跟業界介接，學校可以不用投入那麼多的成本。

(2) 目前橋樑檢測相對有比較明確的市場；物流方面目前民航局那邊還沒有收到任何申請。

(3) UAM 場域是需要比較封閉的場域先做測試(如嘉義場域)，研發初期較需要科技部與經濟部的經費挹注。

(4) UTM 是很重要的基礎設施，民航局跟航政司較認同由嘉義場域開始做小規模的測試。

8. 鼎漢國際工程顧問 紀秉宏副理

(1) U Team 成員並不限於小廠跟大廠是都可以加入，只是系統整合商是第一步優先考量，未來可考量應用業者與其他整合領域如物流業者、通訊業者等。

(2) 測試場域發展相當重要，因有測試成果才能回饋到法規修訂。

「推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃」座談會紀錄(六)

一、座談會資訊

1. 座談會名稱：我國發展城市空中交通(UAM)座談會
2. 座談會時間：110 年 5 月 4 日（星期四）下午 2 時 00 分
3. 座談會地點：運輸研究所 6F 會議室
4. 出席者：國立成功大學電機系 戴佐敏副教授

臺灣車聯網產業協會 吳盟分理事長

經濟部技術處 雷震台主任

金屬工業研究發展中心 楊光勳負責人、許昭傑工程師

工研院材料與化工研究所 蔡麗端組長

中科院航空所 邱祖湘督導長

漢翔航空工業 馬平駿主任工程師

交通部運輸研究所 吳東凌組長、王瑋瑤副研究員

鼎漢國際工程顧問 李宗益副總經理、紀秉宏副理、劉亦淳
助理規劃師、許宗倫助理規劃師

二、座談會紀錄

1. 漢翔馬主任工程師

小型無人機與大型無人機安全思考邏輯不同，監管程度差很多，國土安全顧慮需考量(尤其 payload 提高後)。UAM 可能是一種破壞式創新，目前電動馬達限制多，但未來提高 payload 可能有很多不同 solution，不一定僅限於用電，也有單位在研究甲醇汽油化亦可搭配引擎使用。未來即便技術解決，飛安問題也要解決。

等到技術純熟的某個時間點，全世界可能會大量投資使 UAM 呈指數型成長。臺灣適合作試驗性場域，但不一定有適合 UAM 的應用場域。未來除非有政府大量資金投入特定領域，否則很難發展。

2. 中科院邱督導長

臺灣一般航太業不會想做 UAM，CP 值決定該產業能否起飛。臺灣初期可發展離島偏鄉；未來可能發展 600-700km 的航程。可借鏡韓國發展的歷程；需要有測試場域，相關標準需先建立起來，SORA (Specific Operations Risk Assessment)也需先做好評估。

3. 經濟部雷主任

建議由未來情境去推現在發展方向，利用 UAM 解決未來可能發生的問題。

(1) 情境先有 → 解決什麼問題 (2) 服務需求 (3) 載具、服務模式 envision (4) gap 要慢慢填平 (5) 利用沙盒測試。想像的情境機包括桃園機場到竹科、台中高鐵到中科、台南高鐵到南科、左營到墾丁、山區觀光等，情境想定後測試試驗，做了才知道問題在哪。

4. 鼎漢李總經理

願景要夠大才叫願景。臺灣的情境包括可沿河道飛當先期廊道；未來城市交通 3D 化後，交通管理須被重新定義，UAM 亦將替代交通基礎建設的價值。

5. 成大戴副教授

我們可將現有的直升機看做是現階段的 UAM。只是目前直升機的成本高、噪音大，並無法使用在日常生活中。未來主要技術需要突破的是電力(低噪音)或是油電混合。UAM 未來的飛行模式也是固定的點到點，不會是隨便地點都可起降。且 UAM 的發展一定也是由有人機開始發展，再逐步到無人機，因此可從一般小型飛機的角度去看。應提前佈局，盤點我國的硬體、軟體與系統。

6. 工研院蔡組長

不同的機型(多旋翼、直升機、混和翼)所需要能源差異大。不認為混合翼適合短距離，因起飛的耗電量大，中途充電時間不夠；所以目標飛行距離、載重會影響機型發展以及技術該如何配合發展。

飛行過程會發現許多問題要解決，通訊、電池等，亦需解決馬達耗電問題。UAM 需要選定一條路線做測試，利用測試所看到的問題將技術產業鏈的問題解決。

7. 金屬中心楊博士

無人機的情境需求很多，金屬中心研發機型種類多，從旋翼機到 eVTOL 到 high payload eVTOL；但以巡檢應用最多。

電動車帶動電池、燃料電池發展；臺灣在電力的領域有發展的可能。

8. 車聯網吳理事長

從無人機的生態圈來看 UAM 需要先問 Who' s the key player? 是製造商或服務供應商? 設定情境, 可先由緊急醫療開始, 需先有目標, 政府才有辦否投入資金並進一步公私協力。

後續如何吸引國際大廠來台? 要由誰邀請? 要做好那些準備? 要有決心、找到 key player, 把基礎打穩。建議可先了解新加坡邀請 Volocopter 試飛的情境, 才能先規劃好沙盒。

9. 中科院邱督導長

UAM 會用到高壓電, 晶片、導線也都會不一樣, 電子電機公會的成員或許有些大廠有機會可以投入。

附件 5 英文頭字語縮寫摘要彙整

英文頭字語縮寫摘要彙整

依本研究內文出現順序編排如下：

1. UAM : Urban Air Mobility
2. UTM : Unmanned Traffic Management
3. UAS : Unmanned Aircraft System
4. UAV : Unmanned Aerial Vehicle
5. BVLOS : Beyond Visual Line of Sight
6. eVTOL : electrical Vertical Takeoff and Landing
7. FAA : Federal Aviation Administration
8. EASA : European Union Aviation Safety Agency
9. IPP : Integration Pilot Program
10. JUIDA : Japan UAS Industrial Development Association
11. POC : Proof of Concept
12. POS : Proof of Service
13. POB : Proof of Business

附件 6 期末審查簡報



推動我國 無人機科技產業 發展先期研究規劃

【期末報告書審查會】



Autonomous Flying Taxi

Drone

計畫經理：紀秉宏 副理

鼎漢國際工程顧問
thi consultants inc.

大綱

01

計畫簡介

02

期中審查意見
回覆說明

03

國內外應用趨勢、
政策與計畫補充

04

我國無人機在交通領
域發展方向策略檢討

05

研議籌組
U Team

06

後續建議



01 Chapter

計畫簡介

3

研究背景及目的

- | | |
|---------|---------------------------------------|
| 2019.9 | 交通科技產業會報成立無人機科技產業小組 |
| 2019.12 | 全國交通科技產業會議召開，公布無人機產業發展藍圖與8大推動策略 |
| 2020.3 | 遙控無人機管理規則生效 |
| 2020.7 | 推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃 |
| 2020.11 | 「卓越領航 乘風起飛」記者會，辦理「無人機創意應用競賽」與「整合示範計畫」 |

研究緣起

- 延續與深化「無人機科技產業小組」發展策略與推動措施

研究工作

- 國內外無人機應用發展趨勢蒐集
- 我國無人機產業能量盤點
- 我國無人機推動策略研擬
- 無人機U Team研議籌組

研究成果

- 有助於我國無人機推廣應用
- 強化國內外無人機技術與經驗交流
- 帶動國內產業升級發展

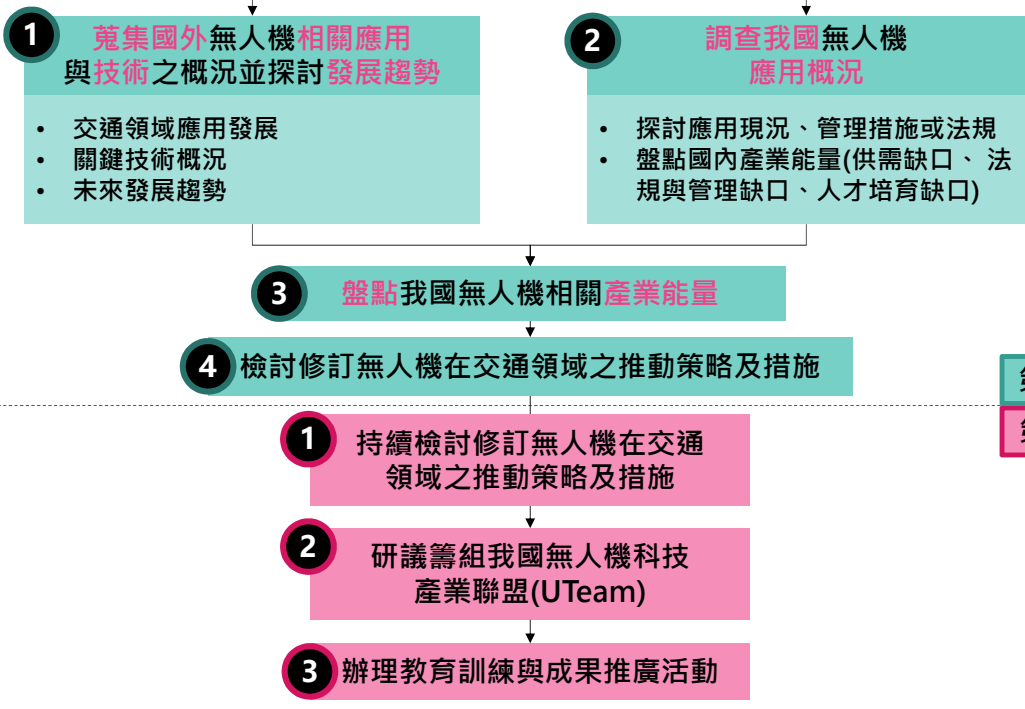


4



研究項目與流程

界定研究範圍與對象



重要會議彙整

● 7場座談會與記者會、12場工作會議、30場訪談

期末重點項目：
檢討修訂無人機在交通領域之推動策略及措施、
研議籌組U Team、UAM發展情境探討

	109/7	109/8	109/9	109/10	109/11	109/12	110/1	110/2	110/3	110/4	110/5	110/8
座談會 記者會 展覽	無人機第1次專家座談會	無人機第2次專家座談會(中科院座談會)			無人機記者會	無人機技術座談會	UTM座談會	跨部會座談會	智慧城市展 U Team籌組會前會	U Team籌組會議	UAM發展座談會	
訪談		台灣無人機協會 金屬中心	漢翔 虎尾科大 中華經濟研究院	工研院 天空飛行科技 金屬中心	Drone Industry Insights JUIDA 泰世科技 田屋科技 能元科技 智飛科技 工研院	臺灣大學 交通大學 經緯航太		中光電 台經院 經濟部航太小組	臺灣希望創新 民航局 資策會科法所	長榮大學 成功大學 璿元科技、中華無人系統應用發展協會 中華經濟研究院	臺灣大學 淡江大學	
其他會議	經緯航太分享會	南科管理局來訪運研所 南科管理局參訪				無人載具科技創新實驗計畫辦公室	期中審查		科技產業小組第4次會議			
工作會議	第1次工作會議		第2次工作會議 運研所聯合工作會議	第3次工作會議	第4次工作會議	第5次工作會議	第6次工作會議 運研所聯合工作會議	第7次工作會議	運研所聯合工作會議	第8次工作會議	運研所聯合工作會議	第9次工作會議

教育訓練與成果推廣

- 辦理無人機教育訓練課程
 - 針對民航局專業基本級操作證 I(2 公斤以上，未逾 25 公斤)做課程安排
 - 活動對象包含交通部及其部屬機關，共計9單位、15員參與
 - 辦理學科1場、術科3場課程



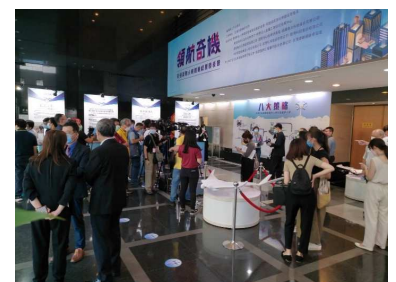
參與單位
交通部公路總局
交通部鐵道局
交通部臺灣鐵路管理局
交通部高速公路局北區養護工程分局
交通部中央氣象局
交通部航港局
交通部運輸研究所 (6員)
中華郵政股份有限公司
臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司



7

教育訓練與成果推廣

- 參與智慧城市展展覽
 - 與民眾及廠商交流交通部無人機推動成果
 - 辦理公務機關與廠商媒合活動
- 辦理無人機成果發表會
 - 結合運研所無人機3案共同發表成果
 - 邀請交通部王國財部長親臨致詞、頒獎
 - 邀集產官學研先進及獲獎團隊參與
 - 攤位展示獲獎團隊之無人機作品



8

02 Chapter

期中審查意見 回覆說明

9

期中審查意見回覆說明

技術

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	關鍵技術盤點與整合尚未列入大專院校單位，目前使用GRB搜尋約有1,000件政府部門支持的研究計畫，科技部是大宗。	期末階段以「 GRB政府研究資訊系統 」搜尋無人機、無人飛行載具、UAV等相關關鍵字，並整理分析各計畫主管機關、執行單位、研究性質等特性納入期末報告中。	3.2 關鍵技術研發能力分析 3.3 產業能量缺口分析的科技環境
2	太陽能電池 雖能量密度低但最輕也最環保，可以當有基地能源下提高滯空時間，結合機翼控制、飛機類型(如eVTOL)及應用情境仍有發展空間，似補強。	於2.1.1節「 基礎技術 」之「 二、能源型式 」補充太陽能電池資訊以及應用於無人機之優缺點及適合應用情境。	2.1.1 基礎技術
3	鋰電池短暫時間內難取代燃油動力，對於中大型的定翼建議可加強探討 燃油動力 。	期末階段於2.1.1小節「 基礎技術 」中增加對燃油及中大型無人機應用及趨勢探討分析。	2.1.1 基礎技術
4	可針對我國具有前瞻潛力之技術領域作我國未來發展無人機產業之亮點技術，例如報告書所述 AI影像辨識分析 ，即為我國現階段具有發展性的科技；以橋樑檢測為例，全臺有超過12,000座公路及鐵道橋樑數量，若透過無人機搜集影像資料，並透過 5G傳輸高畫質影像 ，並由AI來判讀影像、輔助檢測評估風險，即能提高公共設施的安全性。	加強我國具有前瞻潛力之技術領域 之論述與分析，提出我國具有 優勢 之發展機會	3.2 關鍵技術研發能力分析
5	建議可彙整分析政府單位投入無人機 計畫相關的經費 。	以「 GRB政府研究資訊系統 」搜尋無人機、無人飛行載具、UAV等相關關鍵字，並整理分析各計畫 主管機關、執行單位、研究性質 等特性納入期末報告。	3.2 關鍵技術研發能力分析
6	有關 地面導控站(或系統) 是否需納入飛行控制或另增新項請考量。	地面導控及通訊設施新增於 3.1.1「無人機開發流程第二項「關鍵零組件」 補充說明相關技術。	3.1.1 無人機開發流程分析

10



期中審查意見回覆說明

產業

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	U Team組成很大的困難會是產官學研單位垂直與水平整合，建議後續需對整合提出更具體的對策，如透過市場的互補製造誘因吸引廠商。	期末階段透過產官學研單位訪談了解加入U Team的意願、因素與相關建議；並探討其他相關聯盟的運作方式以提出具體對策。	4.4 歸納U Team的功能與內涵
2	國內小型無人機生產製造能力沒問題，主要將尋找應用端出海口，可再針對相關單位進行訪談；而大型載貨或載人的無人機，則需再盤點國內能量，建議可圖像化呈現，參考經濟部電動巴士產業盤點圖示化無人機國內能量。	期末階段透過相關單位訪談釐清，並參考經濟部電動巴士產業盤點圖示化無人機國內能量。	3.3 產業能量缺口分析
3	在意見徵詢方面，建議再增加產官學單位。是否可了解為何政府單位使用大疆無人機，在禁用之後是否有因應措施。	於第三章補充國內無人機採購規範，說明公部門採購中國製無人機相關歷程及汰換因應。	3.3 產業能量缺口分析
4	人才培育是產業發展的關鍵，建議將學研單位納入U Team，探討可扮演的角色跟定位。	將學研單位納入U Team組織架構中，期末階段亦訪談學研單位，加強其角色的討論。	4.4 無人機科技產業聯盟(U Team)研議籌組
5	未來發展UAM應是共識，該如何去啟動，建議可先就UAM的情境作更深入探討(都會區、點對點、最後一哩)，找出臺灣最有需要發展的情境與定位，即可得知需求、載具的規格、基礎設施，可針對此做技術的聚焦。	本研究探討UAM發展情境，以及透過沙盒辦理測試驗證，作為我國無人機在交通領域之推動策略方向，並建議UAM情境深入的探討可納入後續建議事項辦理。	4.3 市場規模與產值推估
6	國內無人機產業許多是空拍業者，亦是無人機應用端業者，占現有申請應用的85%，受到法規影響最大；目前報告內容分析偏向垂直分工，建議可針對水平分工再多著墨。	2.2.1小節「國內外應用現況與趨勢」新增「三國內應用概況」補充說明國內無人機應用案例	2.2.1 國內外應用現況與趨勢
7	隨著國內公私部門對無人機應用需求已逐漸明確，建議後續研究可針對如何結合國內無人機之應用需求與廠商未來技術發展進行鏈結，具體呈現國內無人機產業可集中資源發展之適合技術，並提出擴展市場規模之政策建議。	期末階段加強關鍵技術發展分析之論述，並納入策略規劃中。	3.2 關鍵技術研發能力分析 4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討

11



期中審查意見回覆說明

政策

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	新加坡對UAM廠商誘因大，臺灣可比較參考優劣勢及其政策。	於第二章新增說明新加坡政策上如何支援無人機產業發展。另亦參考Volocopter於新加坡發展UAM之相關資訊納入期末報告探討。	2.2.1 國內外應用現況與趨勢中的載人應用
2	UTM重要性高，BVLOS是關鍵，建議進一步了解美國FAA與歐盟相關法規，以及其他非政策制定國、與臺灣國力規模類似國家因應方式(如丹麥、新加坡、以色列)。	第二章「國外無人機產業規劃與管理」補充美國、歐盟、日本、韓國及新加坡UTM及空域規劃管理方向及政策；亦納入丹麥及以色列相關政策於期末報告中。	2.3.2 國外無人機空域管理UTM
3	政府如何利用公務需求帶入研發，如何整合民間業界有發展的機會，期望能夠看到具體的想法。	期末階段持續滾動檢討策略規劃，除了納入發展期程與部會分工以外，並進一步說明策略構想內容。	4.2.2 我國無人機交通領域發展策略修訂
4	(書面意見) 有關UAM應用，雖整理相關資料；建議可多投入「測試場域之測試驗證，發展測試驗證規範…」相關議題。	於第2.2.1節「國內外應用現況與趨勢」第7項「載人應用」中針對相關議題增加內容論述。	2.2.1 國內外應用現況與趨勢
5	國內產業能量應做更完整的分析，如資通訊產業、AI、IOT、自動駕駛、電子酬載的整合應多做論述。	第四章我國發展利基進行更完整的論述。	4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討
6	無人載具科技創新實驗條例可納入第二章的國內政策與法規論述；嘉義的測試場域計畫、亞洲新灣區、5G AIOT等計畫也可納入論述。	2.3.4節納入「國內無人機政策與法規」。	2.3.4 國內無人機政策與法規
7	部長已指示交通科技產業會報各產業小組進行2021年白皮書內容修訂，本計畫提出之檢討建議，請運研所後續循產業白皮書修定程序凝聚共識提出。	期末階段就相關規劃策略與科技產業小組進行討論。	4.2.1 交通科技產業政策白皮書推動策略檢討
8	政府扮演的角色，環境的建置、資源到位、政策法規明確、長期而穩定，人才培育、獎勵條例，請多做。	敬悉，政府角色納入策略構想中。	4.2.2 我國無人機交通領域發展策略修訂

12



合約工作項目確認

年度	合約工作項目	對應章節
109	分析國外無人機相關應用與技術之概況並探討發展趨勢	2.1 技術發展概況 2.2 產業發展現況與趨勢 2.3 政策與法規現況及推動方向
	調查我國無人機之應用概況	2.2.1 國內外應用現況與趨勢：三、國內應用概況
	盤點我國無人機相關產業能量	3.1 國內產業能量盤點 3.2 關鍵技術研發能力分析 3.3 產業能量缺口分析
	檢討修訂無人機在交通領域之推動策略及措施	4.1 我國無人機應用發展方向與利基檢討 4.2 推動策略與措施修訂 4.3 市場規模與產值推估
110	持續檢討修訂無人機在交通領域之推動策略及措施	
	研議籌組我國無人機科技產業聯盟(U Team)	4.4 無人機科技產業聯盟(U Team)研議籌組
	辦理教育訓練與成果推廣活動	4.5 教育訓練及成果推廣活動辦理

13



03 Chapter

國內外應用趨勢、 政策與計畫補充

14



國內外政策、計畫與組織 (1/7)

美國



FAA運用**IPP**協助研擬各應用服務
NASA與FAA合作開發UTM系統

● 整合示範計畫IPP

- FAA與民間廠商合作，針對需求性高之操作項目，透過計畫執行協助研擬相關操作規範、擴增使用範疇，並提供**相關資訊給UTM參考規劃**
- 2017 ~ 2020年完成階段任務，於2020年10月25日發布UAS BEYOND計畫延續IPP

● UTM

- NASA結合FAA合作開發未來空域管理系統NextGen，將更有效分配空域
- 7處無人機測試場域(其中4處由學校經營)提供服務予政府、民間及學術機關



15



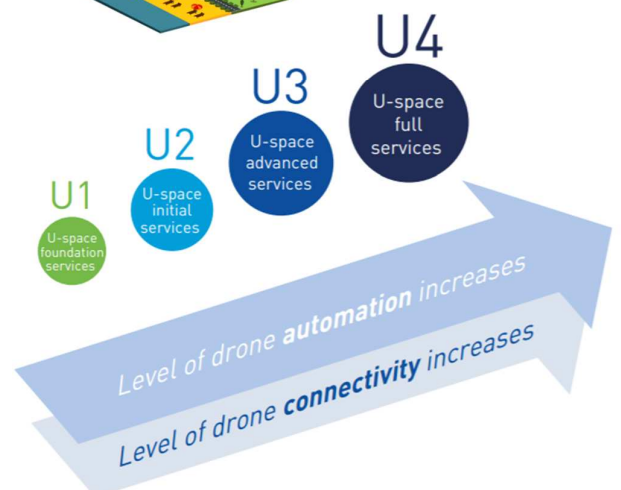
國內外政策、計畫與組織 (2/7)

歐盟



結合各單位提出共同空域**U-Space**藍圖
廠商與學校、機場合作進行試飛計畫

- 各國政府積極結合各界資源建立友善的無人機環境
- 各國推動無人機相關產業發展政策，歐盟則制定共同管理規章
- **U-Space藍圖**
 - 歐洲空中航行安全組織(EASA) + 歐洲航空安全局(EUROCONTROL) + 歐洲單一天空飛航管理研究(SESAR JU) 共同提出，研究無人機運行空域、設計管理架構
 - U1~U4漸進式推動藍圖，朝無人機**全自動化、高密度運作**方向前進



16

國內外政策、計畫與組織 (3/7)

日本

多元計畫類型提供廠商進行各種測試
2023年開始逐步實現商轉(載物→郊區載人→城市載人)

- **空中產業革命**於2017年提出，為無人機相關環境整備及技術開發之藍圖，並訂定**UTM發展步驟**
- 國土交通省為加強推動 **UAM**，在「航空局安全部」設立**次世代航空移動辦公室**
- **2020年開放福島機器人測試場域**提供無人機開放及可控制的場域
- **物流試驗計畫**
 - **Matternet+日航**：發展急救藥物資源運送服務
 - **樂天+西友(超市量販業)試驗**：利用 **APP** 購物測試 1.5km離島運送
- **日本無人機產業發展協會(JUIDA)**成立於2014年
 - 成員包含民間公司、教學研究機構及政府部門，扮演民間與政府之間的橋樑

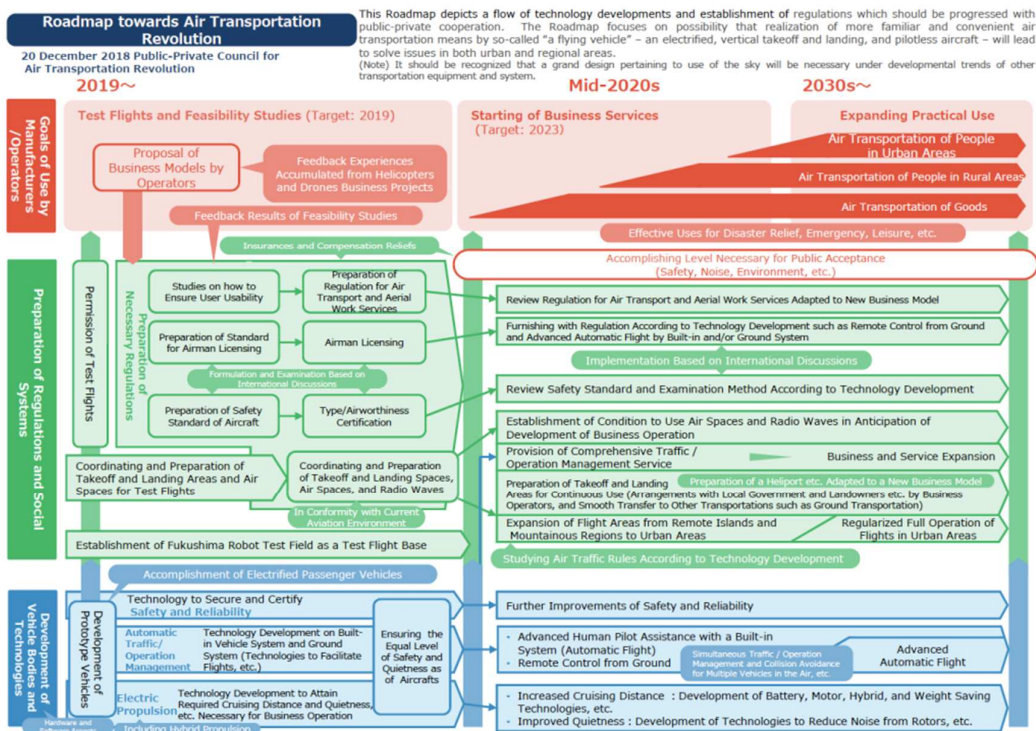
- **JUAV (Japan UAV Association)**
 - 針對無人機製造產業安全標準建立
 - 透過協會，政府可以針對無人機**安全、法規、國際標準**等進行研究及制定規範
 - 協助進行**產業調查**並與國外相關機構進行鏈結交換意見及情報



資料來源：JUAV · <http://www.juav.org/about/committe.html> ·

國內外政策、計畫與組織 (4/7)

日本



- **UAM發展歷程**
 - 從**載物到載人**
 - 載人由**郊區往市區**
 - **2023開始商用服務**

- **UTM發展歷程**
 - **短期**與既有的空域管理架構作協調
 - **中期**建立空域及無線電波條件使用機制
 - **長期**目標為提供完善無人機空中交通管理服務

國內外政策、計畫與組織 (5/7)

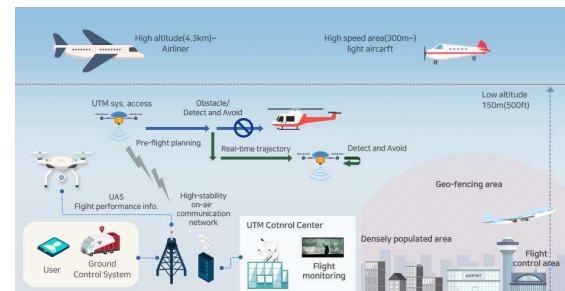
韓國



2020年公布UAM城市空中交通藍圖

2025年開始逐步實現UAM商轉(目標2035年完全自主飛行)
強調建立產業生態系統、創造研發環境、健全設施與環境

- 2020年國土交通省與**40家公司、學研機構、國家機關**簽署MOU發展**UAM**，國土交通部副部長為主委，成立 **UAM Team Korea**
- **國土交通部**資助航空安全技術研究院，2017年展開**低空域 UTM** 研究
 - 實驗在禁飛區設立圍籬限制無人機操作、在非禁飛區透過控制中心即時監管無人機運行
- **制定規範標準**
 - 制定**UAM**特別法案: 交通商業系統、設施、營運、安全標準、都市規劃與發展、產業生態系建立與促進利用
- **編列預算**
 - 鼓勵中央政府利用其財務計畫支持相關研發、民眾宣傳、公共UAM服務與國際合作
 - 地方政府預算可用於**UAM**營運環境的調查與停機坪的建置



19

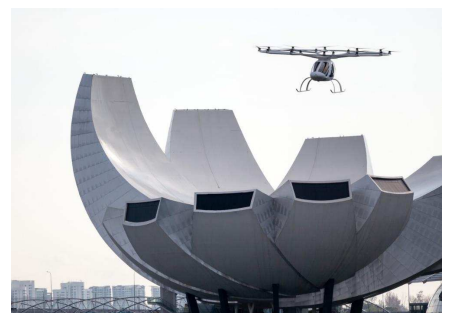
國內外政策、計畫與組織 (6/7)

新加坡



打造環境與建立相關商業合作優惠模式，吸引國際大廠
跨國合作探討UTM發展

- **新加坡民航局及企業發展局**於2019年成立 Singapore Unmanned Aircraft System Community (**SG UAS**)，協助支持**無人機市場開拓、發展標準及政策推動及提供測試場域**
- 許多**公務需求**開始以無人機執行，如油污洩漏判定、協助救火、尋找蚊蟲滋生處、與郵政機構合作等
- 新加坡認可歐洲航空安全局 **EASA** 的安全認證標準，使得未來載人**UAM**服務能夠快速引入(Volocopter)
- 2018 年開始，新加坡針對**UTM 進行相關試驗計劃**，包括測試同時操作大量無人機進行超越視距飛行、長期與Airbus合作針對 UTM 相關的技術及解決方案開發及**社會接受度**探討



20

國內外政策、計畫與組織 (7/7)

丹麥



致力發展UTM系統，政府投入場域，與學校、機場等單位共同研發

- 2020 年宣告將建立北歐第一個 U-Space 服務
 - 11 月開始測試 UTM 平台功能，預計於 2021 年將開始全國性的建置計畫
- UTM 平台由**交通運輸部旗下國有公司 Naviair** 主導建置，該公司也是**有人機空域導航服務供應者**
- 政府提供約 1 億台幣進行相關測試，透過國際級測試級場域、交通部、學校、機場及相關單位共同優化及深化服務範疇



以色列



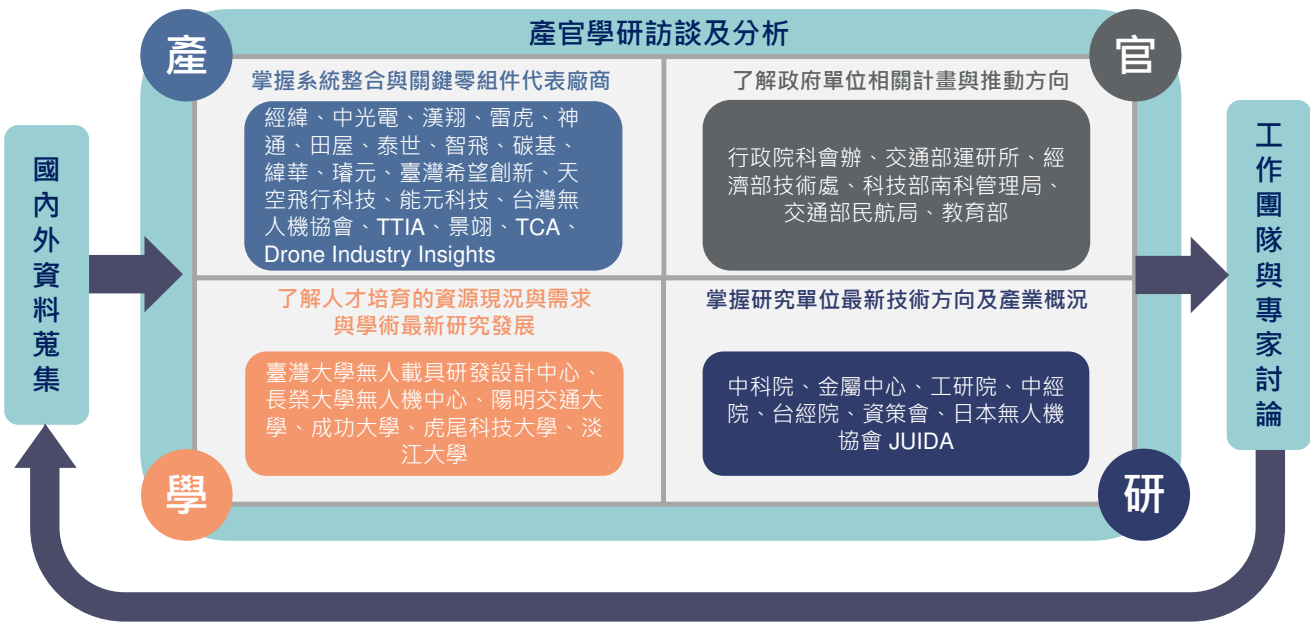
新創公司與政府共同推動UTM計畫

- 2020 年起**創新機構、交通與道路安全部以及民航局**主導推動無人機 **UTM** 相關計畫
- 2021 年 3 月於開放空域執行測試
 - 利用新創公司 **Airwayz Drones** 開發的系統，8 架無人機共同起飛成功完成測試
 - 8 架無人機系統分別屬於不同公司，執行不同任務，透過情境模擬測試未來可能營運狀況



21

國內產業、技術與環境現況及發展方向檢討流程



22



現況課題與對應策略方向(1/3)

技術發展

現況課題

編號	說明
1	國內無人機公司多但 規模較小 加上 市場不大且多元性不足 ，影響業者投入研發意願
2	國內無法發展規模經濟，使得無人機供應鏈無法整合、 缺乏關鍵零組件研發廠商 ，多數零組件需向國外進口，造成價格不具競爭性
3	政府人才培育 經費不定 ；尚未推出鼓勵廠商發展技術之補助
4	法規及場域配套尚未完善 影響民間產業技術發展



策略方向

編號	說明
1	臺灣產業具技術發展能力， 政府須輔助提供良好投資及研發環境
2	臺灣應善用既有相關產業零組件製造優勢，整合出無人機供應鏈 投入國際市場
3	政府思考未來長期投資之技術方向，利用 公務需求 帶動產業與技術發展
4	透過中央及地方政府建置無人機研發試驗場域，研究調整法規、依循 PoC、PoS、PoB 帶動技術發展

23

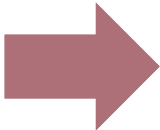


現況課題與對應策略方向(2/3)

產業與應用

現況課題

編號	說明
1	政府對民間企業能力了解有限， 需求與技術的銜接有落差
2	政府針對無人機產業 尚未有明確政策及大型或延續型計畫
3	多數應用領域尚未確立商業模式， POC到POB的過程需有政府輔助
4	現行採購規範 無法協助國內無人機產業發展； 保險機制及費率 過高，影響應用發展
5	國內應用受法規限制及投入資金缺乏影響， 尚未積極朝UAM發展



策略方向

編號	說明
1	政府與民間各界需建構出 溝通平台 ，透過平台互相了解
2	政府須建構出 整合性政策 ，發展國內廠商實力外亦吸引國外廠商
3	可利用臺灣 多樣的地理條件 ，逐步精進相關應用技術、建立商業模式
4	建議修訂採購規範，以 最有利標 採購無人機；建議中央與民間共同研議保費機制及費率
5	UAM發展可 先著重發展物流 ，透過逐漸增加酬載力、可靠性及安全度、降低噪音來 增加社會接受度 。

24

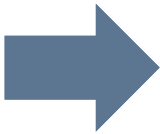


現況課題與對應策略方向(3/3)

法規與場域

現況課題

編號	說明
1	目前國內 缺乏場域 ，無法完整發展技術、健全法規，影響國內及國外廠商投資意願
2	臺灣空域壅擠 ，在場域規劃上協調介面多
3	法規規範推動過早， 未考量民間產業技術發展進程
4	法規上要求 保險機制尚未完善 ，影響廠商投入意願
5	資安疑慮 影響社會接受度



策略方向

編號	說明
1	除持續推動 沙盒場域 外，同時 可朝建立1處國家級場域 (提供PoC與產業聚落) 與2~3處地區型場域 (提供PoS與功能展示)方向規劃
2	除選定空域較單純區位規劃外，應加強政府單位之間空域協調使用，
3	應積極 發展無人機識別系統及UTM ，兼顧管理安全及科技發展
4	利用測試場域的的階段性成果回饋至保險機制的改善
5	逐步汰換具資安疑慮之機型或零組件，積極與國際 建立乾淨供應鏈

25



04 Chapter

我國無人機在交通領域發展方向策略檢討

26

我國無人機在交通領域發展願景與目標



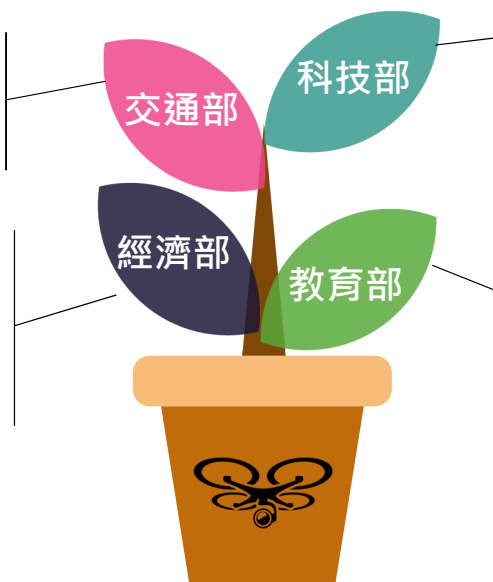
27

各部會功能定位規劃

- 無人機發展牽涉安全檢定、特許場域、法令配合等多項層面，需透過國家層級引導規劃
- 建議將層級提升至行政院，凝聚各部會協調執行方向，整合部會分工與分配預算
- 地方政府執行在地環境調查、盤點合適場域，以利順利推展

以應用服務帶動技術與產業發展
執行測試驗證與法規管理

提供研發能量
輔導產業發展
沙盒試驗支持



研發創新科技

以研究計畫提升科技發展

人才培育

協助學生創意競賽計畫

規劃短中長期教育計畫

28



我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖

- 108年12月「交通科技產業政策白皮書草案」公布我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖及八大發展策略
- 推動整合示範計畫
- 舉辦無人機創意應用競賽
- 國際行銷廣宣，如：參展2021智慧城市展



29



我國無人機在交通領域發展方向之路徑圖修訂 (2.0版草案)

- 於3/31交通科技產業會報無人機科技產業小組第4次諮詢委員會議中提出，徵詢各委員意見後修訂
- 協助修訂交通科技產業政策白皮書第二版 — 無人機科技產業政策章節



30



我國無人機在交通領域應用 - 2025年里程碑

建立偏鄉及離島無人機物資運補機制

01

針對偏鄉、離島、氣象站等日常物資運補及緊急物資運送作業，於2024年前完成概念驗證（PoC）及服務驗證（PoS），2025年完成商業驗證（PoB），建立常態性營運機制。



橋梁檢測作業全面導入無人機

02

2021至2024發展無人機橋梁檢測相關技術，如自動飛行、結合人工智慧缺失辨識自動化、管理平台自動化，並訂定業務委外招標所需功能規格及資安規定；目標於2025年時，交通部管理之橋梁，全面導入無人機於檢測作業流程。



31



國內交通應用市場評估

巡檢與監測

國內已有應用無人機案例
如：公路總局橋樑檢測

□ 橋梁

- 國內車行橋梁共計22,645座，轄管機關包含高速公路局、公路總局、縣市政府等，每年定期檢測金額約5億元
- 臺鐵局大橋(20公尺以上)總長度約為121公里、跨水與高度較高橋梁約500座；目前委外檢測每公里巡檢費用約為165,000元



□ 邊坡

- 公路總局轄管山區道路長度逾 1,200 公里；參考政府關於邊坡巡檢的標案價格，平均每公里的巡檢費用約75,000元至110,000元



- 路口監測納入交通安全評估；以每標案30萬至50萬元作為以無人機進行監測工作之費用

載物

國內正在執行測試計畫
如：阿里山運血清、龜山島運送

- 國內有65個偏鄉地區

- 3,000公尺以上高山約268座

- 中華郵政的離島運送區域可用無人機替代



32

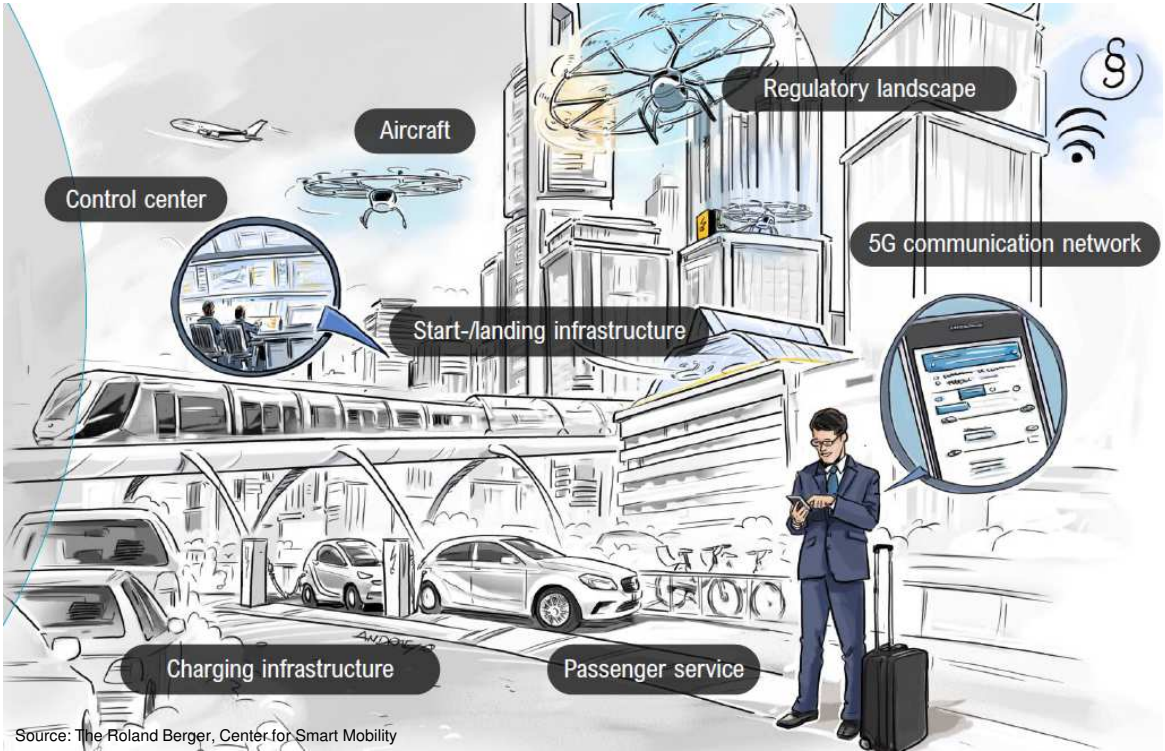
國內交通應用產值預估

- 以無人機代替各公務機關現有的作業方式，從應用端進行其市場規模與產值推估

項目	規模	單價	年產值(元)	評估年期	總價(元)
巡檢	公路橋梁 巡檢	國內車行橋梁共計22,645座	-	2025至 2050年	125億元
	鐵路橋梁 巡檢	臺鐵大橋約為121公里 高鐵高架長度約250公里	165,000元/公里		15.3億元
	邊坡 巡檢	公路總局山區道路長度約 1,200 公里	75,000~ 110,000元/公里		22.5~32.5億元
交通監測	每年約有120個相關標案(綜合規劃、可行性評估、研究與規劃，及交通部公路總局相關監測工作)	300,000~ 500,000元/案	3,600萬~6,000萬	2025至 2050年	9~15億元
離島物流	澎湖地區、金門地區、馬祖地區、東引地區、烏坵地區、綠島地區、蘭嶼地區與琉球地區等八處	100萬/16公里/年(以中華郵政東港運送物品至小琉球的成本費為例)	5,700萬	2030至 2050年	11.4億元
偏鄉物流	65個偏鄉地區	18,000元/半個月物流人員薪資	1,400萬	2030至 2050年	2.8億元
2025至2050年之國內交通領域應用總產值					186~202億

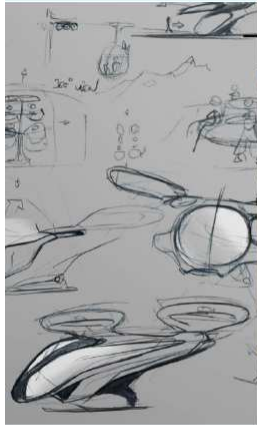
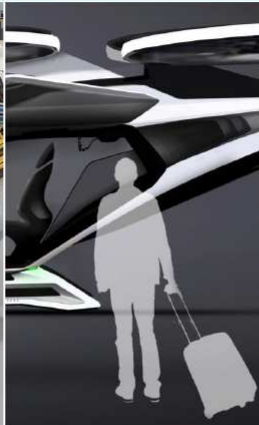
33

UAM未來情境



34

UAM跨域營運體系

Urban Aircraft	Support & Service	Flight Operations	Air Traffic Management	Ground Infrastructure	Passenger Solution
					
Design, Development and Production	Maintenance, Repair, Overhaul Spare parts	Operation of the Urban VTOL Acquisition or leasing of VTOL	Develop and operate ATM solution for Urban VTOL	Installation and maintenance of VTOL pads	Booking application for flight trips
飛機	後勤	機隊管理	航空管制	地面設施	乘客服務

35

各國UAM發展現況

*廣州及法國為未來計畫試飛環境

國家	UAM 目標	政府支持	試飛廠商	試飛環境	酬載	航程
韓國	2025初步服務 2030在首爾開放10處場站	K-UAM藍圖推動	億航	城市及空曠處	2人	30-40公里
日本	2023逐步實施商轉	空中交通革命藍圖推動	Skydrive	控制場域	1人	35公里
新加坡	2023年提供載人服務	與Airbus研究UTM 提供Volocopter試飛場域	Volocopter	城市	2人	35公里
中國	廣州打造空中交通智慧城市 布點試飛	民航局發出商業物流營運許可予億航	億航	*城市	2人	30-40公里
法國	2024年奧運、身障奧運提供載人服務	成立測試場域與民間業者共同發展服務	Volocopter	*城市	2人	35公里



36



國內載人UAM情境推估

- 韓國公布從仁川機場至購物中心的UAM示範路線
- 新加坡預計在濱海灣區域進行觀光體驗服務



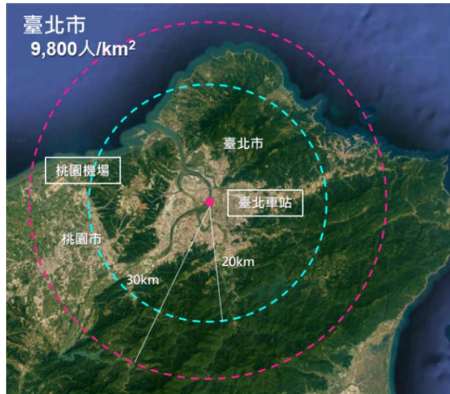
- 以載人UAM服務可降低旅行時間，增加商務、觀光用途之運輸效率
- 使用載人UAM可避開路面交通狀況，準時抵達目的地

我國UAM發展情境初步情境推估如下：

1

都市到機場

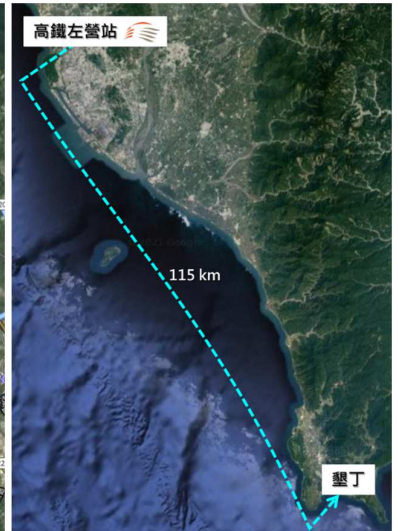
- 桃園機場→台北車站，40公里
 - 開車：40~80分鐘
 - 無人機：20分鐘



2

高鐵站至觀光景點(觀光用途)、科學園區(商務用途)

- 高 鐵 新 竹 站 → 科學園區，7公里
 - 開車：10~40分鐘
 - 無人機：5分鐘
- 高 鐵 左 營 站 → 墾丁，115公里
 - 開車：2小時
 - 無人機：1小時



國內載人UAM情境推估

3

離島與偏鄉運輸

- 東港→小琉球，16公里
 - 搭船：30分鐘
 - 無人機：10~15分鐘
- 增加運具選項、支援緊急救護
- 優先試辦，建立公眾溝通管道



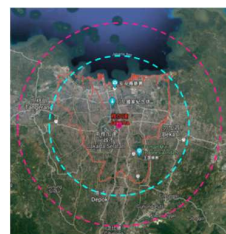
4

輸出國際

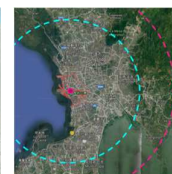
- 將國內應用服務模式出口到其他國家
 - 高人口密度、交通壅塞問題(新加坡、印尼、菲律賓)
 - 城市服務範圍與臺灣情境相近



新加坡
7,900人/km²



印尼雅加達
15,000人/km²



菲律賓馬尼拉都會區
18,000人/km²



05 Chapter

研議籌組U Team

39

U Team籌組背景與目的

背景

- 無人機**最大價值在產業應用**
- 目前我國**中小企業各自進行技術研發**，有以下侷限：
 - 技術無法有效交流與發展
 - 政策法規與產業技術發展存有落差
 - 培育資源投入與試驗環境缺乏
- 無人機**涉及多部會分工**，且涉及國安、飛安及資安，需由產官學研跨部會分工機制整合資源

目的

- **凝聚產業能量、促進產官學研協力及跨部會合作**
 - 進行產業盤點與整合相關資源
 - 關鍵技術研發
 - 提高國內外能見度以輸出國際
- **初期從交通領域開始**，後再延伸其他領域發展
- **協助落實政策Roadmap**

功能

政府與產業的橋梁

產業需求、應用趨勢，政策與法規回饋

資源整合與產業合作

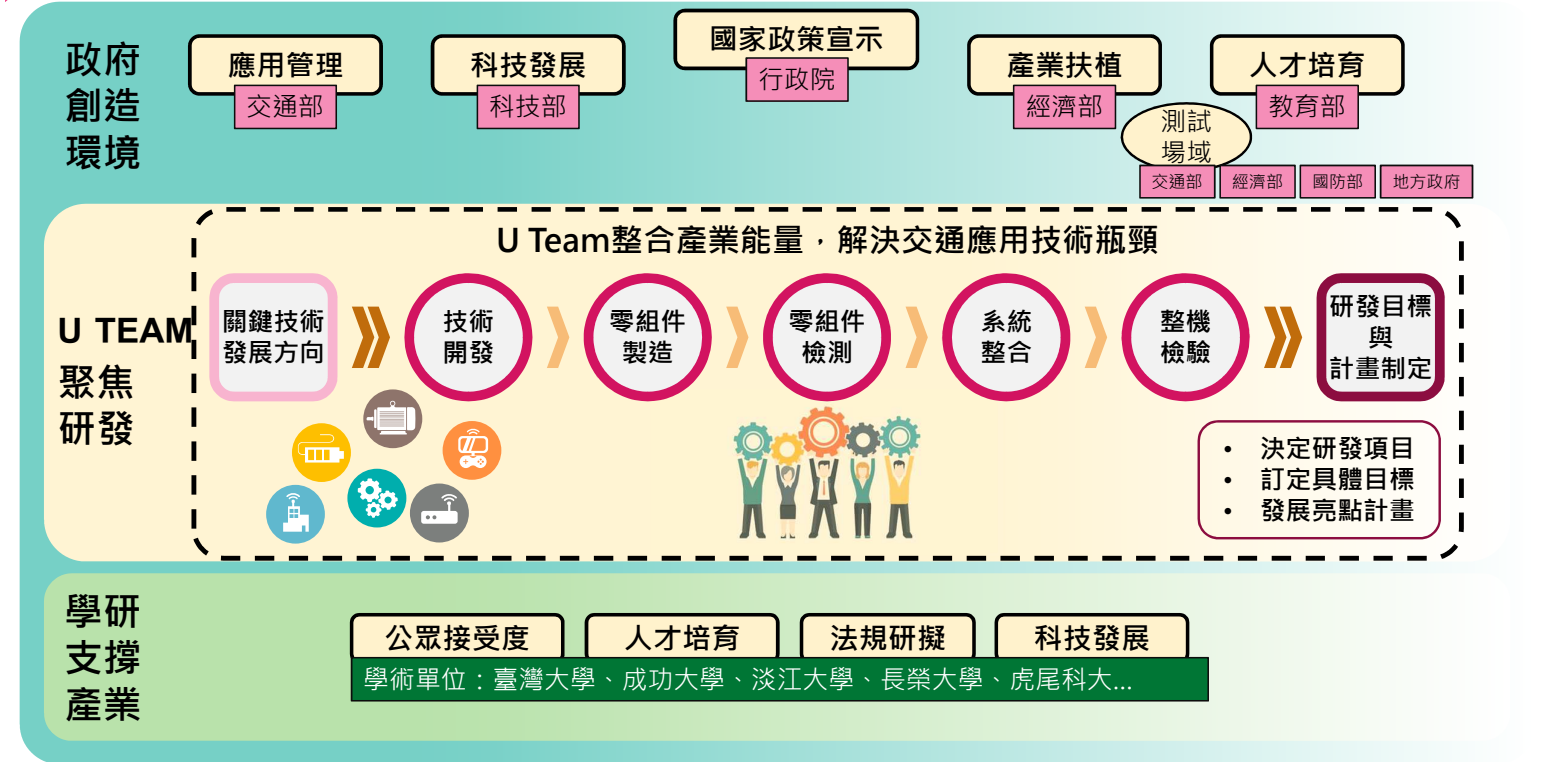
促進技術研發與交流

推動國際交流與合作

促進臺灣無人機產業國際化

40

U Team在無人機產業的功能



U Team研議籌組參考案例

Open Data 聯盟

產業界為主要成員，形成產業交流與合作平台，促進應用服務發展，並彙整產業需求，提供政府施政參考

- 根據不同應用設定工作小組
- 由工作小組召集人訂定小組目標，如開發合作、標準制定、參與政府計畫、推廣工作成果

台灣車輛移動研發聯盟 (mTARC)

研究單位為主要成員，由經濟部技術處成立法人機構，建立研發整合平台、學術及技術交流平台、產業研究創新計畫平台

- 依據發展技術藍圖，訂定共通性的議題後，再指派各單位分工研究，避免重複投入資源
- 各單位申請科專計畫研發為主
- 每年均會舉辦展覽，呈現關鍵技術研發成果

鐵道科技產業聯盟 (R-TEAM)

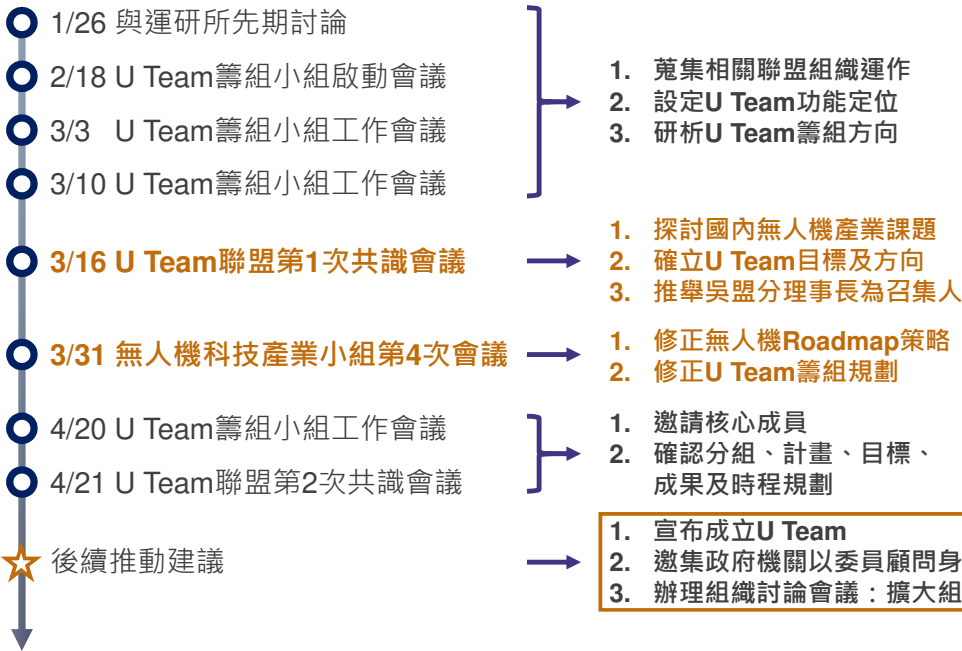
交通部主導成立，結合62家產官學研單位，以整合國內產業技術能量，投入國內外建設，擴大產業規模及產值效益

- 從市場需求、研發能量、關鍵價值等面向評估國產化項目
- 協助法人/廠商研發、產製及檢測驗證
- 建立國內檢測驗證標準及程序



U Team籌組小組推動時程規劃

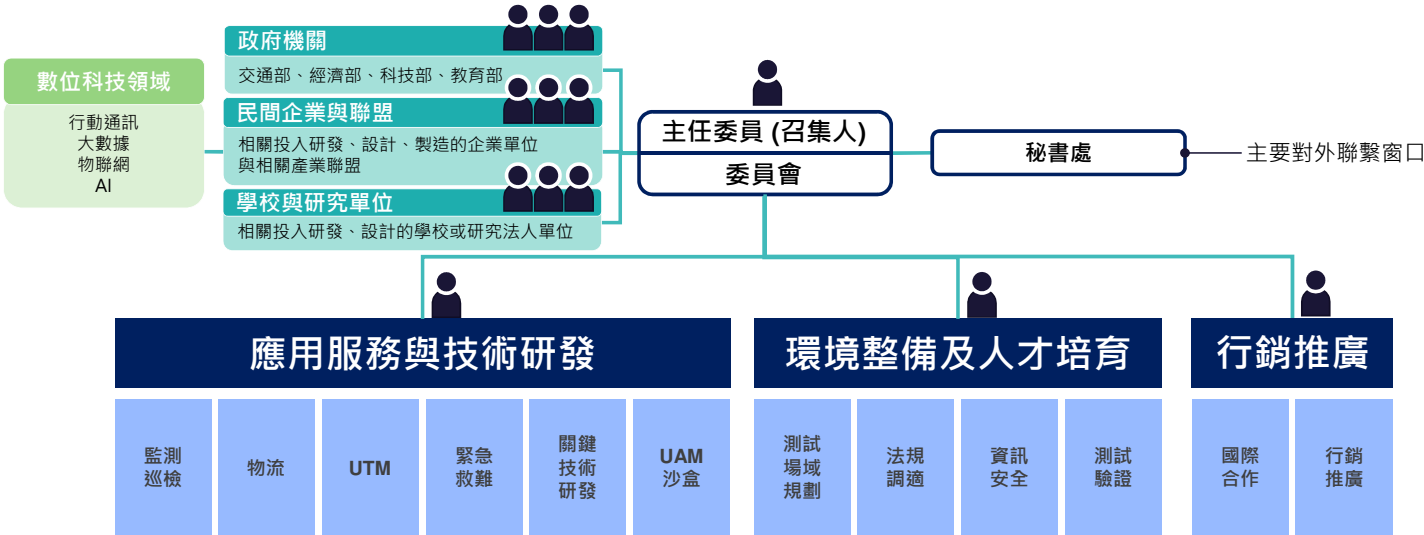
建議U Team 在1年內壯大規模、建立完整生態組織
本研究已召集籌備小組，召開8場重要會議彙整產業共識



43

U Team組織架構

- 組織架構修正為**應用服務與技術研發**、**環境整備及人才培育**、**行銷推廣**三組，成員可跨組參與
- 各組彙整相關發展需求與課題、並參與路徑圖推動；由組長召開會議代表發聲、規劃小組推動時程
- 設立主任委員一名與委員若干名成立委員會，由各組推派組長擔任委員，並加入官學研界代表委員
- 委員會需定期進行聯盟工作進度檢討與共同跨組議題之討論



44

06 Chapter

後續建議

45



建議

- 建議優先執行下列計畫，逐步整合國內無人機資源並建立完善的無人機生態圈

籌組我國無人機科技產業聯盟

01

持續深化架構、確認目標與策略，提出各分組的具體化工作項目，確認聯盟**運作模式**

發展完善我國無人機監管與UTM系統

02

我國無人機管制與空域整合，如何與生產端、法規調適與服務端接軌，以及搭配的通訊技術、使用功率規範等，皆需要**跨部會共同研擬**的重要課題

規劃測試場域

03

嘉義縣測試場域三個區域的**定位、規劃、產業合作、周邊生活圈**的整合，後續的**營運管理**等建議建立北中南地區的**地區型場域**，以利各地區廠商就近測試

規劃我國發展關鍵技術的應用情境

04

發展**物流、載人UAM**等相關情境，以利關鍵技術聚焦發展
思考我國在全球UAM生態體系的角色，如何引入UAM至國內的無人機與交通環境中

成立推動無人機產業與科技發展科室

05

參考日本與韓國案例設立無人機**專責科室**，**統一窗口**，作為政策推動組織

簡報結束·敬請指教

