

113-058-5523
IOT-112-IC010

無人機偏鄉物流運送服務驗證 計畫(1/2)-服務模式規劃與系統 發展



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 7 月

113-058-5523
IOT-112-IC010

無人機偏鄉物流運送服務驗證 計畫(1/2)-服務模式規劃與系統 發展

著者：陳柏君、紀秉宏、胡璿蕙、吳家禎、蔡京津、黃于哲、吳東凌

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 7 月

無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫. (1/2) : 服務模式規劃與系統發展/陳柏君, 紀秉宏, 胡璿蕙, 吳家禎, 蔡京津, 黃于哲, 吳東凌著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 113. 07

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-608-2(平裝)

1. CST: 交通管理 2. CST: 運輸系統 3. CST: 物流
4. CST: 遙控飛機

557.15029

113009475

無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫(1/2)-服務模式規劃與系統發展

著 者：陳柏君、紀秉宏、胡璿蕙、吳家禎、蔡京津、黃于哲、吳東凌

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 113 年 7 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：370 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組・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：1011300851 ISBN：978-986-531-608-2 (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：無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫(1/2)-服務模式規劃與系統發展			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-608-2 (平裝)	政府出版品統一編號 1011300851	運輸研究所出版品編號 113-058-5523	計畫編號 112-IC010
本所主辦單位：運輸科技及資訊組 主管：吳東凌 計畫主持人：吳東凌 研究人員：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：陳柏君 研究人員：紀秉宏、胡璿蕙、吳家禎、蔡京津 地址：臺北市信義區松山路 130 號 5 樓 聯絡電話：02-2511-8822 分機 214		研究期間 自 112 年 4 月 至 113 年 1 月
關鍵詞：無人機，無人機物流，貨運無人機，物流運送，偏鄉，離島			
摘要： 交通部無人機科技產業小組於「2021 交通科技產業白皮書」中提出「我國無人機 2025 年在交通領域應用里程碑」，目標於 2024 年前完成偏鄉、離島地區之日常物資運補及緊急物資運送作業之概念驗證（Proof of Concept, PoC）及服務驗證（Proof of Service, PoS），2025 年完成商業驗證（Proof of Business, PoB），以期建立常態運作機制。 交通部運輸研究所自民國 109 年起辦理無人機整合示範系列計畫，已完成無人機物流運送場域測試之概念驗證；而本研究銜接前期計畫成果，聚焦於「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」2 類情境，著重於無人機物流服務模式規劃及相關系統發展(包含物流無人機、物流服務軟體及無人機交通管理等系統)，同時累積實際營運經驗及測試數據，以做為推動下階段商業驗證之依據。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113 年 7 月	310	370	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：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Proof-of-Service for UAS Delivery in Rural Areas (1/2) – Service Model Planning and System Development			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-608-2 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300851	IOT SERIAL NUMBER 113-058-5523	PROJECT NUMBER 112-IC010
DIVISION: Transportation Technology and Information System Division DIVISION DIRECTOR: Tung-Ling Wu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tung-Ling Wu PROJECT STAFF: Yu-Che Huang PHONE: 886-2-2349-6883 FAX: 886-2-2545-0426			PROJECT PERIOD FROM April 2023 TO January 2024
RESEARCH AGENCY: THI Consultants Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Po-Chun Chen PROJECT STAFF: Ping-Hung Chi, Hsuan-Hui Hu, Jia-Jhen Wu, Jing-Jin Tsai ADDRESS: 5F., No. 130, Songshan Rd., Xinyi Dist., Taipei City PHONE: 02-2511-8822 ext.214			
KEY WORDS: Unmanned Aircraft System, drone delivery, cargo delivery, logistics operations, rural areas, outlying islands			
ABSTRACT: The UAS Technology Industry Team of the Ministry of Transportation and Communications proposed “The 2025 Milestone for Taiwan’s UAS Application in Transportation” in its “2021 White Paper on Transportation Technology Industry Policy.” The goal is to complete Proof of Concept (PoC) and Proof of Service (PoS) for the shipping of daily material supplies in rural areas and outlying islands by 2024, as well as Proof of Business (PoB) by 2025, with the hope of establishing a standard operational mechanism. Since 2020, the Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, has been conducting the Unmanned Aircraft System Integrated Pilot Program, and thus far, proof of concept (PoC) for UAS logistics operations site testing has been completed; this research connects the findings from the early planning stages, with a focus on two types of scenarios: “emergency shipping in rural areas” and “logistic distribution in outlying islands.” The emphasis is on UAS logistic service model planning and system development (including logistics UAS, logistics service software, UAS transportation management, and other systems). Concurrently, real-world operational experience and testing data were gathered to serve as the basis for Proof of Business (PoB) in the subsequent phase.			
DATE OF PUBLICATION July 2024	NUMBER OF PAGES 310	PRICE 370	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

目 錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與目的	1
1.2 研究範圍與對象	2
1.3 研究內容與工作項目	2
1.4 計畫研究流程	5
1.5 重要會議與活動事記	6
第二章 重要文獻回顧.....	9
2.1 國內外無人機物流運送推動政策方向	9
2.1.1 國外政策方向	9
2.1.2 國內政策方向	16
2.2 國內外無人機物流運送服務案例解析	22
2.2.1 國外無人機服務提供商案例	22
2.2.2 國外物流零售服務商導入無人機案例	28
2.2.3 國外偏鄉、離島無人機物流運送案例	34
2.2.4 國外無人機物流發展瓶頸分析	48
2.2.5 國內無人機物流運送測試成果探討	52
2.3 國外無人機物流運送航線及基礎設施發展趨勢	59
2.4 國內民用航空法相關規定	66
2.5 小結	72
第三章 服務模式規劃與系統發展.....	75
3.1 服務模式發展	75
3.1.1 國內無人機物流服務發展策略	75
3.1.2 規劃離島物流配送	81
3.1.3 規劃偏鄉緊急運補	89
3.2 系統規劃與發展	94
3.2.1 導入測試與驗證無人機機型	94

3.2.2 辦理檢驗及試飛作業階段成果	98
3.2.3 辦理無人機資安檢測	109
3.2.4 辦理物流服務軟體系統雛型設計與開發	114
3.2.5 辦理無人機交通管理系統雛型開發	121
3.3 場域試飛規劃	130
3.3.1 評估潛在應用場域	130
3.3.2 擇定試飛驗證場域	136
3.3.3 規劃試飛場域航線	142
3.3.4 規劃場域基礎設施	167
3.3.5 規劃場域試飛之緊急處理程序	176
3.4 場域試飛結果	189
3.4.1 場域試飛紀錄	189
3.4.2 飛行紀錄分析	193
第四章 教育訓練及成果行銷推廣活動	207
4.1 規劃構想座談會辦理成果說明	207
4.2 花蓮交流座談會辦理成果說明	209
4.3 教育訓練辦理成果說明	212
4.4 成果發表會辦理成果說明	214
第五章 結論與建議	219
5.1 本計畫工作項目完成情形說明	219
5.2 研究結論	226
5.3 後續建議	236
 附件一、期中報告審查意見回復表	
附件二、期末報告審查意見回復表	
附件三、期末報告審查會議簡報	

表目錄

表 1.3-1 本計畫無人機基本性能需求.....	3
表 2.1-1 美國 IPP 及 BEYOND 計畫物流服務實施情形.....	10
表 2.1-2 無人機物流服務模式彙整表.....	11
表 2.1-3 我國無人機物流運送商業化推動時程及重點彙整表.....	17
表 2.1-4 我國無人機物流運送測試及驗證案例彙整表.....	18
表 2.1-5 我國物流無人機建議性能需求表.....	19
表 2.2-1 Aerosense 無人機規格表.....	38
表 2.2-2 日本及臺灣偏鄉離島案例對照分析表.....	57
表 2.3-1 無人機遠端射頻識別方法比對表.....	63
表 2.3-2 無人機物流運送相關基礎設施彙整表.....	66
表 2.4-1 交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序.....	68
表 2.4-2 交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序操作限制排除事項.....	69
表 2.4-3 遙控無人機之相關檢驗作業文件與流程.....	71
表 3.1-1 無人機物流運送參與者角色及相關後勤資訊管理.....	76
表 3.1-2 無人機運輸型態優缺點.....	76
表 3.1-3 偏鄉及離島無人機物流服務驗證規劃內容.....	81
表 3.1-4 臺灣本島運往離島貨物類型及運送方式.....	82
表 3.1-5 離島間貨物類型及運送方式.....	83
表 3.1-6 無人機導入離島時效性貨物之運送預期效益與挑戰.....	83
表 3.1-7 無人機導入前後之離島快捷郵件運送程序(以澎湖為例).....	85
表 3.1-8 無人機導入前後之離島醫療用品運送程序(以澎湖為例).....	87
表 3.1-9 無人機離島物流配送系統需求規格表.....	88
表 3.1-10 無人機導入偏鄉緊急運補之預期效益與挑戰.....	90
表 3.1-11 無人機偏鄉緊急運補系統需求規格表.....	94
表 3.2-1 本計畫導入 4 型無人機基本性能彙整表.....	95
表 3.2-2 無人機耐久性和可靠度飛行驗證項目表.....	100
表 3.2-3 本計畫導入 4 型無人機階段檢驗項目表.....	102

表 3.2-4 本計畫檢驗作業進度時程表	104
表 3.2-5 「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序操作限制排除事項	108
表 3.2-6 無人機廠商資安檢測進度	110
表 3.2-7 無人機資安等級測試項目表	111
表 3.2-8 地面控制站資安等級測試項目表	113
表 3.2-9 無人機物流服務軟體系統資料表清單	118
表 3.2-10 無人機靜態資料欄位規劃	118
表 3.2-11 無人機航班資料欄位規劃	118
表 3.2-12 無人機射頻識別資料欄位規劃	119
表 3.2-13 寄取件資料欄位規劃	119
表 3.2-14 無人機物流服務軟體系統開發執行進度說明	120
表 3.2-15 本計畫 Remote ID 導入方法	123
表 3.2-16 無人機射頻識別系統功能說明	124
表 3.2-17 無人機交通管理系統功能說明	126
表 3.3-1 內政部定義屬偏遠地區之鄉鎮彙整表	130
表 3.3-2 衛生福利部護理及健康照護司定義屬離島之鄉鎮彙整表	131
表 3.3-3 無人機偏鄉物流運送潛在應用場域評估指標說明	131
表 3.3-4 無人機偏鄉物流運送潛在應用場域彙整表	132
表 3.3-5 無人機離島物流運送潛在應用場域評估指標說明	133
表 3.3-6 無人機離島物流運送潛在應用場域彙整表	134
表 3.3-7 102 年至 111 年全臺最大震度超過 5 級之地震震央分布統計表	135
表 3.3-8 偏鄉場域無人機路線及起降場地評估清單	137
表 3.3-9 離島場域無人機路線及起降場地評估清單	138
表 3.3-10 本計畫歷次場勘安排	138
表 3.3-11 場勘紀錄表勘查內容	139
表 3.3-12 離島航線方案綜合評估表	144
表 3.3-14 離島航線投遞點綜合評估表	147
表 3.3-15 偏鄉航線方案綜合評估表	157

表 3.3-16 瑞穗-奇美航線起降點及投遞點綜合評估表	158
表 3.3-17 玉里-赤科山航線起降點及投遞點綜合評估表	160
表 3.3-18 花蓮視距內飛行航線起降點及投遞點綜合評估表	165
表 3.3-19 無人機起降場域基礎設施項目及功能	169
表 3.3-20 本計畫離島試飛場域基礎設施對照表	170
表 3.3-21 本計畫偏鄉試飛場域基礎設施對照表一	171
表 3.3-22 本計畫偏鄉起降點、投遞點基礎設施對照表二	171
表 3.3-23 垂直起降場基礎設施項目	174
表 3.3-24 無人機緊急處理程序相關法規綜整表	176
表 3.3-25 視距內飛行異常狀態緊急處置程序	182
表 3.3-26 澎湖場域試飛緊急應變程序	184
表 3.3-27 澎湖場域試飛緊急醫療單位	185
表 3.3-28 澎湖場域試飛緊急應變通知單位	186
表 3.3-29 花蓮場域試飛緊急應變程序	187
表 3.3-30 花蓮場域試飛緊急醫療單位	188
表 3.4-1 第一及第三階段封閉場域試飛紀錄	189
表 3.4-2 第二階段實際場域試飛紀錄	191
表 3.4-3 第四階段實際場域試飛紀錄	192
表 3.4-4 第一階段及第三階段封閉場域視距內試飛資料分析表	196
表 3.4-5 第二階段實際場域視距內試飛資料分析表	199
表 3.4-6 第四階段實際場域視距內、外試飛資料分析表	202
表 3.4-7 奧榮科技 Gryphone EX 之無人機性能需求檢核表	204
表 3.4-8 樂飛創新 A616 NEO+之無人機性能需求檢核表	204
表 3.4-9 經緯航太 ALPAS-C2 Plus 之無人機性能需求檢核表	205
表 4.1-1 本計畫規劃構想座談會議程表	207
表 4.2-1 本計畫花蓮交流座談會議程	210
表 4.3-1 本計畫教育訓練時程表	213
表 5.1-1 本計畫完成工作項目情形彙整表	222

圖目錄

圖 1.4.1 本計畫研究流程圖.....	6
圖 1.5.1 本計畫重要會議與活動事記圖.....	8
圖 2.1.1 全球 UTM 發展期程.....	13
圖 2.1.2 日本在 2021 年全國境內展開的無人機物流計畫	15
圖 2.1.3 IPP 與 BEYOND 計畫在美國各州展開無人機物流服務驗證計畫	16
圖 2.2.1 Wing 在商家旁的起降基地.....	24
圖 2.2.2 Sora-iina 已在五島列島規劃複數條航線.....	26
圖 2.2.3 Matternet 與 UPS 合作利用無人機運送緊急醫療用品	28
圖 2.2.4 Walmart 在全美 7 個州共 36 間門市提供無人機送貨服務	29
圖 2.2.5 DroneUp 在 Walmart 店面旁建立的起降基地	30
圖 2.2.6 FedEx 與 Elroy Air 合作進行中間一哩物流運送示意圖	31
圖 2.2.7 樂天提供山區無人機物資運送服務.....	32
圖 2.2.8 樂天與日本郵政、ACSL 合作提供東京都山區郵件運送服務	33
圖 2.2.9 樂天與中光電機器人合作提供埼玉縣秩父市緊急物資運送服務 .	33
圖 2.2.10 日田市中津江村位置示意圖.....	35
圖 2.2.11 中津江村物流無人機服務模式圖.....	36
圖 2.2.12 中津江村飛行路徑示意圖.....	36
圖 2.2.13 熊本縣阿蘇郡南小國町位置示意圖.....	37
圖 2.2.14 HEC EYE 服務模式示意圖.....	38
圖 2.2.15 南小國町飛行路徑示意圖.....	39
圖 2.2.16 江田島市飛行路徑示意圖.....	41
圖 2.2.17 福岡縣福岡市能古島位置示意圖.....	42
圖 2.2.18 ACSL 無人機 PF-2.....	43
圖 2.2.19 能古島物流無人機飛行路徑示意圖.....	43
圖 2.2.20 大分縣津久見市與無垢島位置示意圖.....	45
圖 2.2.21 無垢島無人機物流運輸模式.....	45
圖 2.2.22 無垢島無人機物流運輸案例示範.....	46
圖 2.2.23 ciRobotics ciDroneS.....	46

圖 2.2.24 津久見市內至無垢島物流無人機飛行路徑示意圖	47
圖 2.2.25 Amazon 物流無人機.....	49
圖 2.2.26 DHL Parcelcopter 物流無人機發展進程.....	51
圖 2.2.27 「無人機整合示範計畫」物流運送示範場域	52
圖 2.2.28 「無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用」物流運送示 範場域.....	54
圖 2.3.1 架高常規起飛飛航路徑.....	61
圖 2.3.2 常規起飛飛航路徑.....	61
圖 2.3.3 垂直起飛飛航路徑.....	61
圖 2.3.4 UTM 架構概念圖	63
圖 3.1.1 無人機物流運送結構示意圖.....	75
圖 3.1.2 無人機交通管理系統架構與權責單位.....	77
圖 3.1.3 無人機物流承運人之物流共同化發展方向.....	78
圖 3.1.4 離島無人機快捷郵件運送作業流程(以澎湖為例)	84
圖 3.1.5 離島無人機醫療用品運送作業流程(以澎湖為例)	86
圖 3.1.6 偏鄉無人機災區安全勘查作業流程.....	91
圖 3.1.7 偏鄉無人機緊急物資運補作業流程.....	93
圖 3.2.1 經緯航太 ALPAS-C2 Plus 機型示意圖.....	96
圖 3.2.2 樂飛創新 A616 NEO+機型示意圖.....	97
圖 3.2.3 航見科技 HJ-CH-47 機型示意圖.....	97
圖 3.2.4 奧榮科技 Gryphon EX 機型示意圖.....	98
圖 3.2.5 無人直升機及多旋翼機特種實體檢驗查檢項目圖	99
圖 3.2.6 無人直升機及多旋翼機型式檢驗查檢項目圖	100
圖 3.2.7 本計畫檢驗作業時程規劃圖.....	103
圖 3.2.8 「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序說明圖	107
圖 3.2.9 無人機資安檢測流程圖.....	109
圖 3.2.10 本計畫無人機物流服務軟體系統服務範圍(以中華郵政為例). 116	
圖 3.2.11 本計畫無人機物流服務軟體系統資料來源示意圖	117
圖 3.2.12 本計畫無人機射頻識別資料串接流程示意圖	120

圖 3.2.13 本計畫無人機射頻識別資料接收示意圖.....	120
圖 3.2.14 Dronetag Mini 通過 FAA 認證示意圖.....	122
圖 3.2.15 本計畫射頻識別建置示意圖.....	123
圖 3.2.16 FAA 無人機交通管理系統資料架構.....	125
圖 3.2.17 本計畫無人機交通管理系統架構示意圖.....	125
圖 3.2.18 UTM 顯示平台頁面.....	126
圖 3.2.19 本計畫交通管理系統功能架構圖.....	127
圖 3.2.20 112 年 7 月 3 日於花蓮測試廣播式 Remote ID 路線軌跡	128
圖 3.3.1 無人機偏鄉物流運送潛在應用場域分布圖.....	133
圖 3.3.2 歷年颱風侵臺路線分布圖.....	135
圖 3.3.3 無人機物流試飛驗證場域規劃流程.....	136
圖 3.3.4 馬公-虎井航線規劃示意圖.....	149
圖 3.3.6 虎井嶼停機坪現況.....	150
圖 3.3.7 澎湖場域試飛迫降區沃羅諾伊圖.....	152
圖 3.3.8 馬公觀音亭旁空地現況.....	153
圖 3.3.9 莒光新村旁廣場現況.....	153
圖 3.3.10 澎湖視距內飛行航線規劃示意圖.....	155
圖 3.3.11 瑞穗-奇美航線規劃示意圖.....	162
圖 3.3.12 瑞美國小操場現況.....	163
圖 3.3.13 奇美國小操場現況.....	163
圖 3.3.14 花蓮場域試飛迫降區沃羅諾伊圖.....	164
圖 3.3.15 花蓮視距內飛行航線規劃示意圖.....	167
圖 3.3.16 試飛場域起降點周邊安全維護構想示意圖	168
圖 3.3.17 垂直起降場基礎設施之空間規劃構想示意圖	174
圖 3.4.1 奧榮科技於亞創中心試飛的 UTM 系統航線圖	197
圖 3.4.2 樂飛創新於亞創中心試飛的 UTM 系統航線圖	197
圖 3.4.3 經緯航太於亞創中心試飛的 UTM 系統航線圖	197
圖 3.4.4 於亞創中心執行多機測試 UTM 系統航線圖.....	198
圖 3.4.5 奧榮科技於澎湖馬公試飛的 UTM 系統航線圖	200

圖 3.4.6 樂飛創新於澎湖馬公試飛的 UTM 系統航線圖	200
圖 3.4.7 經緯航太於澎湖馬公試飛的 UTM 系統航線圖	200
圖 3.4.8 奧榮科技於花蓮瑞穗試飛的 UTM 系統航線圖	202
圖 3.4.9 樂飛創新於花蓮瑞穗試飛的 UTM 系統航線圖	203
圖 3.4.10 經緯航太於花蓮瑞穗試飛的 UTM 系統航線圖	203
圖 4.2.1 瑞美國小無人機視距內飛行展示	211
圖 4.2.2 各單位進行綜合交流及討論	211
圖 4.2.3 瑞美國小推廣教育活動室外無人機實機介紹	212
圖 4.3.1 教育訓練活動照片	214
圖 4.4.1 成果發表會長官致詞及授證頒獎儀式	215
圖 4.4.2 吳盟分會長與吳東凌執行秘書專題演講	216
圖 4.4.3 無人機廠商與中華電信攤位展示	217
圖 4.4.4 專題研討活動照片	218

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

1. 計畫研究背景

交通部無人機科技產業小組於「2021 交通科技產業白皮書中」提出「我國無人機 2025 年在交通領域應用里程碑」，其中「建立偏鄉及離島無人機物資運補機制」，目標於 2024 年前完成偏鄉、離島地區之日常物資運補及緊急物資運送作業之概念驗證（Proof of Concept, 簡稱 PoC）及服務驗證（Proof of Service, 簡稱 PoS），2025 年完成商業驗證（Proof of Business, 簡稱 PoB），以期建立常態運作機制。本計畫依循前述發展路徑及里程碑，推動偏鄉及離島地區無人機物流之服務模式規劃、測試與驗證，以期完成我國無人機物流之服務驗證。

本所已於民國 109 年、110 年分別辦理「無人機整合示範計畫」、「無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用」，已完成無人機物流運送場域測試之概念驗證。本期計畫將依據前述計畫累積經驗，以政府端作為切入點，聚焦於「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」2 類情境，並以常態營運為目標，建構我國無人機物流之服務模式，並透過場域實作測試，驗證服務模式及相關系統，做為推動下階段商業驗證之依據，並累積實際營運經驗及測試數據，提供主管機關及產業界推動相關工作參考及應用。

2. 計畫研究目的

本計畫研究目的包含：

- (1) 建構我國「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」無人機物流之服務模式與相關系統發展，以供後續推動商業驗證之依據。
- (2) 完成無人機物流場域實作與驗證，累積實際營運經驗及測試數據，提供主管機關、中華郵政公司及國內物流、零售、無人機等相關產業及學研單位後續推動相關工作參考及應用。

1.2 研究範圍與對象

1. 計畫研究範圍

本計畫研究範圍為針對我國偏鄉及離島地區，進行物流運送服務模式、系統發展及場域試飛規劃。

2. 計畫研究對象

以中華郵政公司、我國物流、零售業者及無人機相關業者為研究對象，並考量以政府端作為切入點，以提供主管機關及產業界後續推動相關工作參考及應用。

1.3 研究內容與工作項目

本計畫預定全程研究期程為 2 年，各年期的工作項目如下，本年度預計執行第 1 年期研究，工作項目如下：

1. 服務模式發展

- (1) 以無人機「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」2 類情境為主題，評估國內偏鄉及離島地區之潛在應用場域。
- (2) 依據前述評估結果，擇定驗證場域，並依據中華郵政公司及國內物流業之實務需求，提出對應之服務模式：
 - ①「偏鄉緊急運補」：擇定至少 1 處我國偏鄉災害高風險地區做為無人機緊急運補之場域，完成服務模式、航線、系統需求規格及作業流程規劃。
 - ②「離島物流配送」：擇定至少 1 處我國離島地區做為無人機物流配送之場域，完成服務模式、航線、系統需求規格及作業流程規劃。
- (3) 依據前述場域及服務模式規劃內容，依循民用航空法相關規定，包括交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序之規範，通過能力審查作業；並依循「遙控無人機檢驗程序申請指南」相關規定，辦理無人機檢驗事項。

2. 系統規劃與發展

(1) 無人機系統

- ①依據前述「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」2項服務模式，導入至少4型無人機進行場域飛行測試與驗證，以具有參與國內無人機物流相關場域測試驗證實績之廠商為優先，並應符合下表1.3-1所列基本性能需求。

表 1.3-1 本計畫無人機基本性能需求

滯空時間	50 分鐘（含以上）
導控距離	25 公里（含以上）
抗風能力	6 級（含以上）
動力系統	電力或燃油或混合動力
貨物酬載重量	5 公斤（含以上）
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物能力
自動飛行	具備全自動飛行能力
射頻識別	具備射頻識別功能

資料來源：本計畫彙整。

- ②應提出參與本計畫無人機之型式，並敘明開發構想、性能諸元。
- ③參與本計畫之無人機，應於嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心或其他經本所同意之地點辦理檢驗事宜，並完成視距內試飛以及實際場域試飛。
- ④前述無人機型別之定義，以構造、動力系統、飛控系統及最大起飛重量其中至少一項不同者為一型。

(2) 物流服務軟體系統

- ①依據中華郵政公司及物流業者作業需求，規劃無人機物流服務軟體之系統規格與功能；其功能應至少包括機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理等。
- ②依據前述需求分析，辦理無人機物流服務軟體系統雛型設計與開發。

(3) 無人機交通管理(Unmanned Aircraft System Traffic Management, 簡稱 UTM)系統

- ①完成本計畫無人機之射頻識別功能開發及建置，其規格應符合民用航空法相關規範及本計畫需求。
 - ②完成無人機交通管理系統雛型開發，其功能應符合交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序相關規範，並至少包括任務規劃、飛航許可、追蹤及識別、無人機間資訊分享等。
 - ③辦理射頻識別功能及無人機交通管理系統之多機測試。
- (4) 依據相關法規及本計畫需求，辦理財團法人電信技術中心發布之「無人機資安保障規範」相關驗測。

3. 場域試飛

- (1) 於嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心辦理視距內試飛，每型無人機飛行時數至少 25 小時，其中至少 5 小時應結合射頻識別功能及無人機交通管理系統測試。
- (2) 完成偏鄉及離島場域之場勘、航線規劃，以及通訊、起降場地(含地面安全隔離)、地面控制站等基礎設施整備。
- (3) 辦理至少 2 次偏鄉及離島場域試飛，並應結合射頻識別功能及無人機交通管理系統測試。
- (4) 除前述本計畫需求之測試次數及時數外，另須配合交通部民用航空局無人機檢驗規範及需求辦理。

4. 資料紀錄、保存與分析

- (1) 本計畫之場域測試資料，應保存電磁紀錄，並提出分析報告，併同原始數據送交本所。
- (2) 前述測試資料，應包括飛行測試、環境監測等數據。

5. 參考「政府研究資訊系統(GRB)」之「績效指標(實際成果)資料格式」及「佐證資料格式」，就本計畫成果之特性，選填合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究/計畫成果及重大突破。本計畫績效指標項目至少包括下列第(1)~(3)項其中一項：

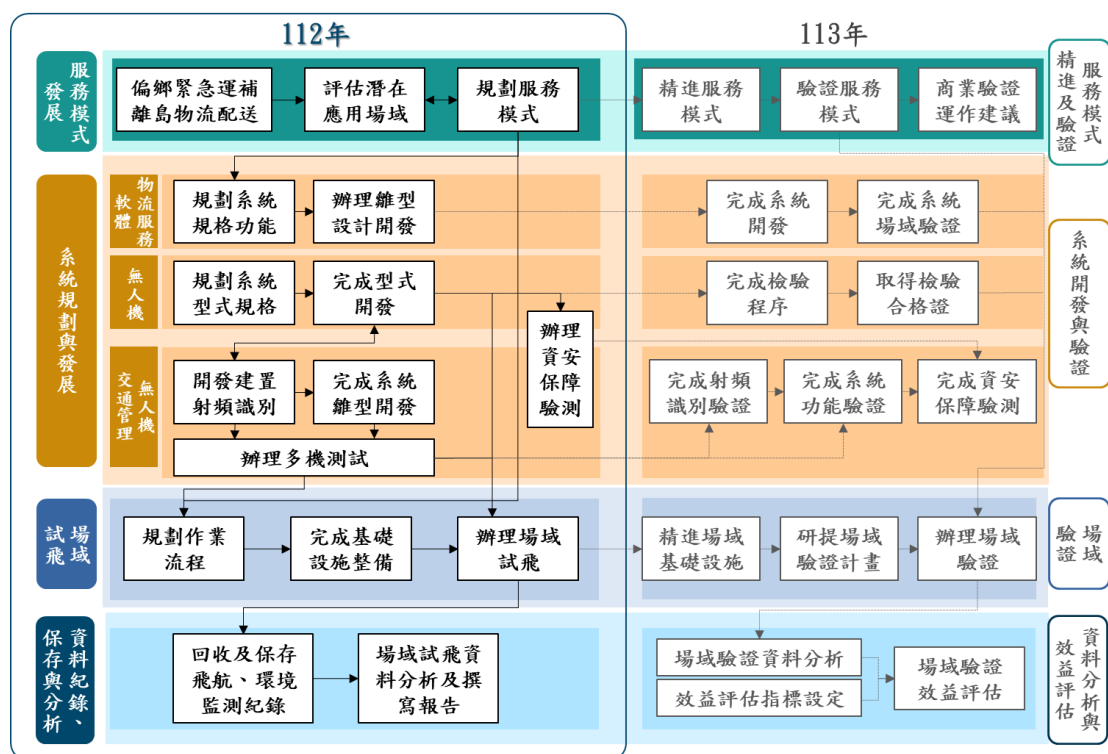
- (1) 論文與研究報告：發表在國際上重要學術研討會或期刊（如：SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI 等）之論文篇數、被引用情形及影響係數、論文獲獎等情形，或研究成果被引用或被參採情形等。
- (2) 培育及延攬人才：如學生畢業後從事相關行業、延攬國際級專業科研人才情形等。
- (3) 辦理學術活動：包含研討會(workshop)、學術會議(symposium)、學術研討會(conference)、論壇(forum)等。
- (4) 前述其他可供列入之績效指標與佐證資料。

6. 其他相關工作

- (1) 針對計畫重要成果，製作簡報、海報及影片電子檔。
- (2) 將本期計畫成果投稿至少 1 篇至本所運輸計劃季刊、國內外期刊、學術研討會。
- (3) 辦理 1 項成果行銷推廣活動及 1 場教育訓練(可以各式形式辦理，如推廣應用說明會、成果發表會、經驗移轉說明會、論壇或研討會…等)，並提供所需軟硬體設備。
- (4) 因應本所科技計畫管考之需，協助填報本計畫相關成果。
- (5) 本計畫執行期間，應投保公共意外責任險、雇主意外責任險，並依民用航空法規定投保無人機責任險。

1.4 計畫研究流程

依據前述工作項目，本計畫研究流程如圖 1.4.1 所示。本年期將進行無人機「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」2 類情境的服務模式規劃與系統發展，並辦理場域試飛；第 2 年期(民國 113 年)將完成服務模式實作、系統開發及場域之驗證。



資料來源：本計畫繪製。

圖 1.4.1 本計畫研究流程圖

1.5 重要會議與活動事記

本年期計畫執行期間共計召開 34 場重要會議與活動(如圖 1.5-1 所示)，相關內容如下所述：

1. 座談會

共計參與及辦理 6 場座談會：

- (1) 民國 112 年 5 月 23 日參與財團法人電信技術中心之無人機資安保障規範說明與交流會議。
- (2) 民國 112 年 6 月 14 日參與先進陸空計畫無人機交流會議。
- (3) 民國 112 年 7 月 31 日辦理本計畫規劃構想專家學者座談會。
- (4) 民國 112 年 9 月 7 日參與第 1 場民航局無人機工作坊暨中華電信無人機射頻識別與飛航管理系統展示。
- (5) 民國 112 年 12 月 6 日辦理花蓮交流座談會。
- (6) 民國 112 年 12 月 29 日辦理交通部無人機研發與應用成果發表會。

2. 訪談

共計辦理 8 場訪談，分別為 1 場中華郵政訪談、1 場地方郵政單位訪談(澎湖郵局郵務科)、1 場交通部民用航空局訪談、2 場地方政府拜會(澎湖縣政府交通陸務科、花蓮縣政府建設處交通科)、1 場地方衛生單位訪談(澎湖縣政府衛生局)、1 場地方救難單位訪談(花蓮縣消防局)、1 場財團法人電信技術中心訪談。

3. 場勘

共計辦理 2 場澎湖場勘及 4 場花蓮場勘，確認無人機飛行航線及起降點。

4. 工作會議

共計召開 11 場工作會議，確認計畫研究方向及進度。

5. 其他會議與活動

- (1)民國 112 年 6 月 21 日出席交通部民用航空局檢驗申請前諮詢暨啟動會議。
- (2)民國 112 年 11 月 14 日辦理無人機組裝教育訓練。
- (3)民國 112 年 12 月 6 日辦理花蓮瑞美國小學童推廣活動。

月份	座談會	訪談	場勘	工作會議	其他會議
5月	無人機資安保障規範說明與交流會議	- 中華郵政訪談 - 民航局航管組及標準組訪談		- 第1次工作會議 - 第2次工作會議 - 第3次工作會議	
6月	先進陸空計畫無人機交流會議	- 澎湖縣府訪談 - 澎湖郵局郵務科訪談	澎湖第1次場勘	第4次工作會議	民航局檢驗申請前諮詢暨啟動會議
7月	規劃構想專家學者座談會	- 花蓮縣府拜會 - 澎湖縣衛生局訪談 - 花蓮縣消防局訪談 - 電信技術中心訪談	- 澎湖第2次場勘 - 花蓮第1次場勘	第5次工作會議	
8月					
9月	第1場民航局無人機工作坊暨中華電信無人機射頻識別與飛航管理系統展示			- 第6次工作會議 - 第7次工作會議	
10月			花蓮第2次場勘	第8次工作會議	
11月	花蓮交流座談會・花蓮瑞美國小學童推廣教育活動		花蓮第3次場勘	第9次工作會議	無人機組裝教育訓練
12月	交通部無人機研發與應用成果發表會			第10次工作會議	
1月			花蓮第4次場勘	第11次工作會議	
112年					
113年					

資料來源：本計畫彙整。

圖 1.5.1 本計畫重要會議與活動事記圖

第二章 重要文獻回顧

2.1 國內外無人機物流運送推動政策方向

本節回顧國內外的無人機政策發展趨勢與目標，並盤點相關計畫、案例以釐清無人機物流運送的發展程度。

2.1.1 國外政策方向

1. 政策發展趨勢與目標

(1) 無人機物流運送潛在市場快速發展

COVID-19 疫情期間，為減少交通運送時間及減少疫情傳播機會，國際間出現許多利用無人機運送實驗室採檢樣本、醫療物資等案例。此外，疫情改變民眾的消費習慣，消費者轉向網路購物之電子商務比率快速增長，促使物流最後一哩路的配送需求隨之大幅提升，以致全球主要物流電商業者(如 Amazon、Walmart、DHL 等)開始導入無人機於偏鄉地區進行物流運送。

除了因為受到疫情衝擊而驅動無人機物流市場發展，無人機本身受到人工智慧、半導體晶片等技術突破，無人機已可逐漸實現自動化飛行，具備提升物流運送效率及安全性的潛力。有鑑於利用無人機進行物流運送可改善最後一哩路運送的不便，減少投入運送人力成本及人為失誤的可能性，以及具備減少配送成本、提升運送效率、減少都市交通壅塞、減少二氧化碳排放等優點，近年無人機物流運送市場產值持續上升。依據印度 Allied Market Research 市場調查公司於 2022 年公布之預測報告，至 2031 年全球無人機物流運送之市場收益可從 2021 年之 9.4 億美元成長至 321 億美元，年均成長約 43.3%。

(2) 政府透過示範計畫完成相關技術、法規及基礎設備的整備

國際上無人機應用於物流運送以美國為先驅且占最大市場，但由於無人機物流運送所涉及之監管規範複雜(如視距外飛行、

飛航管理等)、技術挑戰多(如偵測避障、自動化導航、克服氣候等),且噪音、公共安全、隱私與資安等外部公眾疑慮多,故大規模運行仍需要時間進行整備。

為解決上述相關議題,美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, 簡稱FAA)於2017年至2020年間透過辦理IPP整合示範計畫(UAS Integration Pilot Program, 簡稱IPP),將美國部分的州、郡、地方政府與民間廠商(如無人機營運商或製造商)集結,共同測試不同的應用技術及空域管理方式,以加速無人機的安全整合。

在2020年IPP計畫結束後,FAA同時開啟BEYOND計畫銜接,以延續IPP累積的經驗與成果進行下階段的整合驗證工作,著重於視距外飛行課題的突破、既有法規調適,以確保設施巡檢、公共營運、小型包裹運送的視距外飛行技術達到可複製性(repeatable)、可擴展性(scalable)與經濟可行性(economically viable)。兩階段計畫執行之無人機物流服務情形彙整於表2.1-1所示。

表 2.1-1 美國 IPP 及 BEYOND 計畫物流服務實施情形

參與單位	IPP 計畫	BEYOND 計畫
聖地亞哥(City of San Diego, CA)	與 Uber 合作於都市內進行無人機運送食品的測試。	-
維吉尼亞創新及企業投資局(Innovation and Entrepreneurship Investment Authority, Herndon, VA)/ 維吉尼亞創新科技中心(Center for Innovative Technology, Virginia)	與 Wing 合作於克里斯琴斯堡(Christiansburg)郊區進行小型包裹運送的點對點服務測試。	與 Wing 合作於於克里斯琴斯堡(Christiansburg)活動中心設置公共物流服務專區(public delivery zone),擴大服務客群。
北卡羅來納州交通局(North Carolina Department of Transportation, Raleigh, NC)	與 Matternet、UPS Flight Forward、Zipline, Volansi 及 Flytrex 合作,於郊區、偏鄉及都市進行無人機物流運送醫療用品	Zipline 及 Matternet 取得 FAA Part 135 無人機營運許可證進行大範圍物流運送服務。 Causey Aviation Unmanned、Zipline 及

參與單位	IPP 計畫	BEYOND 計畫
	及食品的測試。	UPSFF 獲得 FAA 授權，可進行超視距 (BVLOS) 包裹遞送。
雷諾市(The City of Reno, NV)	與 Flirtey 合作，進行於城市及郊區內提供運送自動體外心臟除顫器等緊急醫療設備的測試。	與 Drone America 合作，進行緊急醫療用品的運送測試。

資料來源：本計畫彙整。

(3) 無人機偏鄉物流以樞紐至設施間運送之服務模式為主

國際間無人機物流服務模式可概分為樞紐至門戶(Hub-to-Door)、樞紐至設施(Hub-to-Facility)、樞紐至樞紐(Hub-to-Hub)等三種物流服務模式。其中，由於偏鄉的聚落分布較零散，故以無人機將物資運送至偏鄉之服務模式多以「樞紐至設施」型態為主。各服務模式類型彙整於表 2.1-2 所示。

表 2.1-2 無人機物流服務模式彙整表

服務模式	內容簡述	主要服務地區	服務廠商案例
樞紐至門戶(Hub-to-Door)運送	為提供最後一哩路運送服務，美國為主流市場，以外送市郊零售、食物或藥品為主，運送重量小於 7 公斤，服務範圍介於半徑 5 至 20 公里內。	市郊	Wing、Matternet、Walmart、DroneUp
樞紐至設施(Hub-to-Facility)運送	為日本產業政策所推動，主要為偏鄉、高山或離島物資補給的運送應用，運送貨品以藥品、零售商品、工廠零件及郵件為主，故運送重量小於 20 公斤，服務範圍介於半徑 5 至 30 公里內。	偏鄉、離島	Zipline、WingCopter、日本樂天
樞紐至樞紐(Hub-to-Hub)運送	為跨城市間的物流運送，無人機載重能力高，且可服務範圍也較廣。廠商以大型物流中心為無人機起飛基地，將貨品運送至鄰近城市之物流中心。	跨城鎮	Volocopter、FedEx

資料來源：本計畫彙整。

(4) 各國無人機交通管理系統(UTM)發展愈趨成熟

國際民用航空組織(International Civil Aviation Organization, 簡稱 ICAO)於 2023 年 5 月發布第 4 版 UTM 框架及建置原則，並以附錄(A~J)方式提出 10 種面向的管理原則，有助於 UTM (無人機飛航管理系統, Unmanned Traffic Management, UTM) 系統之間的全球協調，並提供安全、逐步實施和空中交通管理整合的方法，包括:A. 無人機註冊、識別及追蹤、B. 無人機通訊系統、C. 無人機電子圍籬系統、D. UTM 系統與現有航管系統介接與轉換、E. UTM 服務業者組織架構及核准程序、F. 空域衝突處置與隔離管理機制、G. 空域風險評估與緊急處置規劃、H. 無人機空中交通管理系統性能要求、I. 如何檢定 UTM 系統、J. UTM 系統與起降場站整合機制。

歐盟航空安全總署(European Union Aviation Safety Agency, 簡稱 EASA)亦於 2023 年 5 月提出人工智慧路徑圖 2.0(AI Roadmap 2.0)，此份路徑圖揭櫫 AI 在航空應用上的各個面向，其中亦提及未來人工輔助、人類與人工智慧的合作以及先進自動化與自主人工智慧在 UTM 領域的發展進程。

UTM 系統有時會被稱為第三方服務，表示該服務是由無人機營運商或主管機關(例如 FAA、EASA 等單位)以外提供。目前有許多提供 UTM 服務的公司，如美國的 Raytheon Technologies Corp, Altitude Angel Ltd., AirMap Inc., OneSky Systems Inc 及 Lockheed Martin Corp，義大利的 Leonardo SpA，法國的 Thales SA，奧地利的 Frequentis AG 等。

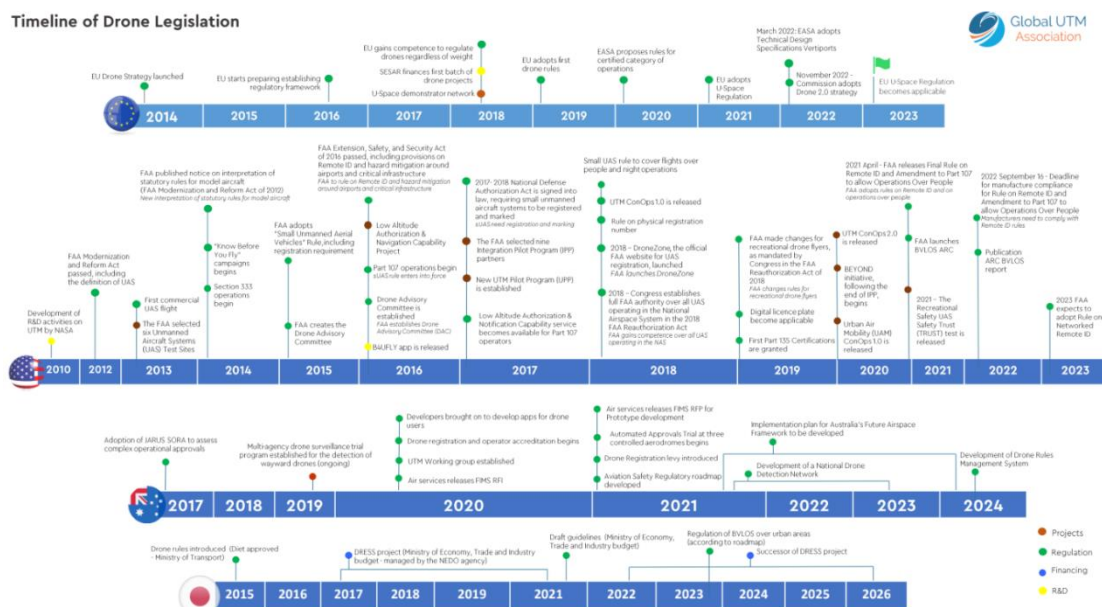
各國所採用的 UTM 服務單位及其組織型態亦有所不同。例如，美國是由 FAA 主導規範制定和認證後，由空中交通管理局(Air Traffic Organization, 簡稱 ATO)輔助，將服務外包給 UTM 系統營運商；並透過 UPP 等計畫逐步進行軟體、通訊及射頻識別等測試。

德國則採公司化單位方式，由德國航空交通管制公司(DFS)與

德國電信 (Telekom) 合資成立 Droniq 公司。其前身可追溯自 2016 年的無人機連線計畫；自 2019 年由 DFS 持股 51%、Telekom 持股 49% 成立公司後，結合 DFS 的航空專業知識與 Telekom 的通訊專業，以成為為歐洲提供服務並制定共同標準為目標，開始提供 UTM 的註冊、任務規劃、無人機檢測系統集成服務；至 2021 年進一步提供了任務支援、衝突警告、資料保存和保險產品的服務；至 2023 年則整合成平台解決方案，並集成電子識別。

英國則是由國家航空交通服務控股公司 (National Air Traffic Services, 簡稱 NATS) 與民營 UTM 系統商 Altitude Angel 合作，合作推動可與傳統空中交通管制整合並互動的無人機交通管理解決方案，透過資訊流的合併以提高空域使用者的安全性；2023 年初 Altitude Angel 獲得英國電信集團 (BT Group) 資助，提供 UTM 建置的關鍵基礎設施建設，以加快官方主導的無人機高速公路「Project Skyway」計畫。

參考全球 UTM 協會發表的世界各地 UTM 發展的期程，無人機交通的監管發展正逐步穩定中。



資料來源：<https://gutma.org/utm-timelines/>。

圖 2.1.1 全球 UTM 發展期程

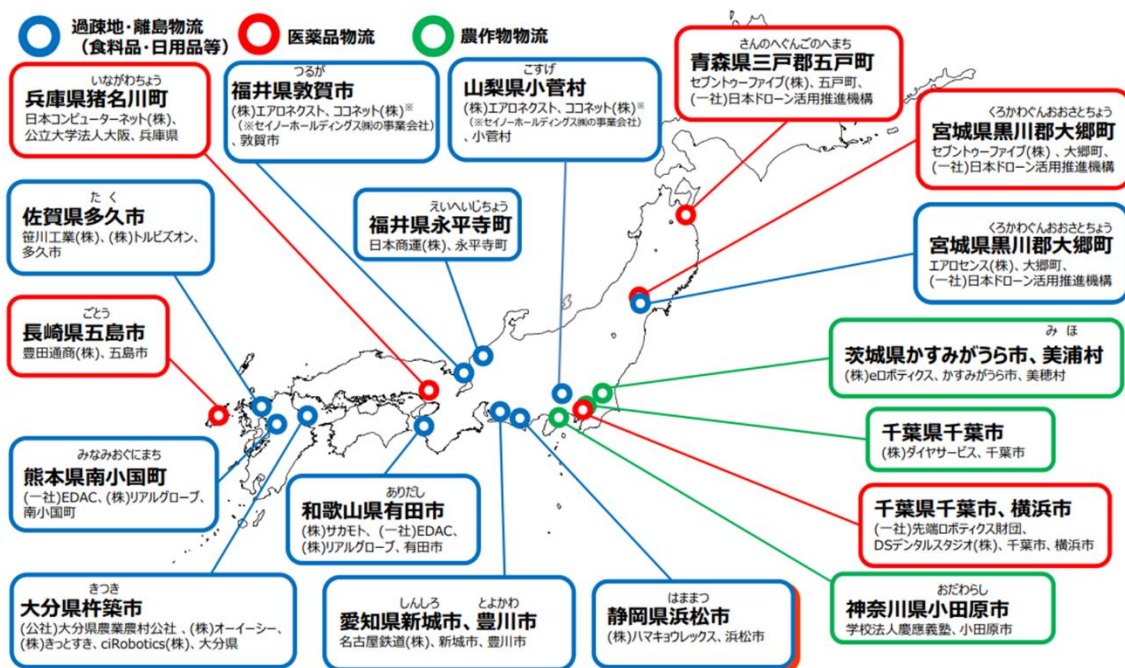
2. 發展程度

(1) 無人機物流運送以郊區、偏鄉運送為主，都市間物流運送仍尚待突破

目前國際上投入無人機物流運送的地區多以郊區、偏鄉為主，主要原因在於郊區擁有足夠之人口，能夠支撐無人機物流運送的需求量；另郊區的建築物不高，環境亦不複雜，對於無人機飛航而言較為安全，且郊區的家戶多半具有庭院，擁有足夠的空間給予無人機進行投擲包裹的行為。因此，郊區的無人機物流運送被廠商視為能有效開拓商機的場域，包括 Wing、Walmart 皆在郊區展開商業營運的無人機運送服務。

偏鄉地區雖然人口數不如郊區，惟偏鄉地區的交通環境不佳，對外聯絡道路不多，容易受到天災發生而中斷，或是因道路崎嶇之故，導致物流運送過程耗費時間成本高。因此，導入無人機物流運送於偏鄉地區能夠改善原先採陸路運輸所需耗費的時間成本外，更重要的是藉由無人機物流運送可以改善偏鄉地區生活條件，居民可以更容易取得新鮮的食品，同時避免在災害發生導致道路中斷時，救援物資不易抵達偏鄉之窘境。據此，近年偏鄉之物流運送更加受政府重視。以日本為例，在 2021 年全國已實行 10 處偏鄉或離島地區的無人機物流運送計畫，如圖 2.1.2 所示。

都市的無人機物流運送目前在國際上的案例較少，主要原因包括都市的環境較為複雜，高聳的建築物、人群密集、訊號易受干擾、難尋降落地點等因素，皆使得要在都市展開無人機物流運送顯得較為艱難。然而，以上限制是能透過無人機技術的革新、法規的放寬、建造基礎設施等方法加以改善。因此，不論是利用無人機進行載物甚至載人，仍是各國持續努力精進的方向。例如，日本以 2025 年在大阪萬國博覽會實現先進空中運輸(Advanced Air Mobility, 簡稱 AAM)為目標，已成立相關組織進行推動；韓國也以 2025 年實現商業化之都市空中運輸(Urban Air Mobility, 簡稱 UAM)為目標；英國在未來飛行願景的里程碑係以 2024 年實現 AAM 示範飛行；法國也預計在 2024 年巴黎奧運會期間實現 AAM。綜上，即便使用無人機在都市進行載物、載人的難度高，仍是各國發展的目標。



資料來源：

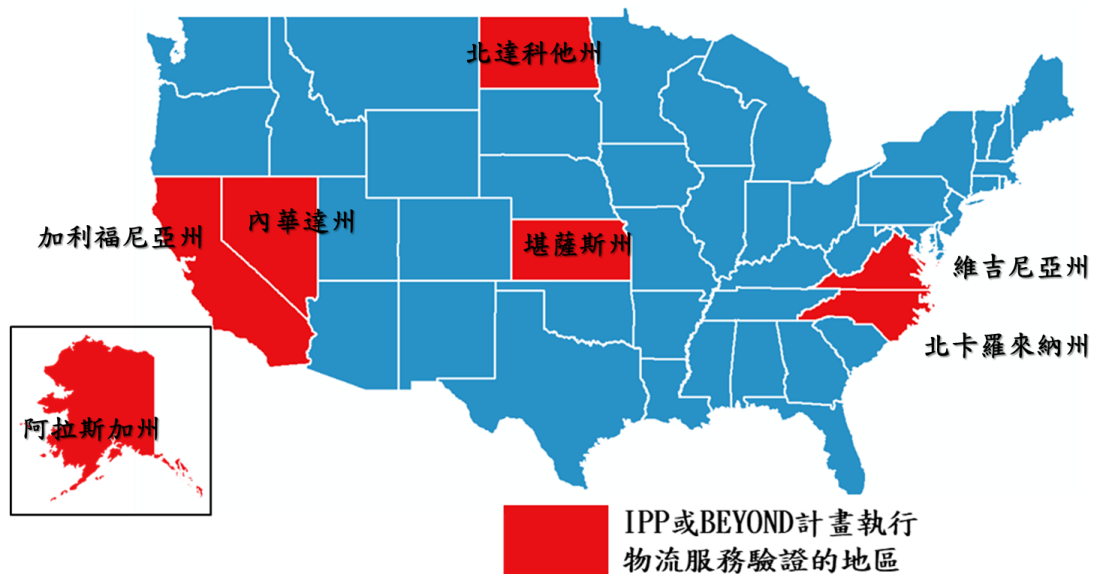
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/drone_platform/pdf/20220721kouen.pdf。

圖 2.1.2 日本在 2021 年全國境內展開的無人機物流計畫

(2) 無人機物流運送主要進入 PoS 服務驗證階段

國際上已有少數無人機廠商包括 Wing、Zipline、Matternet、DroneUp 等已展開無人機物流運送的商業營運，服務型態以家戶運送為主，場域類型以郊區城鎮為主要商業營運區域。

除了以上少數已進入商業營運的廠商，各國案例仍主要進行 PoS 服務驗證階段。如前所述之日本在 2021 年展開的物流運送服務及美國在 IPP 計畫與 BEYOND 計畫進行的物流運送服務，即係透過服務驗證無人機是否具有進行物流運送之能力、服務模式可行性，並以累積飛行經驗為主要目標，作為日後邁向商業營運之基礎。



資料來源：本計畫繪製。

圖 2.1.3 IPP 與 BEYOND 計畫在美國各州展開無人機物流服務驗證計畫

2.1.2 國內政策方向

1. 發展趨勢與目標

(1) 以偏鄉及離島作為發展無人機物流運送重點地區

交通部為推動我國無人機發展物流運送，已在民國 109 年、民國 110 年分別辦理「無人機整合示範計畫推動及管理服務」、「無人機整合示範計畫 II-物流運送之深化應用」，推動離島、偏鄉地區的無人機物流運送測試驗證計畫。

本計畫延續過去在離島、偏鄉累積的無人機物流運送概念驗證的經驗，規劃在本年度展開偏鄉緊急運補、離島物流配送的試飛，並預計下一年度在偏鄉緊急運補完成至少 2 次緊急運補驗證，離島物流配送完成場域驗證至少 40 日曆天。

(2) 交通部訂定我國無人機物流於 2025 年完成 PoB 之里程碑

交通部為推動我國無人機在交通領域之創新應用與產業發展，成立無人機科技產業小組，並於交通科技產業政策白皮書提出我國無人機科技產業發展策略及路徑圖。其中，2021 年版白皮書公布物流運輸將作為 2025 年我國無人機在交通領域應用的其一里程碑，進行偏鄉、離島及氣象站等日常物資運補

及緊急物資運送作業，規劃於 2024 年前完成 PoC 概念驗證及 PoS 服務驗證、2025 年完成 PoB 商業驗證，以建立出常態性營運機制。民國 111 年「交通部無人機科技產業發展策略與執行」計畫成果則明訂出更詳盡時程，詳表 2.1-3 所示。

表 2.1-3 我國無人機物流運送商業化推動時程及重點彙整表

期程	年期	發展重點及內容	預定完成項目
短期	2022 年	藉由整合應用概念測試，克服技術不確定性，達到技術可行性，並確立無人機關鍵技術之性能規格。	年底完成 PoC 概念驗證
	2023 年	完成整合物流服務、評估測試廊道、整頓性能規格，藉以確立服務模式，辦理無人機物流運送服務測試。	2024 年底完成 PoS 概念驗證
	2024 年	朝向降低研發及生產成本方向發展，擴大驗證物流服務多條廊道，穩定服務模式。	
	2025 年	確定收費機制及財源方向，辦理無人機物流運送商業測試。	年底完成 PoB 商業驗證
中長期	2026~2030 年	2026 至 2030 年推動物流與 AAM 場域測試驗證計畫，實現郊區 AAM。	
	2031~2035 年	2031 至 2035 年持續推動上述測試驗證計畫，實現都市 AAM。	

資料來源：交通部運輸研究所「交通部無人機科技產業發展策略與執行」，民國 111 年；本計畫彙整。

2. 發展程度

(1) 透過整合示範計畫已完成概念驗證

國內近年來透過推動無人機物流運送計畫來確立無人機相關技術具備可行性及關鍵技術之性能規格，藉此作為無人機物流運送的概念雛形驗證。交通部運輸研究所即於民國 109 至 110 年間透過「無人機整合示範計畫推動及管理服務」、「無人機整合示範計畫 II-物流運送之深化應用」，開放試驗場域並邀集國內廠商進行國內離島、偏鄉之無人機運送概念驗證測試。而經濟部產業發展署過「普及智慧城鄉生活應用計畫」，在民國 111 年新竹縣尖石鄉辦理中華郵政公司推

動無人機於偏鄉後勤補給運送驗證，並於同年在高雄港與臺灣港務公司合辦無人機物流試驗計畫。無人機物流運送相關測試及驗證案例彙整於表 2.1-4 所示。

表 2.1-4 我國無人機物流運送測試及驗證案例彙整表

辦理單位	辦理計畫	辦理年期	測試場域	測試載重	飛行距離
交通部運輸研究所	無人機整合示範計畫推動及管理服務	民國 109 年	屏東縣東港郵局至琉球郵局	5 kg 以上	約 16 公里
	無人機整合示範計畫 II-物流運送之深化應用	民國 110 年	桃園市復興郵局(介壽國中舊址操場)至華陵里(拉拉山遊客中心停車場)	區分 25 kg 以下及 以上兩類	約 22 公里
經濟部產業發展署	普及智慧城鄉生活應用計畫	民國 111 年	新竹縣尖石郵局至新光部落(新光國小)	25 kg 以上	約 21.2 公里
			高雄港 9 號碼頭至高雄港海上港勤船	-	30 公尺

資料來源：交通部運輸研究所「交通部無人機科技產業發展策略與執行」，民國 112 年 4 月；本計畫彙整。

(2) 國內物流運送無人機之重要關鍵技術須持續投入研發

隨著無人機技術不斷突破，物流運送已為許多國家投入大量資源之重點發展領域。儘管交通部已於 2021 年交通科技產業政策白皮書公布無人機科技產業發展之政策路徑圖與發展里程碑，然國內現況無人機科技產業發展仍不及國際發展程度，相較於無人機發展先進國家，我國在技術層面尚有進步空間。依據民國 112 年「交通部無人機科技產業發展策略與執行」計畫成果，建議我國可從飛航技術、通訊功能及飛航管理系統等三大關鍵技術面向來進行投入研發適用於物流運送的無

人機，同時本計畫亦針對「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」所使用之無人機，提出基本性能需求，有賴透過本計畫精進相關技術能量。

本計畫亦同步參考我國國防部軍用商規無人機之公開徵求性能需求表，其中目獲型無人機對於飛行控制站有較明確之性能需求；而目前我國物流無人機尚無針對飛行控制站提出性能需求，建議可納入後續技術性能需求。我國物流無人機可提升之技術及性能建議彙整於表 2.1-5。

表 2.1-5 我國物流無人機建議性能需求表

關鍵技術策略	關鍵技術項目	國內性能建議	本計畫無人機基本性能需求	國防部軍用商規性能需求
飛航技術精進	抗風耐候	抗 5 級風以上	6 級（含以上）	6 級（含以上）
	載重能力	初期 5~10 公斤，逐步朝 25 公斤以上發展	5 公斤（含以上）	—
	續航力	視酬載及飛行距離而定	50 分鐘（含以上）	1 小時以上
	自動化飛行	自動化飛行程度視需求而定	具備全自動飛行能力	—
	抗電磁干擾	符合國內 EMC 標準	—	須具備抗干擾功能
	定位精度	釐米級	—	具備慣性導引單元(INS)與接收 2 種以上全球導航系統(GNSS)衛星功能、多興多頻衛星訊號功能，並能提供座標、標高級方位角資

關鍵技術策略	關鍵技術項目	國內性能建議	本計畫無人機基本性能需求	國防部軍用商規性能需求
				料。
通訊功能提升	遙導控距離	視飛行距離而定	25 公里（含以上）	20 公里以上
飛航管理系統建置	飛航空域管理	—	—	—
	機隊管理	裝載識別器	具備射頻識別功能	—
	平台資安防護	—	—	—
動力系統	—	—	電力或燃油或混合動力	—
貨物投遞機制	—	—	具備全自動卸載貨物能力	—
飛行控制站	—	—	—	可執行飛行載具控制，並顯示飛航參數及設定，另可開啟手、自動飛行模式（目標方格座標、經緯度及高度顯示）

資料來源：交通部運輸研究所「交通部無人機科技產業發展策略與執行」，民國 112 年 4 月；本計畫彙整。

(3) 國內無人機空中交通管理體系尚待建構

為促進無人機融合我國公共安全、社會秩序、飛航安全並兼顧產業發展，民國 109 年 3 月 31 日施行之「民用航空法」遙控無人機專章(第 99 條之 9 至第 99 條之 19 及第 118 條之 1 至第 118 條之 3)明訂國內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內容。其中，有關遙控無人機飛航活動若符合以下條件，需向交通部民用航空局或地方政府申請排除飛航活動

限制以取得飛航許可：

①禁航區、限航區、航空站或飛行場四周之一定距離範圍內

②實際高度距地面或水面逾 400 呎

③直轄市、縣市政府公告區域實際高度距地表不逾 400 呎

依據交通部民用航空局民國 112 年 3 月初提出之遙控無人機管理規則部分條文修改草案，我國已提出精進無人機飛航安全的構想，例如納管無人機群飛活動，需通過場域資安檢測；飛航活動申請時，無人機需具備射頻識別(Remote ID)功能，包含註冊號碼 ID、無人機位置等對外廣播資訊，以及主動避讓或告警功能之圖資軟體系統。

(4) 我國無人機噪音量測基準尚待建立

隨著無人機的蓬勃發展，國際間亦逐漸重視無人機飛行時所產生的噪音問題，EASA 於 2023 年 6 月發布 600 公斤以下無人機噪音量測標準，其檢驗之量測方式須考量溫度、相對濕度、風速、風向、大氣壓力，因此對於儀器放置的距離、高度和位置都有明訂的標準條件。亞太經濟合作會議(Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC)於 2023 年 9 月發布遙控無人機噪音比較之國際架構(TPT 01 2021A - Comparison of International Frameworks Measuring Remotely Piloted Aircraft Noise)」最終報告，廣泛討論無人機噪音量測及管理架構。該報告指出，造成無人機噪音的原因可能來自於螺旋槳的風扇噪音、機身起降的噪音、以及引擎、變速箱等發動的噪音，各項有相應的量測方式與基準。除了以上客觀的噪音音源以外，對於噪音的感受度也因人而異，故此報告亦介紹了主觀噪音，其描述了人在不同的環境、心情下，會間接影響到個人主觀對於噪音的嚴重程度的認知。

而目前我國尚無針對無人機噪音方面有量測標準及規範，若未來物流無人機欲走上商業化階段，噪音的量測與規範勢必為重要評估項目之一。

(5) 無人機物流測試需長期建立開放場域實證

從國際間無人機物流運送推動進程來看，為加速無人機的空域安全整合、相關技術突破，各國政府皆透過開放測試場域以供無人機相關服務或技術業者進行無人機飛行安全、交通管理系統整合之測試與驗證。

我國在民國 111 年於嘉義縣打造亞洲無人機 AI 創新應用研發中心，作為無人機即研即測先導基地，短期推動及提供概念驗證場域、建置國家級無人機研發測試驗證環境等。然而，我國後續仍需開辦無人機物流測試相關計畫，開放更多實證場域，促進無人機產業的整體發展。

2.2 國內外無人機物流運送服務案例解析

隨著無人機技術發展及各國法規逐漸開放，無人機物流運送正如火如荼發展，其中不乏無人機服務提供商已經具備商業營運能力，不斷地在各國經營其無人機運送業務，亦有物流公司、零售商開始積極與無人機製造商合作，導入無人機於物流運送服務。為評估我國推動偏鄉物流運送之合適作法，本計畫擇定 Wing、Matternet 及 Zipline 等較具規模之無人機服務商，以及 FedEx、Walmart、日本樂天等既有物流零售服務商作為探討案例。另為找尋與我國地理與人文環境相似之案例，本計畫參考島嶼、群山眾多，且人口高齡化程度高的日本案例與我國借鏡，藉由研析國際間無人機物流運送服務的成功案例，以瞭解各案例之物流服務模式、流程與合作參與對象。

2.2.1 國外無人機服務提供商案例

【Wing 在全球商業營運服務次數超過 35 萬次】

1. 案例背景說明

Wing 在 2019 年取得 FAA Part 135 認證，意即 Wing 可以在美國境內進行商業行為的無人機物流運送，在全球無人機物流運送屬於領先群，同時德國無人機市場調查公司 Drone Industry Insights 於 2022 年 11 月公布全球無人機物流運送服務排名，根

據公司規模、成長幅度、公眾關注度等數據進行分析，Wing 在全球排名高居第二，截至 2023 年 11 月，Wing 在全球已達成 35 萬次的商業營運服務。

Wing 成立於 2012 年，並於 2014 年在澳洲昆士蘭州進行首次物流運送。在 2017 至 2020 年參與 FAA 之 IPP 整合示範計畫及 BEYOND 計畫期間與維吉尼亞創新科技中心(Center for Innovative Technology, Virginia)、連鎖藥局 Walgreens、FedEx 合作於美國維吉尼亞州克里斯琴斯堡(Christiansburg)運送食品、藥品及郵件，服務測試距離介於 2 至 8 公里間。

目前 Wing 在全球展開商業營運的主要據點包括澳洲、美國、芬蘭，又以在澳洲昆士蘭州洛根市(Logan City, Queensland)的商業營運最具代表性，早在 2021 年洛根市境內就達到 10 萬次無人機物流運送服務，甚至被 Wing 自詡為世界無人機物流運送之都。因此，本計畫以下就 Wing 在洛根市的商業營運服務案例，探討服務模式與流程、無人機相關設施及規格。

2. 服務模式與流程

Wing 在洛根市的商業營運案例中，與連鎖藥局 Walgreens、超市 Coles Supermarkets、DoorDash、購物中心 Vicinity Centres 等零售、量販、外送業者合作，主要運送生活用品、食物、非處方藥物。服務模式與流程為商品端接受到訂單需求之後，商品端員工將貨物包裹並送至無人機起降場，再由 Wing 員工將包裹裝入無人機，無人機起飛展開運送時，由 Wing 員工全程藉由地面控制台進行監控，無人機抵達目的地後將懸停於離地約 7 公尺處，藉由繫繩將包裹置放於家戶門口前的庭院，透過無人機進行完成家戶運送服務。

3. 無人機相關設施及規格

Wing 在商業營運上，透過建立無人機相關軟硬體設施，達到安全且有效率的服務。硬體設施的部分，Wing 因應店家(藥局、超市、購物中心)所在區域，在店家的停車場、屋頂等空間搭建無人機起降場，並在起降場裝配充電設備，如圖 2.2.1 所示；軟體

設施的部分，Wing 在營運地區推出專屬的 APP，顧客可以自由選購可供運送的商品，並指定貨物遞送地點。此外 Wing 建立 UTM 系統，該系統會依據天氣、地形、空域狀況、其他飛行器位置進行分析，規劃最佳航線讓無人機自動化飛行，地面飛行員也透過該系統監測正在執行任務的無人機，避免飛行過程中發生碰撞等可能威脅飛行安全的行為。

Wing 使用物流運送無人機的機型採混合翼，飛行半徑達 20 公里，飛行速度最快可達時速 104 公里，機身重量約 5.2 公斤，機身採泡沫材料，重量輕，故障墜落也不易對地面造成嚴重衝擊，該機型可運送包裹重量約 2.25 公斤，在運送包裹的任務中，無人機可以在離地 7 公尺的高度盤旋，使用繩索垂降的技術將包裹放置地面。



資料來源：<https://au.news.yahoo.com/coles-reveals-groundbreaking-new-delivery-service-that-takes-minutes-015445405.html>。

圖 2.2.1 Wing 在商家旁的起降基地

【Zipline 在全球商業營運服務次數超過 83 萬次】

1. 案例背景說明

Zipline 成立於 2011 年，原先是以生產機器人相關產品，2014 年起轉而研發物流運送無人機，並於 2016 年在非洲盧安達建立配送中心進行藥物、醫療用品運送的商業營運，爾後 Zipline 在非

洲迦納、奈及利亞、象牙海岸等逐步展開物流運送服務。2017 年起與北卡羅來納州交通局合作參與 FAA 之 IPP 無人機整合示範計畫及後續之 BEYOND 計畫，進行郊區、偏鄉及都市之醫療用品運送測試，並以能達成單次 30 至 50 公里為服務測試距離為目標。

2022 年 Zipline 取得 FAA Part135 認證，促使其可在美國境內進行商業行為的無人機物流運送，在全球無人機物流運送屬於領先群，並逐步將物流運送業務從非洲、美國擴展至東亞地區。同時德國無人機市場調查公司 Drone Industry Insights 於 2022 年 11 月公布全球無人機物流運送服務排名，根據公司規模、成長幅度、公眾關注度等數據進行分析，Zipline 在全球排名高居第一，截至 2023 年 11 月，Zipline 在全球已達成 83 萬次的商業營運服務。

由於本計畫聚焦於國內地區發展偏鄉、離島無人機物流運送，又日本與我國同屬東亞生活圈，因此在地緣關係及案例情境相近的條件下，本計畫就 Zipline 目前與豐田集團合作之日本長崎縣五島列島的離島物流運送服務案例，探討服務模式與流程、無人機相關設施及規格。

2. 服務模式與流程

日本豐田集團全額投資的 Sora-iina 子公司成立於 2021 年，其在本日本長崎縣五島列島展開的物流運送服務主要仰賴 Zipline 的無人機、技術，同時也是 Zipline 首次對非 Zipline 所屬或關係企業提供技術，目前主要運送生活用品、食物、藥物、醫療用品。服務模式與流程為商品端接受到訂單需求之後，店家透過貨車將商品運送至飛行起降場，再由 Sora-iina 員工將商品裝入無人機，無人機起飛展開運送時，無人機抵達目的地後將採取空投包裹的方式完成運送服務，目前空投地點主要為指定的空曠處，2023 年則已展開空投至家戶的服務，採取包裹降落目的地的地區有 Sora-iina 員工負責接收包裹，並親自交付給家戶。Sora-iina 在五島列島已規劃複數航線，航線的位置沿著海岸規劃，盡量避免行經陸地上空，以避免通過民眾居住地區，如圖 2.2.2 所示。

美國、日本等國家進行無人機物流營運或測試，主要進行醫療用品、疫苗的配送，亦與 UPS、JAL、瑞士郵政等單位合作。Matternet 在 2017 年獲得瑞士航空允許能在城市上空展開物流業務，2019 年在 FAA 之 IPP 無人機整合示範計畫下與 UPS Flight Forward 合作在美國北卡羅來納州 WakeMed 醫療系統提供無人機送貨服務，並以 10 至 15 公里作為主要服務測試範圍。2022 年持續參與 FAA 之 BEYOND 計畫，並在取得 FAA Part135 營運認證下，將該遞送計劃擴展至加州大學聖達戈醫療體系，透過無人機在衛生中心和實驗室間運送各種醫用產品(如圖 2.2.3 所示)。截至 2022 年已完成超過 2 萬次商業交付。另預計在阿拉伯聯合大公國阿布達比與衛生部(Department of Health)、民航總局(General Civil Aviation Authority)、SkyGo 合作，建設 40 個無人機接收站並部署無人機物流網絡進行醫療用品配送，提升該地區衛生部的效率。

2. 服務模式與流程

Matternet 無人機物流運送營運服務模式主要有兩種，第一種為透過架設無人機接收站的方式，打造無人機物流網絡，將要遞送的貨物放入至無人機接收站，貨物就能被無人機裝載，並藉由無人機運送至目的地的無人機接收站，持有相對應身分驗證的人才可以從接收站拿出包裹，提升安全性；第二種服務模式則是與電商、車廠合作，將電商貨物集散中心的貨物以無人機運送至貨車，再由貨車將貨物送達至市區的家戶，此服務模式透過無人機越過交通壅擠的市區道路、地面屏障，提升運送效率，且最後將包裹送給消費者仍採用貨車運送的方式，由司機員將貨物遞給消費者，確保深入住宅區的運送過程處於安全的情境，避免無人機深入市區可能造成的風險或是與顧客接觸可能造成的意外。

3. 無人機相關設施及規格

Matternet 所生產的無人機應用於物流運送，機型採多軸旋翼，乘載能力約 2 公斤，營運範圍單程達 20 公里，飛行速度最快可達

時速 70 公里，可抵抗每秒 12 公尺的風速，能於攝氏-10 至 40℃ 的環境飛行，貨物遞送抵達指定地點後，將會降落在距離地面約 3 公尺高的無人機接收站，無人機降落於接收站內而不會與地面人員有直接接觸，確保雙方安全，該接收站除了提供裝、卸貨功能，亦有溫控儲存、電池更換與充電功能，該站體使用身分驗證系統，僅允許授權人員持相關身分驗證通過後才能取貨，提高貨物安全性。整個物流運送網絡都由 Matternet 的雲端平台進行管理，該雲端平台整合顧客端的需求指令、航線規劃、監測、命令、控制等。



資料來源：

<https://www.forbes.com/sites/jeremybogaitsky/2019/03/26/matternet-partners-with-ups-as-it-sets-to-launch-first-regular-drone-delivery-service-in-us/?sh=50acd98d55ed>。

圖 2.2.3 Matternet 與 UPS 合作利用無人機運送緊急醫療用品

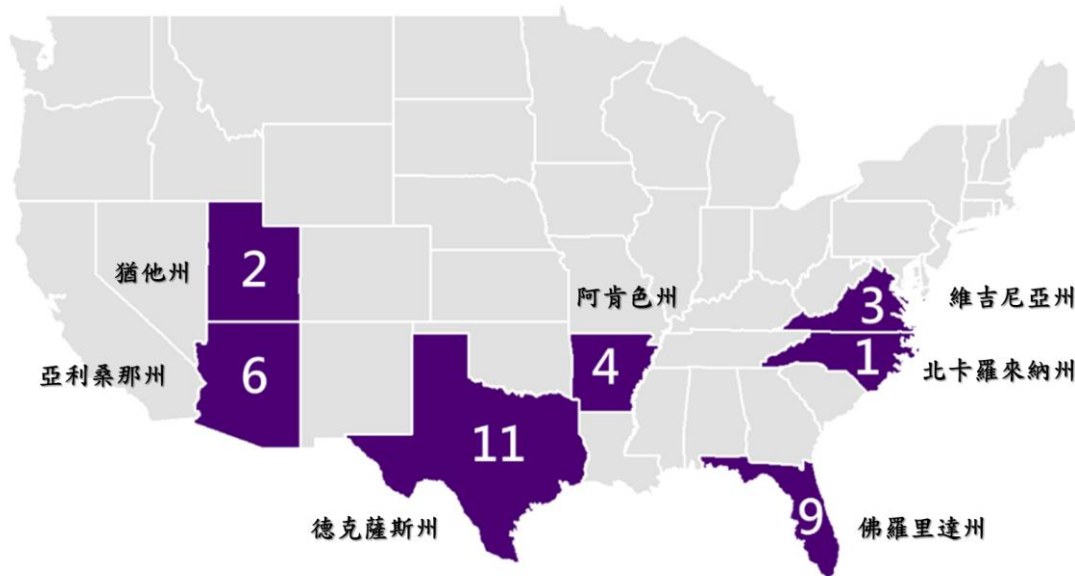
2.2.2 國外物流零售服務商導入無人機案例

【Walmart 在美國 7 州提供無人機運送服務】

1. 案例背景說明

Walmart 成立於 1962 年，其總部位於美國的阿肯色州，Walmart 是當今全球營收最高的零售商，在 2022 年總營業額達

6,000 億美元。2021 年 Walmart 與 Zipline 合作，在其位於阿肯色州的總部展開無人機物流運送服務，如今，Walmart 已與 Flytrex、Zipline、DroneUp 等無人機廠商合作，在美國 7 個州共 36 間商店提供無人機送貨服務，分布地點如圖 2.2.4 所示，在 2022 年 Flytrex、Zipline、DroneUp 替 Walmart 進行無人機送貨服務次數達 6,000 次。



資料來源：本計畫繪製。

圖 2.2.4 Walmart 在全美 7 個州共 36 間門市提供無人機送貨服務

2. 服務模式與流程

Walmart 在美國共 36 間商店提供無人機送貨服務，其中有 34 間商店是由 DroneUp 來負責無人機送貨服務。位於可訂購範圍內的消費者，透過 DroneUp 架設的訂購網站，消費者能選擇超過上萬件 Walmart 的商品，包裹的總重量不得超過 4.5 公斤，在早上八點至晚上八點之間皆可以使用無人機運送的服務，每趟運送費用將收取 4 美元。在接獲消費者的訂購資訊後，Walmart 的員工會將商品打包並交付給商店旁的無人機起降基地，由 DroneUp 的員工負責後續無人機運送工作，DroneUp 的無人機抵達家戶後，將懸停在大約 80 英尺的高度，並使用繩索垂降的方式將包裹放置地面，完成無人機家戶運送之服務。

3. 無人機相關設施及規格

Walmart 為了能夠在 36 間門市展開無人機運送服務，在其店家周邊給予空地讓無人機廠商能夠建造符合其無人機起降需求之基地。以 Walmart 的主要合作廠商 DroneUp 為例，DroneUp 建立起降基地如圖 2.2.5 所示。DroneUp 在 2021 年收購 AirMap，AirMap 負責建構 UTM，結合禁航區、天氣、空中交通狀況等空中資訊，提供並規劃無人機能夠安全飛行的航線。AirMap 所建構之 UTM 系統可以提供服務給無人機廠商、空域管理單位、機場營運者。



資料來源：<https://www.axios.com/local/nw-arkansas/2022/07/22/walmart-drone-delivery-nwa-droneup>。

圖 2.2.5 DroneUp 在 Walmart 店面旁建立的起降基地

【FedEx 利用無人機進行中間一哩的物流運送】

1. 案例背景說明

FedEx 成立於 1971 年，其總部位於美國的田納西州，FedEx 是全球著名的快遞公司之一，在 2022 年總營業額達 935 億美元。FedEx 最早在 2019 年與 Wing 合作，在美國的維吉尼亞州使用 Wing 的無人機進行包裹遞送的驗證計畫，屬於 IPP 計畫的一部份，旨在驗證最後一哩（last mile）的家戶運送。FedEx 在 2022 年宣布，預計與無人機製造商 Elroy Air 合作，有別於過去的驗證是家戶運送，本次計畫屬於中間一哩（middle-mile）運輸任務，預計在各個物流中心、分貨點之間運送貨物，展開端到端（end to end）遞送貨物的測試，如圖 2.2.6 所示。

2. 無人機相關設施及規格

FedEx 要在 2023 年展開的中間一哩 (middle-mile) 物流運送，然尚未正式營運，因此無法掌握其無人機相關設施，然而，Elroy Air 已推出一款名為 Chaparral 的載貨無人機，預計作為長途貨運運輸使用，其機型為混合翼，採混合動力系統，能提供 300 英里的飛行距離，載重可達 250 至 500 磅。



資料來源：<https://newsroom.fedex.com/newsroom/global/elroyair>。

圖 2.2.6 FedEx 與 Elroy Air 合作進行中間一哩物流運送示意圖

【樂天 Rakuten 提供日本偏鄉、離島無人機物流配送服務】

1. 案例背景說明

樂天為總部位於日本的大型電商，近年來執行多項自行推動的無人機物流驗證計畫，最早於 2016 年執行第一項計畫，將無人機導入於高爾夫球場傳送餐點飲料；2019 年更與大型連鎖超市西友合作，在神奈川縣橫須市與猿島等偏鄉、離島地區展開為期三個月的無人機送貨服務，並以運送零售商品、醫療物資為主。2021 年則於長野縣海拔約 2,900 公尺之白馬岳，以無人機進行蔬果、食材及醫療用品等山屋物資補給作業。同年，與日本郵政公司 (Japan Post Holdings) 合資成立物流公司 (JP Rakuten Logistics, Inc.)，透過強化物流業務合作來對抗美國跨國電子商務企業亞馬遜 (Amazon)，並於 2023 年起正式推出無人機郵遞服

務，由山區、離島等既有配送人員不足的地區著手，以滿足緊急物資配送需求。

2. 服務模式及流程

樂天營運服務係以測試驗證為主。與零售商店合作或偏鄉緊急物資運送模式多以由商店運送零售用品至偏鄉山區或離島的空曠處(如學校操場)為主(如圖 2.2.7、圖 2.2.8 所示)。以西友超市為例，無人機待西友超市店員於超市屋頂將商品裝箱放進無人機內後即起飛，約 5 分鐘後可抵達指定的目的地。與日本郵政公司合作則多由無人機將郵件從郵件處理中心運送至投遞局(如圖 2.2.9 所示)。

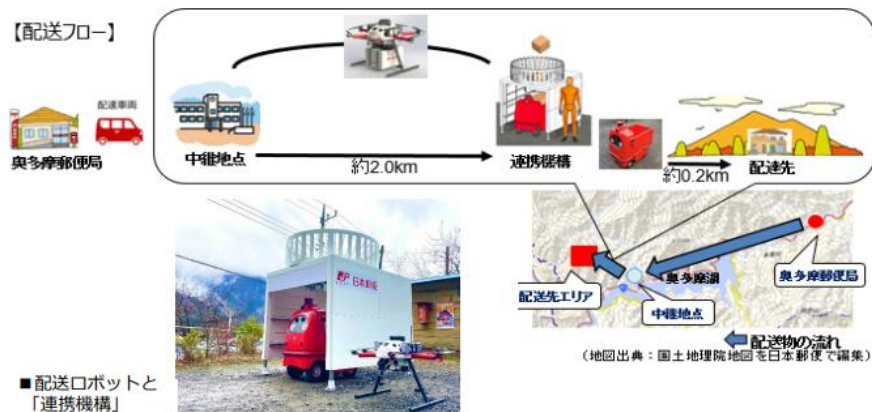
3. 無人機相關設施及規格

樂天與無人機製造商 ACSL 共同合作開發物流無人機，進行日本偏鄉及山區無人機配送。機型採多軸旋翼，乘載能力可達 7 公斤，飛行速度最快可達時速 50 公里，續航能力至少達半徑 10 公里，可以採全自動飛行，並於機身裝載降落傘，確保即便故障墜落也能保持安全，同時開發無人機儀表板程式，類似 UTM 能夠監控無人機的飛行狀態。



資料來源：Rakuten Drone 網站，<https://drone.rakuten.co.jp/en/>。

圖 2.2.7 樂天提供山區無人機物資運送服務



資料來源：「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver. 3.0」，内閣官房、国土交通省，2022 年 3 月。

圖 2.2.8 樂天與日本郵政、ACSL 合作提供東京都山區郵件運送服務



資料來源：「ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver. 3.0」，内閣官房、国土交通省，2022 年 3 月。

圖 2.2.9 樂天與中光電機器人合作提供埼玉縣秩父市緊急物資運送服務

2.2.3 國外偏鄉、離島無人機物流運送案例

因應我國無人機物流運送發展方向朝偏鄉、離島場域，並以 2025 年完成 PoB 商業驗證為里程碑。本計畫選擇與臺灣偏鄉聚落地理分布零散、離島眾多、人口組成分布相似的日本作為參考對象，藉由回顧日本近年於偏鄉及離島的無人機物流運送案例，評析其推動過程中所面臨之課題，作為借鏡並從中學習。

日本國土交通省於 2023 年 3 月發布「無人機遞送包裹指南」，針對未來使用無人機物流服務的導入方式、配送方式提出具體流程，其中共詳列全國 49 個於都市、都市郊外、地方都市、偏鄉及離島的無人機物流運送案例，以下就與臺灣偏鄉及離島類似之場域或運送物品案例說明。

【大分縣日田市中津江村 災害時的無人機運用訓練】

1. 案例背景說明

參與此案單位包括無人機營運商 NOBEL、無人機製造商 ciRobotics、Blue innovation、日田楠廣域消防局消防本部、日本紅十字會大分縣支部。由 Blue innovation 規劃無人機物流運送服務模式，日本紅十字會大分縣支部提供救援物資，以及由日田楠廣域消防局消防本部執行無人機災害調查作業。

中津江村為位於日田市山區의村莊(海拔高度約 520 公尺)，如圖 2.2.10 所示，該村曾於西元 2020 年 7 月因豪雨引發土石流和山崩，致唯一的聯外道路交通阻斷且通訊中斷情況。考量山區仍多高齡者居住，且曾有避難所的物資不足的情況，欲藉由無人機運送救援物資。

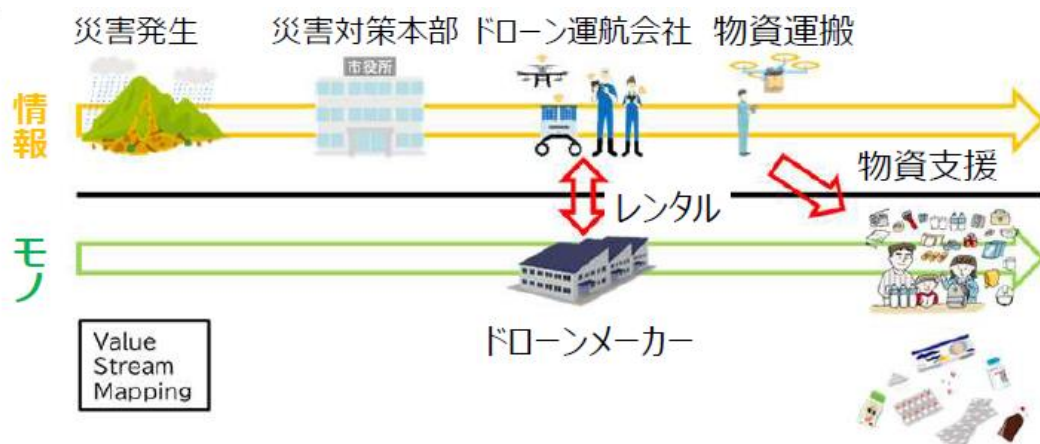


資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.10 日田市中津江村位置示意圖

2. 服務模式與流程

災害發生後，政府因應災民請求救濟的要求，向無人機營運商提出運輸需求；營運商透過向無人機製造商租賃無人機，並由紅十字會人員將救援物資放入無人機置物籃，將送貨籃固定在機身上，飛行準備完成後即開始運送工作，如圖 2.2.11 所示。無人機將貨物送至目的地後，使用繩索將物資懸掛在交貨目的地上方，以垂吊方式將貨物落地，固定裝置自動釋放貨物，再由當地居民確認收取救援物資，並透過衛星電話與警消單位回報災民安全情況。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.11 中津江村物流無人機服務模式圖

3. 無人機相關設施及規格

此案例採用 ciRobotics 公司所製造之多懸翼機 ciDrone TR-52，酬載 30.5 公斤，續航距離 6 公里，巡航時間 10 分鐘(懸停 20 分鐘)，最大速度可達 36 公里/小時，機體配有電動絞盤及自動釋放鉤。運送物資包含衛星電話、毛毯、睡眠包、急救包，總重約 10 公斤。

飛行路徑採直線飛行，盡量避免飛越民宅上空，單趟路徑長度約為 1.1 公里及 1.9 公里，如圖 2.2.12 所示。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.12 中津江村飛行路徑示意圖

4. 案例課題解析

因救援物資的重量較重，且飛行途中亦受天候影響，為確保飛行安全，在硬體方面需提升飛機的載重穩定性，軟體方面需建立 CRM(Crew Resource Management，組員資源管理)，CRM 系統主要為改進航空飛行時的安全，藉由掌握機組人員之間的溝通、領導力及決策能力，以減少人為錯誤而產生嚴重後果。

由於原本預設投遞救援物資的地點，可能會受災害影響導致無法起降，而需將救援物資運送到非預設的地區，故讓當地居民了解無人機的物流模式和操作也是至關重要的。

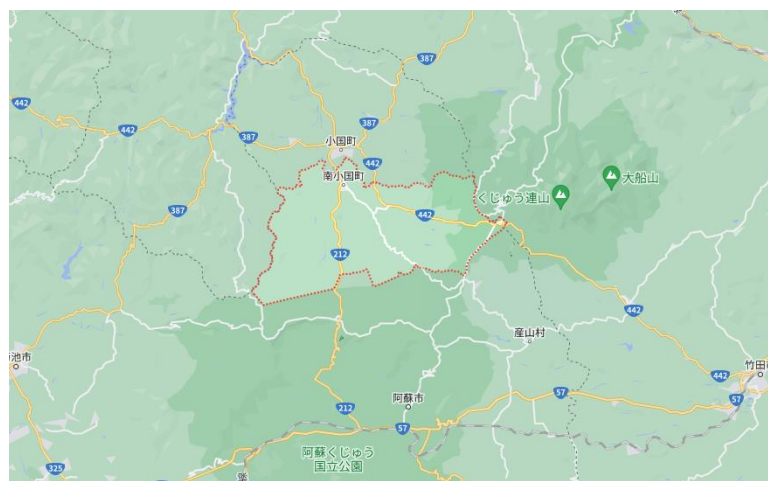
因使用垂吊方式投遞貨品，垂吊的繩索需以絞車升降，而絞車的使用條件需在風速 4m/s 以下，故需要監測投遞點的風速。

【熊本縣阿蘇郡南小國町 在災害發生時提供購物資源和運輸物資】

1. 案例背景說明

參與本案例的單位，主要由 EDAC(緊急醫療照護、災難應變自動支援系統委員會)統籌，地方政府熊本縣南小國町、無人機製造商 Aerosense 及 IT 公司 Real globe 共同參與。

南小國町為位於熊本縣阿蘇郡的山上村莊(海拔高度約 510 公尺)，如圖 2.2.13 所示。在此案例中模擬未來當地於災害期間道路受阻，村莊成了孤島，使用無人機運送醫療用品，透過此次案例確認災害發生時的緊急運送路線和可行性。



資料來源：Google Map。

圖 2.2.13 熊本縣阿蘇郡南小國町位置示意圖

2. 服務模式與流程

需求方可透過智慧型手機利用遠端資訊系統「Hec-Eye」(圖 2.2.14)，請求運送必需品，業者收到運送請求後，確認貨品及飛行路線後即可由飛手操控飛行，雙方均可透過「Hec-Eye」即時監控配送請求、無人機即時影像與配送狀態。需求方於無人機落地取得物品後，透過智慧型手機應用程式報告完成情況，運送方透過系統檢查完畢後，無人機依照原路線返程。



資料來源：Real Globe 網站，<https://realglobe.jp/cases/239/>。

圖 2.2.14 HEC EYE 服務模式示意圖

本案例中分別使用兩種不同的無人機，一架示範載送民生用品，用以代替平時會移動至當地販售民生用品的移動銷售車；另一架則為示範載送災難期間的緊急物資運送。

3. 無人機相關設施與規格

本次案例使用的物流無人機為 Aerosense 製造的 AEROBO AS-MC03-TBox 和 AEROBO WING，如表 2.2-1 所示。

表 2.2-1 Aerosense 無人機規格表

機型	AEROBO AS-MC03-Tbox 多旋翼	AEROBO WING VTOL
酬載	3 公斤	1 公斤
續航距離	5 公里	50 公里
續航時間	40 分鐘	
最高速度	54 公里/小時	100 公里/小時
動力來源	電池	
通訊方式	LTE	

機型	AEROBO AS-MC03-Tbox 多旋翼	AEROBO WING VTOL
機體重量	2.63 公斤	8.54 公斤
其他設備	USB、UART	

資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」；本計畫彙整。

本次案例的無人機配備 LTE SIM 卡，因此可以直接在空中進行通信，將影像等各種資訊傳送到地面；並透過遠端資訊系統「Hec-Eye」與無人機的資訊(位置、影像…等)即時串聯。

運送物資包含食品(蔬菜、水果)約 2 公斤、醫療用品(藥品)約 0.7 公斤。飛行路徑盡量避免飛越民宅上空，路徑單趟長度約 3.1 公里，如圖 2.2.15 所示。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.15 南小國町飛行路徑示意圖

4. 案例課題解析

本次案例於飛行路徑的地面沿途安排四位助手，以協助確認無人機飛行情況及通訊狀況，確保無人機能順利完成起降及飛行。然而人員越多成本也越高，因此提高無人機的安全及穩定性，提高自動化程度及減少人員的涉入程度，才能夠降低成本利於永續發展。

【廣島縣江田島市 擴大居民的醫療網絡】

1. 案例背景說明

參與本案例的單位，主要有無人機營運商 ProDrone、物流平台 Kamomeya 和醫藥業者 Qol Holdings。

江田島市為廣島縣轄離島，位於廣島市南方，如圖 2.2.16 所示，由於該地區老年人口有逐年增加趨勢，偏遠島嶼的居民因交通不便無法即時就醫取得藥物，本案例藉由遠距醫療和無人機送貨可為居民提供醫療便利性，亦可簡化醫療服務提供者的工作；同時亦可作為災難期間運送物資的替代運具之一。

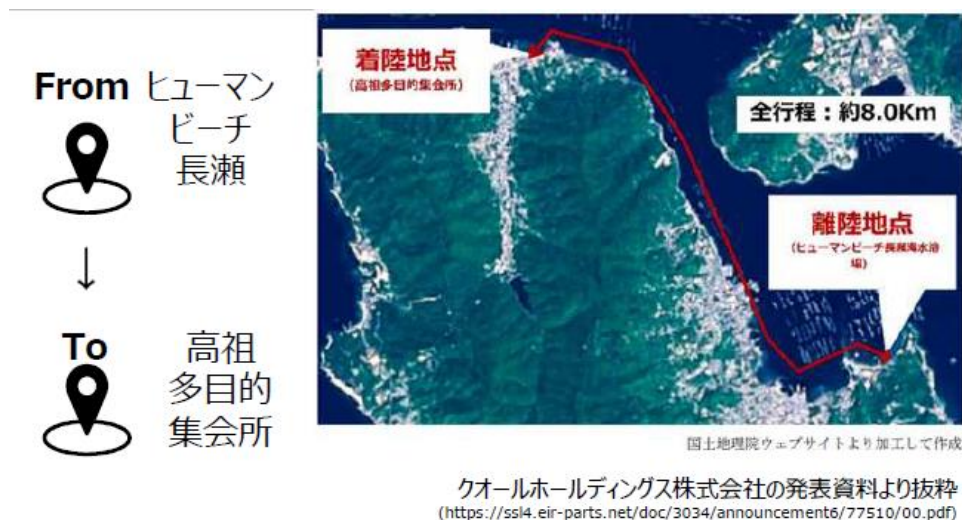
2. 服務模式與流程

居民透過遠距醫療接受醫師診斷和線上指導用藥，藥劑師接收到處方籤後準備藥品，並將藥品放置於無人機上即可飛行，無人機操作員遠端透過系統監控無人機自動飛行的過程，待無人機抵達目的地後，再由當地藥劑師從無人機取下藥物並交付給患者。

3. 無人機相關設施與規格

本次案例使用的無人機為由 ProDrone 製造的 PD6B-Type3，其酬載為 30 公斤，續航距離為 10 公里，無載物時的續航時間約為 28 分鐘，負載 4.9 公斤貨物時則為 20 分鐘。其飛行最快速度可達 60 公里/每小時，動力來源為電池，通訊方式可透過 2.4GHz、920MHz、5.7GHz 和 LTE。其機體防水等級為 IP44，可抗風速 12 米/每秒，於風洞測試於載重情形則為 23 米/每秒。

本次案例載送物品主要為處方籤藥物，重量約 3 公斤(包含特殊外盒，以控制藥物環境溫度及 GPS。飛行路徑為盡量避免避開居民及車輛，採沿岸飛行於海面上空，單程距離約 8 公里，如圖 2.2.16 所示。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.16 江田島市飛行路徑示意圖

4. 案例課題解析

操作流程中需確保飛行的穩定性，故於此次試飛作業中需較多人員參與，若未來增加無人機物流運送的可靠度和安全性，則可減少人力的投入。

因飛行的航線位於山區或有許多阻擋無線電波的障礙物，如建築物 and 樹木，雖然在 LTE 環境下可以通訊，但可能會有訊號延遲的情況；為了確保通訊品質，需進行實地勘查，選擇適合環境的頻段。

【福島縣福島市 居民的購物支援】

1. 案例背景說明

參與本案例的單位，主要有全日空(ANA)和 7-11 便利商店。

能古島隸屬於福島縣福島市，為位於福島市西北側之島嶼，從福島渡船口搭船約 10 分鐘可抵達。能古島除了有當地居民外，亦因每年花季吸引旅客前往。然而該地面臨到的課題為離島、山區和郊區商店數量減少，對於高齡者來說，食品及民生用品的購買難度增加。欲透過無人機物流運送縮短貨物運送的時間，並擴大送貨的範圍，且可為購物有困難的人(如高齡者)提高購物便利性。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.17 福岡縣福岡市能古島位置示意圖

2. 服務模式與流程

客戶透過線上商店「7NOW」訂購商品，由 ANAHD 開發的配送管理系統接收配送訂單，由營運商決定是否可飛行，超商員工包裝好將要配送的商品轉交於無人機營運商，營運商將商品放置無人機上即可飛行，抵達目的地後由營運商取下商品轉交給客戶，無人機營運商更換無人機電池後起飛返航。

送貨目的地設置在居民區附近，以提高客戶接收包裹的便利性，並且於此次的案例中納入「送貨費用」和「週六/周日送貨」服務，此為 2020 年能古島物流無人機試飛案例中沒有實施的。

3. 無人機相關設施與規格

本案例使用的無人機為 ACSL 製造的 PF-2(圖 2.2.18)，其酬載為 1.7 公斤，動力來源為鋰電池，使用 LTE 通訊，續航距離為 10 公里，在搭載 1.5 公斤商品的情況下續航時間為 17 分鐘，其飛行速度最快可達 72 公里/每小時，其耐候性可達抗風力 10 公尺/每秒。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.18 ACSL 無人機 PF-2

本次飛行航線主要位於海面上，單程距離約 4.4 公里~5.5 公里，如圖 2.2.19 所示。因為於夜間飛行，除了需對港口進行照明以確保夜間起降時的安全外，亦需選擇較廣闊的區域作為起降點；並提前在夜間進行飛行試驗，透過檢查機體能見度和能見度範圍來設計路線。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.19 能古島物流無人機飛行路徑示意圖

4. 案例課題解析

需透過 Propoles(プロポレス)減少操作人員、助理人數，思考如何精進無人包裹遞送的方式，以減少人力的投入；且便利商店的服務時間為 24 小時，需有人員可以滿足長時間的配送服務。

需確保在夜間配送起降場的安全性，且因現行航空法對於夜間視距外飛行的申請較困難，也需思考對應方式。

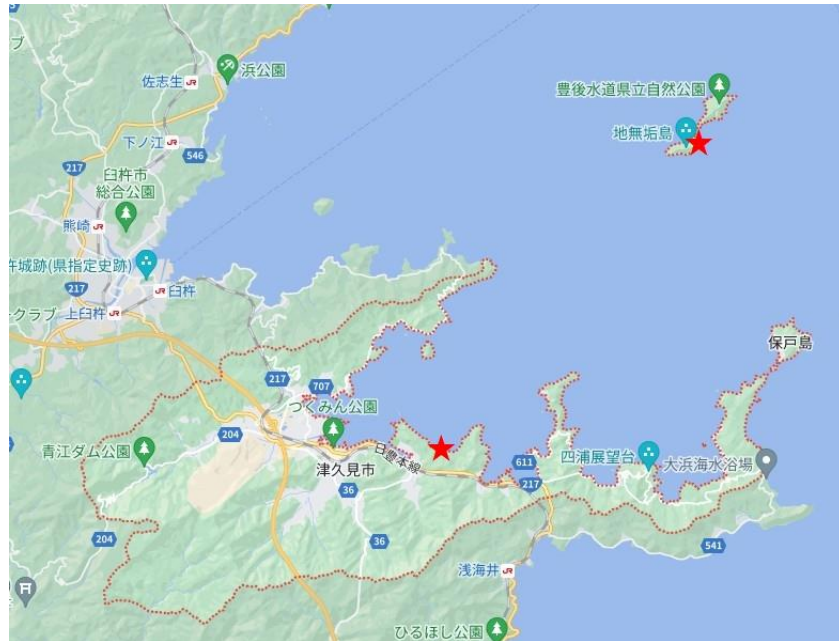
因海上或山區通訊較弱，且 LTE 於上空通訊費用昂貴，需要提前進行無線電波勘測以了解通訊狀態，如檢查無線電塔的無線電頻率方向。

【大分縣津久見市 居民的購物支援】

1. 案例背景說明

參與本案例的單位為營運商 ciRobotics 與 kiip&nap，由 ciRobotics 進行機體開發，協力單位包含大分縣與大分縣津久見市。

無垢島為大分縣津久見市所屬離島，單程船運時間為 30 分鐘，一天約 1~2 班往返船班但每周三停駛，且受疫情影響航班的使用人數減少了 90%。島上居住的人口約有 35 名，其中 77%為高齡族群，然而島內並無雜貨店和藥局，外出購外需搭乘離島船班，長時間的交通對於長者或行動不便的居民較為不便。若導入物流無人機運送貨物至無垢島，運送時間僅需 15 分鐘且可每日運送 4 次，運速補給島內居民所需之食品、醫藥品、報紙和郵件等。

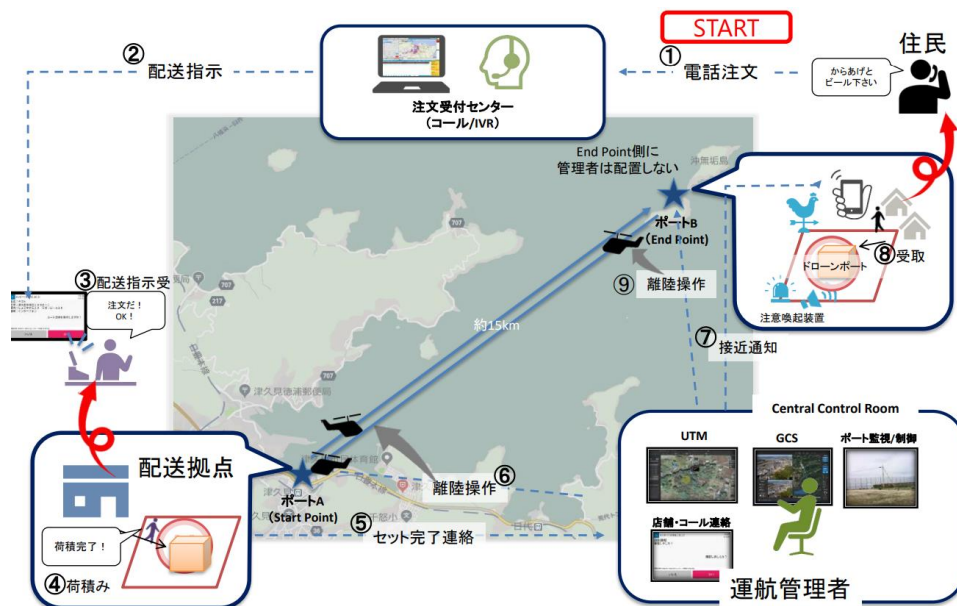


資料來源：Google Map。

圖 2.2.20 大分縣津久見市與無垢島位置示意圖

2. 服務模式與流程

島民透過電話使用本案例所建立的自動響應系統訂購產品，並透過無人機運送。無人機會將產品運送至無人機停機坪裝置上 (Port)，該裝置即可藉由輸送帶自動化將商品放至對應的存貨箱，屆時島民透過個人 IC 卡驗證身分後，即可領取所購買的產品。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.21 無垢島無人機物流運輸模式



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.22 無垢島無人機物流運輸案例示範

3. 無人機相關設施與規格

本次案例使用的無人機為 ciRobotic 製造的 ciDroneSR(圖 2.2.23)，其酬載為 5 公斤，最大起飛重量為 24.9 公斤，動力來源為鋰電池，使用 LTE 通訊，續航距離為 30 公里，續航時間為 40 分鐘，其飛行速度最快可達 108 公里/每小時，其耐候性可達抗風力 14 公尺/每秒，其停機坪裝置可保冷生鮮食品(冷藏溫度:10 度 C)。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.23 ciRobotics ciDroneS

本次飛行航線主要為於海面上，津久見市公民會館至無垢島單程距離約 16 公里，如圖 2.2.24 所示。



資料來源：日本國土交通省「無人機遞送包裹指南」，2023 年。

圖 2.2.24 津久見市內至無垢島物流無人機飛行路徑示意圖

4. 案例課題解析

由於飛行是使用行動網路，因此需要不斷檢查無線電波的狀態，且為了防止通訊中斷，本案例採取降低攝影機品質以維持通訊品質。

而因航線為在海洋上空飛行，比在陸地飛行更容易受到風雨的影響，因此需制定明確的天氣判斷決策，以確認是在安全的情況下飛行。

操作無人機的成本和使用者收取的運費不成比例，即使未來依照成本訂價，其運費也不是可讓消費者經常使用的價格。

本次案例是由無人機製造商進行飛行操作，然而未來若非由當地的公司在該地區操作系統，對於地形氣候的掌握較有難度；然而無人機設備的使用需要一定的操作技能，可能也很難找到當地的公司來擔任。

2.2.4 國外無人機物流發展瓶頸分析

物流無人機雖可彌平時間及空間的縫隙，縮短城鄉的距離，為交通不便的地區提供即時有效率的物流服務，然而除了技術上的問題需克服，仍需經過社會接受度、空域法規及技術研發、營運成本等的考驗才可走入商業化，拓展為一項民眾唾手可得的服務。以下就國際物流無人機發展遇到瓶頸的案例分析。

【美國電商平台 Amazon 物流無人機案例】

(1) 瓶頸與挑戰

知名電商平台 Amazon 曾承諾於 2021 年實現「Prime Air」物流無人機(圖 2.2.26)運送商業化，並於 2023 年底完成 1 萬次的物流運送，然而實際上僅完成了 100 次的送貨服務，且並未完成商業轉型。Amazon 雖於 2013 年即推出無人機送貨服務，不過當時在技術、安全、成本、法規監管、社會接受度均面臨了各項挑戰。

無人機無論是在技術研發、機體設備、基礎設施整備，甚至人力資源培養，都需投入大量資金，使得無人機送貨成本高於傳統貨車，且在尚未商轉的情況下無法有獲益。而 Amazon 既有的物流基礎設施雖然為無人機物流業務奠定了基礎，然而要將無人機與現有的配送網絡無縫整合並確保高效且協調，亦為後勤系統帶來挑戰。

而法規方面則因 FAA 對於空域的規範十分嚴謹，包含飛行路徑、高度限制、無人機與人和建築物保持的安全距離均有嚴格的規範，使得無人機被禁止飛越在道路或人口稠密地區上方；這樣的限制對於欲將貨物地送到客戶後院貨公寓陽台的最後一哩服務無法實施，而在跟監理單位獲得飛行許可的行政過程相當耗時，這也導致了 Prime Air 的發展進度緩慢。

社會接收度方面存在一些潛在的負面影響，如噪音汙染、視覺汙染、安全事故、恐怖攻擊等，其影響可能會引起大眾的不滿和抵制，影響社會對無人機送貨的接受度和信任度。除此之外，無人機配送亦可能對傳統快遞產業產生衝擊和競爭，引領產業內部的調整和變化。



資料來源：<https://dronedj.com/2021/08/09/dhl-abandons-drone-delivery-plans/>。

圖 2.2.25 Amazon 物流無人機

(2)現在與未來展望

Amazon 預計於 2024 年推出全新的「Prime Air」計畫，其中包含了全新開發的無人機 MK30，該機型除了取代以前在美國送貨的無人機以外，也將應用於義大利、英國和新增美國其他城市，但具體實施的城市均尚未公布。

MK30 的設計比以往 Amazon 使用的機型更安靜、更小也更輕。為了降低無人機的噪音，MK30 搭載客製化螺旋槳，將感知噪音降低了一半；採用的感知迴避技術，可以讓無人機在飛行時偵測並避開人、寵物和其他障礙物，更輕巧的外型和避障功能有利於飛行在後院較小的住宅或人口稠密的郊區，意即未來能更安全且應用在更多場域。

而此次的 Prime Air 計畫，已將無人機送貨納入 Amazon 送貨網絡中，以往僅在獨立的 Prime 送貨中心進行，現在則是和傳統送貨車、Flex 送貨車在同一個送貨中心進行貨物配送。甚至將無人機運用於「當日送貨站」，這些送貨站用於處理當天購買且需即時配送的訂單，無人機可協助運送這些有急迫需求的訂單，如：電池、藥物…等，提供客戶於結帳

時選擇是否需使用無人機送貨。

此次的 Prime Air 計畫升級整合旨在幫助 Amazon 簡化零售流程，創造更安全、快速且永續的無人機運送模式。未來 Amazon 將致力於讓物流無人機飛行技術更穩定，累積飛行次數和客戶對無人機物流服務的信心，並持續與政策制定者合作，以擴大無人機的送貨範圍。

【德國物流公司 DHL 物流無人機案例】

(1) 瓶頸與挑戰

DHL 是德國物流公司德國郵政(Deutsche Post)的子公司，自 2013 年以來一直致力於無人機送貨，更是世界第一家將無人機物流直接整合到其運輸鏈的物流商。其無人機 Parcelcopter 經過了多次的修改和優化，如圖 2.2.26 所示。然而該公司最後一次為消費級無人機送貨並開發原型機是在 2018 年，且已證實今後不再繼續測試 Parcelcopter 或製造自己的無人機。

在 Parcelcopter 最新的公開項目中，DHL 與永續發展組織 GIZ 和無人機製造商 Wingcopter 合作，使用 Parcelcopter 4.0 無人機在東非的偏遠地區運送藥品。

與 Amazon 所遇到的問題類似，無人機的可及性雖高，可將貨物載送至客戶的最後一哩路，但相對的與人群接觸的距離越近，飛行的安全風險則越高，而現有的空域法規大多針對飛行安全有較多的限制，因此對於無人機的發展有牽制的作用。為了使無人機送貨具有成本效益，飛行必須自動化以減少人力成本，然而目前的技術發展尚未成熟到可完全自動化飛行。且無人機對於天氣的敏感度高於其他運具，不論是風雨或是地形均會影響到無人機的飛行穩定性和安全性，使得能飛行的時間和區域也具有限制。

在一分析物流無人機失敗案例的「Drone Delivery Was Supposed to be the Future. What Went Wrong?」影片中，提到很少有消費者願意為更快速的送貨方式支付更高的運費，消費者並不關注他們的商品藉由何種方式運輸，而是能否快速送貨且達經濟效益。無人機送貨或許不適用於大規模運輸零售包裹，反而需有專業應用，如將緊急藥品運送到交通不便的偏遠地區，將無人機的功用發揮在刀口上。

Amazon 與 DHL 雖退出了無人機送貨的計畫，但其建立的送貨機制和流程，仍然為後進的物流無人機服務模式建立了發展的雛型。



資料來源：<https://dronedj.com/2021/08/09/dhl-abandons-drone-delivery-plans/>。

圖 2.2.26 DHL Parcelcopter 物流無人機發展進程

2.2.5 國內無人機物流運送測試成果探討

以下回顧目前國內於物流運送之應用案例，以基於過去 PoC 概念驗證辦理經驗，進一步提出無人機物流運送服務發展方向與政策推廣。

1. 「無人機整合示範計畫」-離島物流配送

民國 109 年交通部運輸研究所辦理「無人機整合示範計畫推動及管理服務」，選定「橋梁檢測」及「物流運送」2 項示範主題，規劃示範計畫內容及場域，完成無人機概念驗證測試，茲就物流運送主題敘述如下。

(1) 示範測試計畫

擇定屏東縣東港郵局(鎮海公園)至小琉球郵局(污水處理設施)為航線，其直線距離約為 13.3 公里。兩地之間郵務作業方式以陸運搭配船運為主，運輸時間需至少 65 分鐘。然而，船運主要以客船為主，須配合客船班次，影響信件運輸即時性，故期望藉無人機高機動性輔助離島運輸作業。



資料來源：本計畫繪製。

圖 2.2.27 「無人機整合示範計畫」物流運送示範場域

計畫徵集具備垂直起降、半自動化飛行及載貨能力，且最大起飛重量不超過 25 公斤之無人機，並以運送至少 5 公斤或以上離島包裹為階段目標，作為國內發展無人機物流運送的先期測試。

(2) 測試成果

參與團隊採用固定翼垂直起降無人機、單旋翼無人機、多旋翼無人機等 3 種機種，皆具備垂直起降之功能；因超過目視範圍，故跨海飛行過程皆採全自動化飛行，僅起降時可能採取手動控制。最終，有 2 團隊利用無人機以每單趟約 20 分鐘以內之時間完成任務，減少原時間的 2 倍，亦提高包裹運送的即時性。

(3) 檢討及建議

- ①驗證當日有團隊受不明原因干擾訊號因而棄賽，亦有起降作業系統因不明原因不受控制導致墜機，顯見場域訊號穩定及安全性控制仍是建立固定服務航線的首要任務。
- ②經該計畫訪談無人機業者，商業面多以 2 至 10 公斤作為載重需求，本次完成驗證的 2 團隊亦是載重 5 至 10 公斤包裹。惟中華郵政公司的郵務遞送需求多為較高酬載，故未來物流運送的服務規格及方式仍有討論空間。

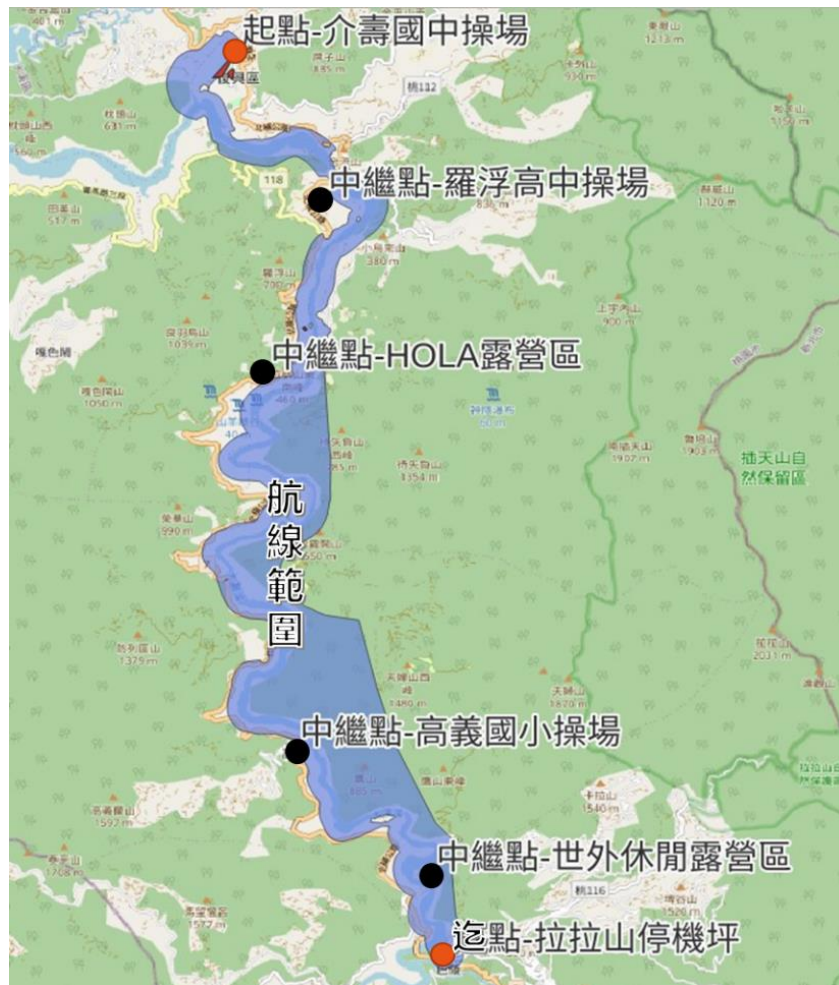
2. 「無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用」偏鄉緊急運補

經過第一期研究計畫的測試及驗證後，交通部運輸研究所評估物流運送具有一定發展潛力，尤可優先導入於災害後之解決緊急物資運送，或偏鄉地區最後一哩路物流配送，復於民國 110 年度續辦無人機整合示範計畫(II)，期能藉由「深化物流運送」測試及驗證成果瞭解無人機技術發展現況及技術之需求，並釐清可利用無人機協助處理業務之契機。

(1) 示範測試計畫

無人機不限任何方式載運至少一件且重量 5 公斤以上之中華郵政公司紙箱或便利箱/袋，於桃園市復興區介壽國中起飛點

出發、全程採全自動化飛行，於拉拉山風景區停車場停機坪自動卸載包裹後空機返航，完成沿山區河道約 22 公里距離來回飛行。



資料來源：本計畫繪製。

圖 2.2.28 「無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用」物流運送示範場域

(2) 測試成果

參與驗證 4 團隊皆完成介壽國中至拉拉山遊客中心停車場卸載包裹任務，其中 1 家未返航。驗證機型多為在參賽期間完成檢驗之 25 公斤以上無人機，其中採單旋翼無人機的 2 個團隊均在 1 小時內完成任務，酬載包裹重量為 5 至 10 公斤；另 1 團隊採多旋翼無人機(6 軸)，包裹重量達 16 公斤，惟因航程共停靠 3 次更換電池，總飛行時間約為 1 小時 20 分鐘；完成返航的 3 家廠商剩餘電力/油量皆大於 15%，符合比賽規定。

(3) 檢討及建議

- ①依中華郵政公司統計資訊，華陵里每日平均有平信 630 件、掛號 42 件、包裹 10 件，每日平均郵件重量達 15 公斤，依現行陸路運送/投遞方式，時程約 2 小時 30 分。依計畫驗證成果，尚難評估單一無人機營運商服務的成本效益是否優於現行運送模式。
- ②依場域驗證實地測量，3 型使用電池的無人機起飛音量介於 73~79 Db，以汽油為動力來源的機型起飛時測得噪音值則為 83.2dB，常態性無人機物流運送服務對環境影響應為重要議題。
- ③參考各團隊提報的人員組成，除直接商請外單位飛手協助外，亦有團隊採地面站相互合作支援的模式；此外，驗證當日有 1 團隊因替補飛手不熟悉現場場域導致操作失誤的情形發生，顯見加速無人機系統操作的飛行人員和地勤人員培訓仍有其必要。
- ④驗證場域有 4G 訊號覆蓋，競賽時裝設 UTM 系統 Remote_ID 全程收訊，亦有團隊以 4G 通訊完成飛航；惟受山區通訊影響，多數團隊為克服遮蔽問題，均採於制高點架設無限通訊中繼站搭配靜默飛行的作法，提高安全性和精確性。未來如要繼續深化應用乃至商業運轉，飛控的可靠度應為主要課題。

(4) 相較前期研究之突破進展

基於第一期研究計畫的驗證結果，無人機物流的可靠度、續航力與載重重量等均有須克服的技術困難，故第二期的驗證規格較前期更加提高，在規格方面須由半自動化飛行提升為全自動化飛行，同時配合山區地形，參賽無人機須具有長距離飛行及高海拔爬升的能力。

此外，透過交通部運輸研究所與交通部民用航空局的積極合作，已成功輔導 4 家廠商完成 25 公斤以上特種實體檢驗，為未來無人機開發，提供可遵循的檢驗基準和檢驗方法，並針對克服山區地形通訊穩定性、無人機長距離載重、全自動飛行及自動投遞等課題進行驗證示範。

3. 其他應用

除交通部運輸研究所主辦的無人機整合示範計畫外，中華郵政公司等單位亦於近年來開展了無人機遞送的測試計畫。

(1) 醫療物資運送應用

山區車程往往較長，為了防止醫療延誤，阿里山鄉衛生所轄下衛生室多儲備有抗蛇毒血清，以備蛇毒咬傷偶發事件發生。然而，茶山、豐山、里佳及十字衛生室均無儲備血清，當有人不幸遭毒蛇咬傷，必須前往臨近儲備點尋求協助，若以車程需要約 56 分鐘的車程，若能以無人機直線飛行運送血清，只需 10 餘分鐘便可抵達。為實證無人機替代方案可行性，民國 108 年航見科技以阿里山鄉衛生所至里佳衛生室為測試地點，以單旋翼直升機飛行直線距離 7 公里，耗時 15 分鐘，並以低溫冷鏈方式載運血清。

(2) 郵務創新應用

為因應災害發生導致郵路中斷的情形，中強光電集團偕同中華郵政公司，於智慧城鄉計畫-建立無人機後勤補給運送機制計畫，將郵件、口罩及快篩試劑等醫療物資由新竹縣尖石鄉公所運送至新光國小(新光部落)，其採用 25 公斤以上無人機，總飛行距離達 21.2 公里，海拔高度落差達 1580 公尺，途經越嶺和溪谷地形，作為偏遠地區以無人機運送郵件及緊急物資的成功示範，可提供未來推動無人機物流的經驗參考。

4. 臺灣與日本偏鄉離島案例綜合評析

透過回顧上述臺灣與日本案例，評析無人機於物流發展所面臨之課題。

(1) 驗測飛行距離與續航時間非主要目的

綜觀日本於偏鄉及離島的運送案例，偏鄉的航線設計多為 1.9 公里至 3.1 公里的短航程距離，除非為跨海運輸才需將距離拉長至 5 公里以上。而驗證計畫的主要目的在於演練無人機運送模式，使無人機營運商、政府單位和當地居民瞭解實際的操作流程，藉此累積經驗並從中發現待解決的課題。因

此，驗證需掌握的是無人機在穩定狀態下可發揮的性能，而非追求續航時間與距離的最大化。

(2) 提升飛行穩定性和經濟性

無人機載貨面臨的重要難題之一即為成本因素，包含無人機系統的開發研究成本、地勤人員及飛手的培訓等。若要降低無人機物流運送的營運成本，需透過提升無人機飛行的穩定性，使其可盡量自動化飛行，以減少地面飛控人員的涉入，方能降低人事成本。而載送的貨物通常為民生用品、郵件、醫藥品等必要但非高經濟價值的物品，若無人機物流運送要永續發展，則需有足夠的需求量以滿足規模經濟。

(3) 飛行前需確認通訊環境

無人機對於通訊的仰賴度高，尤其在視距外飛行時需有良好的信號，方能讓飛手及地勤人員掌握無人機的動態。然而無人機載貨運送的場域，不論是臺灣或日本的偏鄉、離島，均曾面臨訊號不穩定之困境，故需提前於飛行航線試飛或事先部屬通訊裝置，以確保飛行通訊穩定。

表 2.2-2 日本及臺灣偏鄉離島案例對照分析表

計畫名稱	場域	無人機性能	航線規劃	課題
大分縣日田市中津江村 災害時的無人機運用訓練	偏鄉	酬載 35 公斤 抗風 5 級 續航力 6 公里	長度 1.9 公里 避免經過民宅上空	● 提升無人機載重穩定性 ● 建立 CRM 組員資源管理系統 ● 需使當地居民瞭解救援物資投遞模式及操作
熊本縣阿蘇郡南小國町 在災害發生時提供購物資源和運輸物資	偏鄉	● AEROBO AS-MC03-Tbox 多旋翼： 酬載 3 公斤 續航距離 5 公里 續航時間 40 分鐘 最高速度 54 公里/小時 機體重量 2.63 公	飛行路徑盡量避免飛越民宅上空，路徑單趟長度約 3.1	● 需減少人力參與以降低成本 ● 提高無人機安全性、穩定性及自動化程度

計畫名稱	場域	無人機性能	航線規劃	課題
		斤 ● AEROBO WING VTOL 酬載 1 公斤 續航距離 50 公里 續航時間 40 分鐘 最高速度 100 公里/小時 機體重量 8.54 公斤		
廣島縣江田島市 擴大居民的醫療網絡	偏鄉 (離島)	● ProDrone PD6B-Type3: 酬載 30 公斤 續航距離 10 公里 續航時間 28 分鐘(無載物) /20 分鐘(負載 4.9 公斤) 最快速度 60 公里/每小時 機體防水等級 IP44 可抗風速 12 米/每秒	採沿岸飛行於海面上空，單程距離約 8 公里	● 提高無人機可靠度和安全性，以減少人力的投入
福島縣福岡市 居民的購物支援	偏鄉	● ACSL PF-2: 酬載 1.7 公斤 續航距離 10 公里 續航時間 17 分鐘(負載 1.5 公斤) 最快速度 72 公里/小時 可抗風力 10 公尺/每秒	飛行航線主要位於海面上，單程距離約 4.4 公里~5.5 公里	● 精進無人機包裹遞送的方式，以減少人力的投入 ● 需有人員可滿足便利商店 24 小時營業的配送時間 ● 確保夜間飛行的安全及法規申請 ● 提前確保海上的通訊狀態
長崎縣五島市 住民購物支援	離島	● Zipline Sparrow 酬載 1.75 公斤 續航里程 80 公里	● 航線 1: 福江島至嵯峨島單程約 45 公里	● 視距外飛行較難尋找合適的空投地點 ● 航線設計須避開有人地帶，也沿途行經海上，需特別注意訊號

計畫名稱	場域	無人機性能	航線規劃	課題
		巡航時間 180 分鐘 最高時速 100 公里/小時 抗風速 14 公尺/每秒 防雨 50 毫米/每小時	● 航線 2: 福江島至久賀島單程約 13~21 公里	● 思考如何解決將物品投遞至客戶的最後一哩路
臺灣交通部運輸研究所「無人機整合示範計畫推動及管理服務」物流運送(2020 年)	離島	參與團隊皆具備垂直起降功能，超過目視範圍的跨海飛行過程皆採全自動化飛行 最大起飛重量小於 25 公斤 酬載包裹至少 5 公斤	屏東縣東港郵局至小琉球郵局 13.3 公里	● 加強場域訊號穩定及安全性控制 ● 提升無人機載重能力
臺灣交通部運輸研究所無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用」偏鄉緊急運補(2021 年)	偏鄉	● 單旋翼機型： 酬載包裹 5~10 公斤 ● 多旋翼機型： 酬載包裹 16 公斤 需可長距離載重、全自動飛行、自動投遞	桃園市介壽國中至拉拉山風景區停車場停機坪 沿河道約 22 公里 海拔高度落差達 1580 公尺	● 提升飛控可靠度及訊號穩定度 ● 加速無人機系統操作的飛行人員和地勤人員培訓

資料來源：本計畫彙整。

2.3 國外無人機物流運送航線及基礎設施發展趨勢

1. 無人機物流運送航線發展

國外無人機航線相關發展著重於空陸域風險管理，以確保無人機與有人機的飛航安全及兼顧陸域安全，並已陸續進行相關法規研議或規範指引。

FAA 已於 2022 年 3 月發布「無人機系統之視距外飛行建議報告」(UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS BEYOND VISUAL LINE OF SIGHT AVIATION RULEMAKING COMMITTEE)，建議無人機視距外飛行操作應先架構出以風險為據 (Risk-Based) 的監管框架，並設定一套可

接受的風險級別 (Acceptable Level of Risk)，以作為無人機可通用的規範與指引。

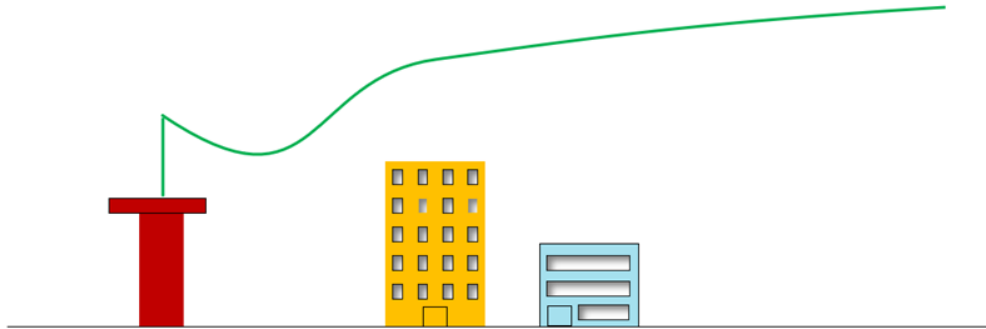
另歐盟航空安全局 (European Aviation Safety Agency, 簡稱 EASA) 公布之 U-Space 空域無人機安全飛行規範 (Implementing Regulation (EU) 2021/664 on a regulatory framework for the U-Space) 已於 2021 年 4 月正式施行，對於無人機營運商、U-Space 空域服務提供商及通訊服務商進行相關規範。

近期歐洲空中航行安全組織 (European Organisation for the Safety of Air Navigation, 簡稱 Eurocontrol) 於 2023 年 4 月發布 U-Space 無人機空域風險評估 (U-space Airspace Risk Assessment)，進一步針對 500 英尺以下的空域範圍提出風險評估指引，評估內容建議針對空域、陸域風險的人員安全風險、場域安全風險、隱私風險、環境風險進行風險評估，並研提評估報告，作為 U-Space 的效能要求、服務要求、運作條件、空域限制、風險緩解的參考依據。

(1) 無人機航線規劃

國際間針對無人機航線規劃多取決於起降場設置地點與其周邊環境。例如，EASA 針對垂直起降飛行器 (Vertical Take-Off and Landing, 簡稱 VTOL) 定義三種適合在城市起飛的飛航路徑，第一種起飛之飛航路徑稱為架高常規起飛 (Elevated conventional take-off)，如圖 2.3.1 所示，其特色在於起降場的位置高 (例如高樓屋頂)，因此，無人機的航線從起降場垂直向上之後，轉換為水平移動時，可以容受些微的下降；第二種起飛飛航路徑稱為常規起飛 (Conventional take-off)，如圖 2.3.2 所示，由於起降場周邊並無任何障礙物，因此無人機航線從起降場垂直向上之後，轉換為水平移動時，可以容受些微的下降，同時也因為起降場周圍的環境平坦開闊，因此可以在起降場周邊布設跑道，以此接受更多種類型之無人機；第三種起飛飛航路徑稱為垂直起飛 (Vertical take-

off)，如圖 2.3.3 所示，由於起降場周邊有障礙物，因此無人機的航線從起降場垂直向上之後，必須上升至一定的安全高度，始可進行水平移動，確保安全性。



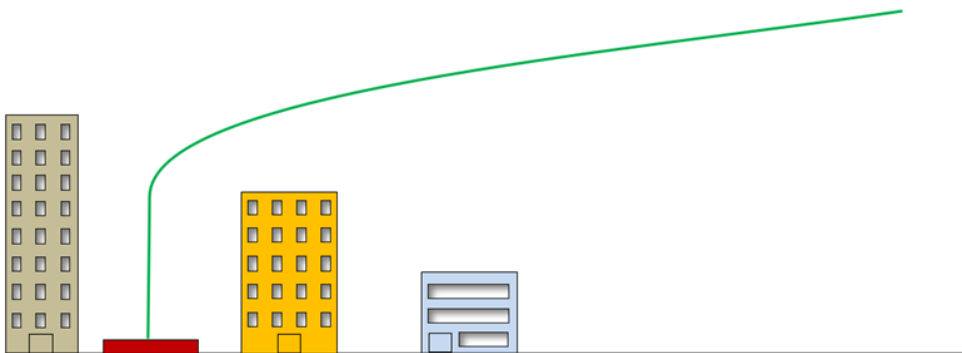
資料來源：<https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/vertiports-urban-environment>。

圖 2.3.1 架高常規起飛飛航路徑



資料來源：<https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/vertiports-urban-environment>。

圖 2.3.2 常規起飛飛航路徑



資料來源：<https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/vertiports-urban-environment>。

圖 2.3.3 垂直起飛飛航路徑

(2) 無人機交通管理

無人機交通管理 (Unmanned Aircraft System Traffic Management, 簡稱 UTM) 係針對無人機於低空域的飛航管理。UTM 用於執行無人機在飛航前、飛航中、飛航後的管理，以利於進行飛航風險評估、防制及公共安全評估。

FAA 在 2020 年提出 UTM 作業概念 2.0 版，依據作業概念 2.0 版，FAA、無人機服務提供商、營運商及其他相關單位建構出 UTM 生態圈，如圖 2.3.4 所示，在 UTM 生態圈中，各單位具備各自權責任務，說明如下：

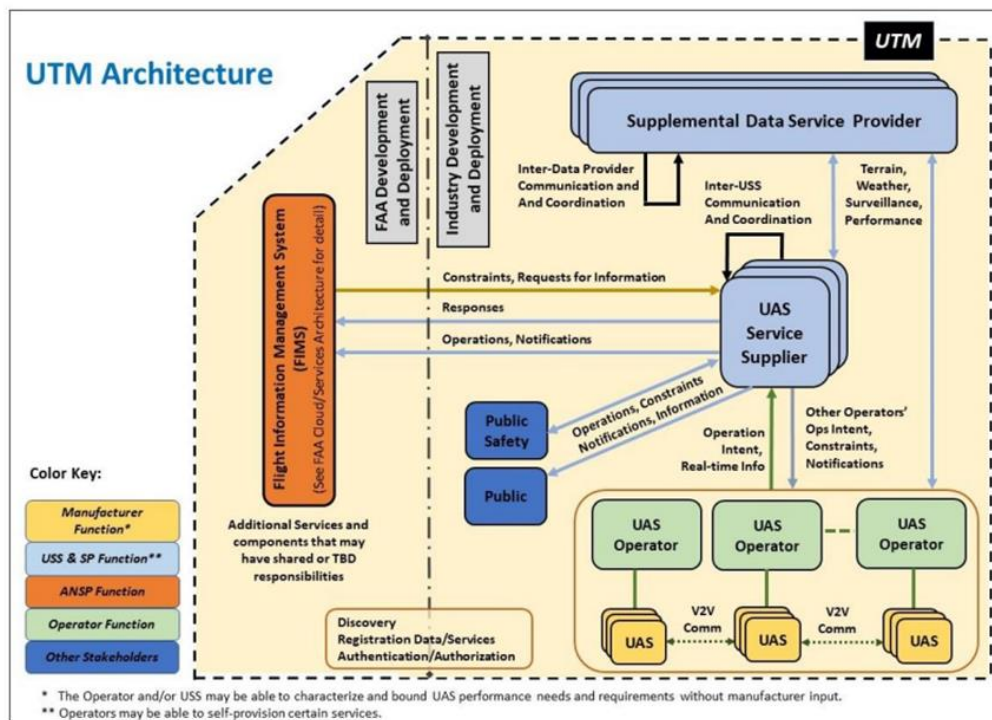
- ①航班資訊管理 (Flight Information Management System, 簡稱 FIMS)：由 FAA 建置，提供監管及營運框架。
- ②無人機營運商 (UAS Operator)：進行飛行監管、飛航規劃、飛航安全通報。
- ③輔助資訊供應商 (Supplement Data Service Provider)：提供地形、天氣、地區監控、飛航效益等資訊。
- ④無人機服務供應商 (UAS Service Supplier, 簡稱 USS)：作為 FAA 及無人機營運商的溝通橋梁，藉由飛行資訊共享，以確保無人機營運商之飛航安全並以便 FAA 進行監管。

上述無人機交通管理架構除需結合無人機通訊、導航、偵測與避讓 (Detect and Avoid, 簡稱 DAA)、數據交換等技術外，亦需仰賴無人機具備遠端射頻識別 (Remote Identification, 簡稱 Remote ID) 功能，以用來辨識無人機身份、位置、速度及取得控制站與控制員位置、時間及緊急狀況等資訊。

根據美國材料和試驗協會國際組織 (American Society for Testing and Materials, 簡稱 ASTM) 2022 年發布「ASTM F3411-22」規範，其定義 Remote ID 的形式可分為廣播形式識別 (Broadcast Remote ID) 及網路形式識別 (Network Remote ID) 等兩種類型 (如表 2.3-1 所示)，廣播形式透過藍芽或 Wi-Fi 進行通訊，主要由無人機傳送訊號至飛行員遙控設備端，其特色為即便飛行場域無網路訊號覆蓋，仍能正常運作 Remote ID 功能；網路形式識別透過 4G、5G 行動通訊進

行訊號傳遞，主要將訊號連接至 USS，其特色為只要有網路訊號覆蓋的範圍， Remote ID 都能正常運作。

當前國際上皆以優先達成廣播形式識別的轉換為目標。例如，美國 FAA 要求 2022 年 9 月 16 日起所有無人機製造商皆必須遵守 Part 89 之規定，導入廣播形式識別於無人機；2024 年 3 月 16 日起所有無人機操作者除非在 FAA 批准的認可識別區 (Recognized Identification Areas, 簡稱 FRIAs) 操作無人機，否則也必須滿足 Part 89 之規定，需使用具備廣播形式的無人機進行飛航任務。另 EASA 則要求無人機製造商於 2024 年前需完成導入廣播形式識別於無人機上。



資料來源：UTM Concept of Operations Version 2.0, Federal Aviation Administration, 2020 年。

圖 2.3.4 UTM 架構概念圖

表 2.3-1 無人機遠端射頻識別方法比對表

類型	廣播形式識別	網路形式識別
通訊方式	Wi-Fi、藍芽	4G、5G 行動通訊
適用情境	視距內飛行	視距外飛行

資料來源：本計畫彙整。

除了利用 UTM 對無人機於低空域進行飛航管理，ASTM 於 2022 年發布一項國際標準「ASTM F3548-21」，該標準涉及無人交通管理與無人機服務供應商的互操作性，針對飛行高度為 150 公尺以下的小型無人機提出如何藉由策略、技術方法降低無人機於空中發生相撞的可能性，包括無人機起飛前進行協調飛行路徑，在同一空域同時運行的多家業者之無人機，提前進行調整，例如改變飛行高度，或是在飛行過程中透過雷達、DAA 來偵測避讓，避免無人機相撞。

2. 無人機物流運送基礎設施發展

(1) 基礎設施相關規範及研究

近年來歐盟及美國已針對垂直起降飛行器制定相關設計標準及規範，作為提供無人機及空中計程車之飛行起降的安全指引。EASA 於 2022 年 3 月發布垂直起降場(Vertiports)規範之草案(PTS-VPT-DSN)，提出最後進離場區(Final-Approach and Take-Off Areas, 簡稱 FATOs)、起降區(Touchdown and Lift-Off Area, 簡稱 TLOF)、滑行路線之尺寸範圍、表面狀況、坡度、使用限制、地面安全隔離等規範，以及所應具備之基礎設施(如充電設備)、附屬設施(如標線、照明、導引標誌等)的尺寸等建議。FAA 則於 2022 年 9 月發布垂直起降場之設計標準「Engineering Brief No. 105, Vertiport Design」，提出類似的規範，針對目視飛航(Visual Flight Rules, 簡稱 VFR)提供起降場運行條件，係為歐美第一份正式版之垂直起降場規範建議。近期澳洲民航安全局(Civil Aviation Safety Authority, 簡稱 CASA)於 2023 年 7 月亦發布一份垂直起降場之設計指南「Guidance for Vertiport Design」，該指南係以無人機在有飛行員於視距內目視條件下進行垂直起降而設計之垂直起降場，該指南針對起降區、最後進離場區、滑行道的尺寸、坡度、標誌標線進行規範與定義，並提出於垂直起降場應設置風向指示器，以及照明系統應遵守的設置規範。

各國主管機關除了陸續針對垂直起降場擬訂規範，EASA 於 2023 年 6 月發布 600 公斤以下無人機的噪音量測標準，顯示起降場的規範除了追求安全外，對於周遭環境的影響也是重要的一環。

除了上述各國主管機關制定規範，部分研究也針對垂直起降場的基礎設施提供建議，如澳洲研究提出垂直起降場周邊的風場變化對於無人機起飛、降落造成潛在風險，因此建議在垂直起降場周邊多加設計防風系統(如多孔圍籬)，另可在群飛無人機搭載風速儀，藉此在大範圍內準確繪製風場，保障無人機安全。

(2) 基礎設施項目

為因應無人機物流運送中所需之起飛、降落、充電、維修、儲藏、飛航管理等需求，可概分為軟、硬體等兩大類基礎設施。基礎設施之建置應考量設置地點可及性、氣候條件、噪音防制、電力供應、維修、運送貨種及起迄點等關鍵項目，如表 2.3-2。

① 硬體設施

硬體設備可包含垂直起降場地、地面導控站、中繼站、通訊基站、物流倉庫、充電樁、維修站等。其中，垂直起降場地又可依不同飛行目的之無人機需求，區分為垂直起降點(verti-pads/verti-stops)、垂直起降中心(verti-hubs)、物流中心(cargo hubs)等具備不同功能定位的場地。

② 軟體設施

軟體設備包含無人機飛航管理系統、機隊管理及物流管理等應用程式，以確保無人機飛航安全、追蹤及監督物流運輸與配送的流暢度與完善度。

表 2.3-2 無人機物流運送相關基礎設施彙整表

功能	對應基礎設施
起飛、降落	垂直起降點(verti-pads/verti-stops)、垂直起降中心(verti-hubs)、無人機物流中心(cargo hubs)
充電	中繼站、充電樁
維修	維修站
儲藏	物流倉庫
飛航管理	無人機飛航管理系統、機隊管理系統、通訊基站、地面導控站
物流管理	物流管理系統、通訊基站
輔助、安全	噪音偵測設備、氣象站

資料來源：本計畫彙整。

2.4 國內民用航空法相關規定

1. 「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序之規範

根據現有民用航空法、遙控無人機管理規則，政府機關、法人學校因業務需要而進行遙控無人機飛航活動前，應向交通部民用航空局申請能力審查核准，有效期限為二年。獲得能力審查核准者，必須依照遙控無人機管理規則有關活動區域及操作限制之規定，辦理飛航活動申請。

其中涉及物流載貨應參照「遙控無人機作業手冊」第 5.7 項載貨運輸作業程序，該程序提出「政府機關(構)基於公共利益目的對偏遠地區等從事遙控無人機物流推動計畫或以整合示範計畫方式進行載貨運輸作業時，接受委託或參加者應檢附相關證明文件。」，因此本計畫需檢附相關證明文件，並根據載貨運輸作業程序之規範完成作業目標的說明，並依照歐洲無人機組織(Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems, 簡稱 JARUS)的作業風險評估(Specific Operations Risk Assessment, SORA)規範內容進行評估，最後完成作業規定。詳細作業目標、作業風險評估、作業規定的內容整理於表 2.4-1。

根據民航法第 99 條之 13 規定，禁航區、限航區、航空站或飛行場周邊範圍內，禁止遙控無人機進行飛航活動，如政府機關(構)、學校或法人因執行業務需在該範圍從事飛航活動，應取得飛航活動同意，若飛航活動範圍涉及由交通部民用航空局公告

之範圍，應申請交通部民用航空局會商目的事業主管機關同意後，始得為之；若飛航活動範圍涉及由中央主管機關提請所在地之直轄市、縣（市）政府公告之範圍，應申請直轄市、縣（市）政府會商相關中央主管機關同意後，始得為之。

依照民航法第 99 條之 14 的第一項規定，從事遙控無人機飛航活動必須遵守十款規定，包括遙控無人機不得飛航高度超過四百呎、不得投擲或噴灑物件、不得在目視範圍外操作、不得在人群聚集或室外集會遊行上空活動等等。政府機關、學校、法人以遙控無人機進行載貨運輸作業時，若需要排除民航法第 99 條之 14 的第一項的第一款至第八款規定限制，可以透過「遙控無人機作業手冊」的 5.1 至 5.6 操作限制排除事項向交通部民用航空局申請核准，其中第五款規定不得在人群聚集或室外集會遊行上空活動，除了向交通部民用航空局申請核准外，應先取得活動場地之直轄市、縣（市）政府及相關中央主管機關之同意，另無人機活動區域若涉及航空法第 99 條之 13 規定，。以上有關於民航法第 99 條之 14 的的第一項規定、「遙控無人機作業手冊」的 5.1 至 5.6 操作限制排除事項、牽涉申請許可單位及政府或主管機關之同意，整理於表 2.4-2。

表 2.4-1 交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序

作業程序	項目內容	內容細項	備註說明
作業目標	作業緣由	—	—
	作業範圍	—	飛航活動規劃空域範圍、座標、作業高度及飛行距離
	起訖年月日	—	—
	預期目標可靠度及累積飛行時數	—	—
	預期效益	● 經濟面 ● 社會面 ● 技術面	—
作業風險評估 (Specific Operations Risk Assessment, SORA)	作業概述	● 操作面 ● 技術面	參照 SORA Annex A
	地面風險等級	—	計算地面風險等級
	空中風險等級	—	計算空中風險等級
	風險緩解性能要求	—	提出風險緩解性能要求
	特定操作安全保證級別	—	決定特定操作安全保證級別
	營運安全目標與相應措施	—	依據特定操作安全保證級別將營運安全目標與相應措施彙整逐一表列相應規範，並檢視風險緩解措施是否列入作業概述
作業規定	作業階段	—	申請單位自行劃分
	作業時間	—	每日作業時間
	飛行載具性能諸元	● 廠牌及型號 ● 構造 ● 最大起飛重量 ● 尺寸 ● 使用動力 ● 導航方式 ● 最大速度 ● 遙控頻率	● 最大起飛重量 25 公斤以上應完成檢驗 ● 尺寸應包含長寬高並依據不同機型提供翼展、旋翼半徑、多旋翼最大軸距 ● 遙控頻率(含 NCC 型式認證) ● 酬載方式應包含酬載裝卸方式、最大酬載

作業程序	項目內容	內容細項	備註說明
		● 酬載方式	重量及尺寸
	載貨作業人員資格	操作人應具備符合 5.1-5.6 操作限制排除事項之人員資格	其餘操作人、觀察員或相關作業人員應具備條件及特定訓練
	執行方式	● 無人機飛航管理系統 ● 機隊管理 ● 操作規定 ● 飛航準備 ● 任務執行 ● 緊急情況處置 ● 任務統計月報	● 無人機飛航管理系統應包含任務規劃、飛航狀態監控、氣象資訊、作業區域三維地理資訊及障礙物、數據及影像傳輸可用度、飛行中位置回報機制(最少每 2.5 秒 1 次，視飛行速度另訂)、起降點噪音值紀錄 ● 機隊管理應包含飛行紀錄、維修紀錄及資料保存方式等 ● 操作規定應包含保安 ● 飛航準備應包含授權區域及絕對淨空區域劃設

資料來源：本計畫彙整。

表 2.4-2 交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序操作限制排除事項

從事遙控無人機飛航活動應遵守的規定(民航法第 99 條之 14 第一項規定)	向何種單位申請操作限制排除、取得同意	遙控無人機作業手冊第五章操作限制排除事項
一、遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。	交通部民用航空局	5.1 飛航高度逾地面或水面四百呎
二、不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。	交通部民用航空局	5.3 投擲或噴灑作業及裝載危險物品
三、不得裝載依第四十三條第三項公告之危險物品。	交通部民用航空局	5.3 投擲或噴灑作業及裝載危險物品
四、依第九十九條之十七所	交通部民用航空局	-

從事遙控無人機飛航活動應遵守的規定(民航法第 99 條之 14 第一項規定)	向何種單位申請操作限制排除、取得同意	遙控無人機作業手冊第五章操作限制排除事項
定規則之操作限制。		
五、不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。	直轄市、縣（市）政府及相關中央主管機關、交通部民用航空局	5.4 人群聚集或室外集會遊行
六、不得於日落後至日出前之時間飛航。	交通部民用航空局	5.2 夜間作業或目視範圍外作業
七、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。	交通部民用航空局	5.2 夜間作業或目視範圍外作業
八、操作人不得在同一時間控制二架以上遙控無人機。	交通部民用航空局	5.5 同一時間控制二架以上遙控無人機
九、操作人應隨時監視遙控無人機之飛航及其周遭狀況。	-	-
十、應防止遙控無人機與其他航空器、建築物或障礙物接近或碰撞。	-	-

資料來源：本計畫彙整。

2. 「遙控無人機檢驗程序申請指南」相關規定

「遙控無人機檢驗程序申請指南」提供申請各項遙控無人機檢驗合格證之程序說明，因此，本計畫應參照此「遙控無人機檢驗程序申請指南」，確保遙控無人機符合我國民用航空法有關遙控無人機之相關檢驗作業規定。

遙控無人機之相關檢驗可以分為型式檢驗、型式認可、實體檢驗、特種實體檢驗，不同的檢驗需準備的文件有所不同，需進行之流程亦有所不同，整理如表 2.4-3 所示。有關型式檢驗、型式認可、實體檢驗、特種實體檢驗的說明內容如下：

(1) 型式檢驗

型式檢驗係由設計者、製造者或改裝者檢附「遙控無人機檢驗申請書」，向交通部民用航空局申請型式檢驗。經型式檢

驗合格者，發給「遙控無人機型式檢驗合格證」，並發給「型式檢驗標籤」。

(2) 型式認可

型式認可係自國外進口遙控無人機的進口者，依型式檢驗規定，向交通部民用航空局申請型式檢驗，或檢附「國外進口檢驗認可申請書」，向交通部民用航空局申請認可。經認可者，發給型式認可證明及型式認可標籤。

(3) 實體檢驗

實體檢驗係由持有者針對最大起飛重量 25 公斤以上之遙控無人機，為確保遙控無人機符合設計、製造、改裝之性能，由所有者檢附「遙控無人機檢驗申請書」向交通部民用航空局申請實體檢驗，經檢驗合格者，發給「遙控無人機實體檢驗合格證」，其有效期限為 3 年。

(4) 特種實體檢驗

特種實體檢驗係針對最大起飛重量 25 公斤以上之遙控無人機，為自行製造、使用者，其所有人應檢附「遙控無人機檢驗申請書」，向交通部民用航空局合併申請型式檢驗及實體檢驗。經檢驗合格後，發給「遙控無人機特種實體檢驗合格證」，使得從事飛航活動，其效期不得超過 3 年。

表 2.4-3 遙控無人機之相關檢驗作業文件與流程

檢驗類別	申請者所需完備之文件	申請作業流程					
		申請	文件 審查	實地 審查	審查 總結	給證	標籤
型式檢驗	遙控無人機檢驗申請書、文件審查表、型式檢驗符合性查檢表	必要	必要	視需要	必要	必要	必要
型式認可	遙控無人機檢驗申請書或國外進口檢驗認可申請書、文件審查表	必要	必要	無	必要	必要	必要
實體檢驗	遙控無人機檢驗申請書、文件審查表	必要	必要	必要	必要	必要	無
特種實體檢驗	遙控無人機檢驗申請書、文件審查表、特種實體檢驗查檢表	必要	必要	必要	必要	必要	無

資料來源：本計畫彙整。

上述檢驗類型中，申請型式檢驗或特種實體檢驗以原型機進行試驗飛行前，申請者須於遙控無人機規範管理系統進行註冊，並在交通部民用航空局或檢驗單位依照「型式檢驗符合性查檢表」、「特種實體檢驗查檢表」確認完地面檢查、測試與分析後，參照「實體檢驗查檢表」檢查遙控無人機的安全性，發給臨時檢驗合格證，此時申請者使得於遙控無人機規範管理系統申請進行試驗飛行。

2.5 小結

無人機應用於物流運送已為世界發展趨勢，並極具產業市場發展潛力，故已被許多國家視為重要政策發展目標。彙整本章重點摘要如下：

1. 國際間無人機物流運送政策推動方向
 - (1) COVID 疫情衝擊及人工智慧、半導體晶片等技術突破驅動無人機物流運送市場，使市場產值快速成長。
 - (2) 無人機應用於物流運送以美國為先驅且亦占最大市場，主要透過示範計畫完成相關技術、法規及基礎設備的整備。
 - (3) 無人機物流運送以郊區、偏鄉運送為主，並以樞紐至設施間運送作為主要服務模式。
 - (4) 無人機物流運送主要進入 PoS 服務驗證階段，以累積飛行經驗為主要目標。
2. 國內無人機物流運送政策目標與發展程度
 - (1) 以偏鄉及離島作為發展無人機物資運補重點地區，並透過整合示範計畫完成概念驗證。
 - (2) 物流運送無人機之重要關鍵技術亟須釐清且投入研發。
 - (3) 無人機空中交通管理體系仍尚待精進，交通部民用航空局已提出無人機飛航活動管理、射頻識別作法等相關構想。
 - (4) 已規劃建置國家級無人機研發測試驗證環境，但仍需開放更多測試場域，以滿足無人機物流運送實證的需求。
3. 國際無人機物流運送案例解析
 - (1) 既有物流服務測試多為無人機服務商利用政府推動之整合示範計畫累積大量飛航經驗，且與既有物流零售服務商合作。
 - (2) 物流服務測試階段以累積足夠無人機的飛行時數與次數為主

要目標，以確保飛航安全性，故多擇定 20 公里以內之短航程航線、飛行環境不複雜之地點進行測試。

- (3) 物流服務模式主要朝「樞紐至設施」、「樞紐至門戶」發展。郵件運送商(如 FedEx、UPS、日本郵政)多發展「樞紐至設施」服務模式，零售服務電商(如 Walgreens、Walmart 等)則以發展「樞紐至門戶」為主。
- (4) 偏鄉物流運送之無人機起降地點多以空曠場所(如學校操場、球場)為主，基礎設施較為簡易，不需大型硬體設施。

4. 國內測試成果探討

- (1) 國內透過交通部運輸研究所之民國 109 至 110 年無人機整合示範計畫，以中華郵政公司作為服務對象，完成離島及偏鄉物流配送之 PoC 概念驗證，並通過交通部民用航空局 25 公斤以上特種實體檢驗。
- (2) 中華郵政公司歷年亦已與國內無人機廠商合作於嘉義阿里山、新竹縣尖石鄉進行無人機運送緊急醫療物資、運送郵件等飛行測試。

5. 國際無人機航線及基礎設施發展趨勢

- (1) 無人機飛航路徑規劃取決於起降場設置地點與其周邊環境，需同時兼顧空、陸域安全。
- (2) 無人機飛航管理需仰賴無人機遠端射頻識別功能，以及結合無人機通訊、導航、偵測與避讓、數據交換等技術。
- (3) EASA、FAA 及 CASA 皆已公布無人機垂直起降場規範，作為無人機及空中計程車之飛行起降的安全指引。
- (4) 無人機物流運送基礎設施需考量起降場設置地點的可及性、噪音防制、電力供應、維修、運送貨種及運送起迄地點等。

綜整前述國內外無人機物流運送整體發展趨勢、推動政策方向及案例，並評估我國地理條件、人口分布等情形後，本計畫研提我國偏鄉無人機物流運送服務模式朝「樞紐至設施」方向發展較為適切，詳述如下：

- 1. 我國偏鄉聚落分布零散，與日本地理人口分布相似，故建議可仿照日本產業政策推動之偏鄉、高山或離島物資補給的運送模式來發展，以改善偏鄉、離島地區因聯外道路少、路途崎嶇、航班次數少而造成物流運補配送不便之情形。

2. 我國歷年無人機物流運送之飛行測試皆以中華郵政公司為主要導入對象。為維持政策延續性，故建議優先以中華郵政公司作為本計畫物流服務模式探討對象，並仿照國外案例進行發展。
3. 無人機物流服務測試應以能累積足夠無人機的飛行時數與次數為目標，故驗證地點上宜擇定飛行環境不複雜、運送航程不長且基礎設施能快速整備之地點作為優先考量，以求能快速進入服務測試驗證階段。

第三章 服務模式規劃與系統發展

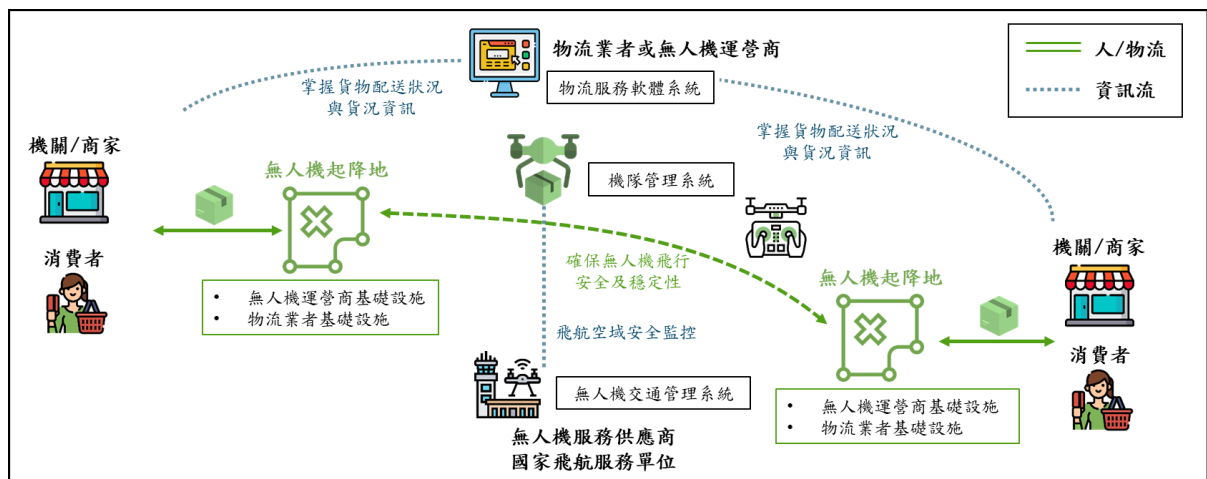
3.1 服務模式發展

本計畫以第二章所述之國內外相關案例為基礎，並以國內偏鄉及離島作為研究場域，透過研析無人機於物流運送的結構功能及掌握中華郵政公司、國內物流業之實務運送情形與需求，以釐清國內偏鄉及離島可導入無人機於物流運送的策略方向，進而研提對應之無人機物流運送服務模式及相關運作機制，以利我國無人機物流運送之服務驗證進行。

3.1.1 國內無人機物流服務發展策略

1. 無人機運送活動參與者角色與功能

無人機物流運輸活動，可分成飛航空域安全、無人機飛行安全及穩定性、物流運送效率與服務品質等三大層面來界定相關參與者角色與功能，並需仰賴相關後勤資訊管理及基礎設施來滿足無人機飛航所需之通訊、充電、維修、設備存放、運送包裹儲藏、工作人員整備等需求，有效地運用與管理運送活動中的人流、物流及資訊流，藉此確保整體運送安全及效率，如圖 3.1.1、表 3.1.-1 及表 3.1-2 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.1 無人機物流運送結構示意圖

表 3.1-1 無人機物流運送參與者角色及相關後勤資訊管理

類型	運送活動參與者	相關後勤資訊管理
託運者	機關、商家、消費者	物流服務軟體系統
承運者	第二方或第三方物流服務供應商、無人機物流營運商	機隊管理系統、物流服務軟體系統
收貨者	商家、消費者	—
監管者	交通部民用航空局、無人機服務供應商	無人機交通管理系統

資料來源：本計畫彙整。

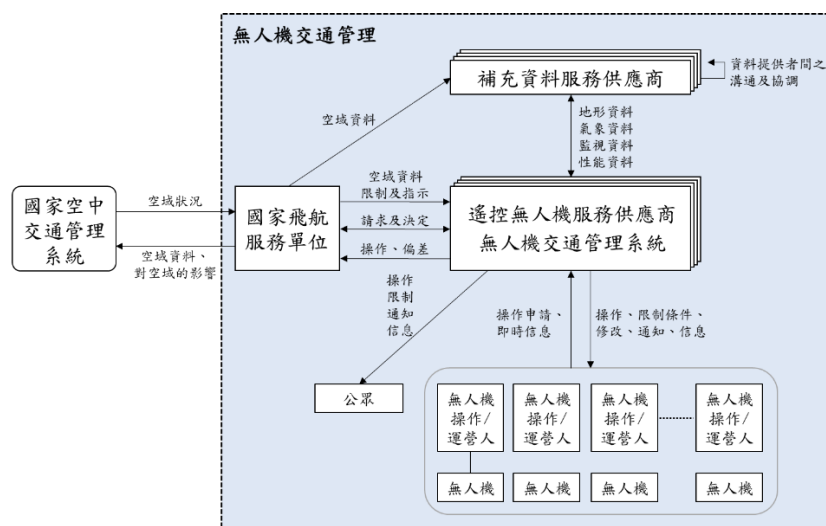
表 3.1-2 無人機運輸型態優缺點

優點	缺點
■ 較不受地形空間限制，使用上極具靈活性 ■ 運送時間較具彈性 ■ 運輸速度快 ■ 可提供到戶服務 ■ 可利於減少碳足跡	■ 受氣候影響較大 ■ 運送量有限 ■ 續航力影響運送距離 ■ 研發投入成本高

資料來源：本計畫彙整。

(1) 飛航空域安全

參考美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, 簡稱FAA)在2020年提出無人機交通管理(Unmanned Aircraft System Traffic Management, 簡稱UTM)作業概念及相關單位權責單位，無人機服務供應商(UAS Service Supplier, 簡稱USS)可結合無人機通訊、導航、偵測與避讓(Detect and Avoid, 簡稱DAA)、數據交換、遠端射頻識別(Remote Identification, 簡稱Remote ID)功能，建立無人機交通管理系統，藉此完成無人機任務規劃、飛航許可、追蹤識別、無人機間資訊分享等，以便國家飛航服務單位針對飛航空域安全進行監管，如圖3.1.2所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.2 無人機交通管理系統架構與權責單位

(2) 無人機飛行安全及穩定性

無人機營運商在進行物流載貨飛行前，應遵守交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序規範；飛行過程中則可藉由整合無人機地面監控站及利用機隊管理系統進行無人機影像實況的即時監控、即時或定時規劃與執行飛行任務、管理及存取飛行數據、故障冗餘安全狀態警告等，藉此操作與管理無人機，以確保其飛行安全及穩定性。

(3) 物流運送效率與服務品質

以第二方物流(Second Party Logistics)業者、第三方物流(Third Party Logistics)業者或無人機物流營運廠商作為物流運送服務的供應者，將託運者所託運的貨品送至收貨者，並透過物流服務軟體系統來掌握貨物配送狀況與貨況資訊，確保整體物流的服務品質與配送運作間的作業效率。

2. 國內整體無人機物流服務發展策略建議

隨消費與商用無人機之誕生，驅動全球無人機產業快速發展。而在人工智慧賦能下，微定位、物聯網、影像辨識等各種科技精進，促使消費市場已邁入虛實通路整合的全通路(onmichannel)零售時代，無人機可作為投入智慧化物流(smart logistics)配送的新運具。惟物流創新的成功發展需仰賴技術、制度及管理三

面向緊密相連，需透過政府規制與企業行為共同協力而達成。

著眼於我國資通訊產業鏈具完整性且發展成熟，我國除需持續投入無人機技術研發外，亦可掌握無人機運輸型態優缺點(如表 3.1-2 所示)，健全無人機相關法規與管理制度，並刺激無人機物流服務市場發展，相關策略說明如後。

(1) 利用無人機物流運送測試驗證計畫，精進技術及完善相關制度

國內無人機製造商除持續優化無人機在續航、載貨、耐候的能力外，政府單位可藉由支持地方與企業進行無人機物流運輸測試計畫，進行相關技術的驗證及完善法規制度，並可優先透過無人機於公務應用的推動，導引無人機物流服務及物流通路業者利用無人機發展物流運送。

(2) 利用無人機作為既有運輸的輔助工具，發展物流共同化作業

物流承運人可將無人機與國內現有公路、鐵路及海路運輸系統結合，發展複合運輸，並透過同業(如物流公司)或異業(如國內電商、零售商等通路業者)結盟，發展合適的商業模式，提供多元物流運送組合(如圖 3.1.3 所示)，促進國內無人機市場活絡。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.3 無人機物流承運人之物流共同化發展方向

(3) 因應淨零排碳趨勢，政府與企業共創綠色物流運送體系

掌握無人機有利於減少碳足跡的優點，政府端可提出相關法規或政策引導通路業者或無人機物流服務業者發展綠色物流運送，同時加強推廣環境保護危機意識的力度。企業端則透過設置配送中心、制定配送計劃等方式，同時兼顧企業經營成本與抑制運送過程污染，體現企業綠色的社會與經濟形象，建立企業長遠發展。

3. 無人機偏鄉及離島物流運送服務驗證規劃

(1) 偏鄉及離島物流運送發展現況

雖國內貨品運送方式係依運送貨種類型、不同運輸工具之運載能力、投入成本、送貨速度及頻率作設置。臺灣地形多樣複雜，造就偏鄉及離島物流運輸的不同特性。

山區地形使得偏鄉聚落分散，採用陸運較能滿足偏鄉對於高機動性及高可及性的物流運送需求。然上述仰賴陸運做為物流服務模式之困境在於，偏鄉地區多位於山區，故道路多崎嶇，亦受風災、水災、土石流等因素造成坍方中斷，以致貨品無法及時送至目的地，運輸穩定性欠佳，進而造成當地居民生活不便或影響當地產業發展。

離島因地理環境限制，則以海陸聯運作為主要物流運送方式。然此種運送方式因在起迄端點上必須透過公路進行接駁轉運，衍生裝卸及轉運的費用，且亦受海象不佳影響、須配合靠船的定期班表，以致現階段離島的物流服務模式面臨花費時間成本較高、便利性低、時間較不彈性等問題。

(2) 偏鄉及離島無人機物流服務發展策略

本計畫經與中華郵政公司及無人機業者進行需求訪談後，研提國內導入無人機於偏鄉及離島無人機物流服務的策略如下：

① 以日本案例作為國內偏鄉離島無人機運補服務模式的參考

我國偏鄉聚落分布零散，與日本地理人口分布相似，故建議初期可仿照日本產業政策推動之偏鄉、高山或離島物資補給的運送模式來發展，即「樞紐至設施」方式，藉此改善國內

偏鄉、離島地區因聯外道路少、路途崎嶇、航班次數少而造成物流運補配送不便之情形。據此，本研究優先針對郵局、醫療及消防單位等公家機關作為導入服務對象的規劃。後續則視市場需求、法規突破，逐步朝向「樞紐至門戶」，甚至是「樞紐至樞紐」之服務模式發展。

②服務模式宜朝向不影響既有物流運送模式進行規劃

與鐵路、公路貨車相同，無人機同樣係為一種載具進行貨物運送作業。為求服務對象能快速適應無人機物流運送服務，服務模式建議應朝向盡量不影響既有運送模式進行規劃，以便無人機能快速導入物流運送服務流程。

③服務模式及驗證場域應以測試無人機服務流程具擴展性與飛航穩定性為主

無人機物流服務測試應以能累積足夠無人機的飛行時數與次數為目標，故驗證地點上宜擇定飛行環境不複雜、運送航程不長且基礎設施能快速整備之地點作為優先考量，以求能快速進入服務測試驗證階段。透過從單條廊道驗證逐漸擴充至多條廊道驗證，逐步累積足夠無人機的飛行時數與次數，以確保無人機飛航穩定性及服務流程具擴展性。同時，藉由累積無人機飛行測試數據，以提供主管機關及產業界推動後續相關工作與效益評估的參考。視當前我國無人機性能發展程度，本研究以載貨 20 公斤以下，單趟運送距離 10 公里內作為無人機物流航線規劃的基礎。

④無人機起降場地宜考量民眾及空域安全性進行選定與規劃

為使無人機物流運送服務對於起降場地周邊居民之影響降至最低，在擇定無人機起降點時，宜以地方既定的緊急應變場地、直升機停機坪或其他空曠、人群非密集處為優先。另宜優先挑選允許飛行活動的黃區及綠區空域為主，並利用無人機交通管理系統即時監控無人機飛航活動，以確保無人機飛航安全。

⑤無人機起降場地宜提供無人機作業與物流整備基礎設施

透過於無人機起降地設置完善基礎設施，滿足無人機安全起降、無人機飛航所需之通訊、充電、維修、設備存放，以及運送包裹儲藏、工作人員整備等空間需求。另結合無人機物流服務軟體系統，使無人機物流服務業者得以追蹤貨件配送、管理寄取件，確保貨件運送的流暢度與完善性。

依據上述策略，本計畫優先與中華郵政公司、醫療單位與消防單位進行協調並掌握各單位需求，進行偏鄉及離島無人機物流服務驗證的相關規劃，規劃內容如表 3.1-3 所示。

表 3.1-3 偏鄉及離島無人機物流服務驗證規劃內容

規劃面向	規劃內容
服務對象	以公部門為主，優先擇定郵局、醫療單位、消防單位進行規劃。
航線距離	單趟 10 公里。
載運貨品型態	以重量小於 20 公斤之耐保存貨品為優先。
載貨箱型	採中華郵政箱型，並以 Box3 便利箱或大型瓦楞紙箱為主。
運送天候情形	以無強大風雨為主。
無人機起降地	地方既定的緊急應變場地、直升機停機坪或其他空曠、人群非密集處之公有土地為優先。
基礎硬體設備	於無人機起降地規劃無人機安全起降、通訊、維修、設備存放，以及運送包裹儲藏、工作人員整備等所需空間。
無人機物流服務軟體系統	無人機物流服務業者可透過無人機物流服務軟體系統，追蹤貨件配送、管理寄取件，確保貨件運送的流暢度與完善性。
無人機交通管理系統	無人機服務供應商可透過無人機交通管理系統，完成無人機任務規劃、飛航許可、追蹤識別、無人機間資訊分享等，以確保無人機飛航安全。

資料來源：本計畫彙整。

3.1.2 規劃離島物流配送

為規劃無人機導入離島物流配送之服務模式，本計畫透過與澎湖縣政府、相關郵政及醫療單位進行需求訪談，藉此掌握離島物資需求與無人機導入運送物質的可行做法、可能涉及之權責單位，進而研提國內無人機於離島物流配送之運作機制。

1. 離島物資需求分析

離島因所在地理區位限制影響，較難達成物資自給自足，使得

對於民生用品、醫療物質之需求較大，主要仰賴臺灣本島之物資運送來補給。離島所需物資可大致區分為具時效性、非時效性等兩大類。如表 3.1-4、表 3.1-5 所示，時效性貨品，例如果菜、生鮮食品多需低溫冷藏，而醫療用品保質期短，故多透過空運方式將物品從臺灣本島運送至離島；離島間運送則仍以海運為主，惟外島之生鮮食品多可自給自足。非時效性貨品，如郵件、雜貨、乾糧、個人衛生用品，則不論臺灣本島至離島、離島間運送，皆主要以海運來運送，且離島外島之物資需求主要仰賴離島本島透過海運方式補給。

就物流業者、貨品收件端而言，離島間貨物運送多配合既有船班時間而進行運送，且易受季節性氣候影響，促使運送貨品因空運或海運之航班臨時停駛而延遲送達，亦或因風浪過大以致貨物毀損滅失，對於具時效性貨品的影響甚大。倘若能以無人機輔助具時效性貨品的運送，將有助於減少貨物無法準時送達，及降低影響食品、藥品效期的風險；惟其對於無人機抗風能力需求高，才得以滿足離島季節性氣候時之物流運送需求，否則仍需配合天候安排飛行。

考量低溫冷藏、冷凍的生鮮食品之運送，需搭載冷鏈物流系統，涉及較複雜的裝卸設備技術。為使國內無人機能快速導入物流服務驗證，本計畫以快捷郵件、醫療用品之無人機離島物流運送服務模式優先進行規劃。有關無人機導入離島時效性貨物之運送預期效益與挑戰彙整如表 3.1-6。

表 3.1-4 臺灣本島運往離島貨物類型及運送方式

貨物類型	時效性			非時效性	
貨品種類	果菜、生鮮食品	快捷郵件	醫療用品	乾糧、雜貨、個人衛生用品	普通函件
運送方式	以空運為主 (民間業者)	以空運為主 (民間業者)	以空運為主 (民間業者)	海運 (民間業者)	海運 (民間業者)
收件端	超商、零售門市	郵局	醫療院所	超商、零售門市	郵局

資料來源：本計畫彙整。

表 3.1-5 離島間貨物類型及運送方式

貨物類型	時效性			非時效性	
貨品種類	果菜、生鮮食品	快捷郵件	醫療用品	乾糧、雜貨、個人衛生用品	普通函件
運送方式	自給自足	海運 (民間業者)	海運 (民間業者)	海運 (民間業者)	海運 (民間業者)
收件端	-	郵局	醫療院所	超商、零售門市	郵局

資料來源：本計畫彙整。

表 3.1-6 無人機導入離島時效性貨物之運送預期效益與挑戰

現況運送方式		無人機導入優點	無人機導入挑戰
臺灣本島至離島間	運送以空運為主，配合既有飛機航班而運送。	不需侷限既有航班，可提供更即時運送服務。	與既有運送服務性質相近，但較無法提供高載重貨品運送，且續航力需求高（例如，臺灣本島至澎湖馬公之飛航距離至少 24 公里）。
離島間	運送以海運為主，配合既有船班而運送。	不需侷限既有船班，可輔助現行海運方式，提供更即時運送服務。	離島易受季節性氣候影響而影響既有船班開行，無人機抗風性需求高（例如，澎湖東北季風最大可達 11 級風），亦或需配合天候安排飛行。

資料來源：本計畫彙整。

2. 無人機導入物流服務模式規劃

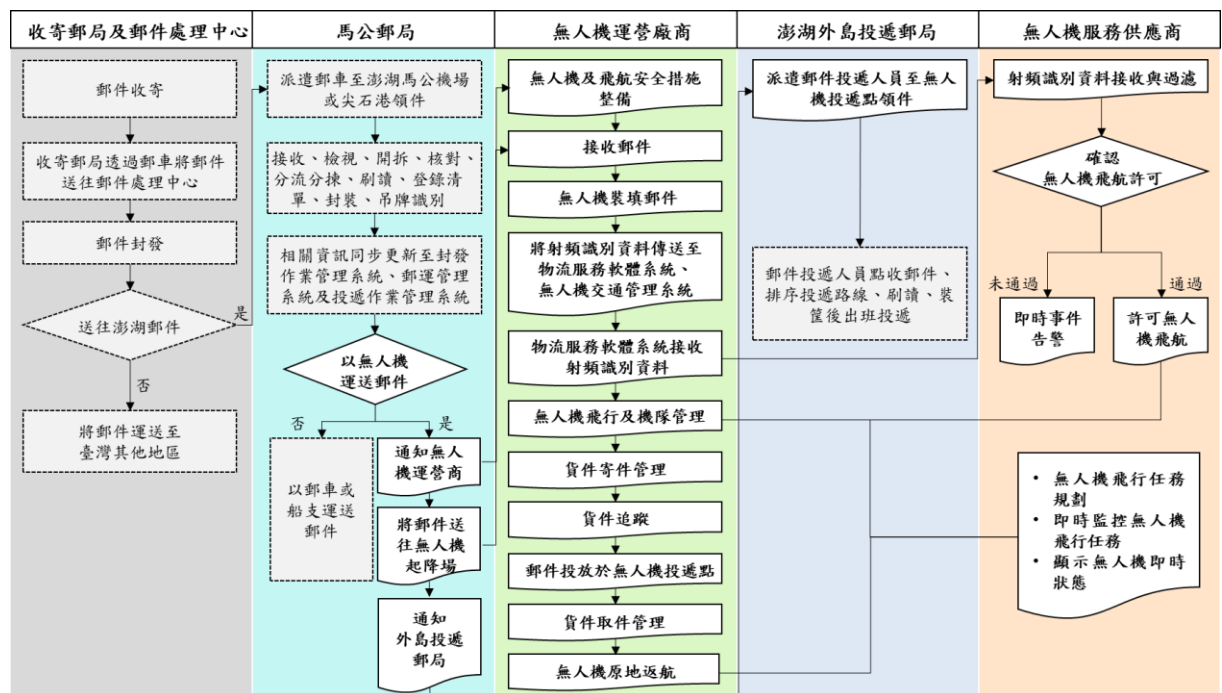
(1) 快捷郵件運送

國內現況收寄後的快捷郵件係透過中華郵政公司的郵車或委託台鐵、高鐵送往郵件處理中心後，利用空運或海運方式將包裹從臺灣本島送往離島，再由郵車送往投遞單位，最後再由郵務士將包裹送達至收件人。若包裹目的地為離島群的外島，則需再透過海運及代辦所協助將包裹送達至收件人，以致送往離島之外島群郵件所需寄送時間較長，無法真正於短時間內將郵件送達收件人。倘能導入無人機於本島與外島間的快捷郵件運送，將能大幅縮短郵件送至外島時間。

本計畫透過與澎湖郵政單位進行需求訪談，進而研提無人機

導入於離島的快捷郵件運送流程，如圖 3.1.4 及表 3.1-7 所示。建議中華郵政公司可委託無人機營運商進行離島之外島群的快捷郵件遞送；從臺灣本島送至離島郵局的郵件，經分流分揀、識別，標記出無人機運送的包裹後，利用郵車或船支送至無人機起降點，而後透過無人機將郵件送往外島之無人機投遞點，最後再由郵件投遞人員於投遞點領件、點收、排序投遞路線、刷讀、裝筐後出班投遞。

無人機營運廠商在無人機運送包裹前，應將射頻識別資料傳送至無人機交通管理系統、無人機物流軟體系統，使無人機服務供應商得以利用無人機交通管理系統來確保飛航許可及進行飛航任務規劃；無人機營運廠商則透過無人機物流軟體系統，追蹤及管理貨件。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.4 離島無人機快捷郵件運送作業流程(以澎湖為例)

表 3.1-7 無人機導入前後之離島快捷郵件運送程序(以澎湖為例)

郵件地點	既有程序	無人機導入後程序
馬公	馬公郵局電話/Line 通知船公司、代辦所。	馬公郵局電話/Line 通知無人機物流營運商、代辦所。
	馬公郵局派員將郵件送至馬公港，由船公司接收。	馬公郵局派員將郵件送至馬公無人機起降點，由無人機物流營運商接收，無人機物流軟體系統顯示已接收寄件。
馬公-澎湖外島	船公司將郵件送往外島碼頭，由船公司自行追蹤郵件。中華郵政之投遞作業管理系統顯示「郵件投遞途中」。	無人機物流營運商將郵件送往外島無人機投遞點，由無人機物流營運商自行追蹤郵件，無人機物流軟體系統顯示送件中。中華郵政之投遞作業管理系統顯示「郵件投遞途中」。
	若遇船翻覆丟件，由船公司通知馬公郵局，馬公郵局啟動賠償機制，打電話通知民眾攜帶著身分證明文件，辦理賠償手續；另依契約向船公司求償。	若遇無人機丟件，由無人機物流營運商通知馬公郵局，馬公郵局啟動賠償機制，打電話通知民眾攜帶著身分證明文件，辦理賠償手續；另依契約向無人機物流營運商求償。
澎湖外島	代辦所派員至碼頭取件，並帶回至代辦所。	代辦所派員至無人機投遞點取件，並帶回至代辦所；無人機物流軟體系統顯示已完成送件、取件。
	由代辦所派員進行投遞。當完成郵件遞送，中華郵政之投遞作業管理系統顯示「郵件投遞成功」。	由代辦所派員進行投遞。當完成郵件遞送，中華郵政之投遞作業管理系統顯示「郵件投遞成功」。

資料來源：本計畫彙整。

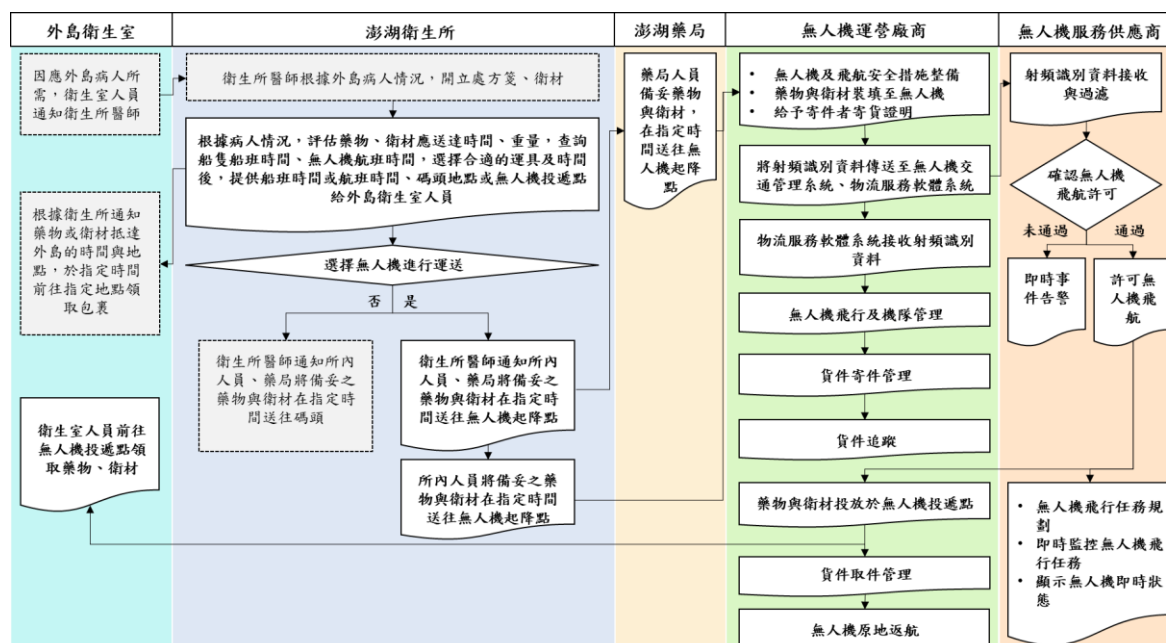
(2) 醫療用品運送

以澎湖為例，澎湖現況本島與外島之間的醫療用品運送主要係透過海運，其流程為病人於離島衛生室看病，衛生所醫師藉由遠端視訊了解病人需求後，開立處方箋或所需衛材，並通知所內人員、藥局人員準備相關藥品及衛材，同時告知船班時間，所內人員、藥局人員將所需藥品、衛材打包後於醫師指定之船班時間送往碼頭，將包裹委由船公司經營航線之交通船代為運送，離島衛生室人員依據衛生所醫師提供之船

班時間，於船班預計抵達外島碼頭的時間前往領取包裹。

上述流程中，醫師需要配合交通船的班表來決定何時運送藥品及衛材。惟受限於馬公至澎湖外島群之船班班次過少，若醫生診斷病人有急需使用藥物或衛材，病人仍需等待配合船班時間才能獲得治療。倘能導入無人機於本島與外島間的醫療用品運送，將能大幅改善外島的醫療可及性。

本計畫透過與澎湖當地的醫療單位進行需求訪談，進而研提無人機導入於離島的快捷郵件運送流程，如圖 3.1.5、表 3.1-8 所示。醫療用品運送流程導入無人機後，對於衛生所、衛生室、藥局的影響在於以往醫療用品皆以碼頭為寄送、接收地點，未來將依據病人情況彈性調整是否配合無人機航班，並前往無人機起降點、投遞點進行醫療用品的寄送與接收。在無人機運送醫療物資的過程中，無人機營運廠商與無人機服務供應商扮演的角色與任務則與前述之離島快捷郵件運送內容相同。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.5 離島無人機醫療用品運送作業流程(以澎湖為例)

表 3.1-8 無人機導入前後之離島醫療用品運送程序(以澎湖為例)

郵件地點	既有程序	無人機導入後程序
馬公	衛生所人員根據交通船的船班時間前往船公司所在的碼頭，由船公司接收。	衛生所人員根據無人機物流營運商的航班時間前往無人機物流營運商所在的馬公起降點，由無人機物流營運商接收，無人機物流軟體系統顯示已接收寄件。
	藥局人員根據交通船的船班時間前往船公司所在的碼頭，由船公司接收。	藥局人員根據無人機物流營運商的航班時間前往無人機物流營運商所在的馬公起降點，由無人機物流營運商接收，無人機物流軟體系統顯示已接收寄件。
馬公-澎湖外島	船公司將醫療用品裝箱，透過船隻送往碼頭，船公司自行掌握醫療用品運送狀態。	無人機物流營運商將醫療用品裝箱，透過無人機送往外島無人機投遞點，由無人機物流營運商自行追蹤醫療用品運送狀態，無人機物流軟體系統顯示送件中。
	若遇船翻覆丟包，由船公司通知馬公衛生所、藥局，船公司啟動賠償機制，馬公衛生所、藥局人員攜帶著身分證明文件，辦理賠償手續。	若遇無人機丟件，由無人機物流營運商通知馬公衛生所、藥局，無人機物流營運商啟動賠償機制，馬公衛生所、藥局人員攜帶著身分證明文件，辦理賠償手續。
澎湖外島	衛生室人員至碼頭領取包裹，並帶回至衛生室。	衛生室人員至投遞點領取包裹，並帶回至衛生室；無人機物流軟體系統顯示已完成送件、取件。

資料來源：本計畫彙整。

3. 離島物流配送導入無人機所需之系統需求規格

為因應我國離島無人機物流配送的運送情境，本計畫透過蒐集國內外無人機離島物流運送案例(詳第二章)，研提我國發展無人機於離島物流配送之基本系統需求規格(如表 3.1.9 所示)。

(1) 無人機軟硬體系統

考量離島需跨海飛行，需具備相當的抗風能力及續航里程，故在離島場域的抗風基本需求列為至少可抗 6 級風，且續航里程單趟可達至少 10 公里。此外，建議需具備射頻識別、自動化飛行與自動卸載貨物的功能，且載重能力至少為 5 公斤。

(2) 無人機物流軟體服務系統

應具備貨件追蹤、寄取件管理及串接無人機之機隊管理系統。

(3) 無人機交通管理系統

應具備確認飛航許可、任務規劃、相關飛航資料串接及無人機飛行軌跡等資訊共享之功能。

表 3.1-9 無人機離島物流配送系統需求規格表

系統分類	項目	需求能力
無人機軟硬體系統	載重能力	1-5 公斤
	續航能力	10 公里(單趟)
	抗風能力	6 級風
	遙導控距離	10 公里
	射頻識別功能	需可串接系統，供追蹤及識別
	自動化飛行	需具備
	自動卸載貨物能力	需具備
無人機物流軟體服務系統	貨件追蹤	需能呈現包裹狀況，包含已寄件、已取件、配送中、包裹即時點位
	寄取件管理	紀錄無人機寄取件資訊，包含無人機編號、收件時間、收件地點、交件時間、交件地點、貨件號碼、重量
	機隊管理功能串接	無人機 ID、位置、速度、高度、控制站位置和標高、時間標記、緊急狀態
無人機交通管理系統	空域管理	任務規劃及申請、飛航許可
	補充資料服務供應	禁航區資訊、氣象資訊、三維地理資訊
	無人機間資訊共享	飛航許可後、任務執行時，空域管理者登入系統可顯示所有無人機 Remote ID 軌跡

資料來源：本計畫彙整。

3.1.3 規劃偏鄉緊急運補

為規劃無人機導入偏鄉緊急運補之運作機制，本計畫透過與花蓮縣政府及相關消防單位進行需求訪談，以掌握現況偏鄉的緊急運送機制、物資需求以及無人機導入運送物資的可行作法和可能涉之權責單位。

1. 偏鄉緊急物資運補分析

臺灣地形多樣複雜，使得偏鄉聚落分散且多為位於山區。偏鄉聚落雖可透過公路運輸通達，但通常陸運花費時間較長，且道路易受風災、地震、大雨等天然災害影響致使坍方受損或中斷。於道路搶修期間，部分村落之聯外道路受阻形成孤島；在搶修完成前，僅能倚靠人力徒步運輸物資。

依據我國內政部消防署「風災災害防救業務計畫」及「震災含土壤液化災害防救業務計畫」，災害發生時之緊急運送依運送對象可分為三階段：第一階段為提供從事搜救及醫療救護之人員與物資，第二階段為食物、飲用水及民生物資，第三階段則為災後復原所需人員、物資及生活必需品。為促使偏鄉災害發生後災區所需物資能儘速送達，本計畫以無人機導入緊急物資運補進行規劃，並鎖定第一階段救難人員所需物資、第二階段災民所需食物、飲用水及民生必需品作為運送對象。有關現況第一、二階段之緊急物資運送流程，說明如後。

(1) 第一階段緊急物資運補

現況的緊急災害物資運補流程，以風災與震災為例，災情發生時各相關部會依照行政院災害緊急通報作業規定，主動蒐集並通報災害資訊給災害應變中心；災害應變中心則由消防單位開設，中央由內政部消防署執掌，地方則分別由縣市政府消防局或鄉鎮市區公所執掌，視災害嚴重程度分為一級開設與二級開設。若有需搜救或緊急醫療救護之情形，則由負責該行動之機關各自攜帶所需裝備及器材，並依照緊急運送原則，分階段運送所需人員及物資。

第一階段的緊急運送包含從事搜救、醫療救護之人員及物資，原則上亦由相關的消防及醫療單位所負責；若有道路中斷的情形，則由交通部及地方政府掌握交通工具及緊急運送路線。若環境條件許可，內政部空中勤務總隊將透過使用空勤直升機載送人員及物資；若天候不佳無法使用直升機則需待道路搶通後，再以陸運方式將人員及物資送達投遞點。

(2) 第二階段緊急物資運補

現況的第二階段災害緊急災害物資運補流程，分為以縣市政府的社會處執掌以及各鄉鎮市區公所的民政課職掌。社會處與民政課平時均會常態儲備乾糧、飲用水等民生用品，待災害發生時由各公所指示是否開設鄉鎮之災害應變中心及收容所，以提供災民安全居住之場所及物資。若有因災害嚴重導致道路阻斷之情形，在天氣環境許可下，災害應變中心將協調空中勤務總隊以空投方式發放物資。例如，瑞港公路(花64線)曾於民國110年因風災的大雨沖刷使公路崩塌、路基嚴重流失，導致瑞穗鄉奇美村的聯外道路中斷而成孤島，在道路搶修完成之前，村內居民僅能依靠徒步下山取得飲用水、食物、民生物資及醫藥品。據訪談瑞穗鄉公所民政課表示，該次瑞港公路中斷時，因受天候影響無法派遣直升機，僅能等待一至二日道路修繕完成後，居民方能駕車外出購買民生用品及醫藥品。

以上不論是第一階段或第二階段之緊急物資運送，倘若能導入無人機於道路或橋梁中斷時之物資運送，將有助於災區的救災人員及民眾更快速地取得物資；惟偏鄉山區天氣多變且地形多崎嶇，對於無人機抗風性及續航力需求高，否則仍需配合天候及地形安排飛行。無人機導入偏鄉緊急運補之預期效益與挑戰彙整如表3.1-10。

表 3.1-10 無人機導入偏鄉緊急運補之預期效益與挑戰

現況運送方式		無人機導入優點	無人機導入挑戰
第一階段 緊急物資 運補	空勤直升機或陸運，視環境或天候條件而定。	於道路或橋梁中斷時，可提供第一線救災人員所需之物資，包含手電筒、繩索、醫藥用品及其他因應緊急狀況所需之物品運送服務。	偏鄉山區天氣多變且地形多崎嶇，對於無人機抗風性及續航力需求高。
第二階段 緊急物資 運補	空勤直升機或陸運，視環境或天候條件而定。	於道路或橋梁中斷時，可提供第二階段所涵蓋之食物、飲用水及民生必需品之運送服務。	偏鄉山區天氣多變且地形多崎嶇，對於無人機抗風性及續航力需求高。

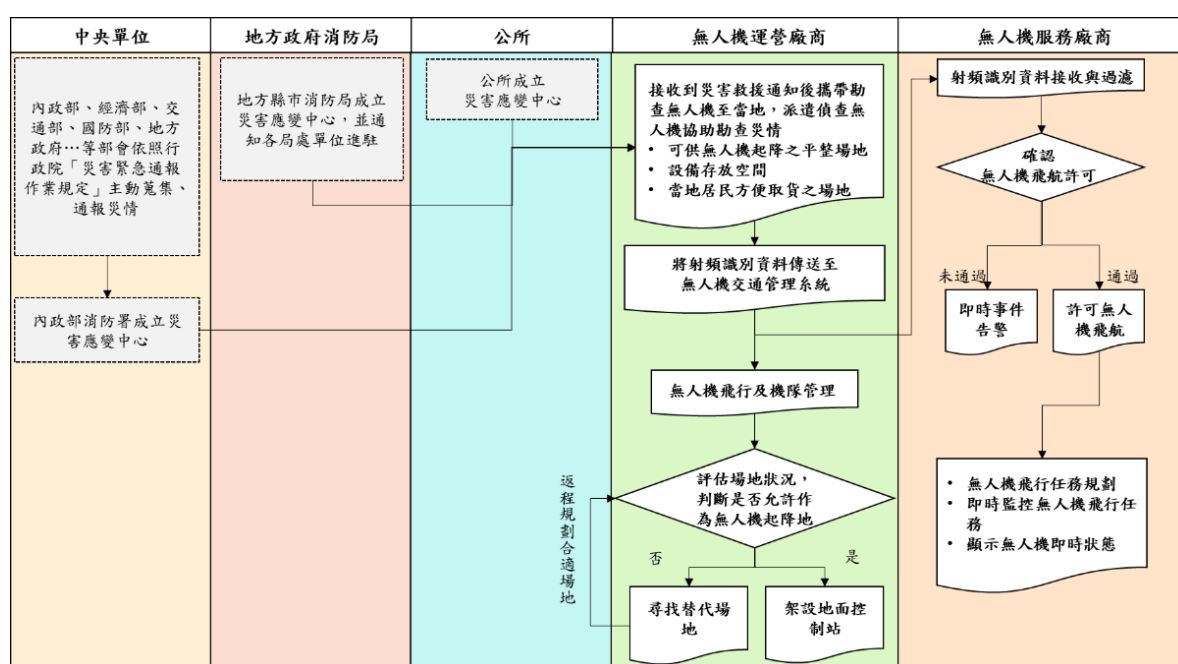
資料來源：本計畫彙整。

2. 無人機導入物流服務模式規劃

考量偏鄉環境易受災害影響，為確保災害發生後，無人機可安全地將救難人員及災民所需物資送往災區，本計畫建議可先利用勘查型無人機至災區進行偵查，而後再派遣物流型無人機進行緊急物資運送。相關規劃說明如下：

(1) 災區安全勘查

於災害發生時，勘查型無人機可用於支援中央及地方災害應變中心、地方消防單位協助勘查災情，並先行針對物流型無人機起降場地進行勘查，評估原規劃的起降場地狀況是否仍可作為安全之起降場地，或是需再另尋鄰近替代起降場，並於起降場地架設地面控制站。在出發勘查前，無人機營運商應將射頻識別資料傳送至無人機飛航管理系統，以確保飛航許可及進行飛航任務規劃，如圖 3.1.6 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.6 偏鄉無人機災區安全勘查作業流程

在勘查型無人機確認起降地的同時，各單位可先調查災區所需物資，待勘查機勘查完畢返回後，亦可將災區現況資訊帶回災害應變中心，評估是否有其他需求物資。

(2) 緊急物資運補

依據第一階段與第二階段之緊急物資運補任務進行規劃，即提供第一線救災人員所需之物資，包含手電筒、繩索、醫藥用品及其他因應緊急狀況所需之物品，以及第二階段所涵蓋之食物、飲用水及民生必需品，如圖 3.1.7 所示。

① 第一階段緊急物資運補

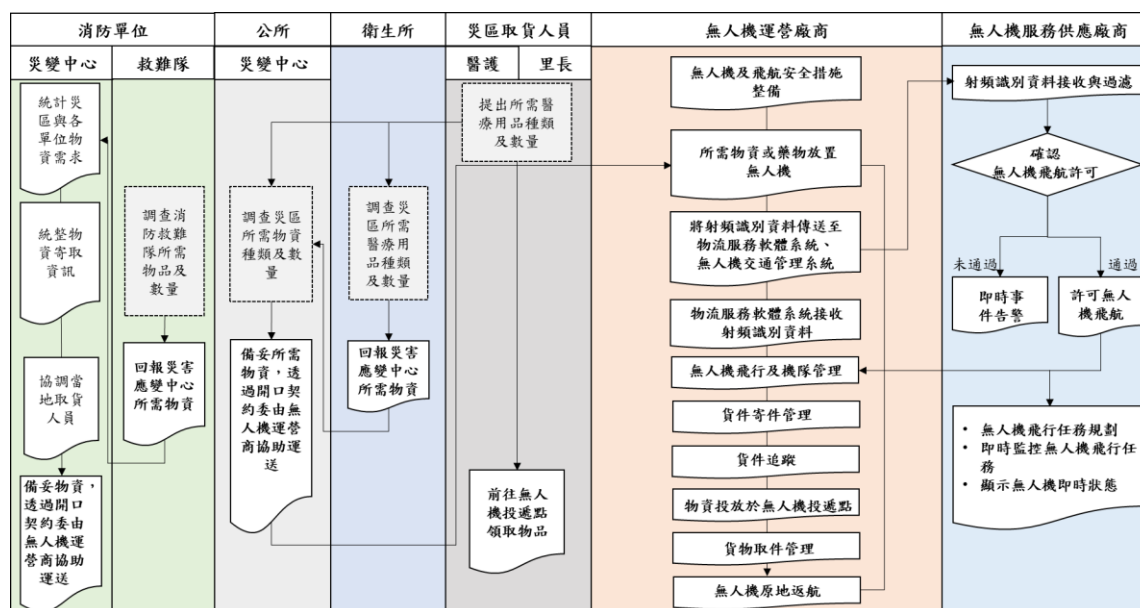
消防單位、公所和衛生所同步確認災區所需的物資和醫藥品種類及數量後，統一將需求回報給災害應變中心統籌，依緊急程度派送消防單位所需救援物品及當地所需醫藥用品；若有遇斷電或訊號中斷之情形，可藉由各偏鄉派出所和公所的衛星電話或對講機與災害應變中心聯繫。

待確認救難人員所需物資項目及數量後，由公所和衛生所協助運送至無人機起降地，再由物流型無人機進行運送物資至投遞點後，由消防單位、當地里長或居民代表代表取下物資。若運送貨品為醫藥品，依現行藥事法規定，則需有衛生所的相關護理人員在場協助醫藥品的接收。完成該次運補作業後無人機即可返航。

② 第二階段緊急物資運補

第二階段之緊急運送為提供災區當地居民所需的物資，例如食物、飲用水及民生用品等。上述物資通常由該地的公所常態儲備，故此階段的權責與窗口為公所民政課。

此階段的緊急物資運補作業流程與第一階段相似，由公所確認災區居民所需的物資種類及數量後，協助運送至無人機起降地，再由物流型無人機進行運送物資至投遞點後，由當地里長或居民代表取下物資，即完成該次運補作業。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.1.7 偏鄉無人機緊急物資運補作業流程

3. 偏鄉緊急運補導入無人機所需之系統需求規格

為因應我國偏鄉無人機緊急運補的運送情境，本計畫透過蒐集國內外無人機偏鄉物流運送案例(詳第二章)，研提我國發展無人機於緊急運補之基本系統需求規格(如表 3.1.11 所示)。

(1) 無人機軟硬體系統

考量在偏鄉緊急運送情境下，物資應盡快由起降點送至投遞點，故建議續航距離以單趟至少 5 公里為基礎；而因無人機需飛行於山區，有穿越河谷的可能，其落山風強勁，故抗風能力需達至少 5 至 6 級風。此外，建議需具備射頻識別、自動化飛行與自動卸載貨物的功能，且載重能力至少達 5 公斤。

(2) 無人機物流軟體服務系統

應具備貨件追蹤、寄取件管理及串接無人機之機隊管理系統。

(3) 無人機交通管理系統

應具備確認飛航許可、任務規劃、相關飛航資料串接及無人機飛行軌跡等資訊共享之功能。

表 3.1-11 無人機偏鄉緊急運補系統需求規格表

系統分類	項目	需求能力
無人機軟硬體系統	載重能力	1-5 公斤
	續航能力	5 公里(單趟)
	抗風能力	5 至 6 級風
	遙導控距離	5 公里
	射頻識別功能	需可串接系統，供追蹤及識別
	自動化飛行	需具備
	自動卸載貨物能力	需具備
無人機物流軟體服務系統	貨件追蹤	需能呈現包裹狀況，包含已寄件、已取件、配送中、包裹即時點位)
	寄取件管理	紀錄無人機寄取件資訊，包含無人機編號、收件時間、收件地點、交件時間、交件地點、貨件號碼、重量
	機隊管理功能串接	無人機 ID、位置、速度、高度、控制站位置和標高、時間標記、緊急狀態
無人機交通管理系統	空域管理	任務規劃及申請、飛航許可
	補充資料服務供應	禁航區資訊、氣象資訊、三維地理資訊
	無人機間資訊共享	飛航許可後、任務執行時，空域管理者登入系統可顯示所有無人機 Remote ID 軌跡

資料來源：本計畫彙整。

3.2 系統規劃與發展

3.2.1 導入測試與驗證無人機機型

為滿足國內偏鄉及離島物流運送的服務驗證需求，本計畫導入 4 型無人機機型，包含旋翼型與直升機型，各機型相關開發構想及性能諸元如表 3.2-1 所示，說明如後。

1. 基本共通性能

(1) 滯空時間空載皆可超過 50 分鐘。

- (2) 導控距離皆可達 25 公里以上。
- (3) 抗風能力皆可達 6 級以上。
- (4) 動力系統皆採電力。
- (5) 貨物酬載重量皆可達 5 公斤以上。
- (6) 貨物投遞機制皆具備全自動卸載貨物能力，於本計畫試飛測試原則採物流包裹落地釋放為主。
- (7) 皆具備全自動飛行能力。
- (8) 皆具備網路(4G/5G)射頻識別能力。

表 3.2-1 本計畫導入 4 型無人機基本性能彙整表

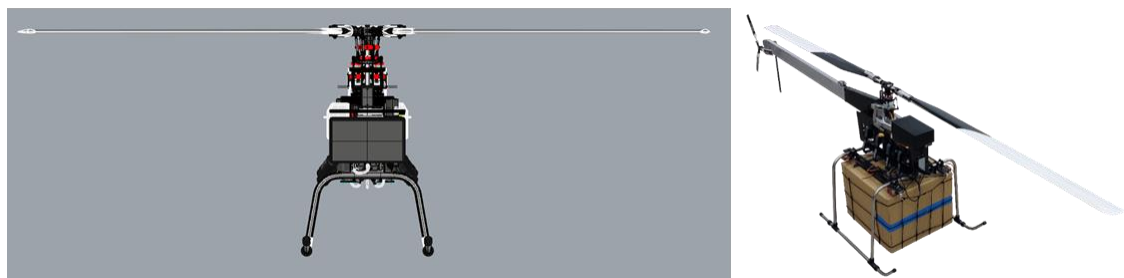
機型名稱	ALPAS-C2 Plus	A616 NEO+	HJ-CH-47	Gryphon EX
開發商	經緯航太	樂飛創新	航見科技	奧榮科技
機型種類	單旋翼	六軸多旋翼	直升機	六軸多旋翼
展開尺寸	2,760mm(長) 600mm(寬) 825mm(高)	3,340mm(長) 3,340mm(寬) 900mm(高)	3,680mm(長) 330mm(寬) 487mm(高)	2,462mm(長) 2140mm(寬) 700mm(高)
滯空時間	50 分鐘(空載)	50 分鐘(空載)	60 分鐘(空載)	60 分鐘(空載)
導控距離	30 公里	30 公里	25 公里	25 公里
抗風能力	6 級	6 級	7 級	6 級
動力系統	電力	電力	電力	電力
貨物酬載重量	5 公斤以上	60 公斤	15 公斤	5 公斤
最大起飛重量	32 公斤	149 公斤	50 公斤	30.5 公斤
最大速度	100 公里/小時	43 公里/小時	72 公里/小時	72 公里/小時
巡航速度	60 公里/小時	36 公里/小時	60 公里/小時	43 公里/小時
最大上升速度	4 公尺/秒	3 公尺/秒	3 公尺/秒	5 公尺/秒
最大下降速度	2 公尺/秒	1.5 公尺/秒	1.5 公尺/秒	3 公尺/秒
升限高度	海平面上 2,000 公尺	海平面上 2,000 公尺	海平面上 3,000 公尺	海平面上 2,000 公尺

機型名稱	ALPAS-C2 Plus	A616 NEO+	HJ-CH-47	Gryphon EX
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物功能，採釋放鉤、低空拋擲及落地卸貨	具備全自動卸載貨物功能，採貨盤及投擲器施放	具備全自動卸載貨物能力，採降落後釋放	具備全自動卸載貨物能力，採降落後釋放
自動飛行	具備全自動飛行能力	具備全自動飛行能力	具備全自動飛行能力	具備全自動飛行能力
射頻識別	具備網路(4G/5G)射頻識別能力	具備網路(4G/5G)射頻識別能力	具備網路(4G/5G)射頻識別能力	具備網路(4G/5G)射頻識別能力

資料來源：本計畫彙整。

2. 機型 ALPAS-C2 Plus

- (1) 由經緯航太所開發，為單旋翼垂直起降無人機，如圖 3.2.1 所示。
- (2) 採自動起飛、自動降落、引擎溫度監控、任務導航、導航結束後返航、斷訊返航、低電壓返航、GPS 丟失降落等安全性設計。
- (3) 採可折疊之主旋翼設計，提升攜帶與組裝便利性。



資料來源：本計畫彙整。

圖 3.2.1 經緯航太 ALPAS-C2 Plus 機型示意圖

3. 機型 A616 NEO+

- (1) 由樂飛創新所開發，為六軸六槳多旋翼無人機，如圖 3.2.2 所示。
- (2) 採垂直起降，適合起降空間較受限之環境進行物流運輸或垂掛，該機由於具有機構簡單、妥善率高、堅固耐用、研發迅速及維修快速簡便等特性，適合本計畫執行偏鄉物流或緊急運補之任務。

(3) 採可折疊機臂設計，利於攜帶與組裝便利性。

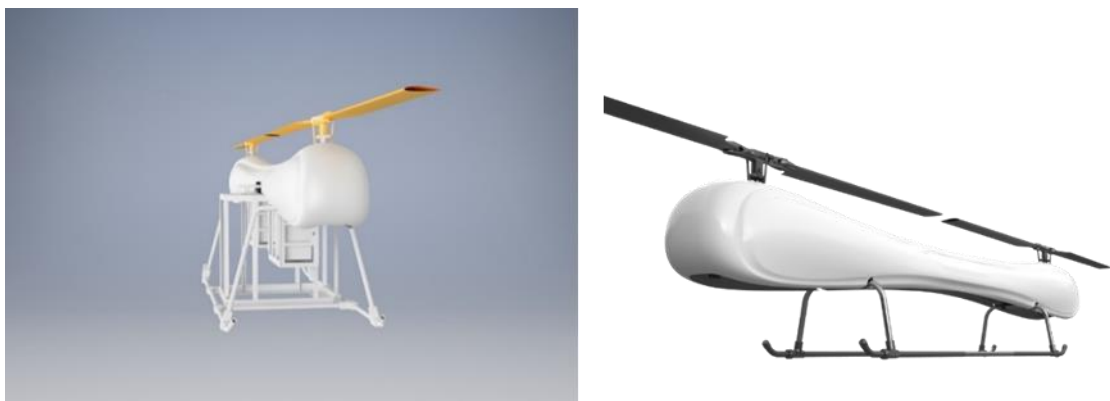


資料來源：本計畫彙整。

圖 3.2.2 樂飛創新 A616 NEO+機型示意圖

4. 機型 HJ-CH-47

- (1) 由航見科技所開發，為雙軸主旋翼直昇機，如圖 3.2.3 所示。
- (2) 承襲航見科技 100 級單軸直升機進行動力升級，提升飛行效率、酬載重量與任務多樣性。
- (3) 採用 4G/5G 兼容通訊核心，使用航見科技專有容錯視頻管道，即使用自動帶寬適應機制來即時更改幀速率、分辨率和壓縮參數，即使在非常慢的連接上也能保證快速的視頻流。
- (4) 創建直接對等(P2P)連接，並使用通過 UDP 流式傳輸的自定義視頻管道來實現低延遲。為安全起見，當前延遲始終顯示在地面站應用程式中。



資料來源：本計畫彙整。

圖 3.2.3 航見科技 HJ-CH-47 機型示意圖

5. 機型 Gryphon EX

- (1) 由奧榮科技開發，為聯網重載六軸多旋翼垂直起降無人機，

如圖 3.2.4 所示。

- (2) 考量無人機於重載情況下執行長時間飛行任務，以電力作為其動力系統，並採用六軸冗餘多旋翼無人機構造，實現於各式情境之下更加穩定且抗風之能力。
- (3) 飛行控制系統採 avicon-奧榮科技研製的工業級飛行控制器，內含三軸加速規、三軸陀螺儀及氣壓計。
- (4) 具備 GNSS、4G/5G 訊號監測，並可達成失控返航(遙控鏈路)、斷訊返航（資料鏈路）及低電量自動返航，以確保飛航安全。



資料來源：本計畫彙整。

圖 3.2.4 奧榮科技 Gryphon EX 機型示意圖

3.2.2 辦理檢驗及試飛作業階段成果

本計畫須依循民用航空法相關規定，包括依據交通部民用航空局「遙控無人機檢驗程序申請指南」相關規定，辦理無人機檢驗作業；並依循「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序之規範，通過能力審查作業。

1. 無人機檢驗作業

(1) 交通部民用航空局檢驗執行方式

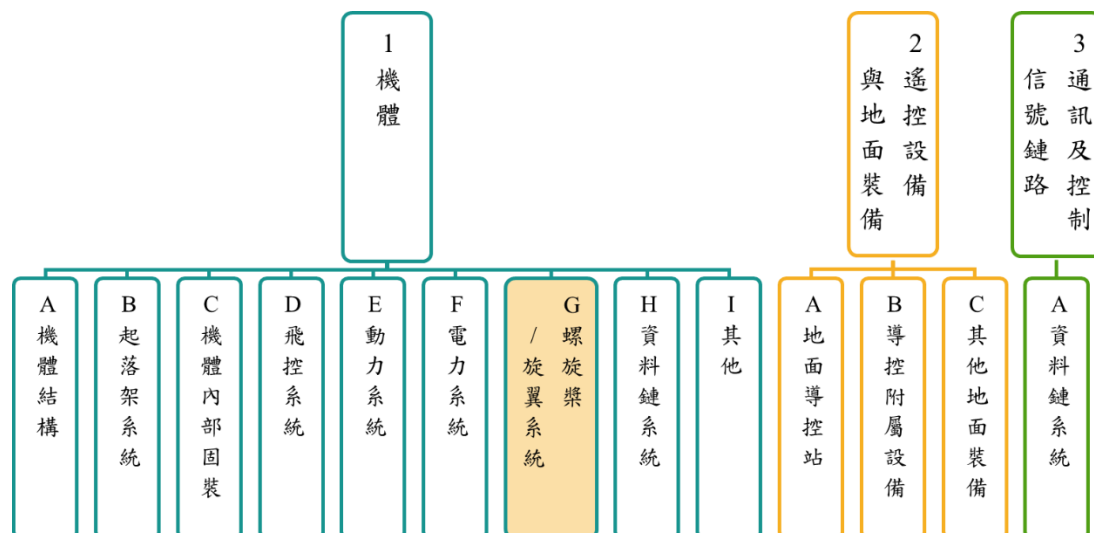
依本計畫場域試飛工作需求，須完成封閉場域試飛(視距內試飛、視距外試飛)及實際場域試飛，故參考「遙控無人機檢驗程序申請指南」相關規定，導入 4 型無人機機型進行相關規劃。本年度將以「特種實體檢驗」查檢表及適用規範項目統計與符合性方法條列說明以依序進行審查，並將以「型式檢

驗」規格進行相關試飛項目飛行，但扣除受氣候影響條目，避免影響試飛期程，以順利進入本年度試飛驗證階段，並利於明年度完成型式檢驗作業。

① 特種實體檢驗

著重在符合基本安全性條款。本計畫分為直升機與多旋翼機兩種，依據交通部民用航空局「遙控無人機檢驗程序申請指南」，彙整檢驗項目如圖 3.2.5 所示，直升機與多旋翼機之檢驗項目差異為 G 項。

辦理檢驗之無人機須符合檢驗查檢表所列項目，另就適用之檢驗基準規範中選用基本安全條款(結構安全、重心、動力、電力、飛控、全自動飛航、長距離通訊、飛航管理系統、緊急處置)進行文件審查及現場檢查。

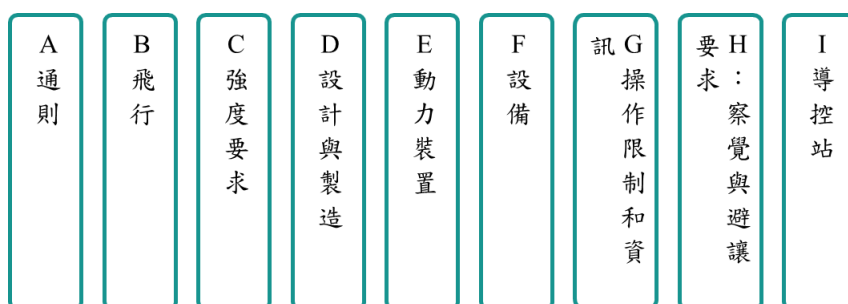


資料來源：「AC 107-002 遙控無人機檢驗程序申請指南」，交通部民用航空局，民國 109 年。

圖 3.2.5 無人直升機及多旋翼機特種實體檢驗查檢項目圖

② 型式檢驗

著重在檢驗基準符合性完整度審查。依據交通部民用航空局「遙控無人機檢驗程序申請指南」，彙整檢驗項目如圖 3.2.6 所示，直升機與多旋翼機之檢驗項目相同。



資料來源：「AC 107-002 遙控無人機檢驗程序申請指南」，交通部民用航空局，民國 109 年。

圖 3.2.6 無人直升機及多旋翼機型式檢驗查檢項目圖

另就美國材料和試驗協會國際組織(American Society for Testing and Materials，以下簡稱 ASTM)公布之標準 F3478-20，整合編進查檢內容，如表 3.2-2 所示；而若前項特種實體檢驗符合資料適用者，後續明年度將擬做型式檢驗符合佐證，或進行補充擴充測試。

表 3.2-2 無人機耐久性和可靠度飛行驗證項目表

耐久性和可靠度飛行驗證：任務能力檢測	特種實體檢驗項目
a)重量過載測試	V
b)重心偏移測試	V
c)最大空速測試	V
d)最大風速測試	V
e)白天與夜間飛行測試(累計時數)	V
f)數傳完全斷訊測試	V
g)數傳完全斷訊再連線能力測試	O
h)動力失效後持續飛行能力測試	O
i)無人機地理圍欄功能測試	#
j)最大電力負載測試	#
k)無人機召回能力測試	#
l)動態修改無人機飛行路線能力測試	#
m)無人機放棄起飛能力測試	#
n)無人機放棄降落並重飛能力測試	#
o)結構及飛控極限操作測試	V

耐久性和可靠度飛行驗證：任務能力檢測	特種實體檢驗項目
p)多個地面站交換控制測試	#
q)無人機載貨機構測試	V

註 1：V 為必測項目、0 為選測項目、#為考量列入應測項目。

註 2：特種實體檢驗可依試飛階段需求選擇適用項目。

資料來源：ASTM F3478-20，American Society for Testing and Materials，2020 年。

③ 試飛計畫

本計畫分階段辦理封閉場域及實際場域試飛，各階段場域試飛著重項目重點說明如後，導入 4 型無人機於各階段檢驗項目則如表 3.2-3 所示。

A. 第一階段：封閉場域視距內試飛

著重在空重、過載與重心偏移、自動飛行、飛控極限操作、緊急處理程序、UTM 系統等測試。

B. 第二階段：實際場域視距內試飛

著重在最大風速與陣風飛行測試，並持續自動飛行與 UTM 系統測試。

C. 第三階段：封閉場域視距內試飛

著重在持續性能測試、耐久性驗證，滿足本計畫封閉場域 25 小時飛行時數。

D. 第四階段：實際場域視距外試飛

著重在空載與酬載實際航行、場域緊急處理程序，並持續自動飛行與 UTM 系統測試。

表 3.2-3 本計畫導入 4 型無人機階段檢驗項目表

耐久性和可靠度飛行驗證	特種實體 檢驗項目	第一階段檢驗機型	第二階段檢驗機型	第三階段檢驗機型	第四階段檢驗機型
a)重量過載測試	V	全體	-	-	-
b)重心偏移測試	V	全體	-	-	-
c)最大空速測試	V	全體	-	-	-
d)最大風速測試	V	-	全體	-	-
e)白天與夜間飛行測試(累計時數)	V	全體	全體	全體	全體
f)數傳完全斷訊測試	V	全體	-	-	-
g)數傳完全斷訊再連線能力測試	0	-	-	-	-
h)動力失效後持續飛行能力測試	0	-	樂飛	-	-
i)無人機地理圍欄功能測試	#	航見	樂飛	-	-
j)最大電力負載測試	#	航見	樂飛	奧榮	-
k)無人機召回能力測試	#	-	全體	-	-
l)動態修改無人機飛行路線能力測試	#	航見	樂飛、奧榮	-	-
m)無人機放棄起飛能力測試	#	-	全體	-	-
n)無人機放棄降落並重飛能力測試	#	-	全體	-	-
o)結構及飛控極限操作測試	V	經緯、樂飛、航見	奧榮	-	-
p)多個地面站交換控制測試	#	-	奧榮	-	-
q)無人機載貨機構測試	V	經緯、樂飛	奧榮	航見	-

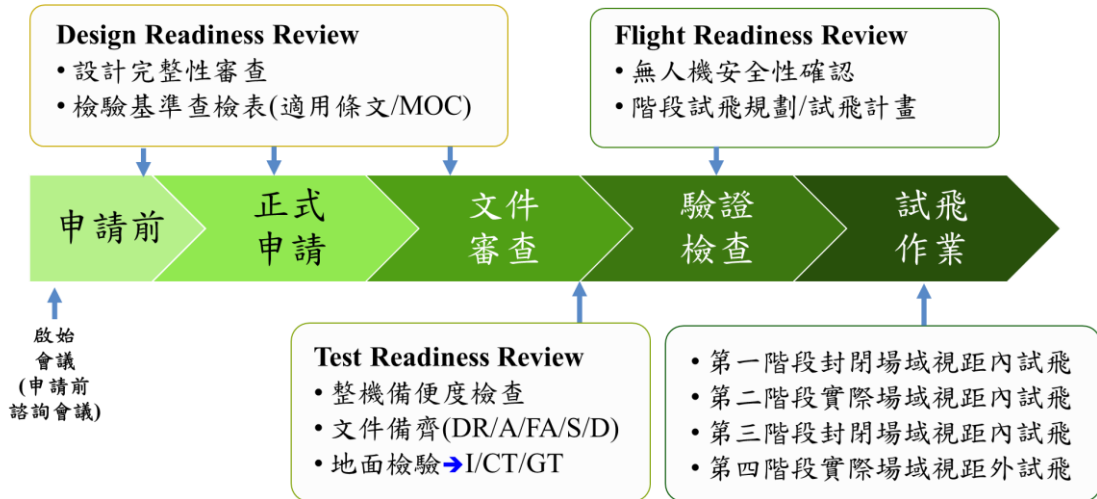
註：V 為必測項目、# 為選測項目、0 為考量列入應測項目。資料來源：本計畫彙整。

為順利完成試飛活動，須事先向交通部民用航空局提出試飛計畫，計畫項目包含如下：

- A. 試飛場地之規劃、協調及申請。
- B. 試飛區域之申請、安全及管理。
- C. 遙控無人機地面檢驗及測試資料。
- D. 遙控無人機及其相關設備檢驗基準符合性聲明。
- E. 試飛操作人之資格(100 小時以上飛行時數經驗，50 次以上起降操作經驗)。
- F. 飛航安全相關事件之通報及處理。

(2) 本計畫檢驗時程規劃與進度

本計畫自啟動以來，隨即與交通部民用航空局密切討論檢驗作業，於民國 112 年 6 月 21 日與交通部民用航空局辦理啟始諮詢會議掌握檢驗執行方式後，安排檢驗作業時程規劃如圖 3.2.7 所示，實際檢驗進度時程表則如表 3.2-4 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.7 本計畫檢驗作業時程規劃圖

表 3.2-4 本計畫檢驗作業進度時程表

作業進度	經緯航太 ALPAS-C2 Plus	樂飛創新 A616 NEO+	航見科技 HJ-CH-47	奧榮科技 Gryphon EX
查檢表及試飛規劃提交	7/28	7/26	7/21	7/18
查檢表審查	交通部民用航空局審查			
構型確認 DRR1	10/19	8/2	11/2	9/19
文審會議 DRR2	10/19	9/19	11/2	9/19
原型機	9/21	9/8	9/14	7/28
實地檢視 TRR	10/19	10/17	11/2	10/17
試飛安全性 FRR	10/19	10/17	11/2	10/17
第一階段視距內試飛 (封閉場域)	11/23~12/8	11/9~11/24	1/11~1/31 (未完成)	11/9~11/16
第二階段視距內試飛 (實際場域)	12/14~1/9	11/29~1/25	未執行	11/29~12/1
第三階段視距內試飛 (封閉場域)	11/23~1/5	12/13~12/25	1/11~1/31 (未完成)	12/19~12/29
第四階段視距外試飛 (實際場域)	12/5~12/6	1/10	未執行	1/12

註 1：DRR 為 Design Readiness Review。

註 2：TRR 為 Test Readiness Review。

註 3：FRR 為 Flight Readiness Review。

資料來源：本計畫彙整。

2. 無人機能力審查作業

本計畫於第四階段視距外試飛(實際場域)進行貨物酬載測試，故依循「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序規範，通過能力審查作業，相關規定探討說明如後。

依據現有民用航空法、遙控無人機管理規則，政府機關、法人學校因業務需要而進行遙控無人機飛航活動前，應向交通部民用航空局申請能力審查核准，有效期限為二年。獲得能力審查核准者，必須依照遙控無人機管理規則有關活動區域及操作限制之規定，辦理飛航活動申請。

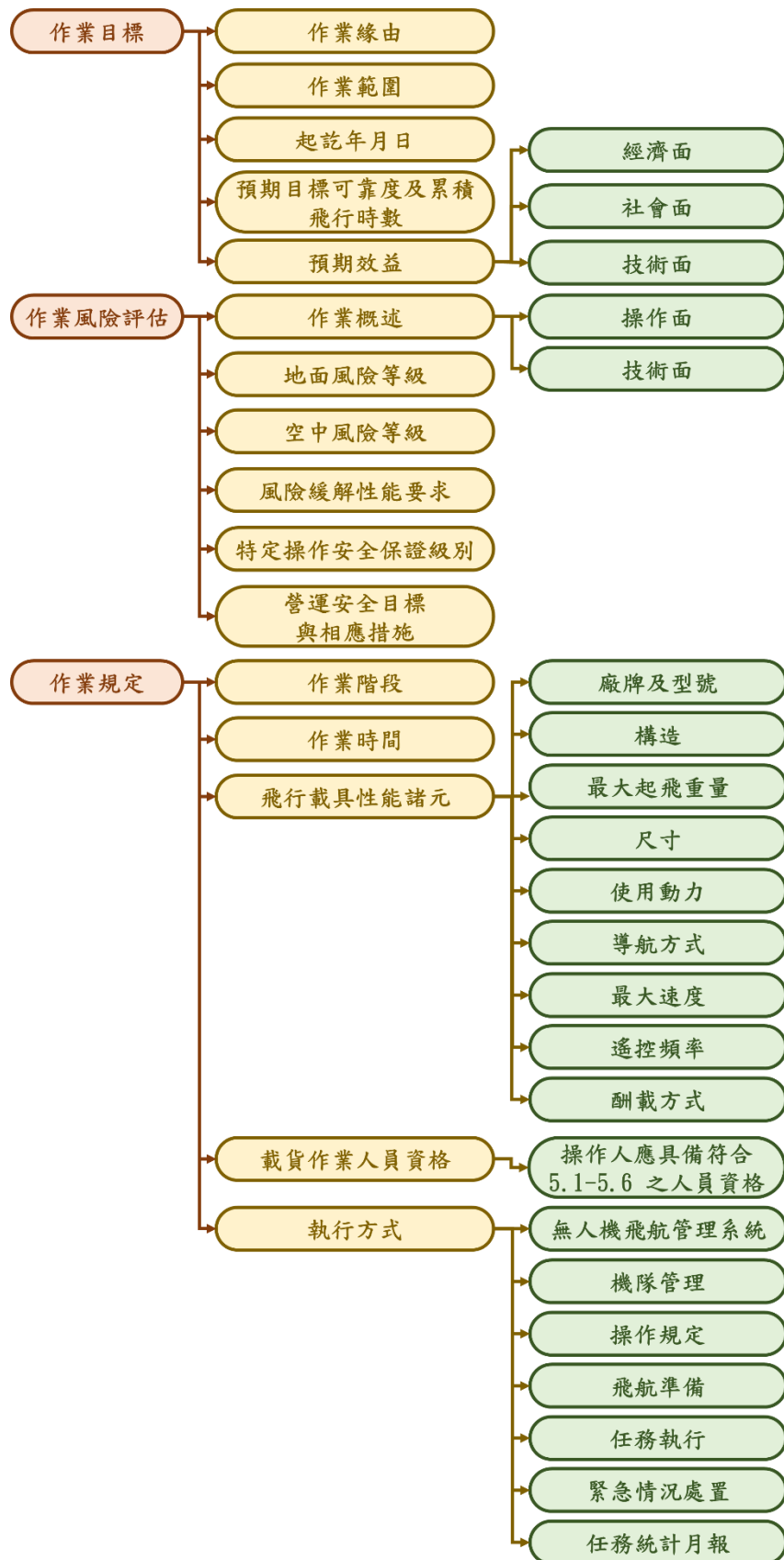
依據「遙控無人機作業手冊」第 5.7 項載貨運輸作業程序，內容提到「政府機關(構)基於公共利益目的對偏遠地區等從事遙控無人機物流推動計畫或以整合示範計畫方式進行載貨運輸作業時，接受委託或參加者應檢附相關證明文件。」，因此本計畫檢附相關證明文件，並依據載貨運輸作業程序之規範完成作業目標、作業風險評估、作業規定等內容，詳圖 3.2.8。

依據民航法第 99 條之 14 第一項規定，從事遙控無人機飛航活動應遵守下列規定：

- (1) 遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。
- (2) 不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。
- (3) 不得裝載依第 43 條第 3 項公告之危險物品(即航空器飛航中，任何人不得以聚光型投射燈光、雷射光束照射航空器)。
- (4) 依第 99 條之 19 所定規則之操作限制(即遙控無人機之分類、註冊(銷)、射頻識別、檢驗、認可、維修與檢查、試飛、操作人員年齡限制、體格檢查與操作證之發給、飛航活動之申請資格、設備與核准程序、操作限制、活動許可、費用收取、製造者與進口者之登錄及責任、飛航安全相關事件之處理與通報及其他應遵行事項之規則，由交通部定之)。
- (5) 不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。
- (6) 不得於日落後至日出前之時間飛航。
- (7) 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。

- (8) 操作人不得在同一時間控制二架以上遙控無人機。
- (9) 操作人應隨時監視遙控無人機之飛航及其周遭狀況。
- (10) 應防止遙控無人機與其他航空器、建築物或障礙物接近或碰撞。

因此，本計畫以無人機進行第四階段視距外試飛(實際場域)進行貨物酬載測試時，若需要排除民航法第 99 條之 14 的第一項的(1)至(8)規定限制，可以透過「遙控無人機作業手冊」的 5.1 至 5.6 操作限制排除事項向民航局申請核准，其中(5)規定不得在人群聚集或室外集會遊行上空活動，除了向民航局申請核准外，亦應取得活動場地之直轄市、縣（市）政府及相關中央主管機關之同意。以上有關於民航法第 99 條之 14 第一項規定、「遙控無人機作業手冊」的 5.1 至 5.6 節操作限制排除事項、牽涉申請許可單位及政府或主管機關之同意，彙整如表 3.2-5 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.8 「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序說明圖

表 3.2-5 「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序操作限制排除事項

從事遙控無人機飛航活動應遵守的規定(民航法第 99 條之 14 第一項規定)	向何種單位申請操作限制排除、取得同意	遙控無人機作業手冊第五章操作限制排除事項
(1)遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。	交通部民用航空局	5.1 飛航高度逾地面或水面四百呎
(2)不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。	交通部民用航空局	5.3 投擲或噴灑作業及裝載危險物品
(3)不得裝載依第四十三條第三項公告之危險物品。	交通部民用航空局	5.3 投擲或噴灑作業及裝載危險物品
(4)依第九十九條之十七所定規則之操作限制。	交通部民用航空局	—
(5)不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。	直轄市、縣（市）政府及相關中央主管機關、民航局	5.4 人群聚集或室外集會遊行
(6)不得於日落後至日出前之時間飛航。	交通部民用航空局	5.2 夜間作業或目視範圍外作業
(7)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。	交通部民用航空局	5.2 夜間作業或目視範圍外作業
(8)操作人不得在同一時間控制二架以上遙控無人機。	交通部民用航空局	5.5 同一時間控制二架以上遙控無人機
(9)操作人應隨時監視遙控無人機之飛航及其周遭狀況。	—	—
(10)應防止遙控無人機與其他航空器、建築物或障礙物接近或碰撞。	—	—

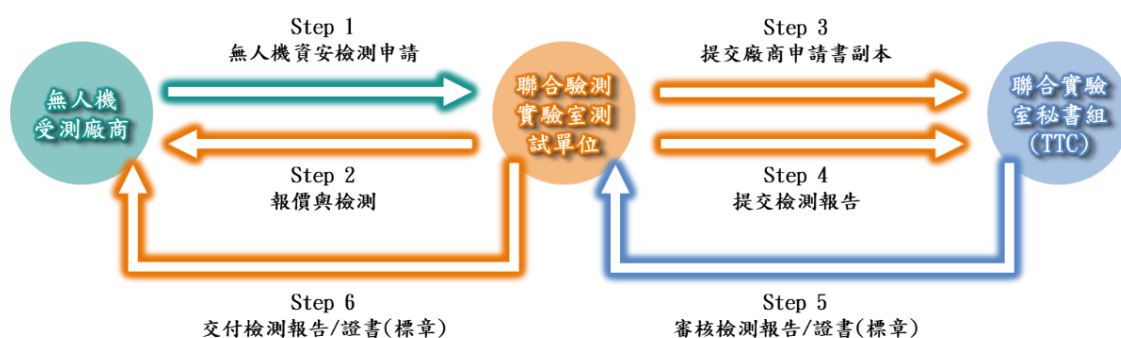
資料來源：本計畫彙整。

3.2.3 辦理無人機資安檢測

1. 資安檢測流程

國家科學及技術委員會科技辦公室於民國 111 年 11 月 1 日召開「無人載具資安檢驗能量建構討論會議」，邀集行政院數位發展部、經濟部產業發展署、財團法人電信技術中心(Telecom Technology Center, 簡稱 TTC)及相關資安業者成立「無人機資安聯合驗測實驗室」，並由無人機資安聯合驗測實驗室負責擬定「無人機資安保障規範」。經過多次修正，民國 112 年 6 月發布最新一版之「無人機資安保障規範」，本計畫據以此規範進行資安檢測。

無人機資安檢測作業流程涉及無人機受測廠商、聯合驗測實驗室測試單位、聯合實驗室秘書組。無人機受測廠商須填寫無人機資安檢測申請、交付要求文件及資料，配合實驗室執行檢測；聯合驗測實驗室測試單位接受無人機受測廠商之申請，依照無人機資安要求規範，執行檢測工作、依據檢測結果制定檢測報告；聯合實驗室秘書處則負責審核聯合驗測實驗室測試單位提供之無人機資安檢測報告，並發放無人機資安檢測報告、標準。詳細作業流程請參考圖 3.2-9 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.9 無人機資安檢測流程圖

2. 本計畫辦理方式與時程規劃

參考行政院公共工程委員會 112 年 6 月發布之「投標須知範本」，若無人機飛經禁航區、限航區等紅區，或無人機重量達 25 公斤以上，應通過無人機產品資安測試的中階等級。考量本計畫導入 4 型的無人機重量皆超過 25 公斤，且試飛航線涉及紅區，故以通過無人機資安檢測之中階等級為目標。

配合無人機資安檢測流程，經緯航太、樂飛創新、奧榮科技、航見科技已提出無人機資安檢測申請。所有無人機廠商皆於 112 年完成無人機資安檢測之申請(進度詳見表 3.2-6)，預計於明(113)年通過資安檢測，獲得檢測報告及無人機資安中階證書。

表 3.2-6 無人機廠商資安檢測進度

無人機廠商	負責受理之聯合驗測實驗室測試單位	無人機廠商送件時間	聯合驗測實驗室測試單位回覆報價單時間
奧榮科技	電信技術中心	112/12/01	112/12/06
樂飛創新	鑑智實相科技	112/11/21	112/11/23
經緯航太	安華聯網科技	112/11/27	112/11/01
航見科技	中華資安國際	112/10/18	112/10/18

資料來源：本計畫彙整。

3. 檢測項目及內容

因本計畫目標為通過無人機產品資安測試中階等級，根據「無人機資安保障規範」，整理無人機資安中階針對無人機與地面控制站的檢測項目如表 3.2-7、表 3.2-8 所示。

針對中階等級需驗測的項目，提供以下說明：

(1) 衛星定位系統強化能力

確保衛星定位系統訊號異常時，具備妥善應變作為，以避免偽造衛星定位系統訊號使無人機接收錯誤位置資訊，可能導致無人機被劫持或影響無人機本身衛星定位系統相關功能。

(2) 衛星定位系統干擾處理能力

確保受測無人機在衛星定位系統干擾下仍可正常運行，或可啟動容錯轉移模式以抗干擾，或可啟動失效安全機制，以展現通訊韌性。

(3) 系統異常流量

確保受測物無異常流量存在。

(4) 無線通訊安全

無人機與地面控制站之間使用之無線通訊傳輸應加密，且應使用符合國際或區域標準規範所採用之加密方式。

(5) 無線通訊失效處理能力

確保受測無人機在無線通訊失效下仍可正常運行，或具有自我防護機制，展現通訊韌性。

(6) 韌體已知漏洞檢測

測試受測物韌體是否存在高風險公共漏洞和暴露(Common Vulnerabilities and Exposures, CVE)漏洞。

(7) 韌體更新安全

查驗飛控模組之韌體是否有經過加密保護，以及查驗模組之韌體更新採用安全通道，同時能鑑別安全通道所使用憑證之正確性及有效性。

(8) 身分鑑別

測試受測物之身分鑑別機制與通行碼強度是否具備防止暴力破解的能力與具備登入權限有效時間之限制。

(9) 身分權限存取控制

測試受測物可根據不同身分角色帳號有其不同對應的存取權限。

(10) 網路服務埠檢測

確保受測物沒有存在非預期之網路服務埠。

(11) 取得行動應用 App 基本資安標章

避免受測物用作地面控制站之行動應用 App 存在資安漏洞或未揭露之程式。

(12) 惡意程式

確保受測物無惡意程式。

(13) 弱點掃描

確保受測物之作業系統與網路服務不能含有通用漏洞評分系統(Common Vulnerability Scoring System, CVSS)風險等級為高(High，即7分以上)之CVE漏洞。

表 3.2-7 無人機資安等級測試項目表

安全構面	安全要求項目	初階	中階	高階
5.2 系統安全	5.2.1 數據儲存安全			必測
	5.2.2 無人機命令連結（command link）之認證機制			必測
	5.2.3 工程除錯介面			必測
	5.2.4 衛星定位系統強化能力		必測	必測
	5.2.5 衛星定位系統干擾處理能力		必測	必測
	5.2.6 身分鑑別			
	5.2.7 身分權限存取控制			
	5.2.8 網路服務埠檢測			
	5.2.9 系統異常流量	必測	必測	必測
5.3 軟體安全	5.3.1 原始碼安全掃描			選測
	5.3.2 未公開揭露應用程式			
	5.3.3 軟體更新安全			必測
	5.3.4 取得行動應用 App 基本資安標章			
	5.3.5 惡意程式			
	5.3.6 弱點掃描			選測
5.4 通訊安全	5.4.1 無線通訊安全	必測	必測	必測
	5.4.2 無線通訊失效處理能力		必測	必測
5.5 韌體安全	5.5.1 韌體已知漏洞檢測		必測	必測
	5.5.2 韌體更新安全	必測	必測	必測

資料來源：本計畫彙整。

表 3.2-8 地面控制站資安等級測試項目表

安全構面	安全要求項目	初階	中階	高階
5.2 系統安全	5.2.1 數據儲存安全			必測
	5.2.2 無人機命令連結 (command link) 之認證機制			必測
	5.2.3 工程除錯介面			
	5.2.4 衛星定位系統強化能力			
	5.2.5 衛星定位系統干擾處理能力			
	5.2.6 身分鑑別	必測	必測	必測
	5.2.7 身分權限存取控制	必測	必測	必測
	5.2.8 網路服務埠檢測	必測	必測	必測
	5.2.9 系統異常流量	必測	必測	必測
5.3 軟體安全	5.3.1 原始碼安全掃描			必測
	5.3.2 未公開揭露應用程式			必測
	5.3.3 軟體更新安全			必測
	5.3.4 取得行動應用 App 基本資安標章		必測	必測
	5.3.5 惡意程式	必測	必測	必測
	5.3.6 弱點掃描	必測	必測	必測
5.4 通訊安全	5.4.1 無線通訊安全	必測	必測	必測
	5.4.2 無線通訊失效處理能力		必測	必測
5.5 韌體安全	5.5.1 韌體已知漏洞檢測			
	5.5.2 韌體更新安全			

資料來源：本計畫彙整。

3.2.4 辦理物流服務軟體系統雛型設計與開發

因應計畫針對 PoS 服務驗證階段的試驗需求，及考量後續 PoB 商業驗證或商轉階段可能由無人機服務廠商、物流服務廠商或中華郵政之系統運作，為避免系統重複建置，本期計畫暫不建置前台操作介面。在本期計畫階段，透過與中華郵政公司進行需求訪談，並以國內外物流服務軟體系統相關規範標準為基礎，辦理無人機物流軟體系統的雛型設計與開發，已完成後台資料庫建置及無人機射頻識別資料串接，配合飛行試驗，模擬記錄未來物流服務軟體系統所可能產生資料流，下一期計畫可再配合飛行試驗持續累積資料，及檢討有無需增加表單或資料欄位，期成果可提供後續 PoB 商業驗證或商轉階段推動時系統建置的參考。

有關本計畫辦理之無人機物流服務軟體系統的規劃設計、資料結構與串接說明如後。

1. 系統規劃與設計

(1) 需求分析

為確保無人機物流服務軟體系統的規劃符合未來使用者的需求，本計畫先行與中華郵政公司進行訪談，以掌握貨件寄取件追蹤及管理的運作機制，作為本計畫在系統規劃與設計上的基礎。訪談後相關重點彙整如下：

- ① 物流服務軟體系統屬於企業間交易 (Business to Business, 簡稱 B2B) 系統，提供資料傳輸交換為主。
- ② 貨件寄送將有一資訊流過程。從收寄郵件開始，即有郵件資訊傳輸至中華郵政數據中心，紀錄郵件在各郵局、郵件作業中心之郵件狀態。中華郵政透過郵件條碼進行寄取件管理，由收封運投各單位刷讀郵件並執行處理動作。在系統資訊顯示上，中華郵政公司郵件系統於收寄階段建檔後，郵件系統將顯示「交寄郵件」，每份信件、包裹皆有列入郵件清單，並會登列「收發郵件路單」進行收發運送；於封發階段，分揀作業系統將顯示「運輸途中」，同樣會再依據投遞單位列

入郵件清單，並會登列「收發郵件路單」進行收發運送；於投遞階段，分揀作業系統將顯示「到達投遞局」，並依郵務士投遞運送，系統將顯示「郵件投遞中」、「郵件投遞成功」。上述資訊為中華郵政之郵務窗口電腦系統(營業廳)、封發作業管理系統(處理中心)、郵運管理系統及投遞作業管理系統等上傳郵件處理資訊至郵件查詢平台，以提供民眾郵件最新處理訊息。

- ③郵件可藉由郵車、臺鐵、高鐵、飛機或船舶進行運送，並由委託運送者自行追蹤郵件。各運輸工具的運送狀態未顯示於中華郵政之相關郵件管理系統。
- ④以中華郵政目前在空運處理為例，具有班機編號、班次、時間、物品編號及數量等資訊，可作為無人機物流服務軟體系統之機隊管理功能設計的參考。

(2) 相關規範

在計畫期間，經檢索國際航空運輸協會(International Air Transport Association, 簡稱 IATA)、國際民航組織(International Civil Aviation Organization, 簡稱 ICAO)、美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, 簡稱 FAA)、美國材料和試驗協會(American Society for Testing and Materials, 簡稱 ASTM)、歐洲無人機組織(Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems, 簡稱 JARUS)等組織對於無人機所訂定相關規範標準或建議文件，在現有相關規範標準或建議文件與無人機物流服務軟體系統關聯較小；與物流有關主要針對危險品標示、貨物重量平衡、貨物固定等原則性規範，與物流系統較有關聯部分主要在於 Remote ID、貨物清單等相關規定。其中 Remote ID 具有提供起飛至降落間廣播無人機 UAV 資訊之功能，相關資訊包含無人機 ID、無人機位置和高度、無人機速度、控制站位置和標高、時間標記、緊急狀態，可作為無人機物流服務軟體系統的機隊管理功能之主要資訊來源。

(3) 系統規劃

綜整與中華郵政公司訪談結果及參考國內外物流服務軟體系

統相關規範標準，本計畫進行無人機物流服務軟體系統的相關規劃與設計，說明如後。

①系統服務範圍

在本計畫期間，無人機物流服務軟體系統，係提供無人機運送階段之貨物資訊彙整服務，包含無人機之機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理(如圖 3.2.10)，供計畫期間無人機與貨件資訊之串聯，以及未來商業驗證或商轉階段建構無人機物流服務軟體系統之參考。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.10 本計畫無人機物流服務軟體系統服務範圍(以中華郵政為例)

②系統服務對象

無人機物流服務軟體系統係作為無人機與貨件資訊串聯之橋梁，系統服務對象可為貨件承運者，如中華郵政、第三方物流業者或無人機物流營運商。惟考量無人機同樣是作為一種載具進行貨物運送作業，而就郵件而言，為中華郵政委託運送者自行追蹤郵件，故本計畫之無人機物流服務軟體系統係以無人機物流營運商為服務對象進行設計開發。

③系統功能

紀錄載運貨件之無人機、貨件資訊，提供載運時查詢貨態，以及載運後歷史紀錄。

(4) 功能設計

本計畫無人機物流服務軟體系統之功能包含機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理等三大功能，詳述如後：

①機隊管理

紀錄無人機靜態資料，如無人機型號、無人機編號等無人機資訊。

②貨件追蹤

透過接收無人機射頻識別資料，對應寄取件管理紀錄之載貨無人機，提供查詢貨件位置、狀態資訊。

③寄取件管理

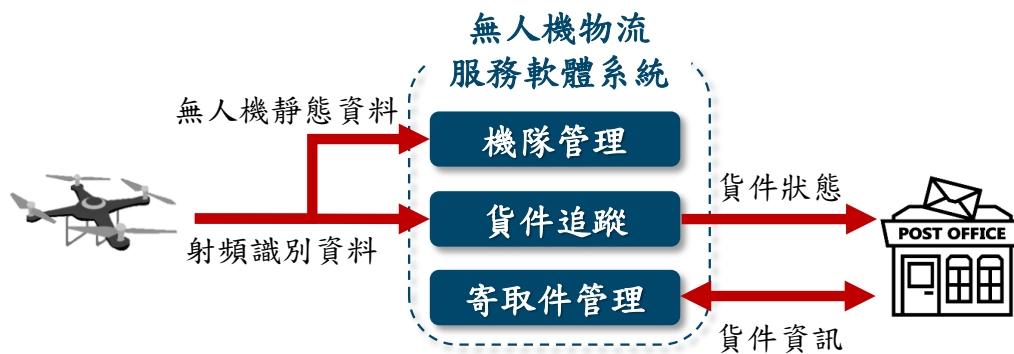
紀錄無人機寄取件資訊，包含無人機編號、收件時間、收件地點、交件時間、交件地點、貨件號碼、重量，未來法規如有規定無人機貨物清單應有資訊項目，則須再配合調整。

2. 資料結構

為辦理無人機物流服務軟體系統雛型開發，本計畫先以中華郵政公司的郵件資訊格式進行相關設計，後續可作為導入其他貨件之資料格式的設計參考。

(1) 資料來源

無人機物流服務軟體系統匯集無人機與貨件資訊，以達到物流服務管理之功能，因此屬於無人機相關資訊部分，需透過無人機營運業者提供關於無人機的靜態資料、射頻識別資料；關於貨件資訊則須透過中華郵政公司取得(如圖 3.2.11)。藉由無人機物流服務軟體系統彙整後，提供無人機端取得所需載運貨件資訊，中華郵政公司則可透過系統掌握貨件狀態。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.11 本計畫無人機物流服務軟體系統資料來源示意圖

(2) 資料表單

依據功能設計所需資料，初步規劃無人機物流服務軟體系統需從無人機載運開始，紀錄取件紀錄，並串聯無人機與其所載運貨件，以透過射頻識別(Remote ID)所廣播無人機動態資

訊，供貨件追蹤掌握貨件所在位置，及寄達後回傳送達紀錄。因此資料表單應至少包含無人機靜態資料、無人機航班資料、無人機射頻識別資料及寄取件資料，基本資料表清單如表 3.2-9 所示，其它各資料表資料欄位規劃如表 3.2-10 至表 3.2-13。

表 3.2-9 無人機物流服務軟體系統資料表清單

應用模組	資料表	資料來源	用途
機隊管理	無人機靜態資料	無人機業者	紀錄無人機基礎靜態資料
	無人機航班資料		紀錄無人機飛航班次資料
貨件追蹤	無人機射頻識別資料	射頻識別	透過無人機動態掌握貨件位置
寄取件管理	寄取件資料	中華郵政	紀錄無人機載運取件送達紀錄

資料來源：本計畫彙整。

表 3.2-10 無人機靜態資料欄位規劃

表單名稱		DRONE_BASE_DATA		表單中文名稱		無人機靜態資料	
項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	長度	備註		
1	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR	50			
2	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR	50			
3	MAKE	廠牌	NVARCHAR	50			
4	MODEL	型號	NVARCHAR	50			
5	LOAD_LIMIT	載重限制	NVARCHAR	50		公克	

資料來源：本計畫彙整。

表 3.2-11 無人機航班資料欄位規劃

表單名稱		DRONE_SCHEDULE		表單中文名稱		無人機航班資料	
項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	長度	備註		
1	SCHEDULED_ID	航次編號	NVARCHAR	50			
2	DEPARTURE	出發地	NVARCHAR	50			
3	DESTINATION	目的地	NVARCHAR	50			
4	DEPARTURE_TIME	出發時間	DATETIME				
5	ARRIVAL_TIME	到達時間	DATETIME				
6	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR	50			
7	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR	50			

資料來源：本計畫彙整。

表 3.2-12 無人機射頻識別資料欄位規劃

表單名稱		DRONE_REMOTE_ID	表單中文名稱	無人機射頻識別資料		
項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	長度	備註	
1	BASICID_IDTYPE	ID 類型	NVARCHAR			
2	BASICID_UASTYPE	無人機類型	NVARCHAR			
3	BASICID_UASID	無人機編號	NVARCHAR			
4	LOCATION_STATUS	狀態	NVARCHAR			
5	LOCATION_LATITUDE	緯度	DECIMAL			
6	LOCATION_LONGITUDE	經度	DECIMAL			
7	LOCATION_TIMESTAMP	時間戳	INT			
8	LOCATION_GPSTIME	時間	DATETIME			
9	SELFID_TYPE	自我 ID 類型	NVARCHAR			
10	SELFID_DESCRIPTION	自我 ID	NVARCHAR			
11	OPERATOR_ID	操作員 ID	NVARCHAR			

資料來源：本計畫彙整。

表 3.2-13 寄取件資料欄位規劃

表單名稱		MAIL_SEND	表單中文名稱	寄取件資料		
項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	長度	備註	
1	MAILNO	貨件號碼	NVARCHAR	50		
2	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR	50		
3	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR	50		
4	MAIL_DEPARTURE_TIME	收件時間	DATETIME			
5	MAIL_DEPARTURE_PLACE	收件地點	NVARCHAR	100		
6	MAIL_ARRIVAL_TIME	交件時間	DATETIME			
7	MAIL_ARRIVAL_PLACE	交件地點	NVARCHAR	100		
8	POSWGT	重量	REAL		公克	
9	STATUS	狀態	NVARCHAR	50		
10	TimeMark	時間標記	DATETIME			

資料來源：本計畫彙整。

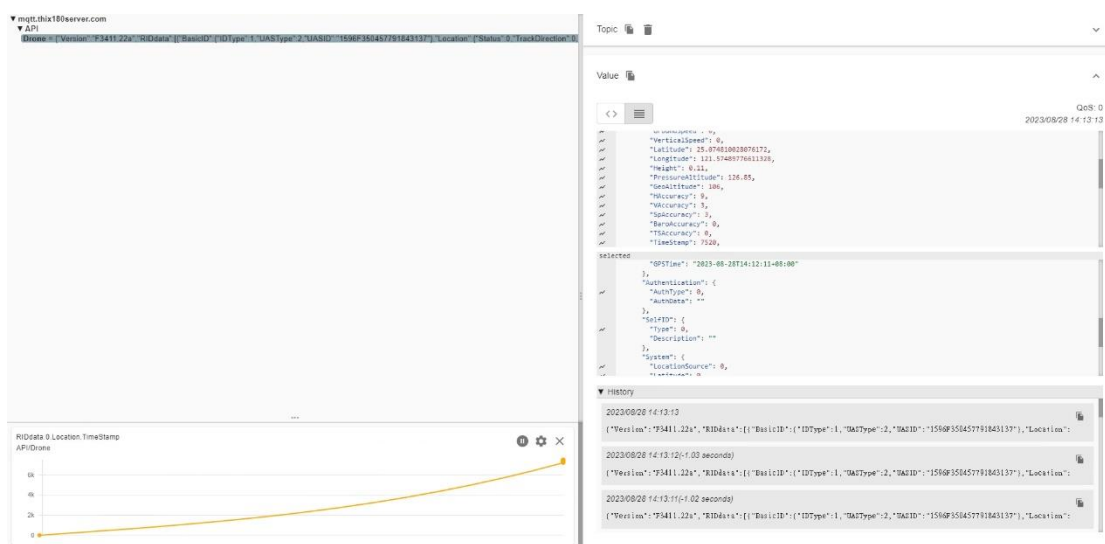
3. 資料串接

基於無人機貨件運送階段可透過無人機所在位置對應貨件位置，因此本計畫透過 MQTT 通訊協定(Message Queuing Telemetry Transport)，接收無人機射頻識別資料，導入無人機物流服務軟體系統的資料庫，如圖 3.2.12，達到貨件追蹤功能，對應寄取件管理紀錄之載貨無人機，提供查詢貨件位置、狀態資訊。試驗階段測試資料接收畫面如圖 3.2.13 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.12 本計畫無人機射頻識別資料串接流程示意圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.13 本計畫無人機射頻識別資料接收示意圖

4. 系統開發規劃

無人機物流服務軟體系統之功能開發，配合計畫試驗滾動調整，本期已完成後台資料庫之機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理之建構，後續計畫將隨計畫推動進展規劃系統所需開發項目、時程，目前開發成果與開發規劃如表 3.2-14。

表 3.2-14 無人機物流服務軟體系統開發執行進度說明

開發項目	開發時程	完成比例	驗收項目
物流服務軟體系統離型設計與開發(後台資料庫)	112 年	100%	1. 資料庫結構 2. MQTT 匯入 SQL 資料庫程式碼
物流服務軟體系統設計與開發	113 年	-	1. 前台資料輸入介面(暫訂) 2. 前台資料查詢介面(暫訂)

資料來源：本計畫彙整。

3.2.5 辦理無人機交通管理系統離型開發

為維護飛航安全、提升空域管理效率，有別於管理空中交通和空域動態服務的飛航管理系統(Air Traffic Management, 簡稱 ATM)，遙控無人機管理系統(Unmanned Traffic Management, 簡稱 UTM)，用於管理距離地面高度 400 呎以下、不受控制的飛航活動；任何欲進入管制空域的無人機均須獲得航管單位授權。射頻識別(Remote ID)則是無人機於飛行時提供可被接收的身分與位置資訊的能力，使空域的其他使用者能快速識別，是實現 UTM 運作架構的基本要素。

1. 射頻識別(Remote ID)建置

Remote ID 係指對無人機進行遠程識別的技術，藉由飛行時無人機向觀察者發送位置、速度、高度、機型等資訊，得使地面上的人即時獲悉無人機的飛行狀態，提高無人機的安全性及透明度。不僅可協調、掌握無人機運行狀況，基於共享空域內各類航空器運作資訊軌跡，亦可供管理機關採取必要措施保障公共安全。

Remote ID 分為廣播式(Broadcast)及網路式(Network)。廣播式是指無人機在飛行過程中通過 Wi-Fi 或藍芽向周圍的觀察者廣播識別訊息，觀察者可透過固定或移動式接受器(如手機 APP)接收；網路式則是以網路來發送及接收訊息，一般直接採用當地 4G 網路。其類型依據 FAA 發布的無人機遠端識別最終規則(Final Rule on Remote ID)，Remote ID 共有內嵌式、外接式和免裝設 3 種。

依遙控無人機管理規則第 11 條規定：「最大起飛重量超過一

定重量之遙控無人機應具有射頻識別功能，其一定重量，由民航局公告之。」；交通部民用航空局民國 112 年部分條文修正草案說明則進一步遙控無人機射頻識別管理符合方法規劃，預期將採用 Wi-Fi 或藍芽廣播、以內建或外掛方式安裝傳輸無人機位置、速度、高度等資訊，內容並與無人機註冊號碼結合編碼；操作人於手機安裝交通部民用航空局 APP，僅接收並認證自己的無人機資訊；主管機關認可之安全區域內之航空模型可免裝置。

為達成本次任務目標，在計畫時程考量及廣泛測試各類可能性的訴求下，規劃採用通過 FAA 符合宣告文件程序(FAA-approved Remote ID Declaration of Compliance)的供應商產品；且基於不影響無人機設計及便於向大眾推廣等因素，建議以外掛式為主、內嵌式為輔，並因應本計畫同時測試廣播式及網路式 2 種模式，以探索並深化未來物流運送模式的可能性。另參考 ASTM F3411-22 定義標準，Remote ID 預計回傳資料將包括無人機 ID、無人機位置、高度、姿態、速度、控制站位置及高度、時間戳記、緊急狀態等。

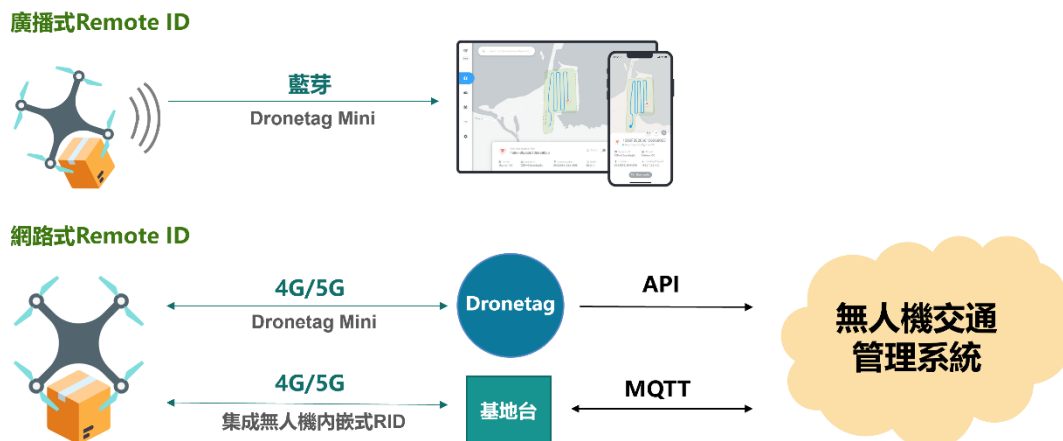
爰此，本計畫採用已通過 FAA 認證的 Dronetag Mini（如圖 3.2.14 所示），其重量為 32 公克，大小為 54×35×15 公厘，以外掛式加載於無人機上，可減少對無人機設計及構型的影響，且該裝置兼容廣播式及網路式模組，後續可藉由分別測試的結果提供相關建議。



資料來源：Federal Aviation Administration。

圖 3.2.14 Dronetag Mini 通過 FAA 認證示意圖

此外，為增加未來應用的彈性，提供政策發展的參考，本計畫同時測試內嵌 Remote ID 裝置，由無人機以 4G 傳輸資訊至無人機交通管理系統(UTM)；而後，亦可再搭配僅開啟 4G 功能的外掛式 Dronetag Mini，以完成該機型廣播型 Remote ID 測試，如圖 3.2.15 及表 3.2.15，系統功能如表 3.2-16 所示。



註 1：本計畫經與中華電信、航見、樂飛測試 Dronetag mini 藍芽廣播功能，藍芽通訊距離極限約為 400 公尺。

註 2：影響 4G、5G 通訊距離因素複雜。就一般地面使用者的情況，4G 通訊距離約為 4 公里，5G 通訊距離約為 1 公里。4G、5G 基地台通常會朝向地面，使地面使用者有較佳的訊號源，惟對於在空中離地 400 呎的無人機而言，亦需考慮遮蔽、基地台高度。

資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.15 本計畫射頻識別建置示意圖

表 3.2-15 本計畫 Remote ID 導入方法

無人機型號 \ RID 類型	廣播式	網路式
	廣播式	網路式
ALPAS C2 Plus (經緯)	Dronetag Mini	Dronetag Mini
A616 NE0+ (樂飛)		
HJ-CH47 (航見)		
Gryphon EX (奧榮)	無人機內建	

資料來源：本計畫彙整。

表 3.2-16 無人機射頻識別系統功能說明

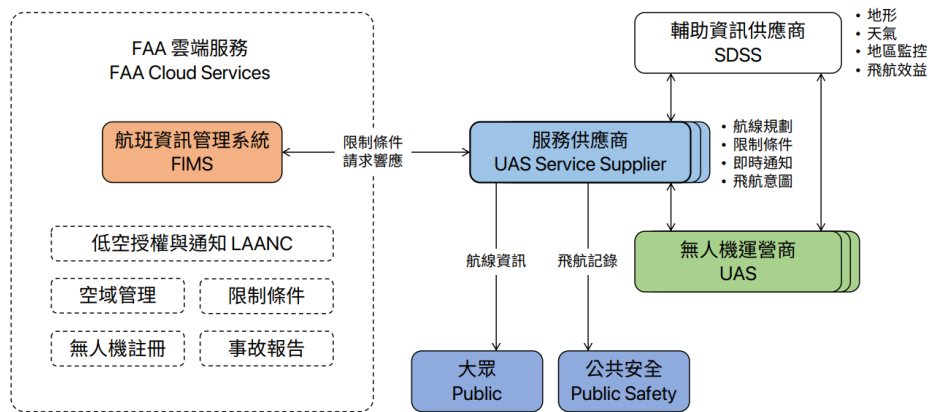
射頻識別類型	說明
廣播式	測試飛行時以藍芽廣播，可由 APP 即時觀測無人機狀態，降落後匯出資料，共有以下欄位：mac address、狀態、高度狀態、航向、水平速度、垂直速度、緯度、經度、壓力高度、橢球高、對地高、水平精度、垂直精度、氣壓/速度準確率、速度準確率、時間戳記、時間戳記準確率、操作者識別 ID、操作者狀態、類別、操作者緯度、操作者經度、區域計數、區域半徑、區域限高、區域限低、無人機分類、無人機類級、操作者高度、系統時戳、識別類型、無人機類型、無人機識別 ID。
網路式	通過 4G 與 UTM MQTT server 連線即時傳送資料，共有以下欄位：ID、UAS 類型、UASID、狀態、軌跡方向、水平速度、垂直速度、緯度、經度、高度、壓力高度、海拔高度、高度精度、速度精度、Sp 精度、氣壓精度、TS 精度、時間戳、時間、驗證類型、驗證數據、自我 ID 類型、自我 ID、位置來源、緯度、經度、組計數、組半徑、組海拔、系統時間戳、操作員 ID。

資料來源：本計畫彙整。

2. 無人機交通管理系統(UTM)雛型開發

(1) 功能定位

參考美國聯邦航空管理局(FAA)2020 年發布的遙控無人機交通管理作業概念(UTM Concept of Operations)，在 UTM 生態圈中，空域管理者提供管制空域授權、定義空域分配及限制條件；使營運方-服務供應商(USS)及無人機營運商(UAS)等在授權後依限制條件安全操作，並提供飛航監管、飛航規劃及共享飛行資訊，透過不同參與者資訊交流及權責劃分，最終促使無人駕駛飛機(UA)整合至受管制空域運行，如圖 3.2.16 所示。

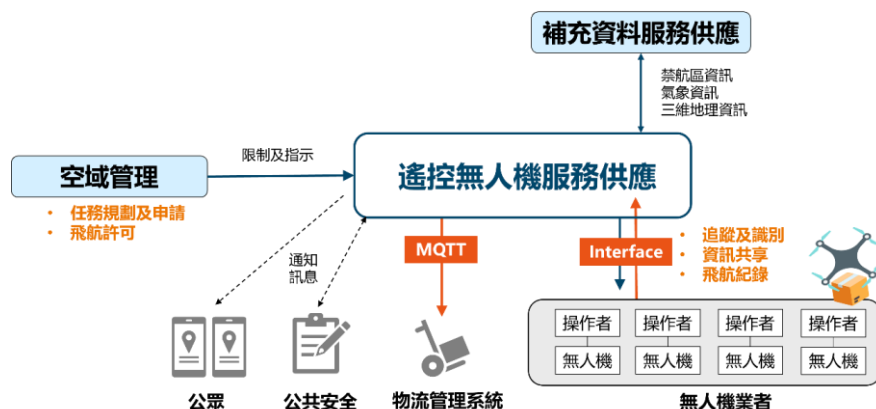


資料來源：FAA、本計畫繪製。

圖 3.2.16 FAA 無人機交通管理系統資料架構

比照國際無人機交通管理系統的發展脈絡，考量計畫時程安排，本計畫導入無人機飛航管理系統作為進行 5 小時射頻識別功能及系統測試。

另本計畫開發接收和轉發無人機 Remote ID 資訊的通道，並將相關資訊即時提供無人機物流管理系統，藉由不同平台間的資訊串接以及 Remote ID 的多機測試等，以達成計畫測試目標、提高經費效益及未來可用性。系統同時介接至無人機交通管理系統平台，除了引用其禁航區資訊及氣象資訊、以三維地理資訊圖台形式表達空域約束及限制條件外，亦可呈現無人機飛行的即時軌跡。本計畫無人機交通管理系統架構如圖 3.2.17 所示，平台頁面如圖 3.2.18 所示，系統功能如表 3.2-17。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.17 本計畫無人機交通管理系統架構示意圖



圖 3.2.18 UTM 顯示平台頁面

表 3.2-17 無人機交通管理系統功能說明

系統功能	說明
任務規劃	可於無人機交通管理系統(UTM)上進行無人機飛航任務規劃。飛航任務規劃應包含兩種操作模式，一為圓形範圍規劃，二為多邊形範圍規劃。使用者可於 UTM 上進行此兩種飛航任務範圍之選定。
飛航許可	可於無人機交通管理系統(UTM)上進行無人機飛航許可申請與核准。使用者需劃分成空域管理者與無人機業者。無人機業者可於 UTM 上進行飛航任務申請，此一申請要包括廠商基本資料、飛航任務起訖時間、任務規劃等資料，並交由空域管理者進行批准。
追蹤及識別	可於無人機交通管理系統(UTM)上即時顯示無人機資訊，並藉以釐清其所屬。
無人機間資訊分享	由 UTM 後台設定轉發 MQTT 至不同無人機業者，達到無人機間資訊分享。同時可以藉由 UTM 的平台作為資訊分享平台，使不同廠商彼此確認資訊。

資料來源：本計畫彙整。

(2) 系統規劃及功能開發

參考 ASTM F3548-21 規範，本計畫 UTM 系統包含任務規劃、飛航許可、追蹤及識別、無人機間資訊分享等功能，主要性能標準概述如下，並以此為基礎作為計畫 UTM 系統功能設計(如圖 3.2.19 所示)。

①遠程識別與跟蹤 (Remote ID and Tracking)

對無人機進行遠端識別和追蹤，包括無人機 ID、位置、速度、高度等訊息進行實時監測和記錄。

②衝突檢測與解決 (Conflict Detection and Resolution)

對飛行計畫進行衝突檢測和解決，包括無人機間、無人機與地面障礙物之間的衝突進行檢測和解決。

③空域管理 (Airspace Management)

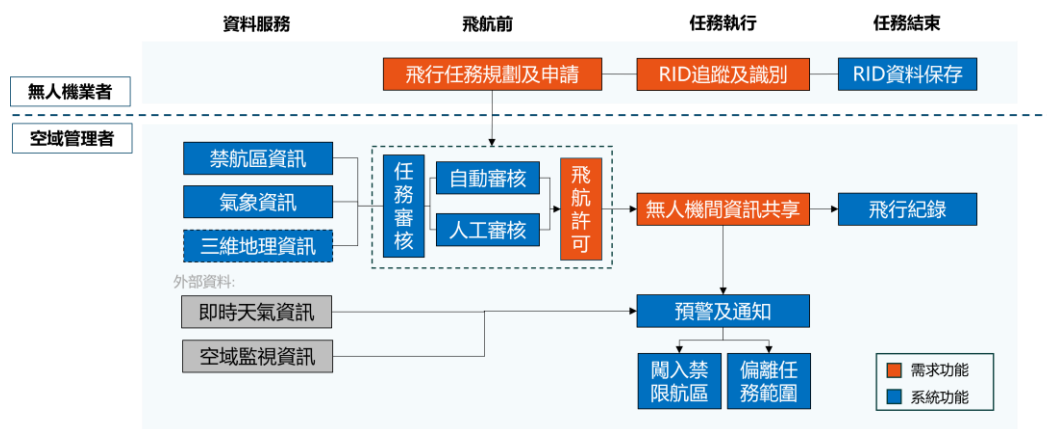
對空域進行規劃、劃分和管理，包括對不同類型的空域進行分類、對空域進行動態調整等。

④數據管理 (Data Management)

對無人機的數據進行收集、存儲、處理和分析，包括對無人機 ID、位置、速度、高度等訊息進行管理和分析。

⑤安全管理 (Safety Management)

透過飛行監測等功能對無人機的安全進行評估、監測和保障。



註：橘色為本計畫必要工項，餘則為系統輔助工項。

資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.19 本計畫交通管理系統功能架構圖

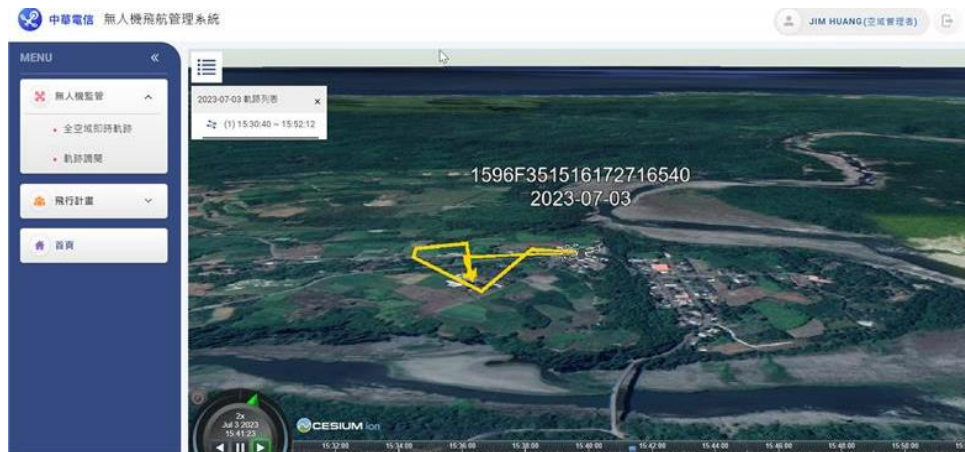
(3) 使用情境

本計畫將 UTM 系統參與者分為空域管理者及無人機業者兩方。系統內建有現行的空域約束及限制規定，如禁航區等，配合無人機業者飛行任務申請，以及搭載 Remote ID 在視距內、外試飛，可供空域管理者模擬衝突檢測、飛行意圖監控和警

示等功能，同時測試空域管理者及營運業者 2 種使用情景。本計畫先以模擬無人機管理的可能情境為發想，系統規劃的空域管理者係以相對無人機業者而言的模擬管理者，未來 UTM 系統主辦者及空域管理者仍須依政府組織架構和權責歸屬為準。

①無人機業者端

- A. 飛行任務規劃及申請：於申請頁面中填寫飛手資訊及任務規劃、提出飛航申請。
- B. Remote ID 追蹤及識別：申請通過後、任務執行時，無人機業者登入系統可顯示自身無人機周圍 1 公里內 Remote ID 軌跡，如圖 3.2.20 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.2.20 112 年 7 月 3 日於花蓮測試廣播式 Remote ID 路線軌跡

②空域管理者端

- A. 飛行任務審核及許可：分為自動審核許可與人工審核許可，無人機業者提交任務申請後，若無涉禁航區、無與其他任務時間/空間衝突、無不適飛天氣，系統將自動審核許可；餘則由人工審核。
- B. 無人機間資訊共享：飛航許可後、任務執行時，空域管理者登入系統可顯示所有無人機 Remote ID 軌跡。
- C. 預警及通知：提供闖入禁限航區或偏離任務範圍之預警功能。

依據交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序相關規範，無人機飛航管理系統部分應敘明的內容包括任務規劃、飛航狀態監控、氣象資訊、作業區域三維地理資訊及障礙物、數據及影像傳輸可用度、飛行中位置回報機制(最少每 2.5 秒 1 次，視飛行速度另訂)、起降點噪音值紀錄等。

本計畫導入之射頻識別及 UTM 系統配合各型無人機檢驗及試飛期程，逐步進行相關功能、性能及系統測試，以符合國內相關規範，並與國際接軌。考量環境建置和服務搭建時間，規劃測試項目如下，測試結果則詳見 3.4.2 節：

(4) 封閉場域試飛

①Remote ID 功能測試(含廣播式及網路式)

②無人機追蹤及識別測試

(5) 實際場域試飛

①測試氣象資訊、三維地理資訊及障礙物等資訊服務。

②測試任務規劃、飛航許可、追蹤及識別、無人機間資訊分享等功能是否正常運作。

③測試飛行中位置回報機制、數據傳輸可用度、飛航狀態監控情形。

④確認整體性能和功能是否符合計畫要求。

3.3 場域試飛規劃

本節說明無人機「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」兩類情境的潛在場域評估內容，以及試飛場域擇定的流程與方法。

3.3.1 評估潛在應用場域

本計畫優先針對中華郵政公司、醫療單位與消防單位等需求，進行偏鄉及離島無人機物流服務驗證的相關規劃。為評估上述相關場域的潛在應用區域，本計畫以我國中央對偏鄉、離島的定義為基礎，盤點國內偏鄉及離島鄉鎮的分布，並透過聯外交通、郵局服務、醫療資源、常住人口等指標，掌握各鄉鎮之周邊有無替代道路進行郵件、醫療用品的運送情形，進而研提合適作為無人機物流運送之潛在應用場域。

1. 偏遠地區鄉鎮及離島地區分布

內政部針對臺灣本島以人口密度低於全國平均五分之一的鄉鎮市定義為偏遠地區，共涵蓋 65 個鄉鎮，並主要分布於臺東縣、花蓮縣及屏東縣，如表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 內政部定義屬偏遠地區之鄉鎮彙整表

縣市	偏遠地區之鄉鎮
新北市	石碇區、坪林區、平溪區、雙溪區、烏來區
桃園市	復興區
新竹縣	峨眉鄉、尖石鄉、五峰鄉
苗栗縣	南庄鄉、獅潭鄉、泰安鄉
臺中市	和平區
南投縣	中寮鄉、國姓鄉、信義鄉、仁愛鄉
嘉義縣	番路鄉、大埔鄉、阿里山鄉
臺南市	楠西區、南化區、左鎮區、龍崎區
高雄市	田寮區、六龜區、甲仙區、杉林區、茂林區、桃源區、那瑪夏區
屏東縣	滿洲鄉、三地門鄉、霧台鄉、瑪家鄉、泰武鄉、來義鄉、春日鄉、獅子鄉、牡丹鄉
宜蘭縣	大同鄉、南澳鄉

縣市	偏遠地區之鄉鎮
花蓮縣	鳳林鎮、玉里鎮、壽豐鄉、光復鄉、豐濱鄉、瑞穗鄉、富里鄉、秀林鄉、萬榮鄉、卓溪鄉
臺東縣	成功鎮、卑南鄉、大武鄉、太麻里鄉、東河鄉、長濱鄉、鹿野鄉、池上鄉、延平鄉、海端鄉、達仁鄉、金峰鄉、蘭嶼鄉

資料來源：內政部。

衛生福利部護理及健康照護司根據地理環境、交通便利性、人口數量、醫療照護資源等項目，界定離島鄉共有 19 個鄉鎮，如表 3.3-2 所示，其中澎湖縣、金門縣、連江縣的所有鄉鎮皆被納入其中。

表 3.3-2 衛生福利部護理及健康照護司定義屬離島之鄉鎮彙整表

縣市	離島鄉鎮
屏東縣	琉球鄉
澎湖縣	馬公市、湖西鄉、白沙鄉、西嶼鄉、望安鄉、七美鄉
金門縣	金城鎮、金湖鎮、金沙鎮、金寧鄉、烈嶼鄉、烏坵鄉
連江縣	南竿鄉、北竿鄉、莒光鄉、東引鄉
臺東縣	綠島鄉、蘭嶼鄉

資料來源：衛生福利部護理及健康照護司。

2. 偏鄉及離島潛在應用場域綜合評估

(1) 偏鄉潛在應用場域評估

以內政部定義之偏遠地區為基礎，評估各行政區有無替代道路進行郵件、醫療用品運送，以避免災害發生時因道路中斷以致成為孤島之情形。若該行政區既有醫療資源較為缺乏或聯外交通可及性差，對於使用無人機進行緊急運補將更具有迫切性。評估指標說明及評估結果如表 3.3-3 所示。

表 3.3-3 無人機偏鄉物流運送潛在應用場域評估指標說明

評估指標	指標說明
聯外交通可及性	行政區之縣、鄉道路數量
醫療資源可近性	行政區之全民健康保險醫療資源缺乏
郵局服務可近性	行政區之郵局營業據點數量

資料來源：本計畫彙整。

為進一步評估合適之偏鄉潛在應用場域，本計畫以郵件、醫療資源運送時的貨件收寄單位為基礎，篩選出具郵局營業據點且醫療資源缺乏的行政區，並界定縣、鄉道路數量小於 10 條者為本計畫之無人機偏鄉物流運送的潛在應用場域。經評估後，共計 33 個鄉鎮市區，詳如表 3.3-4 及圖 3.3.1。

表 3.3-4 無人機偏鄉物流運送潛在應用場域彙整表

縣市	鄉鎮市區
新北市	坪林區、平溪區、石碇區、雙溪區
新竹縣	峨眉鄉
苗栗縣	南庄鄉、獅潭鄉
嘉義縣	大埔鄉
南投縣	中寮鄉、國姓鄉
臺南市	楠西區、南化區、左鎮區、龍崎區
高雄市	六龜區、甲仙區、杉林區
屏東縣	滿洲鄉
宜蘭縣	大同鄉、南澳鄉
花蓮縣	鳳林鎮、光復鄉、瑞穗鄉、玉里鎮、富里鄉、壽豐鄉、豐濱鄉
臺東縣	長濱鄉、成功鎮、東河鄉、池上鄉、太麻里鄉、大武鄉

資料來源：本計畫彙整。

為進一步評估合適之離島潛在應用場域，本計畫以郵件、醫療資源運送時的貨件收寄單位為基礎，篩選出具常住人口、郵局營業據點及醫療院所的行政區，並界定僅能仰賴水運進行與本島的物流運送者為本計畫之無人機離島物流運送的潛在應用場域。經評估後，共計 8 個鄉鎮市區，涵蓋 18 座島嶼詳如表 3.3-6。

表 3.3-6 無人機離島物流運送潛在應用場域彙整表

縣市	鄉鎮市區	島嶼數量
澎湖縣	馬公市、白沙鄉、望安鄉、七美鄉	13 座
金門縣	烏坵鄉	1 座
連江縣	北竿鄉、莒光鄉、東引鄉	4 座

資料來源：本計畫彙整。

(3) 潛在應用場域評估結果

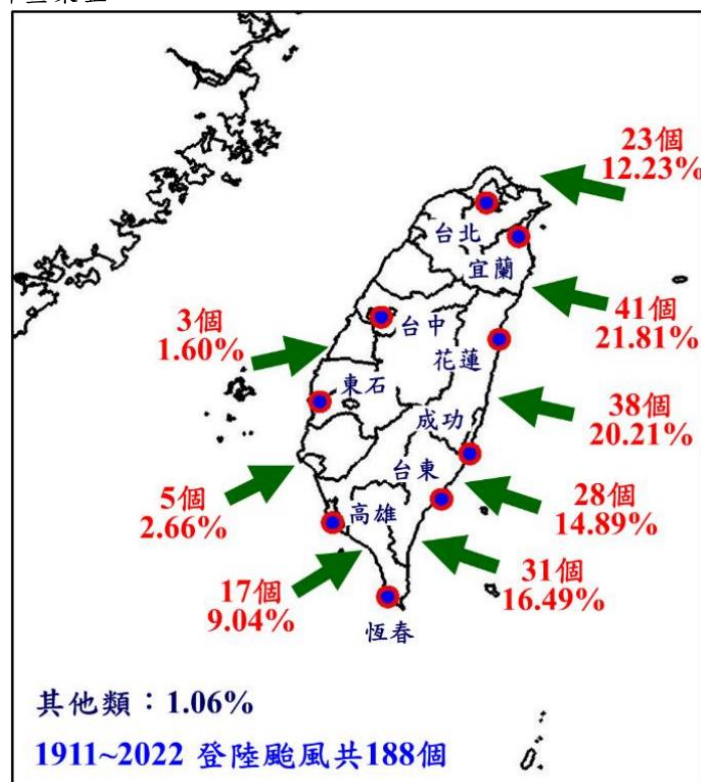
綜合上述表 3.3-4、表 3.3-6 所彙整的偏鄉、離島無人機物流運送之潛在應用場域，考量花蓮縣近十年為臺灣地震最頻繁的地區(如表 3.3-7 所示)，且因受地理位置影響，颱風入侵時經常首當其衝(如圖 3.3.2 所示)，狂風豪雨使得土石滑落、道路受損；並考量花蓮縣內有 7 個行政區被列為偏鄉潛在應用場域，是國內各縣市之最，因此本計畫優先針對花蓮縣內之偏鄉潛在應用場域進行後續試飛驗證場域的評估。

在離島潛在應用場域方面，考量澎湖縣近年觀光發展蓬勃，民國 111 年觀光人數達 114 萬人，物資的往來較為頻繁，且澎湖群島的島嶼眾多，然而澎湖本島與外島間的船班卻不一定足夠供應外島居民的民生或醫藥需求；並考量澎湖縣內有 4 個行政區、13 座島嶼被列為離島潛在應用場域，是各縣市之最，因此本計畫優先針對澎湖縣內之離島潛在應用場域進行後續試飛驗證場域的評估。

表 3.3-7 102 年至 111 年全臺最大震度超過 5 級之地震
震央分布統計表

縣市	累積數量	占比
花蓮縣	82 個	52%
宜蘭縣	29 個	18%
臺東縣	24 個	15%
雲林縣	6 個	4%
嘉義市	6 個	4%
臺南市	4 個	3%
南投縣	3 個	2%
屏東縣	3 個	2%
新竹縣	1 個	1%
嘉義縣	1 個	1%
總計	159 個	100%

資料來源：本計畫彙整。



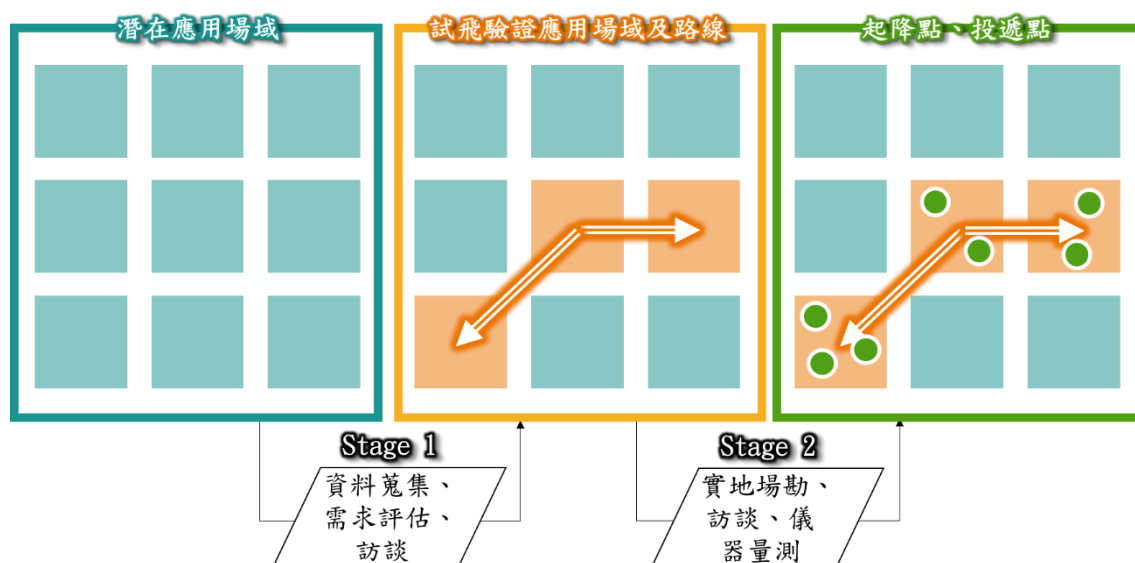
資料來源：中央氣象署「颱風百問」，112 年。

圖 3.3.2 歷年颱風侵臺路線分布圖

3.3.2 擇定試飛驗證場域

1. 擇定場域方法

本計畫於 3.3.1 節經評估全臺合適作為無人機物流運送之潛在應用場域後，建議可聚焦花蓮、澎湖作為偏鄉及離島的應用場域。本節進一步透過資料蒐集、需求評估、訪談，擇定試飛驗證場域，並藉由實地場勘、訪談、儀器量測，進行後續場域路線、起降點、投遞點的評估，規劃流程詳如圖 3.3.3 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.3 無人機物流試飛驗證場域規劃流程

(1) 評估試飛驗證場域及路線

① 偏鄉試飛驗證場域及路線

本計畫透過新聞資料蒐集、與地方政府及公所訪談等方式，掌握花蓮歷史災害、聯外道路是否曾因災害發生造成道路阻斷，以致居民或遊客受困之情事。經評估後，擇定花蓮縣瑞穗鄉及玉里鎮作為無人機偏鄉試飛驗證場域，並以過去曾發生緊急運補需求之奇美部落、赤科山為需求點，規劃瑞穗鄉內的瑞穗郵局至奇美部落、玉里鎮內的三民郵局至赤科山作為運送路線。

②離島試飛驗證場域及路線

本計畫透過與地方政府、衛生局及郵務單位訪談，掌握澎湖郵務及醫藥用品需求。經評估後，虎井、外垵、吉貝現有聯外交通較為不便且具備常態需求，可透過澎湖縣內資源最豐沛的馬公市區進行相關貨品運送，據此進一步規劃馬公郵局至外垵、馬公郵局至虎井、馬公郵局至吉貝作為場域路線。

(2) 評估起降點及投遞點

依據前述擇定之場域路線，在以路線起點、迄點分別作為無人機之起降點與投遞點的基礎下，透過內政部消防署所公布的各鄉鎮緊急避難地圖及緊急救難直升機停機坪，以及藉由 Google Map 之實景地圖，找尋起降點、投遞點附近空曠平坦可供無人機進行物流運送時的安全起降場地。

①偏鄉試飛驗證場域之起降點與投遞點

因應無人機導入偏鄉緊急運補之情境規劃，考量災區之對外聯絡道路受阻情形，致使無法及時取得緊急物資及醫藥用品的情形，故場地優先以各縣消防局於各鄉鎮市區所設立之緊急疏散避難場地或直升機停機坪進行規劃。經本計畫檢視，上述場地多數為學校操場等開放空間，如表 3.3-8 所示。

表 3.3-8 偏鄉場域無人機路線及起降場地評估清單

場域路線	起降點	投遞點
瑞穗郵局-奇美部落	瑞美國小操場 向上泛舟遊客中心旁空地 秀姑巒溪河岸空地	奇美國小操場
三民郵局-赤科山上	高寮國小操場 三民國小操場	赤科山小瑞士農場停車場

資料來源：本計畫彙整。

②離島試飛驗證場域之起降點與投遞點

考量無人機導入離島物流配送係以常態運送規劃為主，為減少無人機起降影響當地居民生活，應避免使用學校操場或人潮容易聚集之觀光景點。據此，離島起降點與投遞點係以既

有的直昇機停機坪或公有之空曠場地為優先規劃，如表 3.3-9 所示。

表 3.3-9 離島場域無人機路線及起降場地評估清單

場域路線	起降點	投遞點
馬公郵局-吉貝	馬公觀音亭 金龍頭營區籃球場 莒光新村旁廣場 白沙國中操場 白沙海灘空地	吉貝停機坪 吉貝沙尾空地 吉貝國中操場
馬公郵局-外垵	馬公觀音亭 金龍頭營區籃球場 莒光新村旁廣場	外垵村辦公處旁籃球場 外垵聯絡道路旁空地 西嶼國中操場 大菓葉漁港
馬公郵局-虎井	馬公觀音亭 金龍頭營區籃球場 莒光新村旁廣場	虎井停機坪

資料來源：本計畫彙整。

2. 場地勘查規劃

(1) 場地勘查安排

依照表 3.3-8、表 3.3-9 所盤點之起降場地，本計畫共安排 4 次場勘行程，針對起降場地進行勘查並撰寫場勘紀錄表，亦與起降場地所屬管轄機關進行訪談，確認起降場地之相關規範；同時透過與地方政府、消防單位及衛生單位進行需求訪問，確認各地的無人機物流運送之需求。歷次場勘地點如表 3.3-10 所示。

表 3.3-10 本計畫歷次場勘安排

場勘	日期	場勘地點	訪談
第一次澎湖場勘	2023/06/06	白沙國中操場、白沙沙灘空地、吉貝停機坪、吉貝沙尾空地、吉貝國中操場	白沙國中、吉貝衛生室、吉貝國中
	2023/06/07	西嶼國中操場、大菓葉漁港	西嶼國中、大菓葉漁港旁海巡署辦公室、澎湖縣政府、澎湖郵局

場勘	日期	場勘地點	訪談
第一次花蓮場勘	2023/07/03	秀姑巒溪河岸空地、瑞美國小操場、奇美國小操場	瑞美國小、奇美國小、花蓮縣政府
	2023/07/04	三民國小操場、高寮國小操場、赤科山小瑞士農場停車場	三民國小、高寮國小、赤科山小瑞士農場
第二次澎湖場勘	2023/07/10	外垵村辦公處旁籃球場、外垵聯絡道路旁空地、桶盤停機坪、虎井停機坪	桶盤衛生室、虎井衛生室、澎湖縣衛生局
	2023/07/11	金龍頭營區籃球場、馬公觀音亭、莒光新村旁廣場	馬公市第三衛生所
第二次花蓮場勘	2023/10/16	秀姑巒溪河岸空地、向上泛舟遊客中心旁空地、富源溪河岸空地	秀姑巒溪遊客中心

資料來源：本計畫彙整。

(2) 場地勘查內容

本計畫參考國外相關案例(詳第二章)，盤點無人機起降場所需的基礎設施項目，加以設計為場勘紀錄表之項目及勘查內容，如表 3.3-11 所示。本計畫於花蓮及澎湖共進行 4 次場勘。

表 3.3-11 場勘紀錄表勘查內容

勘查項目	勘查內容
起降場地周遭有無危險或需避開之設施、預計航線	無人機飛航須避開的地點(如民宅、人群聚集處、高壓電塔、電廠、加油站)、預計航線
通訊品質	檢核通訊狀況、強弱度
起降場地之實際樣貌	起降場地正射影像拍攝
起降場地需不需整地	平坦程度
起降場地面積足以規劃淨空範圍(安全區域)	起降場中心周邊 100 公尺內及預計航線上，地面式障礙物的高度、距離；如：電線、電桿、建築物、樹木、煙囪、圍牆…等
釐清最大可供做為起降場地的範圍	長寬範圍量測

勘查項目	勘查內容
人員與貨物整備空間	可作為整備空間的設施 (如：倉庫、涼亭)大小
無人機與設備存放空間	可作為存放空間的設施 (如：倉庫、涼亭)大小
詢問起降場地主管機關 可供飛航活動時間	日期區間、時段區間
起降場地的整備、存放空間 設施完善度	供水、供電、遮陰處、廁所、設備及物流包裹 放置處、進入場地無需鑰匙
起降場地管理人員之辦公室	距離起降地點距離、 管理者聯絡方式與地址
天候環境	附近有無氣象站、曾經紀錄的最高風速、當地 現場測量風速
交通問題	起降場地出入口數量、是否易廠商及物流車車 輛進入、停車格數量
照明品質	確認場地亮度足夠

資料來源：本計畫彙整。

3. 地方單位需求訪談結果

彙整澎湖、花蓮相關單位訪談結果如下。

(1) 花蓮縣相關單位

與花蓮縣政府建設處交通科訪談，確認本計畫所提之瑞穗、玉里場域具無人機運補需求性，並提供建議未來可以開口契約方式與無人機營運商締結契約。

(2) 澎湖縣相關單位

①澎湖縣政府旅遊處

掌握澎湖物流運送需求主要為醫療物資。另因本計畫原選定之場勘地點多為學校操場，若屆時需常態飛行容易影響校園學生使用，故不建議使用。

②澎湖郵局郵務科

外按代辦所的郵務需求量大於西嶼郵局，但可靠陸路運輸完成；白沙至吉貝航線，仍須由郵務車透過陸運運輸郵遞包裹

至白沙，且白沙至吉貝的船班往來頻繁，故使用無人機運送的需求與效益較小。

③澎湖縣衛生局

透過訪談當地衛生局，掌握澎湖群島間的醫藥品運送需求、模式與流程，以及運送醫藥品需注意之法規事項。

3.3.3 規劃試飛場域航線

依據本計畫任務要求，本次航線規劃係以單趟距離 10 公里、通訊品質佳、場地風險最低為原則；另基於機體最大長度約 4 公尺，考量規劃誤差、GPS 誤差、機體煞車距離等系統及裝置誤差範圍(約 20 公尺)，取 5 倍容錯範圍，計航道總寬度為 100 公尺，作為本次任務航線寬度，並已於期中階段工作會議中獲得交通部民用航空局同意。本次航線皆依照此一標準作為劃設、申請，並要求其他無人機使用者在期間內禁止進入。

1. 離島航線規劃

經 3.3.2 節透過場勘評估，本計畫針對澎湖地區研擬由馬公至外垵、吉貝、虎井等地共 3 個方案，並進行航線評估說明如下，如表 3.3-12 表 3.3-14 所示：

(1) 航線方案及起降點評估

①馬公-外垵航線現況

以馬公中正路郵局為出發點，經縣道 203 線至外垵漁港約 34 公里，車程約 50 分鐘，兩端點直線距離約 9 公里。本計畫以避開陸地的最短路徑為主要原則，初步規劃直線飛行之航線方案，惟西嶼地勢略高，無人機飛行須繞過西嶼西臺後再向北進入外垵村。

②馬公-吉貝航線現況

馬公市區欲前往吉貝，須先至位於白沙鄉的北海遊客中心赤崁碼頭乘船，馬公距白沙約 15 公里，車程約 25 分鐘；船程則約 20 分鐘，碼頭有多家民營業者，白天均為每小時開船。馬公與吉貝停機坪兩端點直線距離約 20 公里，因兩地距離較遠，基於無人機機型及後續維運可能，航線須採最短飛行路徑，故規劃直線飛行方案，經檢核所經陸域範圍亦無人群聚集處。

③馬公-虎井航線現況

馬公本島至虎井嶼船程約 20 分鐘，於馬公市內南海遊客中心乘船，每日約 3 趟船班，夏季略增。馬公與虎井停機坪兩端

點直線距離約 11 公里。本計畫以避開陸地的最短路徑為主要原則，初步規劃繞雞籠嶼西側直線飛行以及穿行雞籠嶼東側與風櫃洞西側海面飛行 2 種航線方案。其中繞行方案飛行距離較長，但距陸地及船運航線較遠；穿行方案則於距離陸地較近的海面飛行，飛行距離短。考量雞籠嶼、四角嶼均為無人島，且飛行距離短亦有助提高安全性，故優先選定穿行方案。

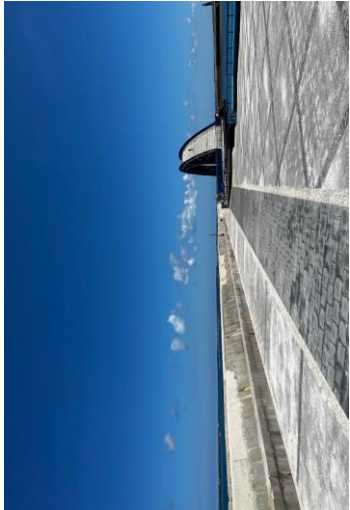
表 3.3-12 離島航線方案綜合評估表

評估項目		馬公-外垵	馬公-虎井	馬公-吉貝
航線示意	需求對象	戶籍人口約 2,300 人。	戶籍人口約 900 人。	戶籍人口約 1,500 人。
	需求物品	郵件。	郵件、醫療用品。	郵件、醫療用品。
	需求量	常態性，需求量高。	常態性，需求量適中。	常態性，需求量高。
	距離	自馬公港區繞行西嶼西臺至外垵村辦公室，飛行距離粗估單趟約 9,153 公尺。	自馬公港區至虎井嶼停機坪，避開風櫃洞及無人島嶼，飛行距離粗估單趟約 9,722 公尺	自馬公港區至吉貝嶼停機坪直線飛行，距離粗估單趟約 21,596 公尺。
技術面	爬升坡度	航線海拔最高點 3.29 公尺，最低點 -0.28 公尺，海拔落差 3.57 公尺。	航線海拔最高點 6.76 公尺，最低點 -0.73 公尺，海拔落差 7.49 公尺	航線海拔最高點 31.26 公尺，最低點 -2.18 公尺，海拔落差 33.44 公尺。

評估項目		馬公-外垵	馬公-虎井	馬公-吉貝
	通訊品質	外垵東側海上 4G 訊號不穩定。	航程可維持 4G 通訊。	航程可維持 4G 通訊。
空域風險面		涉及馬公港區禁航區。	涉及馬公港區、望安機場/虎井停機坪等禁航區。	涉及馬公港區、吉貝停機坪等禁航區。
困難點		訊號不穩定，中途有斷訊可能。	季風及海上天氣影響大。	飛行距離較長，為提高安全性可能須在吉貝端點換電。

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-13 離島航線馬公起降點綜合評估表

	起降點	
	金龍頭營區籃球場	馬公觀音亭
場域現況		
周邊風險	為封閉營區須申請才能進入、鄰近海邊、無人車相關風險。	為觀光景點、傍晚後會較多人，白天略有遊客與採集貝類居民，須進行交通管制以維護安全。

	起降點	
	金龍頭營區籃球場	馬公觀音亭
整地需求	無需整地。	無需整地。
空間安排	有面積足夠起降之籃球場，三面有建築、靠海面有擋土牆擋風，適合直升機起降。有高處涼亭可供飛手較佳的視野與訊號。	有廣大草坪、水泥堤岸可供貨物存放與無人機起降。
設施條件	營區提供水電、室內貨物及設備暫存空間、廁所。	附近建物有水電、廁所，並有可作為貨物及設備存放空間。
車輛進出及停車空間	1 處出入口，可至少提供 10 席停車位。	1 處出入口，可至少提供 10 席停車位。
通訊品質	4G 訊號 3 格(室外良)。	4G 訊號滿格(室外優)。
可用時間	申請後無進出限制，可全日使用。	無進出限制，可全日使用，但建議時間為早上八點到下午三點以避開遊客。
注意事項	需與臺灣港務股份有限公司協商使用時間，僅能於金龍頭營區招商完成前使用。	需與相關單位協商使用時間，避開花火節。

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-14 離島航線投遞點綜合評估表

	投遞點		
	虎井停機坪	吉貝停機坪	外安村辦公室外籃球場
場域現況			
周邊風險	港邊廟前廣場，平時無太多人潮，但起降時仍須進行交通管制。	港邊停機坪，平常無人經過。	為封閉四周有圍牆的籃球場，較無人車風險。
整地需求	無需整地。	無需整地。	無需整地。
空間安排	廣場為水泥地，空間廣大平整，淨空區域足夠。	標準停機坪大小，起降與淨空區域足夠。	籃球場為水泥地，空間廣大平整，淨空區域足夠。
設施條件	寺廟可提供水電、廁所。空地可提供整備與貨物暫存。	停機坪附近約 200 公尺處才有遊客中心可以提供水電、廁所。停機坪附近空地可供機體整備、貨物暫存。	籃球場對面為社區活動中心、村辦公室，可提供水電、廁所。籃球場空地可直接做為機體整備、貨物暫存。
車輛進出及停車空間	2 處出入口，約可提供 10 席停車位。	1 處出入口，約可提供 10 席停車位。	2 處出入口，可路外停車。
通訊品質	4G 訊號滿格(室外優)。	4G 訊號 3 格(室外良)。	4G 訊號品質不穩。

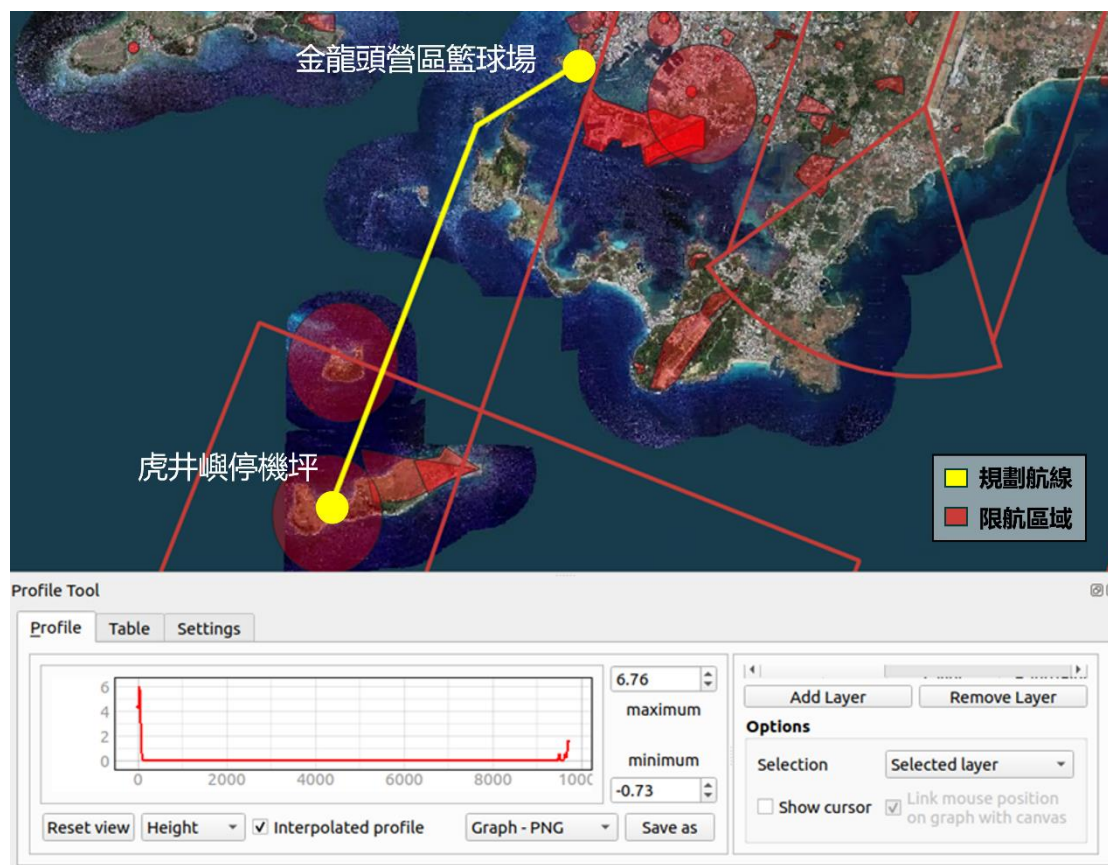
	投遞點		
	虎井停機坪	吉貝停機坪	外垵村辦公室外籃球場
可用時間	無進出限制，可全日使用。	無進出限制，可全日使用。	籃球場無鎖門，可經上級機關許可後使用。
注意事項	須協商土地權管機關；空地無既有設施，地面站可能須機動性組裝。	須協商土地權管機關；空地無既有設施，地面站可能須機動性組裝。	需與村辦公室協商使用時間。

資料來源：本計畫彙整。

(2) 擇定航線(馬公金龍頭營區-虎井嶼停機坪)

澎湖地區東北季風明顯，常見強陣風，對無人機穩定航行影響大；海上訊號亦較不穩定；考量本計畫離島航線係以長期營運為目標，訊號的穩定性及飛航安全性應為航線選擇主要原則。考量馬公至吉貝航線因飛行距離過長，對無人機穩定性及續航力是一大考驗；外垵則因場勘實測訊號不穩，可能會有中途無法回傳訊息的狀況；故本計畫最終選擇馬公至虎井航線，以降低外在因素對航行的影響，如圖 3.3.4 所示。

此外，在長期營運的前提下，起降點除須確保足夠的空間以供起降整備及地面控制站設置外，亦須與土地權管機關確認未來可供長期營運使用，避免與人群日常使用衝突的情況；考量觀音亭原即為觀光景點，雖空地較無人煙，但車流及人流較難以管制，故選定金龍頭營區為測試場域起降點。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.4 馬公-虎井航線規劃示意圖

① 起降點選定

計畫擇定金龍頭營區籃球場為起降點(如圖 3.3.5 所示)，該空地靠海、四周有約 3 層樓建物及土丘圍繞，可避免側風對無人機起降的影響，起飛後即可以巡航模式於海面上飛行，無穿越陸域人群上空的風險。卸貨點則規劃於虎井停機坪(如圖 3.3.6 所示)，該地面海，平時無直升機起降，亦無人群使用。



資料來源：本計畫拍攝。

圖 3.3.5 金龍頭營區現況



資料來源：本計畫拍攝。

圖 3.3.6 虎井嶼停機坪現況

② 路徑規劃

以避開陸地的最短路徑為原則，自馬公向西南方起飛後，繞行風櫃洞、桶盤嶼等地，由北方進入虎井停機坪卸貨後返航。單程航行距離約 9.7 公里。航線途經四角嶼及雞籠嶼等無人島，將規劃作緊急迫降區(Emergency Landing Zones, 簡稱 ELZ)。

③ 飛行高度

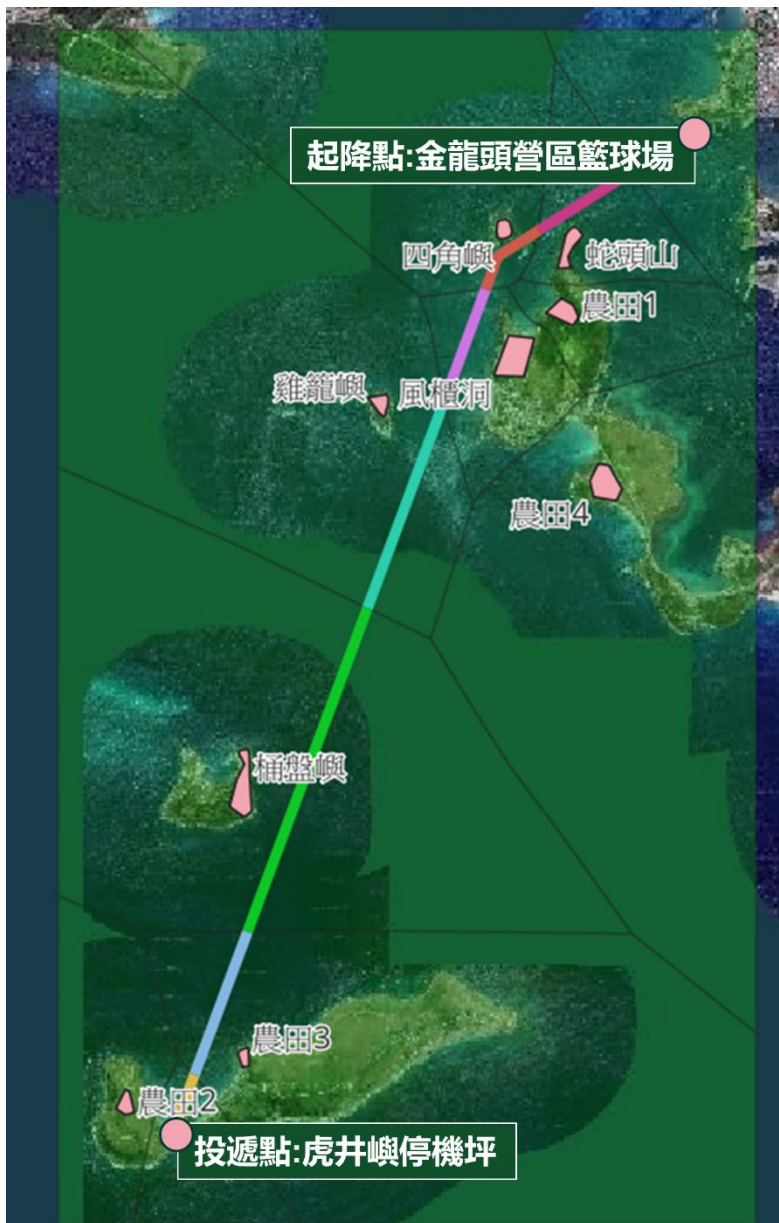
航線海拔最高點為起飛時的土丘(6.8 公尺)，其後於海面巡航無明顯起降，海拔落差為 7.5 公尺。因航線經望安機場 200 呎以上禁止施放範圍，且全程無須爬升，故飛行高度應維持在 60 公尺以下。

④ 約束及限制條件

航道涉及禁航區包括馬公港區、虎井停機坪及澎湖 30 陸軍營區，須提出活動申請及操作限制排除。另澎湖受季風影響大，自 10 月後自翌年 1 月風速都維持在 6m/s 以上，相當於 4 級風，且多有強陣風的情形，海面較陸地更為嚴重，是本次測試主要難點之一。

⑤ 緊急迫降點規劃

設置可迫降區域有農田 4 區、空地 5 區及起迄點 2 區，以上區域人少且障礙物少，並採用沃羅諾伊圖 (Voronoi diagram) 進行空間分割，將一個空間平面分割成多個區域，每個區域內的點離其所屬的特定位置(迫降區域)最近。因此，透過將飛航路徑切割成多個段落，每段對應不同的可迫降區域，可以確保無論無人機在何處，都有預設迫降區域，緊急時無須進行計算，即可進行迫降，如圖 3.3.7 所示。



資料來源：本計畫繪製

圖 3.3.7 澎湖場域試飛迫降區沃羅諾伊圖

⑥通訊品質

依場勘測試，航道上中華電信 4G 訊號涵蓋尚可，Remote ID 藍芽收訊距離約 400 公尺。

(3) 視距內飛行航線

本計畫推動離島未來可發展常態性無人機載貨運輸，惟海面天氣條件變化大，應有長期氣候觀察數據，加上大量的飛行測試，方能在操作人員熟悉環境的情況下飛行，確保執行任務的安全性。因此，本計畫另外規劃近岸海面視距內飛行測試的方案，相較易達、易於緊急迫降部屬，可作為短程測試

航線。

① 起降點選定

規劃由馬公觀音亭旁空地(如圖 3.3.8 所示)起飛，該空地靠海，雖位於觀音亭旁，但較無人經過，無人機起飛向西即進入海面，無穿越陸域人群上空的風險。投遞點則規劃於莒光新村旁廣場(如圖 3.3.9 所示)，該地面海，雖鄰近鬧區，但平時無人使用。



資料來源：本計畫拍攝。

圖 3.3.8 馬公觀音亭旁空地現況



資料來源：本計畫拍攝。

圖 3.3.9 莒光新村旁廣場現況

② 路徑規劃

以在海面直線飛行為原則，自起降點起飛後避開限航區向西南方起飛進入海面，往南直線航行至投遞點卸貨後返航。單程航行距離約 600 公尺，如圖 3.3.10 所示。

③ 飛行高度

卸貨點海拔約 13.78 公尺，為航線海拔最高點；海面高度約海拔 0.83 公尺，整趟飛行於海面巡航，無明顯起降，海拔落差為 14 公尺。

④ 約束及限制條件

無人機自起飛後向西南飛行，則全程可避開營區等限航區域。惟起降點及投遞點皆離人群區域較近，雖無經過人群上空風險，但起降操作時需注意側風影響。

⑤ 緊急迫降點規劃

因屬視距內短距離任務，且全程飛行於海面上，如遇無人機事件發生，仍以操作返回起降點或投遞點降落為優先。

⑥ 通訊品質

依場勘測試，航道上中華電信 4G 訊號涵蓋尚可。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.10 澎湖視距內飛行航線規劃示意圖

2. 偏鄉航線規劃

本次偏鄉物流係以緊急物資運送為目標，故航線規劃及起降點以模擬災害發生情景設計，需要克服起降場地限制、無人機爬升或山地氣候變化等議題。經蒐集災害發生歷史新聞，設定補給聚落和易形成孤島地區距離 10 公里內、可以最大程度避開人口聚集區等場域選擇因素後，初步選定瑞穗聚落至奇美部落、以及玉里聚落至赤科山觀光區 2 條航線，除了鄰近郵局外，為避免穿越人群上空，亦考慮以聚落邊緣優先評估為起降點，如表 3.3-15~表 3.3-17 所示。

(1) 航線方案及起降點評估

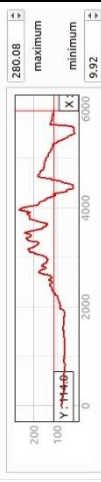
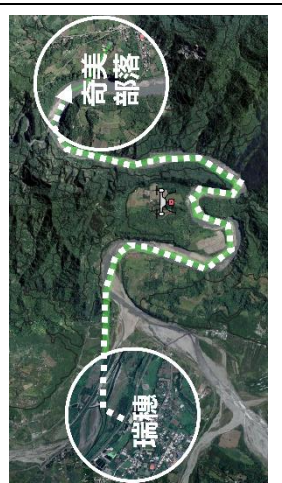
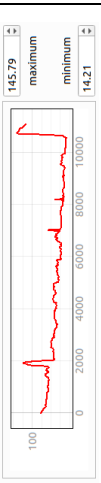
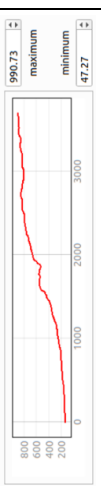
①瑞穗聚落-奇美部落航路現況

以瑞穗郵局(海拔高度 98 公尺)為出發點，經瑞港產業道路至奇美部落(海拔高度 115 公尺)約 12 公里，車程約 25 分鐘，該路線近山脈與平原交界處，南端為秀姑巒溪河道。本計畫以避開聚落為主要考量，初步規劃直線飛行及沿河道飛行 2 種航線方案。

②玉里-赤科山觀光區航路現況

以玉里郵局(海拔高度 130 公尺)為出發點，經縣道 193 線及赤科山產業道路至赤科山觀光區(海拔高度 881 公尺)約 22 公里，車程約 40 分鐘，地形是由縱谷平原向山區，因距離較長，規劃將由赤科山腳或三民起飛以縮短飛行距離，本計畫以避開聚落直線飛行為初步規劃方案。

表 3.3-15 偏鄉航線方案綜合評估表

評估層面	瑞穗-奇美(直線飛行)	瑞穗-奇美(沿河道飛行)	玉里(赤科山腳)-赤科山
航線示意	 	 	 
	需求對象	奇美當地居民約 500 人。	觀光旅客。
	需求物品	緊急醫療物資(奇美衛生室醫護人員可接收)。	緊急醫療物資(缺乏當地衛生院所接收)。
	需求量	常態性，需求較高。	季節性，需求較低。
技術面	距離	自瑞穗瑞美國小至奇美部落高處的奇美國小，直線飛行距離粗估單趟約 5,725 公尺。	自位處赤科山腳的高寮國小操場至赤科山觀光區，直線飛行距離粗估單趟約 3,695 公尺。
	爬升坡度	航線海拔最高點 280 公尺，最低點約 10 公尺，海拔落差 270 公尺。無人機需瞬間爬升。	航線海拔最高點 990 公尺，最低點 47 公尺，海拔落差 943 公尺。無人機可穩定爬升。

評估層面		瑞穗-奇美(直線飛行)	瑞穗-奇美(沿河道飛行)	玉里(赤科山腳)-赤科山
	通訊品質	航程可維持 4G 通訊。	河谷訊號較不穩。	航程可維持 4G 通訊。
	空域風險面	無涉及禁、限航區。	無涉及禁、限航區。	無涉及禁、限航區。
	困難點	地形起伏明顯，無人機恐須多次升降，將提高飛航風險。若採用一次拉高直接飛越，則 AGL 將超過 120 公尺，需派人進駐塔台。	單趟飛行距離超過 10 公里，為提高安全性可能須在奇美端點換電；河谷通訊品質較差。	無人機需爬升近 950 公尺，加上縱谷氣候，可能對續航力造成影響。

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-16 瑞穗-奇美航線起降點及投遞點綜合評估表

	起降點		投遞點	
	秀姑巒溪遊客中心附近河岸	瑞美國小操場	奇美國小	
場域現況				
周邊風險	屬河川區，周圍無明顯障礙物，空曠無人。	校舍建物、樹木及鄰近房屋約 15 公尺高，無其他明顯障礙物，學生數少，居民平時不使用操場。	校地位於部落高點，教學樓較操場地勢高，訊號較佳；起降視線可能受校舍部分遮蔽。	

	起降點		投遞點
	秀姑巒溪遊客中心附近河岸	瑞美國小操場	
整地需求	無需整地。	無需整地。	奇美國小 無需整地。
空間安排	提岸便道旁有多處空地，泥土及砂石地面，淨空區域足。	操場旁有多處水泥空地(其中一處面積為 41m x 21m)，淨空區域足。	操場面積大，可考慮設為投遞點。
設施條件	近秀姑巒溪遊客中心，有水電、廁所及可供貨物、設備存放空間。	校舍可供設備存放，司令台(10m x 7m)可暫做貨物整備及地面站使用。	校舍可供設備存放，司令台可暫做貨物整備及地面站使用。
車輛進出及停車空間	2 處出入口，可提供至少 10 席停車位。	出入口各 1 處，約可提供 10 席停車位。	出入口各 1 處，約可提供 10 席停車位。
通訊品質	4G 訊號 3 格(室外良)。	4G 訊號滿格(室外優)。	4G 訊號 2 格(室外可)。
可用時間	無進出限制，可全日使用。	校內無鎖門，可經上級機關許可後使用。	校內無鎖門，可經上級機關許可後使用。
注意事項	須協商土地及遊客中心權管機關；空地無既有設施，地面站可能須機動性組裝。	需與校方協商使用時間。	需與校方協商使用時間。

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-17 玉里-赤科山航線起降點及投遞點綜合評估表

	起降點		投遞點	
	三民國小操場	高寮國小操場	赤科山小瑞士農場空地	赤科山荳園居旁空地
場域現況				
周邊風險	周圍無明顯障礙物，離人口聚集區較近。	周圍環山，路旁電線約 6 米，視距內無其他明顯障礙物。	餐廳及民宅旁空地，可從山坳望向玉里，視野較佳，淡季無人煙，旺季多遊客停車及拍照。	餐廳旁空地，目視可見高寮國小，樹蔭遮蔽部分視線，淡季無人煙，旺季有遊客。
整地需求	無需整地。	無需整地。	無需整地。	無需整地。
空間安排	可使用操場及籃球場，淨空區域足夠。	可使用操場，淨空區域足夠。	觀景水泥空地(13m x 18m)位置佳，淨空區域足夠。	草皮(12m x 5.5m)，須整地，淨空區域足夠。
設施條件	校舍可供設備存放，司令台(6.5m x 8.5m)可暫做貨物整備及地面站使用。	校舍可供設備存放，司令台(10m x 5m)可暫做貨物整備及地面站使用。	旁有民宅及餐廳，有水電、廁所及可供貨物、設備存放空間。	旁有民宅及餐廳，有水電、廁所及可供貨物、設備存放空間。
車輛	出入口各 2 處，約可提供 10	出入口 3 處，可提供至少 10	出入口 1 處，約可提供 15 席	出入口 1 處，約可提供 10 席

	起降點		投遞點	
	三民國小操場	高寮國小操場	赤科山小瑞士農場空地	赤科山瑩園居旁空地
進出及停車空間	席停車位。	席停車位。	停車位。	停車位。
通訊品質	4G 訊號滿格(室外優)。	4G 訊號滿格(室外優)。	有 4G 訊號(室外可)。	有 4G 訊號(室外可)。
可用時間	使用須避開體育課時間。	使用須避開體育課時間。	須與地主協調，且應避開旺季。	須與地主協調，且應避開旺季。
注意事項	須與校方協商使用時間。	須與校方協商使用時間。	須與地主協商使用方式，可能需使用費用。	須與地主協商使用方式，可能需使用費用。

資料來源：本計畫彙整。

(2) 擇定航線(瑞穗瑞美國小-奇美部落奇美國小操場)

考量本計畫以偏鄉緊急物資運送為議題，經場勘發現赤科山屬季節性觀光景點，平日定居人數少，僅旺季時才有餐飲或住宿服務，與本次主題較不相符，故擇定瑞穗至奇美為本次測試場域；並基於訊號穩定度和無人機續航力考量，以兩端點直線飛行為航道規劃，如圖 3.3.11 所示。

秀姑巒溪河岸空地雖空曠無人，但周圍設施條件較差，且近河岸；考量瑞美國小離聚落較近，運補方便，且可避開人群上空飛行，故選擇瑞美國小為測試場域起降點。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.11 瑞穗-奇美航線規劃示意圖

① 起降點選定

本次選定瑞美國小為起降點(如圖 3.3.12 所示)，其鄰近瑞穗市區，交通便利，且操場除教學使用外，較無其他民眾使用需求，可供本計畫作為起降點使用。投遞點規劃於奇美國小操場(如圖 3.3.13 所示)，奇美國小位於奇美部落高點，學生較少，原本即為直升機緊急救難場所，與本次主題相符。



資料來源：本計畫拍攝。

圖 3.3.12 瑞美國小操場現況



資料來源：本計畫拍攝。

圖 3.3.13 奇美國小操場現況

② 路徑規劃

為確保航行的安全及穩定，規劃無人機由瑞美國小操場向北起飛進入富源溪河道後，向東直達奇美部落，無人機多於河道及農田上方航行，未穿越人口聚集區，單程航行距離約 5.7 公里。

③ 飛行高度

航線海拔最高點約為 291 公尺，最低點低於海平面 4 公尺(依據內政部 20 公尺網格數值地形模型資料)，因航線途經多處山頭，地形起伏變化明顯，基於安全性及穩定度，較不建議沿地表起伏飛行，故規劃無人機爬升至高點後以巡航模式飛

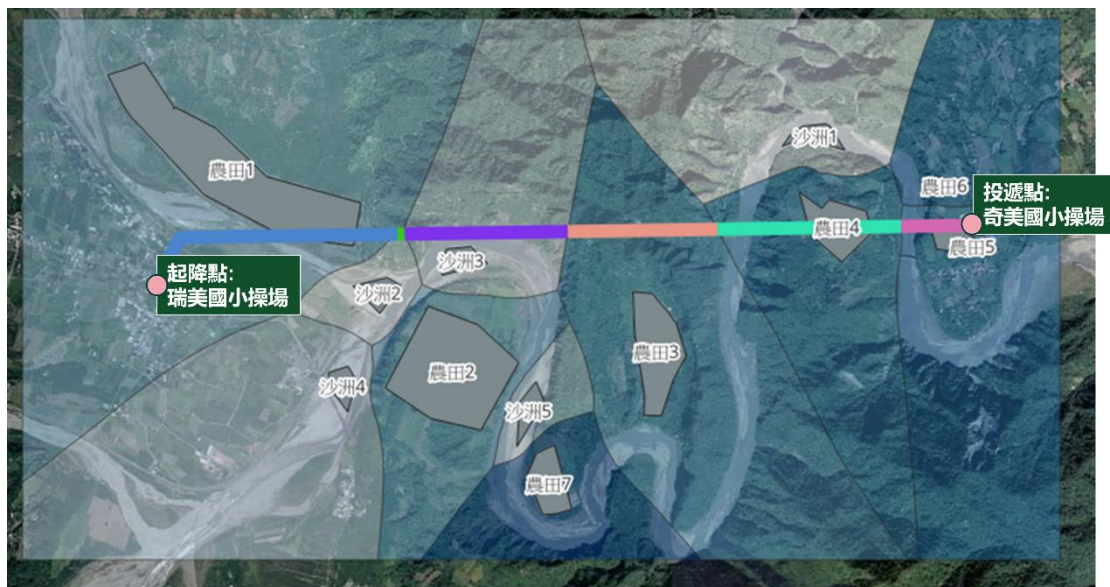
行再下降投遞為主，最佳爬升路徑則應由各機型實際測試後確認。

④ 約束及限制條件

航線雖無行經禁航區及限航區，但飛行高度設定必將超過 AGL 120 公尺，故仍須提出活動申請及操作限制排除。

⑤ 緊急迫降點規劃

以沃羅諾伊圖之空間分割方法，規劃可迫降區域有農田 7 個區域及沙洲 5 個區域，這些區域人少且障礙物少，將飛航路徑切割成 6 段，當無人機需迫降時飛於任何一段都會有相對應可迫降區域，如圖 3.3.14 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.14 花蓮場域試飛迫降區沃羅諾伊圖

⑥ 通訊品質

依場勘測試，航道上中華電信 4G 訊號涵蓋佳，Remote ID 藍芽收訊距離約 400 公尺。

(3) 視距內飛行航線

由於偏鄉發生自然災害導致聯外道路中斷的情境不僅止於山路的毀損，橋梁因無法承受地震或河水暴漲而斷裂的情況亦為常見。因此，本計畫在研擬偏鄉航線時，除了規劃航線距離較長屬於視距外飛行方案(瑞美國小至奇美國小)，亦規劃

航線距離較短，以無人機飛行跨越河川的視距內飛行方案，作為偏鄉橋梁斷裂時的情境模擬。

本計畫規劃由向上泛舟遊客中心旁空地向北飛往富源溪河堤旁道路終點，以跨越富源溪為目標，經測量兩端點直線距離為 800 公尺，符合視距內距離小於 900 公尺的規定。

① 起降點選定

經場勘確認，瑞穗靠近河岸周邊地區多為農田或泥灘濕地，無道路可供車輛前往，無可用空地，僅向上泛舟遊客中心旁空地設施較為完善，可供起降使用；投遞點因於視距內難尋空地，僅富源溪河堤旁道路終點可供使用，如表 3.3-18 所示。

表 3.3-18 花蓮視距內飛行航線起降點及投遞點綜合評估表

評估項目	起降點	投遞點
	向上泛舟遊客中心旁空地	富源溪河堤旁道路終點處
場域現況		
周邊風險	樹木高約 4 公尺； 人煙罕至之處。	河堤高約 4 公尺； 道路無任何車輛行駛。
整地需求	無需整地。	無需整地。
空間安排	人煙罕至，但可能有人車通行。	道路終點處可作為起降點。
設施條件	近處私人遊客中心可供設備存放，周邊亦有秀姑巒溪遊客中心可提供水、供電。	周邊無任何建築物可供設備存放，亦無供水、供電。
車輛進出及停車空間	道路旁空地，採路邊停車。	出入口為同 1 處，採路邊停車。
通訊品質	4G 訊號 2 格(室外可)。	4G 訊號 2 格(室外可)。

評估項目	起降點	投遞點
	向上泛舟遊客中心旁空地	富源溪河堤旁道路終點處
可用時間	無進出限制，可全日使用。	無進出限制，可全日使用。
注意事項	該道路應做為防汛使用，需聯繫管理單位經濟部水利署第九河川分署。	該道路應做為防汛使用，需聯繫管理單位經濟部水利署第九河川分署。

資料來源：本計畫彙整。

② 航線規劃

該航線以在河道上方直線飛行為原則，航線長度約 920 公尺，如圖 3.3.15 所示。

③ 飛行高度

航線海拔最高點為起降點 66.47 公尺，起飛後下降至河道為海拔最低點：59.53 公尺，河道地形略有起伏，最大高度落差為 6.94 公尺

④ 約束及限制條件

全段無須經過禁、限航區，全程在河面飛行，並以河岸為投遞及起降點，無顯著高度爬升，惟須注意季節性氣候影響。此外，因起降點及投遞點皆位於道路旁，雖人煙罕至，仍須注意飛行計畫執行期間的交通管制。

⑤ 緊急迫降點規劃

因屬視距內短距離任務，且全程飛行於河面上，如遇無人機事件發生，仍以操作返回起降點或投遞點降落為優先。

⑥ 通訊品質

依場勘測試，航道上中華電信 4G 訊號涵蓋尚可。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.15 花蓮視距內飛行航線規劃示意圖

3.3.4 規劃場域基礎設施

1. 試飛場域起降場空間規劃

考量垂直起降之無人機因同時具備定翼型之高航時、旋翼型之垂直起降的優點，為現今無人機之發展主流，故本計畫以垂直起降無人機的需求進行起降場規劃，並擬定後續具複製性且通用的場域設施項目。同時，該型式之起降場因不需鋪設跑道，若未來在我國各地發展，也較不受限於我國地狹人稠而難以執行。

本計畫投入試飛的 4 款無人機中，以 HJ-CH-47 機型的機長達 3.68 公尺為最長。另根據 FAA 於 2022 年發布垂直起降場之設計標準「Engineering Brief No. 105, Vertiport Design」，提出根據無人機起飛時，投影面積的最小圓直徑為 D ，則應劃設長寬尺寸為 $D \times D$ 起降區(Touchdown and Lift-Off Area, TLOF)，供無人機起飛與著陸；並劃設長寬尺寸為 $2D \times 2D$ 最後進離場區

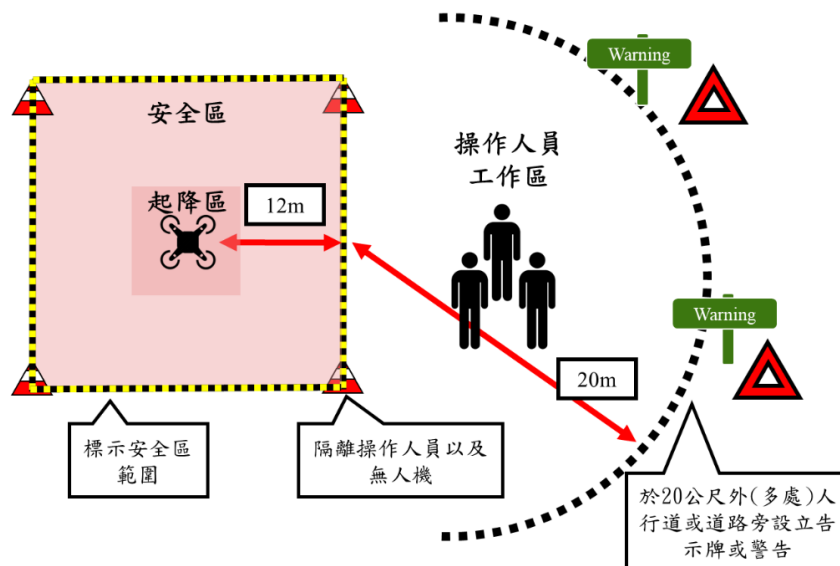
(Final Approach and Take-Off Area, FATO)，供無人機進場及離場之區域，為進場程序終點或離場程序起點；最外圍再劃設長寬尺寸為3D × 3D 安全區(Safety Area)，安全區需為淨空狀態，除了導航輔助設施 (Navigational aid)外，不可有任何設施設置於此。

(1) 起降區

考量無人機尺寸將影響垂直起降場的大小，故本計畫先依據目前本計畫導入使用於物流運送的 4 款無人機機身長度作為垂直起降場地尺寸規模設計基礎。本計畫導入之 4 型無人機機身長度皆小於 4 公尺，故以無人機起飛時投影面積 4 公尺最小圓直徑進行垂直起降場地範圍的規劃，如圖 3.3.16 所示。

(2) 安全區

參考上述 FAA 發布垂直起降場之設計標準以及本計畫導入的無人機機型，本計畫在起降場劃設長寬皆為 12 公尺的安全區，並在此區域外圍設置三角錐或相關隔離設施，隔離操作人員與無人機，並於 20 公尺外的道路、人行道設立告示牌或相關警告設施，提醒一般民眾並保障安全，如圖 3.3.16 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.16 試飛場域起降點周邊安全維護構想示意圖

2. 試飛場域基礎設施項目規劃

本計畫參考國外相關案例(詳第二章)，盤點無人機起降場域所需的基礎設施項目(如表 3.3-21 所示)，並規劃於測試驗證階段，可優先使用現況試飛場域周邊既有設施作為基礎設施，不足之處再進行補充完備。本年度偏鄉及離島場域之相關基礎設施如表 3.3-19~表 3.3-22 所示。

表 3.3-19 無人機起降場域基礎設施項目及功能

基礎設施項目	建議設置方式及功能說明
地面安全隔離	於起降場地設置三角錐、警示線、告示牌、圍籬等，框選無人機起降範圍以及人員活動區域。
充換電設備	無人機飛行過程中需消耗電力，尤其是長時間飛行任務，因此試飛場域應備有充換電站或充換電系統，具備足夠的電源為多架無人機進行充換電。
人員整備空間	場域應搭建辦公室或簡易遮棚，使無人機進行飛航任務中，人員可於室內或棚內休息。建議結合地面導控站，且備有電源設備，讓人員可以靈活地調整監控無人機與休息時間。
地面控制站	透過地面控制站，飛行員對無人機進行即時飛行操控，並接收無人機飛航即時影像、機體與酬載狀態等資料，促使空中作業流程得以完整監控。
貨物存放空間	場域應備有倉庫或簡易遮棚，提供物流運送相關貨品於起降場時，貨物有陰涼處予以存放，避免陽光曝曬。
無人機與設備存放空間	場域應備有倉庫可供無人機及相關設備存放，並且安裝安全鎖，避免無相關人員看管期間，無人機受到人為或其他因素破壞。
通訊基地站	場域應安裝適宜的通信設備，確保訊號品質正常，使無人機和地面控制站系統能夠進行溝通，以利無人機飛航安全管理及物流管理。
噪音監測設備	因應無人機在起降過程時產生的噪音若過大，恐怕會影響民眾生活，因此起降場需設置噪音監測設備，藉此監測起降場周邊與航線上噪音狀況。
微氣象設備	場域周邊建置微氣象設備，藉此監控起降場及航線周邊微氣象差異，掌握風速、風向、降雨等無人機飛航時應注意的天氣變化。
緊急救援設備	起降場應準備緊急救援設備，如滅火器等設備，以應對可能發生的意外。
照明系統	若於夜間或光線不足情況下，起降場需備有適當的照明系

基礎設施項目	建議設置方式及功能說明
	統，以確保人員於光線充足的情況下作業。
停車空間	起降場應劃設停車空間，提供無人機業者運送裝載無人機或物流業者裝填卸載包裹。

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-20 本計畫離島試飛場域基礎設施對照表

地點	澎湖金龍頭營區(籃球場) 起降點		澎湖虎井停機坪 投遞點	
基礎設施項目	現有替代設施	預計整備設施	現有替代設施	預計整備設施
地面安全隔離	—	放置三角錐及告示牌	—	放置三角錐及告示牌
充換電設備	使用周邊既有建物的電源設備	—	使用活動中心的電源設備	—
人員整備空間	使用周邊既有建物的空間	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅	使用活動中心的空間	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅
地面導控站	使用周邊既有建物的空間	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅	使用活動中心的空間	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅
貨物存放空間	使用周邊既有建物的空間	—	使用活動中心的空間	—
無人機與設備存放空間	使用周邊既有建物的空間	—	使用活動中心的空間	—
通訊基地站	現況場域訊號品質已足夠供無人機與地面導控站通訊	—	現況場域訊號品質已足夠供無人機與地面導控站通訊	—
噪音監測設備	—	準備分貝計	—	準備分貝計
微氣象設備	—	準備風速計	—	準備風速計
緊急救援設備	—	準備滅火器	—	準備滅火器
照明系統	白天光線充足	—	白天光線充足	—
停車空間	使用既有空地停放車輛	—	使用既有空地停放車輛	—

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-21 本計畫偏鄉試飛場域基礎設施對照表一

地點	花蓮瑞美國小操場 起降點		花蓮奇美國小操場 投遞點	
基礎設施項目	現有替代設施	預計整備設施	現有替代設施	預計整備設施
地面安全隔離	—	放置三角錐及告示牌	—	放置三角錐及告示牌
充換電設備	使用校園內的電源設備	—	使用校園內的電源設備	—
人員整備空間	司令台	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅	教室	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅
地面導控站	司令台	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅	教室	視情況決定是否搭建簡易遮棚、準備桌椅
貨物存放空間	司令台	—	教室	—
無人機與設備存放空間	教學樓	—	教室	—
通訊基地站	現況場域訊號品質已足夠供無人機與地面導控站通訊	—	現況場域訊號品質已足夠供無人機與地面導控站通訊	—
噪音監測設備	—	準備分貝計	—	準備分貝計
微氣象設備	—	準備風速計	—	準備風速計
緊急救援設備	—	準備滅火器	—	準備滅火器
照明系統	白天光線充足	—	白天光線充足	—
停車空間	使用既有空地停放車輛	—	使用既有空地停放車輛	—

資料來源：本計畫彙整。

表 3.3-22 本計畫偏鄉起降點、投遞點基礎設施對照表二

地點	向上泛舟遊客中心旁空地 起降點		富源溪旁堤外道路末端 投遞點	
基礎設施項目	現有替代設施	預計整備設施	現有替代設施	預計整備設施
地面安全隔離	—	放置三角錐及	—	放置三角錐及

地點	向上泛舟遊客中心旁空地 起降點	富源溪旁堤外道路末端 投遞點		
基礎設施項目	現有替代設施	預計整備設施	現有替代設施	預計整備設施
		告示牌		告示牌
充換電設備	使用遊客中心 內的電源設備	—	—	—
人員整備空間	周邊空地	視情況決定是 否搭建簡易遮 棚、準備桌椅	周邊空地	視情況決定是 否搭建簡易遮 棚、準備桌椅
地面導控站	周邊空地	視情況決定是 否搭建簡易遮 棚、準備桌椅	周邊空地	視情況決定是 否搭建簡易遮 棚、準備桌椅
貨物存放空間	周邊空地	—	周邊空地	—
無人機與設備存 放空間	周邊空地	—	周邊空地	—
通訊基地站	現況場域訊號 品質已足夠供 無人機與地面 導控站通訊	—	現況場域訊號 品質已足夠供 無人機與地面 導控站通訊	—
噪音監測設備	—	準備分貝計	—	準備分貝計
微氣象設備	—	準備風速計	—	準備風速計
緊急救援設備	—	準備滅火器	—	準備滅火器
照明系統	白天光線充足	—	白天光線充足	—
停車空間	使用既有空地 停放車輛	—	使用既有空地 停放車輛	—

資料來源：本計畫彙整。

3. 未來垂直起降場之空間及基礎設施規劃

依據無人機起降場域所需的基礎設施項目及功能，本計畫進一步規劃未來垂直起降場之空間及基礎設施，期以作為我國可複製性且通用的場域設施項目及空間配置的參考。相關空間規劃配置說明如後，詳細設施項目與空間構想請參閱圖 3.3-17、表 3.3-23。

(1) 起降區及安全區

參考本計畫導入之 4 型無人機機身長度皆小於 4 公尺，劃設長寬尺寸為 4 公尺的起降區，供無人機起飛與著陸；並劃設

長寬尺寸為 12 公尺的安全區，安全區內除了導航輔助設施外，保持淨空狀態，並於安全區外圍以實體圍籬隔離人員進出。

(2) 噪音監測及微型氣象站

為確保無人機執行任務的安全性，應搭建微型氣象站以隨時掌握起降場的風速、降雨等可能影響無人機飛航安全的氣象因子。設置噪音監測設備有利於掌握無人機起降時，是否產生過大的噪音影響民眾生活。為求數據之準確性，以上設備盡量靠近無人機起降區，但以不影響無人機起降為原則，因此建議設置於安全區外的實體圍籬旁。

(3) 辦公室

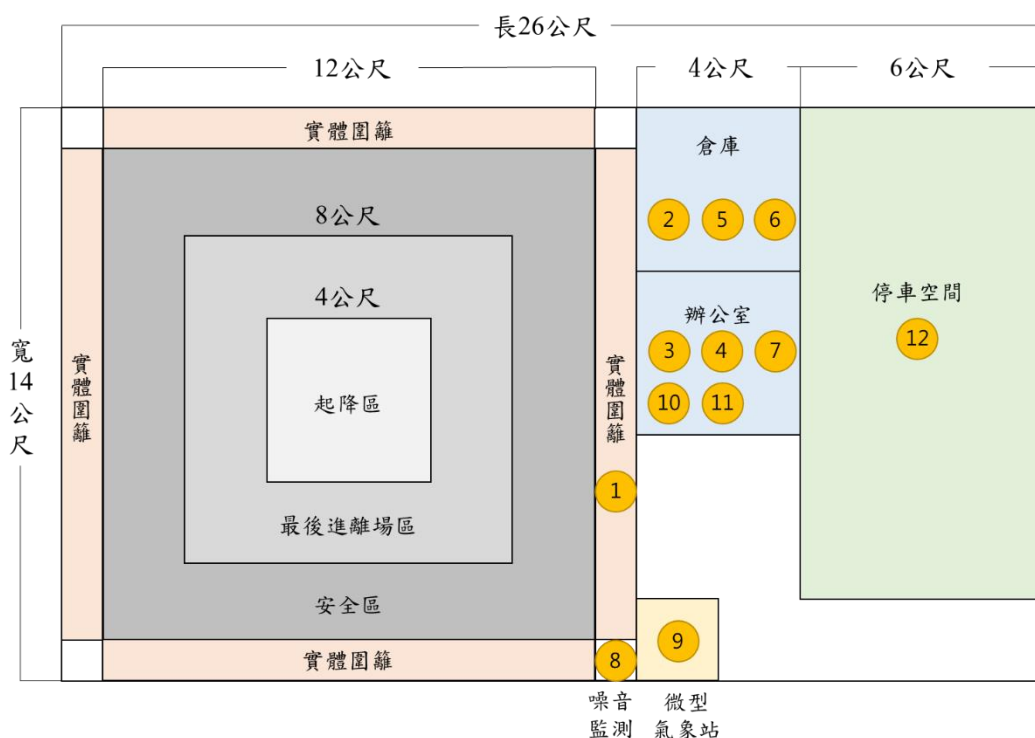
規劃長寬尺寸為 4 公尺且具備基本供水、供電之建築物作為辦公室，辦公室內作為人員整備、地面控制站、緊急救援設備的空間，通訊基地站、照明系統則可架設於辦公室外。

(4) 倉庫

規劃長寬尺寸為 4 公尺且具備基本供水、供電之建築物作為倉庫，倉庫內具備可替無人機充換電的設備，並能夠擺放無人機及貨物。

(5) 停車空間

規劃長 12 公尺、寬 6 公尺的停車空間，讓起降場的工作人員、物流業者等可停放 4 至 5 輛之小客車、小貨車。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.17 垂直起降場基礎設施之空間規劃構想示意圖

表 3.3-23 垂直起降場基礎設施項目

編號	基礎設施項目	建議之空間大小	建議整備設施	內容說明與相關備註
1	地面安全隔離	總周長 48 公尺 長 12 公尺 寬 12 公尺	搭建實體圍籬， 並布設告示牌	實體圍籬應安裝出入口，方便工作人員進出
2	充換電設備	—	興建具有電源設施之倉庫	需確認電源供應是否能符合無人機充電規格
3	人員整備空間	長 4 公尺 寬 4 公尺 高 2~3 公尺	興建具有電源設施之辦公室	因應辦公室的屋頂可能需要搭載相關設施(行動通訊基地台、照明設施)，可採興建水泥建築物
4	地面控制站	—	興建具有電源設施之辦公室	因應地面控制站的設施可能因不同家無人機廠商而有所不同，如在人員整備空間中無法放置相關設備，可另行擴增
5	貨物存放空間	—	興建具有電源設施	因應無人機要運送的包裹尺寸不同，可再針對

編號	基礎設施項目	建議之空間大小	建議整備設施	內容說明與相關備註
			施之倉庫	倉庫之空間大小進行調整
6	無人機與設備存放空間	長 4 公尺 寬 4 公尺 高 2~3 公尺	興建具有電源設施之倉庫	因應不同尺寸無人機，可再針對倉庫之空間大小進行調整
7	通訊基地站	-	興建行動通訊基地台	依照場域的通訊品質決定是否興建
8	噪音監測設備	-	整備噪音監測設備	國外已開始針對無人機噪音量測進行規範，因此，因應未來我國法規可能納入噪音檢測，故應整備噪音監測設備
9	微氣象設備	長 2 公尺 寬 2 公尺 高 1~2 公尺	搭建微型氣象站	因應不同尺寸之微型氣象站，可再針對空間大小進行調整
10	緊急救援設備	-	準備滅火器	滅火器可存放於辦公室、倉庫內
11	照明系統	-	興建具有電源設施之辦公室	照明系統的供電可由辦公室的電源設備提供
12	停車空間	長 12 公尺 寬 6 公尺	-	此停車車間大小可靈活調整。長 12 公尺可供大貨車停靠，另搭配寬 6 公尺的長度可以容納一般小客車、小貨車停放 4 至 5 輛

資料來源：本計畫彙整。

3.3.5 規劃場域試飛之緊急處理程序

為鑑別可能發生之事故或緊急狀況，因應、防止、或降低此類事件所可能造成的人員傷害、財產損失與工作環境影響，除了嚴格遵守依法載明於遙控無人機作業手冊內容的緊急處理程序外，本計畫另針對實際場域試飛進行地面應變為主的安全規劃，以提高緊急應變效率。

1. 相關法令規定

遵循「民用航空法」、「遙控無人機管理規則」、「遙控無人機試飛規範與注意事項」、「遙控無人機作業手冊」等相關規定，為執行業務需要，從事遙控無人機飛航活動前，均應向民航局申請能力審查核准，有效期限為二年。經能力審查核准後，再依控遙控無人機管理規則第31條有關活動區域之規定與遙控無人機管理規則第32條有關操作限制之規定，辦理飛航活動申請。相關法規綜整於表3.3-24。

表 3.3-24 無人機緊急處理程序相關法規綜整表

法規名稱	條文內容	對本計畫指導
民用航空法	第九十九條之十三 禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍內，禁止從事遙控無人機飛航活動；航空站或飛行場四周之一定距離範圍由民航局公告之。 前項範圍外距地表高度不逾四百呎之區域，由直轄市、縣（市）政府依公益及安全之需要，公告遙控無人機活動之區域、時間及其他管理事項。但相關中央主管機關認有禁止或限制遙控無人機飛航活動之需要者，得提請所在地之直轄市、縣（市）政府公告之，直轄市、縣（市）政府應配合辦理。 政府機關（構）、學校或法人執行業務需在第一項範圍之區域從事遙控無人機飛航活動，應申請民航局會商目的事業主管機關同意後，始得為之。 政府機關（構）、學校或法人執行業務需在第二項公告之區域、時間及其他管理事項外從事遙控無人機飛航活動，應申請直轄市、縣（市）政府會商相關中央主管機關同意	計畫場域涉限航區等須申請區域時，應依照「政府機關（構）、學校或法人於禁航區、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申請說明」，以遙控無人機管理資訊系統提出活動申請。

法規名稱	條文內容	對本計畫指導
	後，始得為之。(後略)	
	第九十九條之十四 從事遙控無人機飛航活動應遵守下列規定： 一、遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。 二、不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。 三、不得裝載依第四十三條第三項公告之危險物品。 四、依第九十九條之十七所定規則之操作限制。 五、不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。 六、不得於日落後至日出前之時間飛航。 七、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。 八、操作人不得在同一時間控制二架以上遙控無人機。 九、操作人應隨時監視遙控無人機之飛航及其周遭狀況。 十、應防止遙控無人機與其他航空器、建築物或障礙物接近或碰撞。 政府機關（構）、學校或法人經檢具有關文書向民航局申請核准者，得不受前項第一款至第八款規定之限制。 前項政府機關（構）、學校或法人，從事核准之遙控無人機飛航活動前，應向民航局申請許可；其涉及第一項第五款之限制者，應先取得活動場地之直轄市、縣（市）政府及相關中央主管機關之同意。	考量本計畫涉左列法條第1項第1款、第2款、第7款等事項，應認無人機相關保險責任已完成投保，於試飛前完成辦理操作限制排除事項之飛航活動申請。
遙控無人機管理規則	第二十六條 操作人從事遙控無人機飛航活動前，應考量下列情形： 一、操作區域環境，包括氣象條件、空域、飛航限制及其他空中或地面之危害因素。 二、遙控無人機一般操作、緊急程序及規定。	須於遙控無人機作業手冊第4章說明。 具體如「4.1.2 飛航天氣標準及氣象資料」說明如何符合本條第1款規定及利用

法規名稱	條文內容	對本計畫指導
	三、遙控設備與遙控無人機間之通訊及控制信號鏈路情況良好。 四、攜帶足夠之燃油或電池容量，並經考慮氣象預報狀況、預期之延誤及其他可能延誤遙控無人機降落之情形。	何種方式取得資訊(如風速、能見度、降雨)；於手冊「4.1.3 油料或電池安全存量(容量)說明如何符合第4款規定。
	第二十九條 操作人在操作時應對遙控無人機之飛航及其周遭狀況保持警覺，並確保察覺及避讓其他航空器、超輕型載具、遙控無人機或障礙物，並防止與其接近或碰撞。	須於遙控無人機作業手冊「4.1.4 飛航警覺」敘明相關規定。
	第三十六條 所有人或操作人於操作遙控無人機發生下列飛航安全相關事件時，應於發生或得知消息後二十四小時內填具飛航安全相關事件報告表(附件十五)通報民航局： 一、運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故。 二、最大起飛重量二公斤以上且裝置導航裝置之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。 三、於本法第九十九條之十三第一項至第二項範圍內從事活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。 四、從事本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。 五、發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故。	須於遙控無人機作業手冊「4.6 飛安相關事件通報」敘明相關規定。
遙控無人機試飛規範與注意事項	(八)緊急應變計畫及緊急裝備 1. 飛行中緊急應變計畫應考量： (1) 起飛後發動機失效或部份失效。 (2) 飛操問題或機件失效。 (3) 航電裝備或慣性導航系統失效。 2. 地面緊急應變計畫應考量： (1) 遙控無人機無法定位及安全解鎖程序。 (2) 燃油關斷瓣(Fuel Shut-off Valve)	針對不同緊急情況的判定及處理，應於遙控無人機作業手冊「4.5 緊急情況」說明遙控無人機異常情況之判定準則，及如何因應之程序，

法規名稱	條文內容	對本計畫指導
	的位置及關斷程序。 (3) 電池斷電和滅火作業。 (4) 滅火瓶的位置及使用。 3. 緊急醫療資源的位置。 4. 準備滅火瓶可供試飛人員及地面支援人員使用。 5. 試飛操作人應熟悉各種緊急計畫。	如衛星導航失效、圖傳信號失效、遙控無人機失控等，不同操作限制排除事項如有不同緊急處理情況可分別列出。並說明遙控無人機發生緊急情況時通知程序及通知人員之程序
遙控無人機作業手冊	5.7 載貨運輸作業程序 5.7.2 作業風險評估(Specific Operations Risk Assessment, SORA)(參照歐洲無人機組織 JARUS http://jarus-rpas.org/ SORA 規範內容) 1. 作業概述(參照 SORA Annex A) (1) 操作面 (2) 技術面 2. 地面風險等級 (計算 Ground Risk Class, GRC) 3. 空中風險等級 (計算 Air Risk Class, ARC) 4. 風險緩解性能要求 (提出 Tactical Mitigation Performance Requirement, TMPR) 5. 特定操作安全保證級別 (決定 Specific Assurance and Integrity Levels, SAIL) 6. 營運安全目標與相應措施(參照 SORA Annex E) [依據 SAIL 將 Operational Safety Objectives(OSO)彙整臚列 相應規範，並檢視風險緩解措施是否列入 1. 作業概述] 5.7.3 作業規定 (1) 作業階段(申請單位自行劃分)	為增進國內遙控無人機物流發展及提升相關產業能量，明確遙控無人機載貨作業能力審查之評估標準，手冊訂定 5.7「載貨運輸作業程序」，採用歐洲無人機組織(JARUS)之「特定操作風險評估(SORA)」規範做為作業風險評估工具，涵蓋作業目標、作業規定及預期效益等內容，以做為政府機關(構)、學校及法人進行遙控無人機載貨作業之發展指引。 就緊急處理方面，須於 5.7.2 評估作業風險，5.7.3 的執行方式中，也須說明緊急情況處置。

法規名稱	條文內容	對本計畫指導
	(2) 作業時間(每日作業時間) (3) 飛行載具性能諸元 a. 廠牌及型號 b. 構造 c. 最大起飛重量(25 公斤以上應完成檢驗) d. 尺寸(長*寬*高)及翼展(飛機)、旋翼半徑(直昇機)、多旋翼最大軸距(多旋翼機) e. 使用動力 f. 導航方式 g. 最大速度 h. 遙控頻率(含 NCC 型式認證) i. 酬載方式(填寫酬載裝卸方式、最大酬載重量及尺寸) (4) 載貨作業人員資格 a. 操作人應具備符合 5.1-5.6 操作限制排除事項之人員資格。(其餘操作人、觀察員或相關作業人員應具備條件及 特定訓練) (5) 執行方式 a. 無人機飛航管理系統 [含任務規劃、飛航狀態監控、氣象資訊、作業區域 三維地理資訊及障礙物、數據及影像傳輸可用度、飛行 中位置回報機制(最少每 2.5 秒 1 次，視飛行速度另訂)、起降點噪音值紀錄] b. 機隊管理 (含飛行紀錄、維修紀錄及資料保存方式等) c. 操作規定(含保安) d. 飛航準備(含授權區域及絕對淨空區域劃設) e. 任務執行 f. 緊急情況處置 g. 任務統計月報	

資料來源：本計畫彙整。

2. 異常狀態緊急處置程序

計畫除須依循相關法規完成核備程序並嚴格遵守外，各無人機應依核准之遙控無人機作業手冊作業，如遇緊急情況，應依標準程序處理，以避免可能的人員及環境危害。

(1) 飛行前準備

每次實作前應完成民航局活動申請及操作限制排除，並確認無人機相關保險責任已完成投保。實作期間悉依核准之遙控無人機作業手冊辦理，每次實作前應完成起飛前檢查、確認適航狀態。

測試前應密切注意天氣概況及颱風動態以事先防範。於測試前 72 小時進行天氣確認，以執行天氣緊急應變程序。如中央氣象局預測活動期間當地降雨機率超過 30%，研議是否延後測試；如中央氣象局發佈激烈天氣預報（颱風、豪雨等），則測試延期。

(2) 飛行期間異常情況處置程序

飛行期間如遇異常情況，應參照遙控無人機作業手冊進入應變程序；若發生非預期的緊急情況時，操作人應先確保己身及周邊環境及其他人員的安全，盡可能地避免損害到其他人的生命財產。並參照計畫緊急迫降點規劃，尋找最佳落地處緊急落地，再依檢查表程序檢查裝備。如遇安全相關事件，應立即通報安全維護人員與緊急應變通知單位。

參考相關無人機操作相關公開指南，簡單羅列無人直昇機與多旋翼機視距內飛行時可能之異常狀態及其處置程序如表 3.3-25 所示，惟實際執行時仍以個案或主管機關核定之手冊為準。

表 3.3-25 視距內飛行異常狀態緊急處置程序

異常狀態	緊急處置程序(無人直昇機與多旋翼機視距內飛行)
動力系統(旋翼馬達或發動機)失效 (In Flight Shutdown)	立即切換至適當之操作模式並採取減災飛行決策，以航機尚存動力嘗試穩定姿態減緩下降率，儘速以目視方式尋找安全地點實施異地迫降(無人直昇機應儘速將操作模式切換至HOLD 熄火模式，並考量當下高度與風向等因素實施熄火降落處置)，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。
上傳鏈路失效(Uplink Loss, C2 Link Loss)：	(1) 立即分析上傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站/遙控器(地面端)異常、或航機(空中端)異常。 (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以肉眼檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，待航機恢復控制後應立即轉向或升高脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，全程與航機保持目視，並於恢復控制後儘速以穩定姿態返場降落。 (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復控制鏈路，通訊恢復後切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。 (4) 若無法恢復控制鏈路或航機接收端異常，航機將依失效保護機制(Fail Safe)之設定自動進入返航模式，此時應目視監控航機是否正確返回歸航點懸停或降落，視需要疏導地面人員及車輛儘速淨空歸航點周邊區域，以預留自動降落及定位誤差所需之安全隔離。
下傳鏈路失效(downlink loss)	(1) 立即分析下傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(地面端)異常、或航機(空中端)異常。 (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以肉眼檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，儘速執行轉向或升高操作予以脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並全程與航機保持目視，儘速以穩定姿態返場降落。 (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復鏈路通訊，並切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。 (4) 若無法恢復下傳鏈路或航機發射端異常，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並全程與航機保持目視，儘速控制航機以穩定姿態返場降落

異常狀態	緊急處置程序(無人直昇機與多旋翼機視距內飛行)
衛星定位訊號異常	立即切換至適當之操作模式以停止衛星定位功能介入航機之控制，並由操作人以目視方式接手操作，穩定姿態或原處懸停後，儘速操控航機轉向或上升脫離高樓周圍、橋梁下、峽谷內、密林中及輸電線路周邊等環境，待衛星訊號恢復後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以目視方式控制航機返場降落。
酬載影像鏈路異常	立即切換至適當之操作模式並原處懸停，調整地面導控站(遙控器)之天線角度及方位，目視控制航機飛離遮蔽物或干擾源嘗試恢復影像鏈路，待影像鏈路恢復後繼續飛行；若影像持續中斷，應立即以目視方式安全返航，並儘速以穩定之姿態返場降落。
姿態顯示/IMU/AHRS 異常	立即反向修正不受控傾斜姿態以減緩航機瞬間位移，儘速切換至適當之操作模式(手動模式)以停止 IMU/AHRS 介入航機之控制，並停止參考遙控設備之姿態顯示，由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後儘速控制航機返場降落
電子羅盤異常	立即切換至適當之操作模式以停止電子羅盤介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後操控航機轉向或上升脫離電塔、基地台或變電箱等強磁設施，待電子羅盤恢復正常運作後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以目視方式控制航機返場降落
慣性導航系統異常	立即切換至適當之操作模式以停止慣性導航功能介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後儘速控制航機返場降落。
低油量/電量	立即關閉航機非必要之酬載設備以減緩油量/電量之消耗，維持飛控電腦及伺服舵機/馬達等必要模組之運作，切換至適當之操作模式由操作人接手操作，以目視方式穩定姿態或原處懸停後，儘速保持勻速飛行安全返場降落；若油量/電量嚴重不足時，應立即實施異地迫降處置。
飛控系統/電腦(FCC, Flight Control Computer)失效	立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止飛控電腦介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後 儘速控制航機返場降落。
迫降航線處置	立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機與地形地障保持安全隔離，目視航機判斷當下高度、速度、航向，距離及位置等飛行狀況，穩定姿態或原處懸停後儘速安全返場降落。
異地迫降處置	立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機使其與地形地障保持安全隔離，目視航機判斷當下高度、速度、航向，距離及位置等飛行狀況，並參考酬載影像尋找安全迫降

異常狀態	緊急處置程序(無人直昇機與多旋翼機視距內飛行)
	區域，穩定姿態或原處懸停後儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。
空中緊急避障處置(任務飛行時適用)	立即啟動自動防撞系統或暫停任務使航機原處懸停，並使用地面導控站(遙控器)新增航點後上傳更新任務航線，確認新航線之高度及位置等設定正確無誤後恢復任務飛行，隨時目視航機並參考酬載影像確保其與地形地障保持安全隔離，必要時儘速切換至適當之操作模式由操作人接手操作。

資料來源：彙整自「遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗指南」4.6 緊急處置程序。

3. 場域試飛緊急處理程序

參考過去 IPP1、IPP2 辦理經驗及民航局相關指引，建立澎湖及花蓮之實際場域試飛時地面相關人員的緊急處理程序，並表列緊急醫療單位及緊急應變通知單位，以利事件發生時，除無人機操作者及控制站人員外，其他相關人員能快速應變，確保計畫執行期間之人員安全。

(1) 澎湖場域試飛

- ①測試地點：馬公市金龍頭營區至虎井嶼
- ②測試目標：無人機抗風性測試，視距內飛行。
- ③緊急應變程序：如表 3.3-26 所示。

表 3.3-26 澎湖場域試飛緊急應變程序

緊急事故情境	現場處理		續處事項
	現場管理單位	所屬無人機業者	
無人機在視距範圍失去控制	撤離操控人員外的現場人員至安全位置(一定範圍外或室內空間)，並通知其他無關人員限制進入。	在現場安全的情況下依手冊程序持續控制無人機並進行降落程序。	1. 如墜落則依墜落程序處理。 2. 依據程序通報民航局。

緊急事故 情境	現場處理		續處事項
	現場管理單位	所屬無人機業者	
無人機失聯	估算剩餘可飛行時間，根據廠商失聯的程序，推斷無人機可能位置，依靠廣播式 RID 手動搜尋。	持續進行無人機聯絡。	依據程序通報民航局，並根據最後已知位置，通報相關航管單位。
無人機墜落 (陸地)	確認有無人員受傷，通知救護車、警察單位協助處理，並於現場拍照以確認事故原因。	現場拍照，確認事故原因。	依據程序通報民航局，整理現場，回收所有零件。
無人機墜落 (海上)	確認有無人員受傷，若掉落在船上導致有人受傷，則協助船隻靠岸醫療，或通知醫療團隊前往，並於現場拍照，確認事故原因。	現場拍照，確認事故原因。	依據程序通報民航局，評估是否進行打撈回收

資料來源：本計畫彙整。

④緊急醫療單位：衛生福利部澎湖醫院，相關資訊如表 3.3-27 所示。

表 3.3-27 澎湖場域試飛緊急醫療單位

單位名稱	聯絡電話	地址
衛生福利部澎湖醫院	06-9261151	澎湖縣馬公市中正路 10 號



資料來源：本計畫彙整。

⑤ 緊急應變通知單位：依場地管理、行政、警政、消防、醫療類別詳列相關緊急應變通知單位，如表 3.3-28 所示。

表 3.3-28 澎湖場域試飛緊急應變通知單位

場地所屬管理單位		
單位名稱	聯絡電話	傳真電話
高雄港務分公司馬公管理處	(06) 927-2303	
行政單位		
單位名稱	聯絡電話	傳真電話
交通部民用航空局災害防救單位(飛航標準組)	(02) 2349-6068	(02) 2349-6071
澎湖縣政府	(06) 927-4400	(06) 927-9134
澎湖縣馬公市公所	(06) 927-2173	(06) 926-6812
海巡署艦隊分署第八海巡隊	(06) 921-5221	
警政單位		
單位名稱	聯絡電話	傳真電話
澎湖縣政府警察局馬公分局	(06) 927-3284	(06) 926-2493
澎湖縣政府警察局馬公分局啟明派出所	(06) 927-2541	
澎湖縣政府警察局馬公分局虎井派出所	(06) 929-1112	

場地所屬管理單位		
單位名稱	聯絡電話	傳真電話
消防單位		
單位名稱	聯絡電話	傳真電話
澎湖縣政府消防局	(06) 926-3346	(06) 926-7097
內政部消防署高雄港務消防隊馬公港分隊	(06) 926-9491	
澎湖縣政府消防局暨第一大隊馬公分隊	(06) 926-3346	
澎湖縣政府消防局第一大隊桶盤分隊	(06) 929-1267	
澎湖縣政府消防局第一大隊虎井分隊	(06) 929-1226	
醫療單位		
單位名稱	聯絡電話	傳真電話
馬公市第一衛生所	(06) 927-3954	
桶盤衛生室	(06) 929-1269	
虎井嶼衛生室	(06) 929-1001	

資料來源：本計畫彙整。

(2) 花蓮場域試飛

① 測試地點：

- a. 視距外：花蓮縣瑞穗鄉瑞美國小至奇美部落奇美國小
- b. 視距內：花蓮縣瑞穗鄉向上泛舟遊客中心旁空地至富源溪河堤旁道路終點處

② 測試目標：

- a. 無人機載貨運輸測試
- b. 跨橋緊急運送(視距內)飛行測試

③ 緊急應變程序：如表 3.3-29 所示。

表 3.3-29 花蓮場域試飛緊急應變程序

緊急事故 情境	現場處理		續處事項
	現場管理單位	所屬無人機業者	
無人機在視距範圍失去控制	撤離操控人員外的現場人員至安全位置(一定範圍外或室內空	在現場安全的情況下依手冊程序持續控制無人機	1. 如墜落則依墜落程序處理。 2. 依據程序通報

	間)。並通知其他無關人員限制進入。	並進行降落程序。	民航局。
無人機失聯	估算剩餘可飛行時間，根據廠商失聯的程序，推斷無人機可能位置，依靠廣播式RID 手動搜尋。	持續進行無人機聯絡。	依據程序通報民航局，根據最後已知位置，通報相關航管單位。
無人機墜落(陸地)	確認有無人員受傷，通知救護車、警察單位協助處理，並於現場拍照，確認事故原因。	現場拍照，確認事故原因。	依據程序通報民航局 整理現場，回收所有零件。
無人機墜落(河道)	確認有無人員受傷，通知醫療團隊前往。 若無人受傷，則依據地點評估安全前往的方法，並於現場拍照，確認事故原因。	現場拍照，確認事故原因。	依據程序通報民航局 評估是否進行打撈回收

資料來源：本計畫彙整。

④ 緊急醫療單位：瑞穗鄉衛生所，相關資訊如表 3.3-30 所示。

表 3.3-30 花蓮場域試飛緊急醫療單位

單位名稱	聯絡電話	地址
瑞穗鄉衛生所	(03) 887-2045	花蓮縣瑞穗鄉民生街 75 號

資料來源：本計畫彙整。

⑤ 緊急應變通知單位：依場地管理、行政、警政、消防、醫療類別等相關緊急應變通知單位。

3.4 場域試飛結果

3.4.1 場域試飛紀錄

本計畫已於民國 112 年 11 月於嘉義亞創中心展開第一階段封閉場域視距內試飛，後續亦於澎湖執行第二階段實際場域試飛、於嘉義亞創中心執行第三階段封閉場域試飛，以及於花蓮執行第四階段實際場域之試飛驗證。各家無人機廠商於各階段驗測民航局檢驗項目與自主噪音量測，試飛時間、地點、參與廠商與活動紀錄照片如表 3.4-1~表 3.4.-3 所示。

表 3.4-1 第一及第三階段封閉場域試飛紀錄

地點：嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心	
奧榮科技	
	
經緯航太	
	
經緯航太	
	

		
樂飛創新		
		
		
航見科技		

資料來源：本計畫彙整。

表 3.4-2 第二階段實際場域試飛紀錄

地點：澎湖馬公金龍頭營區	
奧榮科技	
	
經緯航太	
	
樂飛創新	
	
樂飛創新	
	
樂飛創新	
	



資料來源：本計畫彙整。

表 3.4-3 第四階段實際場域試飛紀錄

地點：花蓮縣瑞穗鄉(瑞美國小、奇美國小、秀姑巒溪河岸空地、富源溪河岸空地)

奧榮科技		
		
經緯航太		



資料來源：本計畫彙整。

3.4.2 飛行紀錄分析

1. 紀錄量測及保存

(1) 風速

工作人員手持風速計，於無人機試飛場域進行風速量測。量測結果紀錄於紙張，並將風速量測詳細結果以電磁紀錄保存。

(2) 噪音

噪音量測分為無人機起飛前、起飛時、懸停時、巡航時四種。起飛前之量測係為掌握環境噪音；起飛時是無人機運轉過程中離地最近的時刻，此時量測可獲取最大噪音。起飛前與起飛時之量測方式為，人員手持分貝計，並以本計畫起降場長

寬為 12 公尺的安全區為基礎，以距離無人機水平距離 20 公尺處進行量測為標準。

懸停時與巡航時的量測方式則參考 EASA 於民國 112 年 6 月發布 600kg 以下無人機的噪音量測標準，針對懸停、巡航分別訂定距離地表 12-50 公尺、17-150 公尺為噪音量測標準，本計畫取兩者交集並以無人機距離地表 30 公尺時進行量測。有關噪音量測詳細結果請參考電磁紀錄。

(3) UTM 系統

UTM 系統的紀錄係由 RID 以一秒鐘一筆資料的頻率進行回傳。資料內容包括無人機的識別碼、經緯度、高度等資訊，這些資料以資料庫(MongoDB)的形式儲存於伺服器中，在需要調閱的時候透過資料庫搜尋功能將無人機的資料取出，並繪製於平台之上。

2. 各階段試飛資料分析

根據 3.2.2 節之表 3.2-4 所提供之資訊，奧榮科技、樂飛創新、樂飛創新皆已完成第一、二、三、四階段試飛；航見科技則雖已執行第一、三階段試飛，但未完成試飛項目，且亦未執行第二、四階段試飛。

根據已完成之各階段試飛，以下說明各階段試飛紀錄分析結果。

(1) 第一階段及第三階段封閉場域視距內試飛

第一階段及第三階段試飛於封閉場域執行，並以在嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心累積超過 25 小時之試飛為原則，採視距內飛行，並完成至少 5 小時結合射頻識別功能及無人機交通管理系統進行測試。藉由封閉場域及視距內飛行之特性，確保無人機試飛是在安全的操作及環境下執行。

① 奧榮科技

奧榮科技 Gryphone EX 無人機於嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心累積超過 25 小時之試飛，其中至少 5 小時為搭載編號 1596F350457791331414 的射頻識別，分次測試藍芽廣播及網路式，且另外增加內嵌式 RID 以 MQTT 傳輸資料測試，詳細

紀錄請參見。而 UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.1 所示，並民國 112 年 12 月 27 日與其他業者之無人機共同執行多機測試，如圖 3.4.4 所示。

分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 89db，懸停時噪音達 88db，巡航時噪音達 86db。氣候條件在風速為 6.8m/s(約 4 級風)情況下，能順利飛行。

② 樂飛創新

樂飛創新 A616 NEO+無人機於嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心累積超過 25 小時之試飛，其中至少 5 小時為搭載編號 1596F350457791151978 的射頻識別，分次測試藍芽廣播及網路式。另 UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.2 所示，並與其他業者之無人機共同執行多機測試，如圖 3.4.4 所示。

分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 75db，懸停時噪音達 85db，巡航時噪音達 85db。氣候條件在風速為 7.0m/s(約 4 級風)情況下，能順利飛行。

③ 經緯航太

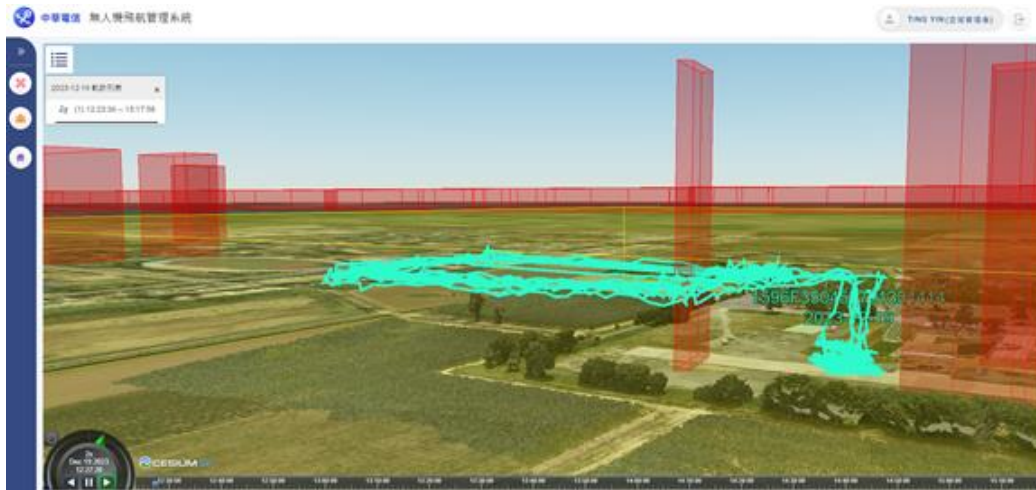
經緯航太 ALPAS-C2 Plus 無人機於嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心累積超過 25 小時之試飛，其中至少 5 小時為搭載編號 1596F350457791842873 的射頻識別，分次測試藍芽廣播及網路式射頻識別。另 UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.3 所示，並與其他業者之無人機共同執行多機測試，如圖 3.4.4 所示。

分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 77db，懸停時噪音達 83db，巡航時噪音達 78db。氣候條件在風速為 8.7m/s(約 5 級風)情況下，能順利飛行。

表 3.4-4 第一階段及第三階段封閉場域視距內試飛資料分析表

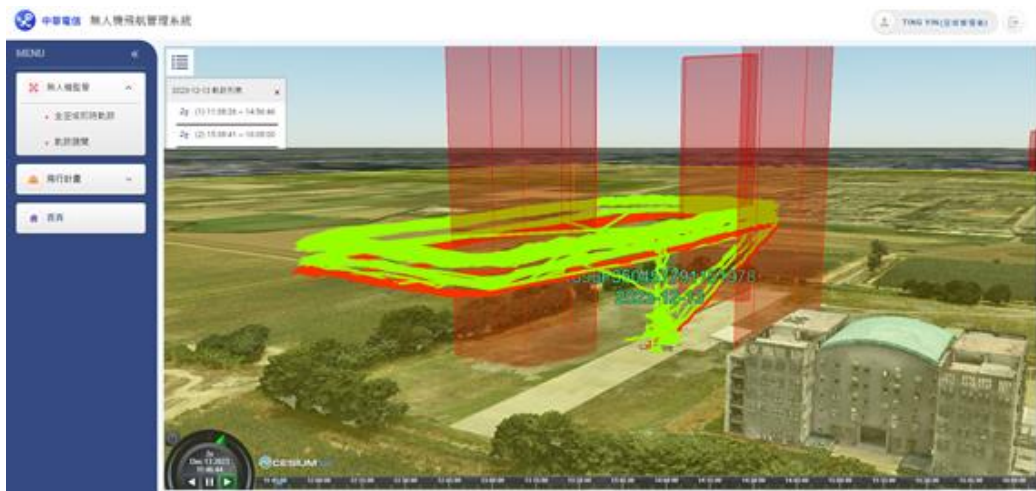
無人機廠商	奧榮科技	樂飛創新	經緯航太	航見科技
試飛時間	2023/11/9 至 2023/12/29	2023/11/9 至 2023/12/25	2023/11/23 至 2024/01/05	2024/1/11 至 2024/1/31(未 完成)
地點	臺南、嘉義封 閉場域	嘉義封閉場域	嘉義封閉場域	嘉義封閉場域
累積飛行時數 (在嘉義亞創)	25 小時以上	25 小時以上	25 小時以上	—
包裹重量	5.0kg 以上	5.0kg 以上	5.0kg 以上	—
包裹卸載方式	懸停後採繩索 垂降釋放	懸停後採拋投	懸停後採拋投	—
噪音(起飛時)	69~89db	70~75db	70~77db	—
噪音(懸停時)	63~88db	75~85db	56~83db	—
噪音(巡航時)	54~86db	78~85db	56~78db	—
風速	最大 6.8m/s	最大 7.0m/s	最大 8.7m/s	—
射頻識別	搭載射頻識別 進行藍芽及網 路式模組與 UTM 系統測試。累 積測試時數約 11 小時	搭載射頻識別 進行藍芽及網 路式模組與 UTM 系統測試。累 積測試時數約 13 小時	搭載射頻識別 進行藍芽及網 路式模組與 UTM 系統測試。累 積測試時數約 12 小時	—
UTM				
多機測試	於 112/12/27 辦理射頻識別功能及 UTM 系統之多 機測試			—

資料來源：本計畫彙整。



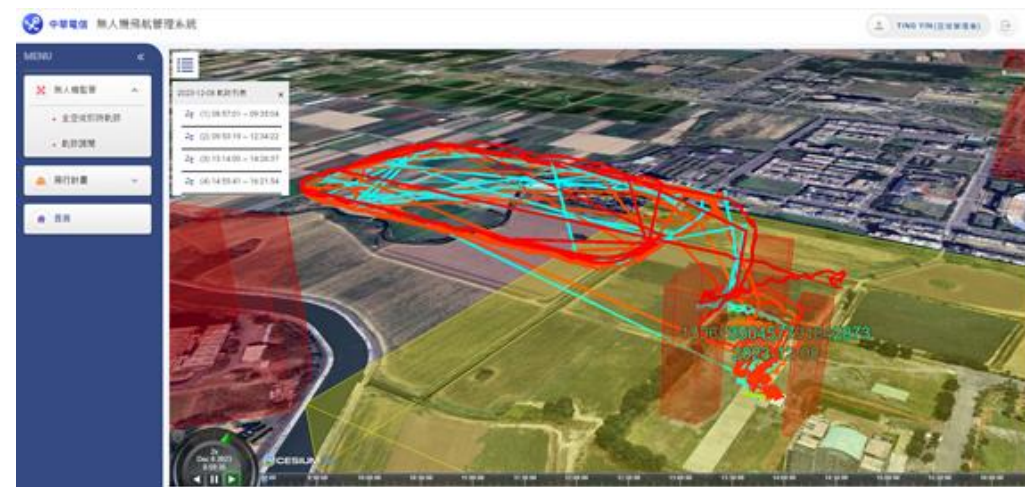
資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.1 奧榮科技於亞創中心試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.2 樂飛創新於亞創中心試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.3 經緯航太於亞創中心試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.4 於亞創中心執行多機測試 UTM 系統航線圖

(2) 第二階段實際場域視距內試飛

第二階段於實際場域執行，並以澎湖馬公金龍頭營區為試飛地點，採視距內飛行，旨在測試無人機抗風性能。由於本計畫開始執行實際場域試飛時，澎湖之天候狀況受東北季風影響，經常處於風速過大的情況，導致船班可能有所延誤，考量時程安排不易及安全性，無人機皆於起降點金龍頭營區執行視距內試飛。

① 奧榮科技

奧榮科技 Gryphone EX 無人機於澎湖馬公金龍頭營區執行試飛，並搭載射頻識別以及使用 UTM 系統測試，UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.5 所示。

分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 78db，懸停時噪音達 81db，巡航時噪音達 82db。氣候條件在風速為 14.6m/s(約 7 級風)情況下，能順利飛行。

② 樂飛創新

樂飛創新 A616 NEO+無人機執行於澎湖馬公金龍頭營區執行試飛，並搭載射頻識別以及使用 UTM 系統測試，UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.6 所示。

分析歷次飛行所執行之風速量測，氣候條件在風速為 10.8m/s(約 6 級風)情況下，能順利飛行。

③經緯航太

經緯航太 ALPAS-C2 Plus 無人機於澎湖馬公金龍頭營區執行試飛，並搭載射頻識別以及使用 UTM 系統測試，UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.7 所示。

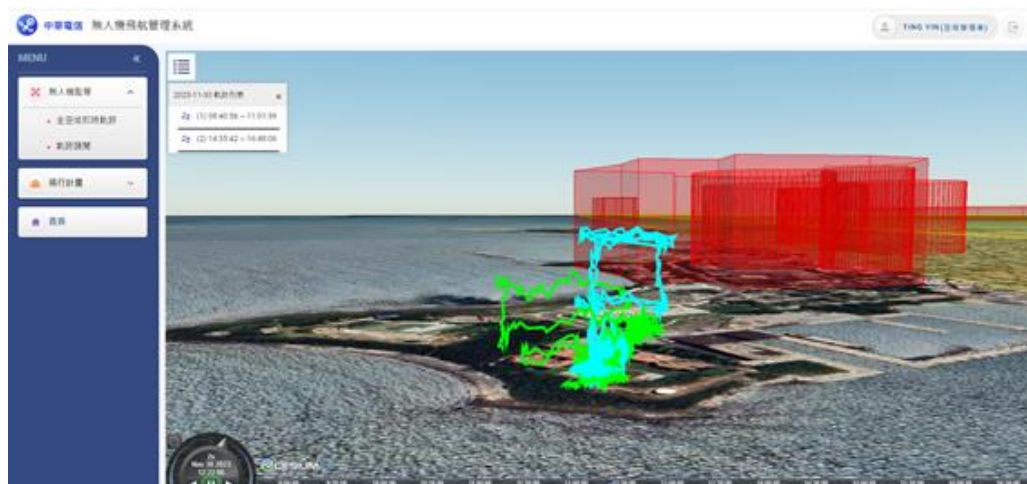
分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 77db，懸停時噪音達 83db，巡航時噪音達 78db。氣候條件在風速為 4.4m/s(約 3 級風)情況下，能順利飛行。

由於經緯航太未能在澎湖馬公金龍頭營區試飛期間，取得風速達 6 級風的環境數據，因此，另於彰化線西海邊執行試飛，在氣候條件在風速為 11.1m/s(約 6 級風)情況下，順利完成飛行。

表 3.4-5 第二階段實際場域視距內試飛資料分析表

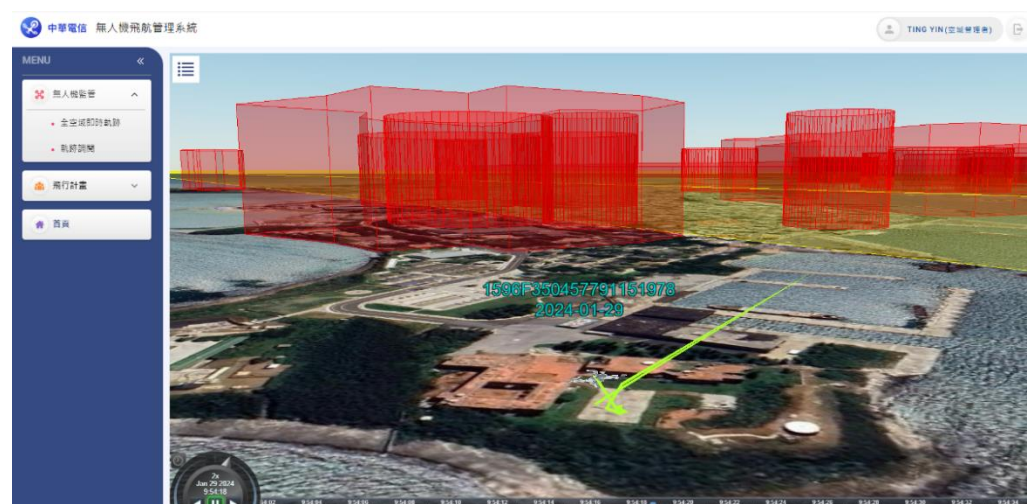
無人機廠商	奧榮科技	樂飛創新	經緯航太	航見科技
試飛時間	2023/11/30 至 2023/12/1	2024/01/25	2023/12/14 至 2024/1/9	未執行
地點	澎湖馬公金龍頭營區	澎湖馬公金龍頭營區	澎湖馬公金龍頭營區、彰化線西	-
包裹重量	5.0kg 以上	5.0kg 以上	5.0kg 以上	-
包裹卸載方式	無人機降落地面，人工回收	無人機降落地面，人工回收	無人機降落地面，人工回收	-
噪音(起飛時)	67~78db	-	72~75db	-
噪音(懸停時)	67~81db	-	70~78db	-
噪音(巡航時)	65~82db	-	75~78db	-
風速	最大 14.6m/s	最大 10.8m/s	最大 11.1m/s	-
射頻識別	搭載射頻識別，並進行 UTM 系統測試	搭載射頻識別，並進行 UTM 系統測試	搭載射頻識別，並進行 UTM 系統測試	-
UTM				

資料來源：本計畫彙整。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.5 奧榮科技於澎湖馬公試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.6 樂飛創新於澎湖馬公試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.7 經緯航太於澎湖馬公試飛的 UTM 系統航線圖

(3) 第四階段實際場域視距內、外試飛

第四階段於實際場域執行，並以花蓮瑞穗為試飛場域，透過第 3.3.3 節選定之偏鄉航線，試飛航線包括視距外飛行航線、視距內飛行航線。

考量本計畫時程安排及安全性，奧榮科技執行瑞美國小至奇美國小之視距外試飛、樂飛創新執行向上泛舟遊客中心旁空地至富源溪河堤旁道路終點之視距內試飛、經緯航太執行瑞美國小與奇美國小之視距內試飛。

① 奧榮科技

奧榮科技 Gryphone EX 無人機執行瑞美國小至奇美國小之視距外試飛，並搭載射頻識別以及使用 UTM 系統測試，UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.8 所示。

分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 79db，懸停時噪音達 76db，巡航時噪音達 67db。氣候條件在風速為 3.8m/s(約 3 級風)情況下，能順利飛行。

② 樂飛創新

樂飛創新 A616 NEO+無人機執行向上泛舟遊客中心旁空地至富源溪河堤旁道路終點之視距內試飛，並搭載射頻識別以及使用 UTM 系統測試，UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.9 所示。

分析歷次飛行所執行之風速測量，氣候條件在風速為 2.0m/s(約 2 級風)情況下，能順利飛行。

④ 經緯航太

經緯航太 ALPAS-C2 Plus 無人機執行瑞美國小、奇美國小之視距內試飛，並搭載射頻識別以及使用 UTM 系統測試，UTM 系統皆能順利接收訊號並顯示其位置，如圖 3.4.10 所示。分析歷次飛行所執行之噪音量測，結果顯示起飛時噪音達 76db，懸停時噪音達 78db，巡航時噪音達 78db。氣候條件在風速為 1.0m/s(約 1 級風)情況下，能順利飛行。

表 3.4-6 第四階段實際場域視距內、外試飛資料分析表

無人機廠商	奧榮科技	樂飛創新	經緯航太	航見科技
試飛時間	2024/01/12	2024/01/10	2023/12/5 至 2023/12/6	未執行
地點	花蓮瑞穗	花蓮瑞穗	花蓮瑞穗	—
包裹重量	5.0kg	5.0kg	5.0kg	—
包裹卸載方式	無人機降落地 面，人工回收	無人機降落地 面，人工回收	無人機降落地 面，人工回收	—
噪音(起飛時)	77~79db	—	74~76db	—
噪音(懸停時)	72~77db	—	75~78db	—
噪音(巡航時)	64~67db	—	70~78db	—
風速	最大 3.8m/s	—	最大 1.0m/s	—
射頻識別	搭載射頻識 別，並進行 UTM 系統測試	搭載射頻識 別，並進行 UTM 系統測試	搭載射頻識 別，並進行 UTM 系統測試	—
UTM				

資料來源：本計畫彙整。



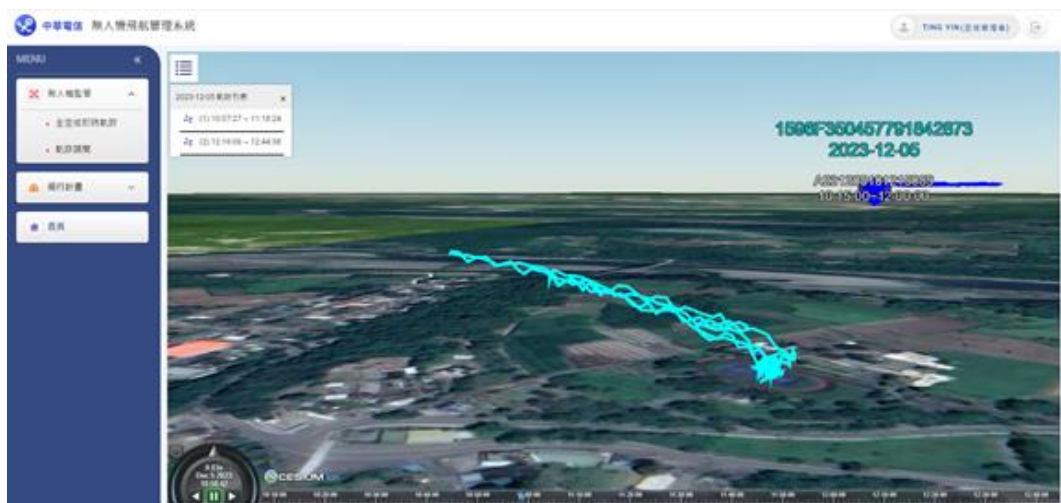
資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.8 奧榮科技於花蓮瑞穗試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.9 樂飛創新於花蓮瑞穗試飛的 UTM 系統航線圖



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.4.10 經緯航太於花蓮瑞穗試飛的 UTM 系統航線圖

3. 無人機性能需求檢核

導入本計畫之 4 型無人機透過機型檢驗、封閉與實際場域試飛，來達成計畫對於無人機性能需求，其中航見科技由於未完成試飛，故以下僅列奧榮科技、樂飛創新、經緯航太之無人機性能需求驗證對照表，如表 3.2-7~表 3.2-9 所示。

經檢視，奧榮科技、樂飛創新、經緯航太之無人機性能皆達本計畫設定之性能需求。

表 3.4-7 奧榮科技 Gryphone EX 之無人機性能需求檢核表

性能需求		驗證方法	驗證結果	測試時間	測試地點
滯空時間	50 分鐘（含以上）	在執行 DC08 白天與夜間飛行時數項目時，驗證載重於 5 公斤情境下，滯空達 50 分鐘以上。	53 分鐘	2023/11/13	嘉義亞創
導控距離	25 公里（含以上）	地面站與無人機距離 25 公里以上，仍可執行任務(在無人機視距範圍內有飛手的情況下)。	47 公里	2023/12/19	嘉義亞創 臺南
抗風能力	6 級（含以上）	於 6 級風以上之環境，無人機穩定飛航。	7 級風	2023/11/30 至 2023/12/01	澎湖馬公
動力系統	電力或燃油或混合動力	參照試飛報告書所列載之飛機規格。	電力	-	-
貨物酬載重量	5 公斤（含以上）	在執行 DC25 最大電力負載測試項目時，酬載 5 公斤以上之包裹進行飛行。	5 公斤	2023/11/13 至 2023/11/14	嘉義亞創
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物能力	在執行 DC32 無人機載貨機構測試項目時，驗證無人機自動卸貨能力。	全自動卸載貨物	2023/11/09 至 2023/11/16	嘉義亞創
自動飛行	具備全自動飛行能力	在執行 DC35 酬載自動航行測試項目時，驗證無人機自動飛行能力。	全自動飛行	2023/11/09	嘉義亞創
射頻識別	具備射頻識別功能	搭載射頻識別於無人機，並進行 UTM 系統測試。	具備射頻識別功能	2023/11/09 至 2024/01/12	嘉義亞創 澎湖馬公 花蓮瑞穗

資料來源：本計畫彙整。

表 3.4-8 樂飛創新 A616 NEO+之無人機性能需求檢核表

性能需求		驗證方法	驗證結果	測試時間	測試地點
滯空時間	50 分鐘（含以上）	於負載 5 公斤情況下自動起飛離地至高度 3m 懸停五秒後，進行向前自動投擲貨物，並於結束後爬升至高度 40 米進行巡航任務，後於低電壓警報自動返航降落回起降點結束測試。	51 分鐘	2024/01/08	嘉義亞創
導控距離	25 公里（含以上）	亞創現場使用遙控器讓無人機起飛至設定高度，確認無人機穩定懸停後，距離無人機 25 公	25 公里	2024/01/08	嘉義亞創 雲林台西

性能需求		驗證方法	驗證結果	測試時間	測試地點
		里處的地面站以大型天線為測試裝備開始進行連接，確認無人機成功回傳數據且穩定一段時間，返航則切換現場遙控器手動降落至起降點。			
抗風能力	6 級（含以上）	於 6 級風環境，無人機穩定飛行。	6 級	2023/12/12	彰化王功
動力系統	電力或燃油或混合動力	參照試飛報告書所列載之飛機規格。	電力	—	—
貨物酬載重量	5 公斤（含以上）	於第三階段試飛進行酬載 5 公斤五十趟次以上的自動裝卸貨試驗。	5 公斤	2023/12/13 至 2023/12/25	嘉義亞創
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物能力		全自動卸載貨物		
自動飛行	具備全自動飛行能力	於第二階段試飛驗證功能，於第三階段試飛耐久測試完成 25 小時自動航行測試，並於第四階段驗證成果。	全自動飛行	2024/01/10	花蓮瑞穗
射頻識別	具備射頻識別功能	搭載射頻識別於無人機，並進行 UTM 系統測試。	具備射頻識別功能	2023/11/23 至 2024/01/10	嘉義亞創 花蓮瑞穗

資料來源：本計畫彙整。

表 3.4-9 經緯航太 ALPAS-C2 Plus 之無人機性能需求檢核表

性能需求		驗證方法	驗證結果	測試時間	測試地點
滯空時間	50 分鐘（含以上）	在執行 DC08 白天與夜間飛行時數項目時，載重 5 公斤之包裹，累積超過 50 分鐘之滯空時間下，檢視飛行記錄數據呈正常姿態。	61 分鐘	2023/11/30	嘉義亞創
導控距離	25 公里（含以上）	導控地點兩地相距超過 25 公里，兩地均可正常操作無人機，地面站資料傳輸可穩定及時回傳	47 公里	2024/01/05	嘉義亞創 紅葉公園 雲林之丘
抗風能力	6 級（含以上）	於 6 級風環境，無人機穩定飛行。	6 級	2024/01/09	彰化線西
動力系統	電力或燃油或混合動力	參照試飛報告書所列載之飛機規格。	電力	—	—
貨物酬載	5 公斤（含以上）	在執行 DC02 重心偏移項目時，	5 公斤	2023/11/23	嘉義亞創

性能需求		驗證方法	驗證結果	測試時間	測試地點
重量		酬載 5 公斤以上之包裹進行試飛。			
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物能力	在執行 DC32 無人機載貨機構測試項目時，控制釋放機構並可順利拋投。	全自動卸載貨物	2023/11/29	嘉義亞創
自動飛行	具備全自動飛行能力	在執行 DC08 白天與夜間飛行時數項目時，驗證全自動飛行。	全自動飛行	2023/11/23 至 2024/01/05	嘉義亞創 花蓮瑞穗
射頻識別	具備射頻識別功能	搭載射頻識別於無人機，並進行 UTM 系統測試。	具備射頻識別功能	2023/11/30 至 2024/01/05	嘉義亞創 澎湖馬公 花蓮瑞穗

資料來源：本計畫彙整。

第四章 教育訓練及成果行銷推廣活動

本計畫共計辦理 2 場座談會(規劃構想座談會、花蓮交流座談會)、1 場教育訓練及 1 場成果發表會，並於民國 112 年 12 月 13 日彙整研究成果後投稿至智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2024。各座談會及教育訓練辦理成果詳述如後。

4.1 規劃構想座談會辦理成果說明

1. 辦理目的

為確保計畫規劃內容具備可行性，邀請國內物流業及無人機之產官學研單位，討論無人機導入澎湖及花蓮場域的可行性、計畫應所重視之處。邀請對象如下：

- (1) 交通部代表：如交通部民用航空局、中華郵政、桃園國際機場公司等。
- (2) 產業代表：如台灣希望創新公司李志清執行長、社團法人臺灣全球商貿運籌發展協會賈凱傑理事長、中華民國物流協會王清風理事長、臺灣無人機大聯盟物流工作小組王仲平召集人等。
- (3) 學研代表：如國家中山科學研究院吳培欣計畫主持人。

2. 辦理方式

- (1) 座談會名稱：「無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫」座談會
- (2) 辦理時間：民國 112 年 7 月 31 日
- (3) 辦理地點：交通部運輸研究所 10 樓會議室
- (4) 議程：如表 4.1.1 所示：

表 4.1-1 本計畫規劃構想座談會議程表

時間	議程	簡報單位
10:00 - 10:05	主持人致詞	吳東凌組長
10:05 - 10:20	「無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫」服務模式、場域與系統規劃方案	鼎漢國際工程顧問股份有限公司

10:35 - 10:35	「第三屆領航盃無人機在交通領域之創意應用競賽」籌辦規劃方案	樂飛創新國際股份有限公司
10:35 - 12:00	綜合討論	與會專家學者

資料來源：本計畫彙整。

3. 辦理內容

(1) 服務模式發展

偏鄉緊急運補及離島物流配送之潛在應用場域及服務模式機制構想。

(2) 系統規劃與發展

- ①無人機機型：無人機規格功能及設計開發規劃、機型檢驗及能力審查進度。
- ②物流服務軟體系統：物流服務軟體規格功能及設計開發規劃。
- ③無人機交通管理系統：射頻識別、無人機交通管理系統之功能及離型規劃。

(3) 場域試飛規劃

偏鄉、離島試飛地點、航線及基礎設施規劃。

4. 辦理成果

(1) 釐清國內外無人機物流運送發展之困境

無人機物流運送服務模式之關鍵項目包含應用者、客戶、付費者、導入目的、應用價值。就日本案例來看，日本 ANA 公司已長期投入無人機物流運送，平時進行日常物資運補，緊急時則徵召作為救難物資運送。然多數公司常因利益價值不高或無法釐清後續商轉模式，以致許多大企業不願意投入，或至後期就終止營運。因此，建議無人機物流運送可透過於初期由政府優先投入資源於偏鄉、離島進行相關緊急救難的運送，藉此刺激國內需求。

另根據 Skydio 跟 Wing 的推估，無人機物流運送領域的人力成本占總成本 80%以上，因此，如何提升無人機技術以減低人力的投入，預期將是未來無人機物流運送發展之關鍵。

此外，現民航局型式檢驗以確保無人機安全性為首要考量，故相關辦理程序長，對於未來無人機物流運送之商業發展恐

有阻力。

(2) 掌握國內無人機應用於物流業的需求

傳統清點倉庫多以人工使用堆高機，故人力投入成本高且安全風險高，而我國的倉庫已逐步朝向大型化及專業化發展，故可預期將無人機應用於倉庫盤點商機龐大，而無人機進行倉庫盤點的技術重點在於盤點準確率。

(3) 掌握中華郵政需求

目前澎湖郵件運送常受天候影響致使包裹墜海，若未來能導入無人機加以改善，係為澎湖一大助益。惟澎湖強風可達十一級以上，故無人機未來應用於離島物資運送的技術方向，建議以抗風能力需達十級以上為佳。

(4) 掌握導入機型性能規劃試飛

本計畫導入無人機機型為多旋翼，其抗風性較差，故於澎湖場域試飛需留意海向及風速。另於實地場域試飛時應需留意民航局相關操作限制、無人機續航能力、飛手時程等。

(5) 滾動調整試飛時程規劃

民航局型式檢驗審查程序繁瑣、嘉義亞創中心場地申請廠商多，故機型檢驗、試飛時程規劃應多加留意並盡快辦理相關程序。

4.2 花蓮交流座談會辦理成果說明

1. 辦理目的

為深化聚焦未來我國東部地區導入無人機緊急物資運補及物流運送服務模式，透過展示本年度計畫試飛結果，使相關單位了解計畫成果及國內無人機產業能力，作為後續導入地方應用契機。

2. 辦理方式

- (1) 活動名稱：「無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫」交流座談會

- (2) 辦理時間：民國 112 年 12 月 6 日
- (3) 辦理地點：花蓮縣瑞美國小（花蓮縣瑞穗鄉中山路二段 389 號）
- (4) 出席對象：花蓮縣政府建設處、花蓮縣政府消防局、花蓮縣消防局、臺東縣政府交通及觀光發展處、中華郵政、中華電信
- (5) 議程：如表 4.2-1 所示：

表 4.2-1 本計畫花蓮交流座談會議程

日期	時間	議程	地點
12 月 6 日	09:30~10:00	來賓報到	—
	10:00~10:10	開場致詞 吳東凌組長	瑞美國小操場
	10:10~10:40	無人機視距內飛行展示	
	10:40~11:20	計畫簡介	瑞美國小風雨教室
	11:20~11:50	綜合交流及討論	
	11:50~12:00	賦歸	—
	13:10~13:50	瑞美國小推廣教育活動	瑞美國小風雨教室

資料來源：本計畫彙整。

3. 辦理內容

(1) 無人機視距內飛行展示

由經緯航太執行無人機飛行，以瑞美國小操場為起降點，進行無人機視距內飛行展示，如圖 4.2.1 所示。

(2) 計畫簡介

由計畫團隊進行簡報說明，向與會來賓說明本計畫之起源、目的，並展示計畫成果。

(3) 綜合交流及討論

基於前述之計畫簡介，促使與會來賓對於本計畫有更深入的認知，再由計畫團隊進一步提出交流討論主題，雙方進行交流與討論(如圖 4.2.2 所示)。

(4) 推廣教育活動

由經緯航太提供教材、無人機向瑞美國小學童進行授課。除

了在教室進行室內課程講解，亦在操場進行無人機實機介紹（如圖 4.2.3 所示）。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.1 瑞美國小無人機視距內飛行展示



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.2 各單位進行綜合交流及討論



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.2.3 瑞美國小推廣教育活動室外無人機實機介紹

4. 辦理成效

- (1) 吸引花蓮縣政府建設處、臺東縣政府交通及觀光發展處、花蓮縣消防局等單位到場，促使相關單位了解計畫成果及國內無人機產業能力；並分享過去防救災經驗及所遇困境。
- (2) 藉由東部地區消防救災單位的經驗分享，無人機廠商得以進一步思考無人機在防救災上可扮演何種角色，以及該精進之無人機技術面向，以此符合消防救災單位之期待與實務應用。
- (3) 透過無人機教育推廣，使瑞美國小學童對無人機之發展應用有初步認識；藉由無人機飛行展示，激發學生對於偏鄉地區導入無人機物流運送之想像。

4.3 教育訓練辦理成果說明

1. 辦理目的

透過辦理教育訓練使參與者了解無人機基礎理論、無人機系統構成，並於遙控飛機場實地參觀地面站，了解無人機操作流程。

2. 辦理方式

- (1) 辦理時間：民國 112 年 11 月 14 日

(2) 辦理地點：交通部運輸研究所 6 樓會議室、後村堰遙控飛機場

(3) 議程：如表 4.3.1 所示：

表 4.3-1 本計畫教育訓練時程表

時間	課名大綱	課程單元內容
09:00-10:00	垂直起降無人機概述	1. 基礎理論要求 2. 氣象與地形 3. 作業程序要求 4. 飛行技能要求 5. 任務規劃 6. 系統維護
10:10-11:00	無人機系統構成	1. 關鍵參數介紹 2. 升力 3. 爬升坡度 4. 升力裝置 5. 重心 6. 推力裝置 7. 阻力與飛行時間 8. 控制舵面 9. 機體組件
11:10-12:00		10. 電池、電機、電調 11. 飛行控制器、傳感器 12. 空速管 13 指南針 14. 操控系統 15. 通訊鏈路 16. 檢查表
12:00-13:00	中午休息時間	
13:10-14:20	地面站介紹 1	1. 與飛機連線 2. 飛行數據 3. 飛行計畫 4. 初始配置 5. 配置調試
14:30-15:00	地面站介紹 2	1. 模擬飛行 2. 航線規劃 3. 組裝 4. 飛行前檢查
15:10-16:00	戶外飛行展示	1. 規劃航線飛行 2. 飛行高度 3. 飛行速度 4. 資料歸詢

資料來源：本計畫彙整。

3. 辦理內容

上午於交通部運輸研究所由講師教授無人機基礎理論知識，並於現場展示 VTOL 無人機，介紹其零件、架構及特性，下午場至後村堰遙控飛機場，藉由實地操作演練及組裝 VTOL 無人機，使學員深入了解無人機操作的流程，如圖 4.3.1 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.3.1 教育訓練活動照片

4. 辦理成效

除運研所內之研究員參與外，亦有交通部中央氣象署、交通部航港局派員參與教育訓練。透過學習基礎理論知識及親手組裝 VTOL 無人機，更深入了解無人機。

4.4 成果發表會辦理成果說明

1. 辦理目的

透過辦理成果發表會，展示本計畫今年度所完成之試飛驗證與各家廠商實力，以及展示本計畫所使用之無人機交通管理系統。

2. 辦理方式

(1) 成果發表會名稱：Drone Wonderland 無人機暢遊實境

(2) 辦理時間：民國 112 年 12 月 29 日

(3) 辦理地點：交通部運輸研究所一樓、B1 國際會議廳

3. 辦理內容

由主辦單位交通部運輸研究所林繼國所長致詞揭開活動序幕，邀請交通部祁文中次長蒞臨，勉勵期許從業人員持續懷有熱情與創意，接受挑戰、克服困難，使臺灣無人機產業持續發光發熱。

由民航局朱衍達副組長授證予交通部木蘭無人機隊，次長頒獎予無人機創意應用競賽領航盃之獲勝隊伍，得獎團隊於會中分享成果與得獎感言。活動紀錄照片如圖 4.4.1 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.4.1 成果發表會長官致詞及授證頒獎儀式

臺灣無人機大聯盟吳盟分會長分享「全球無人機在交通領域的應用與發展趨勢」，分享國內無人機產業面對國際競爭趨勢之發展機會、面臨挑戰，以及因應對策。

無人機科技產業小組吳東凌執行秘書分享交通部無人機發展政策與推動成果，藉由解析無人機於交通領域之國際趨勢，展望臺灣未來無人機之發展藍圖，並分享無人機科技產業小組近年推動成果。專題演講照片如圖 4.4.2 所示。



資料來源：本計畫彙整。

圖 4.4.2 吳盟分會長與吳東凌執行秘書專題演講

本計畫團隊無人機廠商奧榮科技、經緯航太、樂飛創新、航見科技及臺灣希望創新於本次會場展示自家無人機，展示堅強實力；中華電信亦於會場展示開發之無人機交通管理系統。攤位展示照片如圖 4.4.3 所示。





資料來源：本計畫彙整。

圖 4.4.3 無人機廠商與中華電信攤位展示

最後由交通部運輸研究所蘇振維副所長針對我國無人機在交通領域應用 2025 年之里程碑「橋梁檢測」與「物流運送」進行研討分享，由國立成功大學饒見有教授、鼎漢國際工程顧問股份有限公司李宗益總經理擔任引言人拋磚引玉，與領域專家與談人及現場嘉賓針對議題進行深度探討領域現況及未來展望。專題研討活動照片如圖 4.4.4 所示。



交通部運輸研究所蘇振維副所長致詞



橋梁檢測專題研討

物流運輸專題研討

資料來源：本計畫彙整。

圖 4.4.4 專題研討活動照片

4. 辦理成效

(1) 活動超過 200 人次共襄盛舉

本次成果發表會採實體方式辦理，現場共計 209 位貴賓出席（含政府單位 63 人、學術單位 43 人、研究單位 11 人、產業單位 92 人）。

(2) 展示臺灣無人機發展實力及未來潛能

無人機產官學研齊聚一堂，共同見證臺灣無人機發展，交通部長官肯定現階段之成果，並期許勉勵產業蓬勃發展。

第五章 結論與建議

5.1 本計畫工作項目完成情形說明

本計畫依據合約辦理計畫工作需求，各工作項目完成情形與對應章節目錄詳述如後及如表 5.1-1 所示。

1. 服務模式

本計畫依據聯外交通、醫療資源、郵局服務、常住人口等指標，評估偏鄉緊急運補、離島物流配送之潛在應用場域。另透過地方需求訪談，選定花蓮、澎湖分別作為對應之驗證場域。

2. 無人機系統

導入經緯航太、樂飛創新、航見科技、奧榮科技所生產之各 1 型無人機，並依據民航局規定辦理無人機特種實體檢驗及場域飛行測試與驗證。其中 3 型無人機透過機型檢驗及場域試飛完成計畫所列之各項無人機基本性能需求。

3. 物流服務軟體系統

透過與中華郵政需求訪談及蒐集國內外相關規範標準，規劃無人機物流軟體系統架構及機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理等 3 大功能。另完成後台資料庫建置及無人機射頻識別資料串接，配合飛行試驗，模擬記錄未來物流服務軟體系統所可能產生資料流。

4. 無人機交通管理系統

導入通過 FAA 符合宣告文件程序之 Dronetag 供應商的外掛式產品及國內廠商自製內嵌式產品，並透過試飛測試廣播式及網路式模組的性能。

另以交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序相關規範、美國 ASTM 標準為基礎，導入無人機交通管理系統，並開發接收和轉發該系統資訊的通道。該無人機交通管理系統包含任務規劃、飛航許可、追蹤及識別、無人機間資訊分享、預警及通知、飛行紀錄輸出等功能。

5. 場域試飛

(1) 場域規劃與整備

透過辦理澎湖與花蓮場勘，確認無人機飛行航線及起降點，並於各無人機試飛前確認通訊品質、整備地面控制站、起降場地及地面安全隔離等基礎設施。

花蓮場域以聯外道路阻斷情境進行規劃，擇定瑞穗鄉之瑞美國小至奇美國小作為飛行航線，直線航線距離約 5.7 公里，並規劃 12 處緊急迫降點。另規劃橋梁斷裂情境，以瑞穗鄉秀姑巒溪岸至富源溪岸作為飛行航線，直線航線距離約 0.9 公里。

澎湖場域則以馬公金龍頭營區至虎井嶼直升機停機坪進行飛行航線規劃，航線距離約 9.7 公里，並規劃 11 處緊急迫降點。

(2) 封閉場域試飛

經緯航太、樂飛創新、奧榮科技之 3 型無人機於計畫期間完成嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心之視距內試飛，並完成至少 5 小時結合射頻識別功能及無人機交通管理系統測試及多機測試。

上述 3 型無人機於該場域皆累積至少 25 小時飛行時數、噪音程度介於 50db 至 90db 間、最大風速介於 6.5m/s 至 9m/s 間、包裹載重約 5 小斤，並皆完成藍芽及網路式之射頻識別功能測試。另航見科技 HJ-CH-47 於民國 113 年 1 月 11 日辦理試飛，惟於計畫期間未完成相關測試內容。

(3) 實際場域試飛

經緯航太、樂飛創新、奧榮科技之 3 型無人機於計畫期間完成花蓮及澎湖之各 1 次場域試飛、射頻識別功能及無人機交通管理系統測試。惟依據民航局規定，各型無人機辦理偏鄉及離島場域試飛前，需完成嘉義亞洲無人機 AI 創新應用研發中心之視距內試飛，故航見科技 HJ-CH-47 未能在計畫期限內完成偏鄉及離島場域試飛作業。

於花蓮場域，上述 3 型無人機之飛行噪音程度介於 60db 至

80db 間，最大風速介於 1m/s 至 4m/s 間、包裹載重約 5 小斤；另配合視距內及視距外試飛，完成藍芽、網路式之射頻識別功能測試。

於澎湖場域，上述 3 型無人機之飛行噪音程度介於 65db 至 85db 間，最大風速介於 11m/s 至 15m/s 間、包裹載重約 5 小斤，並於視距內試飛完成藍芽及網路式之射頻識別功能測試。

6. 資料紀錄、保存及分析

配合各無人機試飛，紀錄與保存每次飛行相關資料，包含飛行時數、包裹重量、卸載方式、噪音程度、風速等，並予以分析。

7. 其他相關工作

於計畫期間完成教育訓練、計畫成果投稿，並辦理規劃構想專家學者座談會、花蓮交流座談會暨學童推廣活動、交通部無人機研發與應用成果發表會，及製作海報及影片支援上述會議之辦理。

表 5.1-1 本計畫完成工作項目情形彙整表

本計畫 工作項目	工作內容	完成情形說明	對應 報告書章節
1. 服務模 式發展	以無人機「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」2類情境為主題，評估國內偏鄉及離島地區之潛在應用場域	透過聯外交通可及性、醫療資源可近性、郵局服務可近性、島嶼常住人口與否等指標，評估無人機導入偏鄉緊急運補及離島物流配送之潛在應用場域。	詳 3.3.1 節
	擇定驗證場域，並依據中華郵政公司及國內物流業之實務需求，提出對應之服務模式	透過場域現勘，擇定花蓮及澎湖之試飛驗證場域。 透過與花蓮縣政府、澎湖縣政府、中華郵政、花蓮縣消防局訪談，掌握其實務需求後，研提「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」之服務模式。	詳 3.3.2 節 詳 3.1.2 節、3.1.3 節
2. 系統規劃 與發展	無人機系統	導入至少 4 型無人機進行場域飛行測試與驗證，以具有參與國內無人機物流相關場域測試驗證實績之廠商為優先，並符合計畫所列之無人機基本性能需求。	詳 3.2.1 節
		依循「遙控無人機檢驗程序申請指南」辦理無人機特種實體檢驗。	詳 3.2.2 節
		因本計畫以無人機載貨之起點至迄點進行驗證，無卸貨行為，故無辦理能力審查作業。	詳 2.4 節

本計畫 工作項目	工作內容	完成情形說明	對應 報告書章節
	辦理財團法人電信技術中心發布之「無人機資安保障規範」相關驗測	依據行政院公共工程委員會之規定，4 型無人機皆辦理中階等級之無人機資安檢測申請作業。	詳 3.2.3
物流服務軟體系統	依據中華郵政公司及物流業者作業需求，規劃無人機物流服務軟體之系統規格與功能；其功能應至少包括機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理等	透過與中華郵政需求訪談，並以國內外物流服務軟體系統相關規範標準為基礎，規劃無人機物流軟體系統架構及機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理等 3 大功能。	詳 3.2.4 節
	辦理無人機物流服務軟體系統雛型設計與開發	完成後台資料庫建置及無人機射頻識別資料串接，配合飛行試驗，模擬記錄未來物流服務軟體系統所可能產生資料流。	詳 3.2.4 節
	完成本計畫無人機之射頻識別功能開發及建置，其規格應符合民用航空法相關規範及本計畫需求	以掌握符合民用航空法相關規範及本計畫需求為基礎，導入通過 FAA 符合宣告文件程序之供應商的外掛式產品及國內廠商自製內嵌式產品，並透過試飛測試廣播式及網路式模組的性能。	詳 3.2.5 節
無人機交通管理系統	完成無人機交通管理系統雛型開發，其功能應符合交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序相關規範，並至少包括任務規劃、飛行許可、追蹤及識別、無人	以交通部民用航空局「遙控無人機作業手冊」載貨運輸作業程序相關規範、美國 ASTM F3548-21 為基礎，導入已開發成熟之中華電信無人機交通管理系統，並開發接收和轉發該系統資訊的通道。該無人機交通管理系統包含任務規劃、飛行許可、追蹤及識別、無人機間資訊分享、預警及通知、飛行紀錄輸出等功能。	詳 3.2.5 節

本計畫 工作項目	工作內容		完成情形說明	對應 報告書章節
		機間資訊分享等。		
3. 場域試飛	於嘉義亞洲無人機AI創新應用研發中心辦理視距內試飛，每型無人機飛行時數至少25小時，其中至少5小時應結合射頻識別功能及無人機交通管理系統測試。		3型無人機於民國112年11月至113年1月期間完成嘉義亞洲無人機AI創新應用研發中心之至少25小時的視距內試飛，且完成約12小時結合射頻識別功能及無人機交通管理系統測試。	詳3.4.2節
	辦理射頻識別功能及無人機交通管理系統之多機測試		3型無人機於民國12月27日完成射頻識別功能及無人機交通管理系統之多機測試。	詳3.4.2節
	完成偏鄉及離島場域之場勘、航線規劃，以及通訊、起降場地(含地面安全隔離)、地面控制站等基礎設施整備		共辦理2場澎湖場勘及4場花蓮場勘，確認無人機飛行航線及起降點。另於各無人機試飛前確認通訊品質、整備地面控制站、起降場地及地面安全隔離等基礎設施。	詳3.3.2節、3.3.3節、3.3.4節
	辦理至少2次偏鄉及離島場域試飛，並應結合射頻識別功能及無人機交通管理系統測試。		3型無人機於花蓮及澎湖完成各1次場域試飛及射頻識別功能及無人機交通管理系統測試；其中1型無人機於花蓮辦理視距外試飛。	詳3.4.2節
	配合交通部民用航空局無人機檢驗規範及需求辦理		各無人機皆依據民航局訂定之無人機特種實體檢驗規範辦理相關機型檢驗及提送場域試飛計畫。	詳3.2.2節
4. 資料紀錄、保存與分析			配合各無人機試飛，紀錄與保存每次飛行相關資料，包含飛行時數、包裏重量、卸載方式、噪音程度、風速等，並予以分析。	詳3.4.2節

本計畫 工作項目	工作內容	完成情形說明	對應 報告書章節
5. 成果行銷推廣活動及教育訓練		於民國 112 年 7 月 31 日、112 年 12 月 6 日分別完成規劃構想專家學者座談會、花蓮交流座談會暨學童推廣活動，並於民國 112 年 12 月 29 日完成交通部無人機研發與應用成果發表會。另於民國 112 年 11 月 14 日辦理無人機組裝教育訓練。	詳 1.5 節、 第 4 章
6. 針對計畫重要成果投稿，並製作海報或影片電子檔		於民國 112 年 12 月 13 日彙整研究成果後投稿至智慧運輸世界大會 ITS World Congress 2024。另配合 112 年 12 月 6 日辦理之花蓮交流座談會、民國 112 年 12 月 29 日辦理之交通部無人機研發與應用成果發表會製作海報及影片。	詳第 4 章

資料來源：本計畫彙整。

5.2 研究結論

本期計畫階段性結論與可能挑戰說明如後。

1. 服務模式發展

(1) 本計畫階段性結論說明

①無人機物流運送服務模式規劃

- A. 本計畫掌握無人機物流運送服務活動所涉及的參與者與功能，即該運送服務可藉由第二方或第三方物流業者、無人機營運廠商作為無人機物流運送服務的供應者，並結合物流服務軟體系統來確保整體物流運送效率與服務品質。同時，國家飛航服務單位、無人機服務供應商及無人機營運商可透過無人機交通管理系統、機隊管理系統來確保無人機的飛航空域安全、飛行安全及穩定性。
- B. 本計畫藉由國外偏鄉、離島相關無人機物流運送測試案例，掌握運送服務模式、貨種、包裹重量、服務範圍、投遞方式，並以日本產業政策推動方向作為我國導入相關應用之參考，研提以無人機「樞紐至設施」物流服務模式，作為初期改善國內偏鄉、離島物流運補配送不便之情形。後續則視市場需求、法規突破，逐步朝「樞紐至門戶」、「樞紐至樞紐」服務模式邁進。
- C. 本期計畫優先以中華郵政、消防救災及醫療單位的需求，以公部門導入無人機應用為示範案例，研擬偏鄉緊急物資、離島日常物資運補之無人機物流運送服務機制。
- D. 本計畫服務模式係以盡量不影響既有運送模式且能快速累積足夠無人機的飛行時數與次數進行規劃，以確保無人機飛航穩定性及服務流程具擴展性，且求無人機能快速導入物流運送服務流程。

②無人機偏鄉及離島物流運送服務模式

- A. 無人機具備飛行靈活且機動性高特點，適合作為偏鄉道路中斷時，協助運送救災人員及災民所需緊急物資的機動型運具，並輔助離島所需醫療用品或快捷郵件等具時效性貨品的運送。因此，本計畫於本年度優先擇定進行緊急物資、醫療用品及快捷郵件的物流運送服務測試驗證。
- B. 為確保偏鄉災害發生後，無人機可安全地將救難人員及災民所需物資送往災區，本計畫研提利用勘査型無人機至災區進行偵査，而後再派遣物流型無人機進行緊急物資運送。災害發生初期，由無人機營運廠商進行偵査並評估原規劃的起降場地狀況是否仍可作為安全之起降場地；同時災害應變中心接收公所、消防及醫療單位回報災區所需物資後，派遣無人機進行物資運送，並由災區之里長及醫護人員取件。
- C. 在離島無人機物流運送服務模式方面，本計畫研提由無人機營運商提供郵件、醫療用品的運送服務，貨品由郵局、衛生所派員送往無人機起降地，並由當地相關單位派遣人員至無人機投遞點取件。同時，無人機服務供應商則利用無人機交通管理系統來確保飛航許可及進行飛航任務規劃。

(2) 可能挑戰

- A. 偏鄉山區天氣多變且地形多崎嶇，對於無人機抗候性及續航力需求高。而離島易受季節性氣候影響，因此，對於無人機抗風、防蝕等能力需求較高。
- B. 對於低溫冷藏、冷凍生鮮食品的運送，無人機需搭載冷鏈物流系統，涉及較複雜的裝卸設備技術，並連帶影響無人機之空機重量與續航力。

2. 無人機機型開發與驗證

(1) 本計畫執行結論說明

- A. 本計畫透過蒐集國內外相關案例，研提我國發展無人機於離島物流配送、偏鄉緊急運補之基本系統需求規格。考量離島需具備相當的抗風能力及續航里程，故在離島場域的抗風基本需求列為至少可抗 6 級風，且續航里程單趟可達至少 10 公里；偏鄉服務運送情境則著重於儘速送達物資且行經山區或河谷的可能性高，故研提偏鄉場域的續航距離需求為至少 5 公里且抗風能力需達至少 5 至 6 級風。上述兩情境皆需具備射頻識別、自動化飛行與自動卸載貨物的功能且載重能力至少達 5 公斤，並導入無人機物流軟體服務系統、無人機交通管理系統，以確保整體配送運作間的作業效率及無人機飛行安全與穩定性。
- B. 為滿足國內偏鄉及離島物流運送的服務驗證需求，本計畫導入 4 型無人機機型，由經緯航太、樂飛創新、航見科技、奧榮科技分別開發設計。導入之 4 型無人機機型包含旋翼型與直升機型，皆採電力作為動力來源，可達到 50 分鐘以上滯空時間(空載)、25 公里以上導控距離、6 級以上抗風能力、5 公斤以上貨物酬載重量、具備網路(4G/5G)射頻識別及全自動飛行能力。另貨物投遞機制皆具備全自動卸載貨物能力，於本計畫試飛測試原則採物流包裹落地釋放為主。
- C. 導入之 4 型無人機因應計畫時程辦理特種實體檢驗，並分成四階段辦理封閉場域及實際場域試飛，以及射頻識別功能與無人機交通管理系統之測試。
- D. 參考行政院公共工程委員會 112 年 6 月發布之「投標須知範本」，考量本計畫導入 4 型的無人機重量皆超過 25 公斤，且試飛航線涉及紅區，故辦理申請無人機資安檢測之中階等級。

(2) 可能挑戰

- A. 國內物流無人機得以正式商業營運前，需通過民用航空局之無人機型式檢驗作業，檢測項目與花費時間預期較長。
- B. 國內外對於無人機續航、載重、抗候能力的同步提升仍有進步空間，故需持續精進相關性能，藉以因應偏鄉、離島地勢與氣候多變環境，減少無人機換電次數。

3. 物流服務軟體系統規劃與發展

(1) 本計畫執行結論說明

- A. 透過與中華郵政公司進行需求訪談及參考國內外物流服務軟體系統相關規範標準，本計畫設計開發之無人機物流服務軟體系統，係提供無人機運送階段之貨物資訊彙整服務，包含無人機之機隊管理、貨件追蹤、寄取件管理，供計畫期間無人機與貨件資訊之串聯，以及未來商業驗證或商轉階段建構無人機物流服務軟體系統之參考。
- B. 本計畫之無人機物流服務軟體系統係以無人機物流營運商為服務對象進行設計開發。系統將無人機營運業者所提供關於無人機的靜態資料、射頻識別資料，貨件承運者所提供的貨件資訊進行匯集整合，使無人機端可取得所需載運貨件資訊，貨件承運者則可透過系統掌握載運時查詢貨態及載運後歷史紀錄。
- C. 本計畫優先參考中華郵政公司的郵件資訊格式進行資料串接設計，可作為後續導入其他貨件之資料格式的參考。

(2) 可能挑戰

- A. 近年在氣候變遷下推動 2050 淨零排放，物流服務也被要求要辦理碳盤查、碳足跡，未來無人機加入物流服務作為運具之一，也需提供相關之移動距離、重量乘積主體、單位里程油電消耗量，物流服務系統也須增加相關紀錄納入系統。
- B. 因物流服務系統需配合所載運物資相關法規，增加所需資料紀錄，如運送藥品時要符合優良運銷規範(Good

Distribution Practice, GDP)，除已有之運輸軌跡、時間外，可能需增加溫度記錄。

4. 無人機交通管理系統規劃與發展

(1) 本計畫執行結論說明

①射頻識別建置

- A. 在計畫時程考量及廣泛測試各類可能性的訴求下，且基於不影響無人機設計及便於向大眾推廣等因素，本計畫以採用已通過FAA認證的Dronetag Mini之外掛式射頻識別裝置為主，可同時測試廣播式及網路式2種模式，以探索並深化未來物流運送模式的可能性。
- B. 為增加未來應用的彈性，提供政策發展的參考，本計畫同時測試內嵌式射頻識別裝置，由無人機以4G傳輸資訊至無人機交通管理系統。

②無人機交通管理系統雛型開發

- A. 比照國際無人機交通管理系統的發展脈絡及參考ASTM F3548-21規範，本計畫開發之UTM無人機交通管理系統分成空域管理者及無人機業者等兩方使用者。空域管理者端可藉由本系統進行飛行任務審核及許可、共享所有無人機射頻識別軌跡資訊及闖入禁限航區或偏離任務範圍之預警與通知；無人機業者端可利用本系統提出飛行任務規劃及申請、射頻識別追蹤。惟因本計畫系統仍於開發階段，經與交通部民用航空局溝通，現階段不與其官方管理系統介接。
- B. 考量場域試飛環境及設備建置所需時間，本計畫於封閉場域試飛進行射頻識別功能測試、無人機追蹤及識別測試；實地場域試飛測試項目則包含氣象、地理資訊及障礙物等資訊服務、整體性能與功能是否正常運作、飛行中位置回報機制、數據傳輸可用度及飛航狀態監控情形等。

(2) 未來可能挑戰

①射頻識別技術

可分為射頻識別推廣、數位簽章技術(Digital Signature)等兩大部分，說明如下：

- A. 射頻識別技術之於無人機，相當於車牌之於汽車。根據民航局資訊，從 2026 年起，所有商業銷售的無人機都需要配備射頻識別功能。對於民眾而言，若能提早知道哪款無人機已通過認證，則可以對於無人機的選擇有更多理解。
- B. 參考日本已導入數位簽章技術，在操作者身份認證與註冊無人機後，會由日本國土交通省 DIPS 發布一組金鑰，操作者需將該金鑰綁定至無人機系統 RID 中，如此一來無人機 RID 所發布的訊息會強制透過此一金鑰進行數位簽章，並可透過另外一個對應的金鑰進行驗證。確保此一訊息由金鑰持有者所發布，可保證射頻識別的訊息完整性、受認證與不可否認性。此一技術已廣泛應用於網路資訊傳遞、身份認證等系統，並需有憑證頒發機構(Certificate Authority)統一管理金鑰發放與撤銷。

②無人機交通管理系統

可分為空域限制條件、電子圍籬、無人機交通管理組織架構等三大部分，說明如下：

- A. 對於無人機交通管理系統作為管理無人機的工具，在理想狀態下必須有符合現地的三維地理圖資，此一圖資必須包括地形、建物、空中物件(例如電塔、電線、天線等)，需有必要的解析度，且定期更新，以維持資料的正確性。相較於日本國土地理院於 2023 年 10 月 31 日發布用空載光達製作解析度為 1m 的部份海濱區域 DEM 資料，目前台灣官方提供的三維地理圖資介接服務，其地形解析度為 20m，建物模型為 LOD1，位置/高程的絕對精度為 5m，對於未來無人機監管而言尚有進步空間。

- B. 電子圍籬為避免無人機進入禁航區的一項防護措施。對於一般商用無人機而言，可以設定將公告的禁航區寫入機體，設置為電子圍籬，避免操作者擅闖或誤闖。但在實際層面上，仍然有辦法避開此一限制。此外，若禁航區的資料更新，機體資料也要一併進行更新，電子圍籬才能發揮功效。

依民航局目前規定：「要求 1 公斤以上且導航無人機在機場附近應有電子圍籬；2026 年除了範圍擴大至其他機敏設施外，只有具備導航功能，法人不分重量、自然人 250 公克以上無人機，都要加裝電子圍籬。」。未來仍需克服包括圖資更新的流程與速度，以及特定情況下需要解除電子圍籬的流程。以緊急救災而言，一台無人機需要解除電子圍籬進入特定區域完成救災，在軟體、行政流程上要如何完善其有效性、即時性與合法性，皆是未來 UTM 所必須面臨的問題。

- C. 飛航服務資訊、通訊基礎設施以及無人機維運管理單位在無人機交通管理系統建置中缺一不可。參考英、德案例，均是由公股或民營化的航空交通管理公司主導，與電信業者和 USS 廠商結盟或合作，逐步配合官方政策建立無人機交通管理系統；美國則由政府主導建立規範後，由經認證的 USS 廠商提供外包服務。考量目前台灣無人機發展日漸蓬勃，擬定國內 UTM RoadMap，逐步推動國內 UTM 整合測試計畫實屬必要，以加速建構的無人機交通管理系統，提升無人機飛航之效率與安全。

5. 場域試飛規劃與成果

(1) 本計畫執行結論說明

①潛在應用場域評估

- A. 本計畫以我國中央對於偏遠地區的定義為基礎，解析國內偏鄉及離島鄉鎮的分布，再透過聯外交通、郵局服務及醫療資源服務與否，評估合適作為無人機物流運送之潛在應用場域。

- B. 考量花蓮縣因受限於所在地理位置及地形，為我國易受天災所致道路阻斷且較缺乏替代道路的地區之一，醫療資源亦較缺乏；澎湖群島則因島嶼眾多，本島與外島間易受季節性氣候影響，以致現階段物流運送常面臨航班臨時停駛而延遲送達。因此，本計畫以花蓮縣、澎湖群島分別作為國內偏鄉、離島無人機物流運送的優先導入場域。

②試飛驗證場域與航線規劃

- A. 本計畫藉由考量貨物需求對象及需求量、無人機技術可行性及空域風險性、土地及空間可利用性來擇定無人機起降地點，並經實地場勘、在地訪談及儀器量測，選定瑞穗-奇美、馬公-虎井嶼作為偏鄉、離島物流運送服務驗證場域。
- B. 考量現行災害發生時，學校操場常作為緊急避難中心、直昇機停機坪使用，故以位於瑞穗的瑞美國小操場、位於奇美部落的奇美國小操場分別作為無人機起降點、投遞點，同時已取得校方同意且確認場地周邊無空陸域風險、水電設施條件、通訊品質、車輛進出及停車空間需求。航線規劃則採最短路徑，主要行經河道及農田上方，未穿越人口聚集區，單程航線距離約 5.6 公里。另為確保航行的安全及穩定，規劃無人機在起降點爬升超過海拔至高點後，以巡航模式飛行再下降投遞為主。
- C. 考量澎湖每年 10 月至隔年 3 月之東北季風強勁，馬公港旁之既有金龍頭營區籃球場周邊因有建物及土丘圍繞可避免側風對無人機起降的影響，故擇定作為無人機起降點；另考量虎井嶼直升機停機坪之基礎設施條件完備的優點，故作為無人機投遞點。惟因上述場地涉及馬公港區、虎井停機坪的管轄範圍，故飛行前需提出飛航活動申請。馬公至虎井航線以避開陸地、採最短路徑為原則

進行規劃，沿途避開風櫃洞、桶盤嶼等地，單程航線距離約 10.5 公里。

③場域基礎設施規劃

- A. 考量垂直起降定翼型之無人機因同時具備定翼型之高航時、旋翼型之垂直起降的優點，為現今無人機之發展主流，故本計畫以垂直起降無人機的需求進行起降場規劃，並優先使用現況試飛場域周邊既有設施作為基礎設施，不足之處再進行補充完備。
- B. 為因應無人機物流運送中所需之起飛、降落、充電、維修、儲藏、工作人員整備、飛航管理等需求，本計畫研提未來無人機垂直起降場應具備起降區、安全區、噪音監測及微型氣象站、辦公室、倉庫、停車空間，可作為我國可複製性且通用的場域設施項目及空間配置的參考。

④場域試飛緊急處理程序

- A. 依據「民用航空法」、「遙控無人機管理規則」、「遙控無人機試飛規範與注意事項」、「遙控無人機作業手冊」等相關規定，飛行異常狀態緊急處置程序包含低油/電量、動力系統失效、鏈路失效、衛星定位訊號異常、酬載影像鏈路異常、飛控系統/電腦失效、迫降航線處置、異地迫降處置、空中緊急避障處置。
- B. 依據歷年無人機整合應用示範計畫經驗，基於場域試飛時可能發生的突發情形，如無人機在視距範圍失去控制、無人機失聯、無人機墜落等，本計畫已建立澎湖及花蓮之實際場域試飛時地面相關人員的緊急處理程序，及規劃緊急醫療單位及緊急應變通知單位，以利事件發生時，除無人機操作者及控制站人員外，其他相關人員能快速應變，確保計畫執行期間之人員安全。

(2) 未來可能挑戰

- A. 我國偏鄉及離島之場域試飛易受山區地形或天候因素而影響可實際飛行與否，例如因氣流不穩定或空氣密度低

而促使無人機爬升時耗電較高；溫度驟降或突發降雨、起霧、強風等情形使無人機恐無法順利飛行，故對於無人機之續航力、耐候能力需求較高，應持續強化動力系統、加強槳葉穩定性、提升機殼材質及調整機身結構，以提升續航力及機體耐候性。

- B. 我國偏鄉及離島之通訊品質多不如城市地區，偏鄉山區的 GPS 衛星訊號及無線通訊易受到地形阻隔，離島海上訊號亦較不穩且距離訊號發射源相較遠，促使地面控制站與無人機之間的遙導控不易，對於無人機訊號接收能力及遙導控距離需求高，並應可抗自然電波干擾，方能滿足偏鄉及離島之無人機物流運送需求。因此，在執行無人機運送前，除需透過實地勘查確認航線是否通訊穩定外，應持續強化無人機之通訊、定位及抗電磁干擾能力，如搭載各類感測器、結合 UWB 擴頻技術，亦或強化飛行場域之 4G 或 5G 行動通訊品質。此外，亦可於緊急物資運補時，派遣衛星通信車來強化衛星通信之指管、影像及情資傳遞等功能，滿足緊急任務需求。

5.3 後續建議

1. 服務模式發展

- (1) 本計畫於今年度以中華郵政、醫療及消防單位作為優先規劃重點，建議後續可再進一步掌握國內物流業者需求，進行其他物流包裹類型的運送服務測試驗證，藉此精進及強化計畫導入無人機於物流服務模式的發展，作為後續發展下階段商業驗證(PoB)的參考應用。
- (2) 本年度計畫已藉由實地場域試飛，蒐集無人機物流運送的飛行資料，建議後續可持續藉由累積物流運送經驗及測試數據，評估服務投入成本，進而研提計價模式及常態營運機制，作為 PoB 商業驗證階段的基礎。
- (3) 民用航空局現正研擬物流型無人機的相關規範，載運物資類別及重量等規範尚未明確，建議後續服務模式應視相關規範指引進行滾動調整。

2. 無人機系統規劃與發展

- (1) 本年度計畫導入無人機機型，貨物投遞機制皆具備全自動卸載貨物能力，於一般物流包裹運送原則採落地釋放為主；然考量偏鄉緊急運補需求，於緊急情況時可能投遞環境不適合貨物落地釋放，因此建議後續機型可評估合適卸載方式，納入試飛測試。
- (2) 本年度計畫導入無人機機型以單旋翼及多旋翼為主，考量垂直起降定翼型無人機具備可垂直懸停、起飛及降落，可節省機場跑道及遼闊空間的設置，並有續航力佳之優點，國際上亦有導入於無人機物流運送之案例，故建議後續視國內業者發展情形，評估垂直起降定翼型無人機之驗證，以增加在載具驗證時的完整性。
- (3) 國內民用航空局對於物流無人機之相關規範尚處研擬階段，建議後續應持續追蹤相關規範之辦理進度，並配合辦理機型驗測作業。

3. 物流服務軟體系統規劃與發展

- (1) 本計畫之無人機物流服務軟體系統以無人機物流營運商為服務對象進行雛型開發，並透過場域試飛模擬貨物交寄時的資

料傳輸。為確保該系統之應用可行性，建議後續可進一步辦理實際完成貨物交寄時的資料傳輸測試與系統驗證。

- (2) 本計畫之無人機物流服務軟體系統參考中華郵政公司的郵件資訊格式進行資料串接與功能設計，建議後續可進一步掌握物流運輸業者使用之物流服務系統來精進系統功能，利於擴大導入貨件型態。
- (3) 無人機之物流服務軟體系統未來建議持續配合計畫試驗累積服務資料，以驗證資料格式之可行性，以及檢討系統所需紀錄資料欄位。

4. 無人機交通管理系統規劃與發展

- (1) 本計畫於今年度導入無人機飛航管理系統進行 5 小時之系統及 Remote ID 功能與多機測試，建議後續可再增加系統測試時數，以確保系統的穩定性。
- (2) 本計畫於今年度主要採用 Drongtag Mini 進行射頻識別的測試，建議後續可視國內廠商的技術量能，進一步導入國產的射頻識別進行相關測試。
- (3) 本計畫於今年度完成射頻識別及無人機交通管理系統之視距內多機測試，建議後續可進一步擴大無人機於視距外飛行的安全測試，並先從無人機及無人機間的測試著手，而後再進行無人機與有人機間的安全測試。
- (4) 本計畫於今年度以無人機交通管理系統規劃雛型開發及測試為主要目標，並掌握國外相關案例營運方式，建議後續可深入研析相關產業、政府監理及使用者等多重利害關係人的需求及意見，研提下階段無人機交通管理之推動建議。

5. 場域試飛規劃

- (1) 本計畫於本年度完成 2 次偏鄉及離島之實地場域試飛。為確保無人機飛航穩定性及本計畫所提之服務流程具擴展性，建議後續應持續累積無人機的飛行時數、次數以及相關無人機飛行測試數據，以提供主管機關及產業界推動後續相關工作與效益評估的參考。惟考量在機型檢驗的過程中，針對具有相同主結構但不同投遞機制的無人機，建議考慮增加飛行驗證時數的彈性，如共用部分測項來實現。同時，針對各種投放裝置提出對應的驗證要求，從而以更高的效率確保每一種

機制的可靠性和穩定性。同時亦需考量民用航空局實際審核所需花費時程，以確保無人機的目標飛行時數與次數能在計畫時程內完成。

- (2) 本年度計畫擇定於花蓮瑞穗及澎湖進行實地場域試飛，建議後續可再擴充至其他實地場域，藉此測試計畫研擬之物流運送服務之作業流程具有可複製性與通用性，以利有效導入其他鄉鎮市區。
- (3) 本年度計畫在無人機物流運流過程中，若遇斷電或訊號中斷之情形，可藉由當地派出所及公所的衛星電話或對講機與災害應變中心聯繫。建議下年度計畫可將上述情境納入服務測試，以驗證該作業流程的可行性。
- (4) 本計畫針對無人機起降點的規劃，係以當地直升機停機坪、緊急救難場所等既有設施作為優先擇定。考量無人機起降點的設置亦涉及無人機技術層面，如承載重量及飛行距離，故建議可配合下年度計畫持續累積物流運送經驗與測試數據，作為提供地方政府未來評估起降點設置之參考應用。

附件一-期中報告審查意見回復表

附件一-期中報告審查意見回復表

「IOT-112-IC010 無人機物流運送服務驗證計畫(1/2)-服務模式規劃與系統發展」期中報告審查意見回復表

(一) 石委員大明		
編號	意見內容	意見回覆
1	報告書 3-22，請考量是否須納入資安項目檢測，以增加測試完整性。目前機型驗證未提到資安驗證，是否可一同進行。	依據計畫需求，本計畫於期中階段已確立無人機資安驗測將採產品中階等級辦理，並已於 7 月底透過辦理與財團法人電信技術中心訪談，確定办理流程。本計畫無人機資安檢測項目及辦理時程詳期末報告 3.2.3 節。
2	報告書 3-86，本案係以 PoS 階段為基礎進行規劃，機隊能力需針對物流需求來設計，為增加起降安全性，是否要求載具具有自動起降功能及輔助起降時之助導航設備。建議團隊應從航空物流角度進行規劃，而非僅侷限於確保無人機載物能力，包含利用地面控制站、考量航線規劃等，並在前置作業階段透過模擬方式即可進行。	1. 本計畫導入之機型皆具備自動起降功能及輔助起降時之助導航設備，並已於澎湖、花蓮完成實地場域勘查及通訊品質測試。 2. 感謝委員提醒。本計畫目的在於建立無人機物流服務模式，並透過無人機試飛來進行驗證。在期中階段，本計畫考量澎湖、花蓮當地居民需求、場域通訊品質、導入機型續航能力及飛航空域限制程度等，完成偏鄉、離島的航線規劃。而期末階段在澎湖及花蓮實地場域試飛前，已透過於封閉場域辦理視距內試飛，並針對無人機航線模擬，以確保無人機性能、飛行高度、軌跡路線皆具安全性與可行性。同時，亦已整備相關基礎設施，包含地面導控站、充換電設備、起飛安全警示物件、噪音監測設備等硬體設施、規劃人員整備、貨物存放及無人機相關設備存放空間以及物流服務管理、無人機交通管理等軟體系統，以達確保無人機物流服務連接性。上述相關內容請詳期末報告第 3.3. 章。
3	軍用商規對於機型功能要求明確，如地面站應需具備何種功能、應符合哪些法規等，故建議團隊可參照軍用商規機型所符合的法規標準。	遵照辦理。本計畫於期末階段已蒐集國內軍用商規無人機功能及標準，納入文獻回顧中，詳見期末報告 2.1.2 節。
4	建議服務模式規劃應提出所需多少人力、規模、貨物量，並可向新竹物流等物流商請益，做為後續承接營運廠商的參考。	感謝委員建議。針對今年度之服務模式，規劃重點在於依據中華郵政公司及國內物流業之實務需求，研提偏鄉及離島之合適服務模式，包含航線、系統需求規格及作業流程規劃，以作

		為明年度第2年期計畫進行服務成本評估及計價機制、常態營運機制研擬的基礎。因此，本計畫於今年度係優先與中華郵政公司、醫療單位與消防單位進行協調並掌握各單位需求，進行偏鄉及離島無人機物流服務驗證的相關規劃，後續則視需求辦理與國內物流業者訪談，以掌握在研提的服務模式下，適合導入人力、貨物量等，藉此精進及強化計畫導入無人機於物流服務模式的發展，作為後續發展下階段商業驗證(PoB)的參考。請詳參期末報告 3.1. 節。
5	建議服務模式應考量地方政府的角色，以減少未來向地方推廣的難度。	感謝委員建議。本計畫於期中階段已依研擬之偏鄉、離島服務模式，完成與澎湖及花蓮郵政、醫療及消防相關單位的訪談，並據此擬定對應於服務模式可扮演的角色。在期末階段，則研擬偏鄉、離島無人機物流運送的作業流程，並經相關單位討論與確定配合意願及確保規劃之服務模式具備可行性。詳參期末報告 3.1.2 及 3.1.3 節。
6	報告書 3-16，現有載具以單旋翼及多旋翼為主，可再考量垂直起降定翼型，以增加在載具驗證時的完整性。	本計畫已導入多元構型無人機，包含導入單旋翼機、多旋翼機、直升機等，最大起飛重量介於 30 公斤~150 公斤，貨物酬載介於 5 公斤~60 公斤等，以及投遞機制採降落後釋放或垂吊等。 考量我國尚無合適垂直起降定翼無人機，故後續將視國內業者發展情形，評估導入該機型之驗證。
7	報告書 3-78，山區氣候多變，宜增加天氣因子及山區地型特殊性對飛行時所造成影響，以增加飛行安全。	考量無人機容易受山區天氣多變、地形因素影響飛行，故本計畫已於場勘時紀錄各起降點的歷史天氣資料，另外廠商也已在花蓮視距外航線周邊架設中繼站，確保訊號之穩定，並於試飛當天準備風速計掌握及時風速資料，詳期末報告 3.4 節。

(二) 賈委員凱傑		
編號	意見內容	意見回覆

1	台灣物流業導入無人機目前只有 3、4 家較大規模的業者具可能性，雖市區有需求，惟受制於法令，法令尚未完全建構完成；若在偏鄉及離島發展，可能受限於規模不足，成本偏高，故投入仍多有疑慮。另國內曾有業者嘗試運用無人機於倉儲中心存貨盤點，提供參考。	敬悉。本計畫透過提出我國無人機物流運送之服務模式規劃，並辦理場域測試，藉此累積我國無人機物流營運經驗及測試數據。計畫成果可作為主管機關調適管理方式之參考，並做為中華郵政公司及國內物流、零售、無人機等相關產業及學研單位後續推動參據。
2	無人機導入物流業，建議亦評估是否涉及特殊物流包裝需求？	感謝委員建議。本計畫於今年度以中華郵政公司、醫療與消防單位等公部門作為服務對象進行物流服務驗證規劃，擬定載運貨品型態、載貨箱型（詳參期末報告 3.1.1 節）。後續將視運送物品類型來評估是否有特殊物流包裝需求。
3	無人機導入山區物流運送，需注意山區纜線等障礙物，若實際透過人力進行場勘，則不符成本效益，是否可評估改用無人機事前勘查？	感謝委員建議，本計畫在期中階段已透過蒐集相關圖資及實際場勘確認航線是否有須避開之障礙物。期末階段在實地場域試飛前，各無人機廠商則使用無人機於航線周邊進行勘察，確認無人機飛航安全。
4	無人機導入處理緊急狀態物品運送，應考慮停電狀況導致基地台無法正常運作的情境。	感謝委員建議，有關若有遇斷電或訊號中斷之情形，可藉由當地派出所及公所的衛星電話或對講機與災害應變中心聯繫，詳見期末報告 3.1.3 章節。
5	目前團隊導入的機型皆具有抗風能力，惟離島東北季風強，應針對東北季風對於離島無人機物流運送的影響有所考慮。	依據與澎湖當地政府及相關單位進行訪談，澎湖東北季風發生於每年 10 月至隔年 1 月，最大可達 11 級風力。本計畫導入之機型可抗風級為 6~7 級，在澎湖展開試飛時，係在天候條件許可之情形下進行試飛，詳期末報告 3.4 節。
6	因應緊急狀態運送，需求地點未必已預先進進行踏勘。若實際發生災難地點與先前規劃地點不同，又如何因應？	感謝委員建議。本計畫目的之一即為透過本案建立偏鄉無人機起降點之擇定機制，擬定一套具可複製性且通用的場域設施項目及規劃，若未來災害發生則可將此機制應用至其他鄉鎮，詳期末報告 3.3.2 節。
7	建議國外文獻補充 UTM 系統營運方式，並於計畫中提出國內 UTM 系統最理想可能營運方式，以供民航局參考。	感謝委員建議。本計畫已補充國外已採用之 UTM 系統營運方式，詳期末報告 2.1.1 節。 今年度本計畫以 UTM 系統規劃建置及測試為主要目標；明年除完成驗證

		外，另將基於近年運研所各項計畫經驗，更深入研析各利害關係人的需求及意見，並研提下階段無人機交通管理之推動建議，詳期末報告第 5 章。
--	--	--

(三) 洪委員玉芬		
編號	意見內容	意見回覆
1	簡報 P. 37、期中報告 P. 3-39~40，期中階段完成項目，UTM 系統已完成了架構規劃及功能設計及完成追蹤識別、無人機間資訊共享的功能開發，團隊的 UTM 系統採用中華電信系統，相關功能是否已確實開發完成？未來誰是 UTM 的主辦者及所提空域管理者是誰？	本計畫於今年 7 月初已完成無人機交通管理(UTM)系統之追蹤識別及無人機間資訊共享的功能，並於花蓮搭載 Remote ID 的無人機進行功能測試。另系統之任務規劃和飛航許可的功能則在 9 月中旬完成開發。 惟本計畫之 UTM 系統因不與民航局等現況空域管理單位介接，故係先以模擬無人機管理的可能情境為發想，系統規劃的空域管理者是以相對無人機業者而言的模擬管理者，未來 UTM 主辦者及空域管理者仍須依政府組織架構和權責歸屬為準。詳期末報告 3.2.5 節。
2	期中報告歷次訪談紀錄，可否請鼎漢對相關訪談意見，綜合回應說明採納結果。	感謝委員建議。本計畫已補充歷次訪談紀錄之綜合回應說明採納結果。
3	簡報 P. 8、報告書 3-16，導入 4 型無人機為何貨物酬載重量及最大起飛重量差異如此大，請說明 4 型貨物投遞機制差異。	本計畫考量未來在偏鄉、離島地區之日常物資運補及緊急物資運送作業可能導入不同類型之無人機，因此在實驗設計上導入不同酬載重量、起飛重量，以及投遞機制之無人機，以增加無人機驗證時的完整性。
4	簡報 P. 11，有關 UTM 系統之導入方式，係屬自行開發或使用既有系統，請補充說明。	經工作會議協商後，決定本計畫 UTM 系統改採開發成熟且有實際營運經驗的系統方案，計畫開發部分則改為針對本計畫需求的客製化系統調整，如不同平台間的資訊串接及 Remote ID 的多機測試等，以達成計畫測試目標、提高經費效益及未來可用性，詳期末報告 3.2.5 節。
5	簡報 P. 21，未來是否有偏鄉的地方政府皆須設無人機起降點或鄰近地方政府共用一個，畢竟無人機承載重量及飛行距離有限。	本計畫針對無人機起降點的規劃，係以當地直升機停機坪、緊急救難場所等既有設施作為優先擇定，後續則建

		議視地方需求評估設置無人機起降點，詳期末報告 3.3.2 節。 考量無人機起降點的設置亦涉及無人機技術層面，如承載重量及飛行距離，故建議待測試數據累積至一定程度時，可併同場域試飛的測試數據，作為提供地方政府未來評估起降點設置之參考，詳期末報告第 5 章。
6	簡報 P. 30，離島部分選定金龍頭營區為起降點，但在注意事項有提到營區將招商，若是要長期營運的，未來如何解決？	本計畫在今年度離島試飛場域優先選定既有設施較完善、可進行人員管制、安全性較佳的澎湖金龍頭營區作為起降點，減少整備時間，儘早展開試飛計畫以獲得相關飛行數據，並驗證導入無人機的物流運送模式是否具有可行性，累積經驗作為後續進行長期營運的參考。經初步與管理機關討論，金龍頭營區已可供本計畫 2 年期使用，故可作為短期內能快速累積經驗的場域，後續長期營運上，則建議屆時會再進行協商。
7	報告書 P. 3-37，有關射頻識別功能，現階段民航局政策方向為如何？如已規劃朝向是廣播式，請補充測試網路式之原因？	目前民航局所公佈的資訊主要跟隨美國 FAA 的政策。FAA 現已認可的 RemoteID 為廣播式，惟美國對於無人機監管的环境與我國有所不同，而美國地廣人稀，並非所有區域都有 4G 網路。 RemoteID 設置目的在於使用者得以隨時了解周遭環境內的無人機所屬來源，並依法驅離或保護自身財產，故以廣播式為主，其涵蓋範圍約 400 公尺即可。而我國大多數地區皆有 4G 網路覆蓋，採用網路是可以有效監管任一處無人機的狀態。除此之外，為因應本計畫視距外飛行監管需求，廣播式的 RemoteID 在超過 400 公尺後即收不到訊號，僅能依靠網路式透過 4G 網路回傳資料進行管理。因此，本次同時測試廣播式與網路式 RemoteID，詳期末報告 3.2.5 節。

(四) 陳委員大中		
編號	意見內容	意見回覆
1	報告書第二章，無人機物流發展之成功關鍵，主要在於無人機之科技與飛航監理兩大層面，其監理層面尤為重	感謝委員建議。本計畫已補充有關飛安、空域、管理系統等國外文獻，從

	要，建議再就飛安、空域、管理系統等國外文獻再予蒐集分析，以利瞭解國外政府常規運行機制，例如申請運送流程、驗證模式。	中分析國外政府常規運行機制，詳見期末報告 2.1.1 節。
2	報告書第三章 3.1 節，目前服務模式分為離島及偏鄉等兩模式，其中離島地區提及可解決風浪過大以致船支翻覆、貨物毀損滅失等問題，據悉無人機亦無法抗強風、強雨，爰此建議再予釐清，並思考適合導入時機點。	感謝委員建議。澎湖東北季風發生於每年 10 月至隔年 1 月，最大可達 11 級風力，當前無人機抗風及抗雨能力確實仍無法達成。惟本計畫導入無人機於物流運送旨在輔助及強化既有運輸之效能，而非取代既有運輸工具，詳期末報告 3.1.2 節。而本計畫亦於澎湖天候條件許可之情形下進行無人機試飛，以驗證無人機離島物流配送之服務模式的可行性，詳期末報告 3.4 節。
3	報告書第三章 3.2 節，無人機交通管理系統在此物流運送模式扮演極為重要角色，其系統涉及產業、政府監理及使用者等多重利害關係人，需涉部會協調，建議研究發展之 UTM 可再洽相關利害關係人評估實務可行性，同時提出 UTM 系統可能衍生問題及建議，以提供相關單位進行思考。	感謝委員意見。本計畫為 2 年期，今年以交通管理系統規劃建置及測試為主要目標；明年除完成驗證外，另將基於近年運研所各項計畫經驗，更深入研析各利害關係人的需求及意見，並研提下階段無人機交通管理之推動建議，詳期末報告第 5 章。
4	報告書第三章 3.3 節，無人機可飛行場域涉及空域、高度等多重限制條件，且載運物品類別及重量多需經判別是否符合法令規定，建議研究單位可請益民航局合格空域及適合載運物資類別等細部資訊。	感謝委員建議。針對無人機飛航活動空域、高度等相關限制，民航局現行之遙控無人機管理規則第 28~32 條已有相關規定。另針對物流型無人機適合載運物資類別及重量，本計畫已與民航局進行討論，然現階段民航局仍處於研擬物流型無人機的相關規範階段，後續將保持聯繫，並依據相關規定辦理。
5	報告書第四章，為使本計畫案之可行性及可及性有所提升，建議研究單位可列明我國可供應用之合格場域、空域、路線、物品類別及申請條件與法規等，期能後續供產官學界運用。	感謝委員建議。本計畫於期末階段已請益民航局有關物流型無人機載運物資類別及重量，然相關規範尚在研擬中，後續將保持聯繫，並依據相關規定辦理。 本計畫已擬定數條偏鄉、離島試飛航線，並針對各條航線透過空陸域風險面、需求面、技術面加以評估航線適宜性，並前往起降點、投遞點進行場勘，確保起迄點亦可作為本計畫使用。詳參期末報告 3.3.3 節。

		根據本計畫執行經驗，無人機業者若有執行物流運送的規劃，仍需以個案向民航局送審相關申請文件，而非申請之空域為綠區即可任意使用。
--	--	--

(五) 本所運輸資訊組(書面意見)		
編號	意見內容	意見回覆
1	重要文獻回顧，請於期末階段補充本計畫與日本類似偏鄉離島案例之比較分析。	遵照辦理，已補充本計畫與日本的偏鄉離島案例比較分析於期末報告 2.2.3 節。
2	P3-18 請補充樂飛 A616 機型功能概述。	遵照辦理，已補充機型功能概述於期末報告 3.2.1 節。
3	P3-26 檢驗進度控管表各項時程請依照實際辦理情形更新。	遵照辦理，已於檢驗進度控管表各項時程更新於報告書，詳見期末報告 3.2.2 節。
4	P3-41 請補充說明 UTM 系統之氣象資訊來源及項目，以及團隊是否已收集場域長期氣象監測資料。	本計畫 UTM 系統所蒐集之氣象資訊主要來自中央氣象局所提供的氣象站、浮球等資料，自今年五月起開始蒐集。考量今年度試飛規劃因與當地風向及風力有關，故本計畫以風向、風速兩項氣象資料為主，資料時間頻率為一個小時。
5	P3-77 澎湖場域緊急迫降區規劃於四角嶼及雞籠嶼等無人島，請補充說明屆時回收無人機之方式。	有關澎湖場域緊急迫降區，本計畫規劃有 11 處，包含四角嶼、雞籠嶼、桶盤嶼等地，皆為人少或無人居住且障礙物少。以四角嶼及雞籠嶼為例，該 2 處島嶼無現住居民，但仍可登島，故可確保無人機緊急迫降時的周邊環境安全性，並回收迫降之無人機。屆時可透過聯繫里長，協調附近船長協助登島，以回收無人機。請詳參期末報告 3.3.3 節。
6	P3-84 花蓮場域是否規劃緊急迫降區？	本計畫已於花蓮場域規劃 12 處緊急備降區，皆為農田、沙洲等人少且障礙物少的區域，請詳參期末報告 3.3.3 節。
7	請補充說明起降場地噪音測量方法，並建議於期末階段補充國際間針對無人機噪音相關研究或標準。	遵照辦理。本計畫已補充在起降點的噪音量測方法於期末報告 3.4.2 節，並補充國際針對無人機噪音的相關標準於 2.1.2 節。
8	請團隊參考前期 IPP 計畫經驗及「民用航空法」、「遙控無人機管理規則」、「遙控無人機試飛規範與注意	遵照辦理。本計畫已在期末階段依據「民用航空法」、「遙控無人機管理規則」、「遙控無人機試飛規範與注

	事項」、「遙控無人機作業手冊」等相關規定，規劃場域試飛之緊急處理程序。	意事項」、「遙控無人機作業手冊」等相關規定及參考 IPP 計畫經驗，規劃場域試飛之緊急處理程序，請詳參期末報告 3.3.5 節。
9	起降場地除滅火瓶外，請準備基本醫療設備箱等簡易救援設備，並應規劃緊急醫療資源位置、交通及聯繫方式。	遵照辦理。本計畫於期末階段展開試飛前，已完成盤點相關醫療單位地點、交通及聯繫方式，並於起降點準備急救箱等簡易救援設備，請詳參期末報告 3.3.4 節及 3.3.5 節。
10	澎湖馬公起降點金龍頭營區建物為列管歷史建築，且已閒置多年，是否可供水供電及相關使用限制請再確認。	遵照辦理。本計畫於場勘階段已與金龍頭營區的管理單位確認水電設施使用，其中供電可自入口管制處電箱取得使用，距離起降場約 150 公尺，但目前並無供水。考量起降場基礎設施以供電較為重要，可作為照明使用、充換電使用、通訊設備使用等，已透過計畫單位行文至管理單位確認。
11	請補充說明無人機資安驗測規範檢測內容及本年度相關工作規劃時程。	遵照辦理。依據政府採購資安需求，因本計畫機型飛經紅區且重量達 25 公斤以上，故無人機資安驗測將採產品中階等級辦理，辦理無人機本體、地面控制站等相關安全要求項目等檢測。經於民國 112 年 7 月 26 日與財團法人電信技術中心訪談結果，因該單位現辦理無人機軍用商規所需驗測，本計畫無人機之資安驗測需待至 11 月得以執行。因此，本計畫各家無人機廠商分別在 11 月陸續辦理無人機資安檢測申請，並取得測試單位之報價單，作為本計畫於今年度完成無人機資安驗測規範之證明文件。詳請見期末報告 3.2.3 節。
12	本案現行內容與服務建議書內容差異之處，請另案來文辦理契約變更。	遵照辦理。

(六) 主席結論		
編號	意見內容	意見回覆
1	建議文獻回顧國際案例亦需蒐集及思考失敗案例，並研析失敗原因為何。	遵照辦理，已補充國際相關停止推動或面臨困難案例，並探討其中原因於期末報告 2.2.4 節。
2	本次審查會議各委員及各單位研提之口頭及書面意見，請鼎漢國際工程顧問股份有限公司整理「審查意見處理	遵照辦理。已依據審查會議意見整理「審查意見處理情形表」，並逐

	情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	項說明回應辦理情形，期末報告已依審查會議意見進行報告修正。
3	本計畫經徵詢審查委員意見，期中審查原則通過，請鼎漢國際工程顧問股份有限公司後續依本所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項進行追蹤。	遵照辦理。本計畫依貴所出版品印製相關規定撰寫報告，並將審查委員意見納入後續每月工作會議之查核事項進行追蹤。

附件二-期末報告審查意見回復

**「IOT-112-IC010 無人機物流運送服務驗證計畫(1/2)-
服務模式規劃與系統發展」期末報告審查意見回復表**

(一) 石委員大明		
編號	意見內容	意見回覆
1	航線規劃則採最短路徑，規劃無人機在起降點爬升超過海拔至高點後，以巡航模式飛行再下降投遞為主。僅規劃單一的路線規劃是否過於單一？請補充說明。	考量無人機在山區飛行可能受到地形環境、氣候、通訊等因素影響，故透過實地場勘掌握現地狀況，經評估若航線採沿河谷飛行，恐將面臨通訊不良問題；若採直線飛行，隨著地勢起伏不斷爬升、下降，恐導致能源過度消耗，對於無人機的續航有所影響。因此，本計畫航線規劃為考量上述因素，並透過工作會議與業務單位討論後決定執行。
2	由於這四種飛機均具備不同特性（表3.2-1），四者機型是否需針對執行相同任務時飛測特性比較，以了解其針對不同物流需求任務適用性？請補充說明。	感謝委員指導。本計畫已在報告書3.4.2節將各機型於實際場域試飛資料進行統整與比較。惟第一期計畫各廠商在實際場域進行試飛的驗測項目皆有所不同，且次數較少，故建議於第二期計畫透過多次任務試飛，藉由較多的樣本數，進行更深入之比較，將更為妥當，並從中評估不同物流運送任務情境下之合適機型。
3	結論及建議較偏重質化敘述，是否可參照需求說明書製表綜整列出量化完成項目。	感謝委員指導，已將計畫工項對照總表補充於期末報告，詳報告書5.1節。
4	需求說明書提到要完成無人機交通管理系統雛型開發，但是計畫書提及今年度採用開發成熟且有實際營運經驗的中華電信無人機飛航管理系統做為測試使用，請說明具體開發項目。	依據本期計畫需求，本計畫進行UTM系統雛型開發，並模擬無人機管理的可能情境，重點在於建立各家廠商、不同平台(USS)間的資訊串接以及多機測試，以達成資訊共享的服務，具體如開發無人機與交通管理系統間的interface、資料庫轉發資料至物流管理系統MQTT等內容。 中華電信無人機飛航管理系統係已包括禁航區資訊、氣象資訊的無人機平台。在本計畫後端環境整備及各系統介接介面開發完成後，可基於本次開發的串接資訊內容提供顯示服務，以減少前端重複開發的時間成本。
5	在離島無人機物流運送服務模式，規劃提供郵件及醫療用品等品項的運送	感謝委員指導。有關離島無人機物流運送之商業運轉模式，後續可於第二期計畫藉由累積物流運送經驗及測試

	服務，是否有足夠利基可成為自給自足的商業運轉模式，宜再考量。	數據，評估服務投入成本，進而研提計價模式及常態營運機制。
6	表 3.3-13 場勘紀錄表勘查內容：有關適合起降場宜有明確建議規劃，如空域範圍，適合進場方向、氣候調查、降落區域、需具備指示標記或簡易助導航設備等。	感謝委員指導。本計畫規劃的起降點、投遞點、航線，事先皆有針對可能行經之紅區、黃區、進出方向進行釐清確認，並於試飛計畫進行說明，同時在實際場勘時，亦將上述資訊紀錄於場勘紀錄表，並於報告書第 3.3.3 節針對起降點、投遞點、航線進行綜合評估。
7	有關無人機交通管理系統離型開發、無人機物流服務軟體系統、無人機射頻識別功能開發及建置三項工作的完成比例、預計開發時間及完成驗收項目。請補充說明。	感謝委員指導，已將各系統開發進度補充至期末報告，詳報告書 3.2.4、3.2.5 節。

(二) 王委員清風		
編號	意見內容	意見回覆
1	偏鄉及離島為高風險地區，倘若災情致使信號中斷時，無人機如何運作？請補充說明。	倘若遇信號中斷之情形，可藉由當地派出所及公所的衛星電話或對講機與災害應變中心聯繫，請詳見報告書 3.1.3 節。
2	偏鄉及離島物流運送可能多由郵局遞送，故共同托運機制在市場上已形成，對於無人機成本上壓力較大，故適合臺灣無人機進行商業規模化應用要如何發展？國際上雖已有應用案例，但推動較不順利，主因在於消費者習慣快速到貨及免運。快速到貨機制仰賴 GPS 系統定位、庫存盤點與系統對接，確保庫存有貨後才能快速檢貨及送貨，故倉儲及配送需同時考量。長期穩定的經營須考量獲利與成本，建議無人機應有長期穩定收入，以利後續穩定長期經營。現國內大型倉庫盤點需求高，建議計畫可納入考量，作為穩定無人機收入的來源，克服無人機成本問題。	感謝委員指導。本計畫為以政府角度立場為切入點，規劃無人機於偏鄉與離島的物流運送。有關無人機應用於大型倉庫盤點，將納入後續建議中。

(三) 陳委員玉成		
編號	意見內容	意見回覆

1	本期計畫以無人機機型構型確認為主，故採特種實體檢驗辦理。另民航局採用 ASTM 的 F3478 標準，要求計畫團隊編撰試飛計畫，將有利於團隊後續辦理型式檢驗。	本期計畫辦理之特種實體檢驗非常感謝委員予以指導。後續第二期計畫亦將配合民航局辦理相關檢驗事項。
2	第二期計畫將偏向飛行時速累積且辦理型式檢驗，故建議團隊應儘早確認測試構型，並開始進行後續相關系列測試。	感謝委員指導。團隊將提前針對第二期計畫導入之機型進行確認。
3	本期計畫已完成起降場地之安全緩衝區及航線規劃，建議團隊後續可將通訊設備、電子圍籬等納入空中廊道規劃。	感謝委員指導。後續第二期計畫將強化空中廊道的規劃與整備，提升航線的安全性。
4	建議團隊後續可參考 EUROCONTROL 空域風險評估進行相關空域評估項目規劃。	感謝委員指導。後續可於第二期計畫時增加風險評估相關項目內容，將訊號強度、電子圍籬等內容納入規劃。
5	有關民航局之物流作業能力審查，自去年已著手辦理改版，將強化物流無人機操作、作業風險與維護、DAA 避讓機制等，現已有草案，故第二期計畫可能將依據新版內容辦理。	感謝委員指導。後續第二期計畫將配合民航局發布之相關內容，配合辦理物流作業能力審查。
6	現民航局對於射頻識別之法規推動，係為參考日本方式導入加密機制，建議後續可將加密射識別納入計畫進行測試驗證。	感謝委員指導。後續可於第二期計畫研議採用不同射頻識別方案的可行性；亦可評估與現有的孵育計畫進行測試。

(四) 吳委員培欣		
編號	意見內容	意見回覆
1	本期計畫各家廠商進度與人力能量不同，影響取得試飛證時間。若第二期計畫辦理型式檢驗，應考量計畫時程以及相關文件處理時程。	感謝委員指導。後續第二期計畫不論是採特種型式檢驗或型式檢驗，皆將與民航局進一步討論，以確保試飛及計畫時程順利完成。
2	本期計畫之 UTM 系統未定義出相關權責單位，建議團隊於第二期計畫訂出，例如成立法人或其他單位來接手辦理。	感謝委員指導。考量本計畫的示範性及政府參與偏鄉離島無人機物流運送的必要性，本計畫規劃的服務模式仍以公部門或國營事業為參與主體。基於本計畫的服務模式，後續可於第二期計畫進一步規劃在偏鄉緊急運送等實踐場景中，各單位在 UTM 生態系內的角色及定位，以提供未來公部門及國營事業參考，提高實際運行的可行性，並增加民間參與意願。

3	現無人機需與既有物流市場、其他無人機業者間競爭，故建議無人機應將降低成本納入考量。	感謝委員指導。有關無人機成本估算，後續可於第二期計畫藉由累積物流運送經驗及測試數據，評估服務投入成本，進而研提計價模式及常態營運機制。
---	---	---

(五) 江委員進豐		
編號	意見內容	意見回覆
1	建議團隊於期末報告補充各項工項完成對應項目查核、差異分析及對本期及後續影響。	感謝委員指導，已將計畫工項對照總表補充於期末報告，詳報告書 5.1 節。
2	建議團隊補充服務模式與現行情形之查核分析，例如利用無人機可改善現行狀況。	感謝委員指導。本計畫已於報告書 3.1.2 節及 3.1.3 節強化說明偏鄉及離島現況服務模式及導入無人機優點，惟無人機服務模式與現行情形之查核分析，建議於第二期計畫透過累積多次飛行經驗後再進行辦理。
3	建議團隊補充試飛過程中發現哪些問題、可再突破點。	感謝委員指導。由於本計畫在實際場域試飛次數較少，且試飛前必須層層通過民航局之審查才能准予試飛，因此，每一次試飛皆是在機型已做好完整準備下才執行，故試飛過程中，尚未有明顯問題。後續第二期計畫將於實際場域進行多次任務試飛，透過蒐集更多飛行數據，有效分析試飛時可能產生之問題並加以改善。
4	建議團隊思考服務模式之獲利點。	感謝委員指導。本計畫為以政府立場為切入點，係以服務公眾角度來規劃無人機於偏鄉與離島的物流運送，並非以獲利為目標。惟第二期計畫將藉由累積物流運送經驗及測試數據，評估服務投入成本，進而研提計價模式及常態營運機制，作為 PoB 商業驗證階段的基礎。
5	建議團隊於期末報告 3.3.5 節應變程序補充呈送事後分析報告及因應策略給主管機關之項目。	感謝委員指導。報告書 3.3.5 節應變程序是以現有無人機相關法規及主管機關業務執行標準為綱領，延伸出本計畫執行時如遇有運轉事件或飛航事故，現場人員可遵循之緊急處理程序；本期並無相關事件及事故發生。後續可於第二年期計畫執行時，一併總結近年交通部運輸研究所執行物流運送相關經驗及建議策略，以利建立無人機物流運送營運相關準則。

(六) 賈委員凱傑		
編號	意見內容	意見回覆
1	建議團隊於期末報告第一章，加強論述計畫研究立場是從政府部門、民間部門，又或是推動創新科技，因不同角色將影響後續成本、商業模式、配套措施之差異。	感謝委員指導。本計畫係以政府部門立場作為切入點，聚焦於無人機導入「偏鄉緊急運補」及「離島物流配送」之相關規劃。已加強相關內容於報告書第一章。
2	期末報告內容說明是以垂直起降無人機作為起降場規劃，但導入無人機型以多旋翼機為主，兩者論述之間是否存在落差？請補充說明。	感謝委員指導。由於未具備垂直起降功能之無人機將倚賴具備跑道的起降場，屆時起降場占地可能較大，未必符合臺灣地狹人稠之特性，因此本計畫係以導入具備垂直起降功能之無人機為主，而在報告書 3.2.1 節 3.2-1 之無人機基本性能彙整表可見 4 架無人機包括多旋翼、單旋翼、直升機機型，皆具備垂直起降功能，故前後論述相吻合。
3	建議團隊後續將物流服務各項需求項目納入規劃考量，以便於驗證無人機應用於物流作業的可行性，如物流包裹包裝不僅限於現有框架，而是透過測試驗證計畫提出無人機物流需求規格。	感謝委員指導。有關透過測試驗證計畫提出無人機物流需求項目與規格，可藉由第二期計畫累積多次物流運送經驗及測試數據後，再進行相關規劃。
4	建議團隊針對離島東北季風問題，可補充說明透過測試驗證計畫結果，提出每年建議使用無人機進行離島物流運送的時間；以及針對偏鄉山區存在纜線影響飛航安全，透過測試驗證計畫結果，可提出因應對策。	感謝委員指導。本計畫離島場域為澎湖，事前調查及實地場勘得知澎湖地區每年約從 10 月至隔年 2 月是受東北季風影響最甚時期，而本計畫實際前往澎湖進行試飛約為 12 月至 1 月，風速經常達 7 級風以上。從本計畫累積之經驗，後續第二期計畫如需在澎湖試飛，將設定在 9 月以前完成試飛。本計畫偏鄉場域擇定為花蓮，透過實地場勘及事前調查，將有可能影響飛航安全之障礙物進行記錄，並於實際試飛時避開，相關紀錄可參考場勘紀錄表。後續第二期計畫仍將透過場勘及調查，確認航線上是否有相關障礙物可能影響飛航安全。
5	期末報告有彙整國內外相關法令規範，團隊是否可針對無人機進行偏鄉離島物流運送，歸納提出法規具體建議。	感謝委員指導。有關無人機於偏鄉離島物流運送之具體法規建議，可透過第二期計畫累積多次物流運送經驗及測試數據後，再進行相關內容研擬。

6	本計畫若有執行試飛任務失敗的經驗，也可納入期末報告作為後續研究計畫借鑑。	感謝委員指導。由於本計畫在實際場域試飛次數較少，且試飛前必須層層通過民航局之審查才能准予試飛，因此，每一次試飛皆是在機型已做好完整準備下才執行，故試飛過程中，尚未有失敗案例。後續第二期計畫將於實際場域進行多次試飛，透過蒐集更多飛行數據，有效分析試飛時可能產生之問題並加以改善。
7	建議團隊透過本計畫測試驗證計畫結果，補充說明無人機進行偏鄉離島物流運送之限制條件，如氣候條件影響。	感謝委員指導。本計畫在規劃起降點、投遞點、航線時，已將可能影響試飛的限制條件透過實際場勘進行紀錄，並於報告書 3.3.3 節彙整偏鄉、離島物流運送之航線，評估較為合適之航線作為試飛方案。

(七) 洪委員玉芬		
編號	意見內容	意見回覆
1	國內尚未有無人機噪音規範，建議團隊可蒐集國際通用標準，納入後續研究參考。	感謝委員指導。本計畫參考 EASA 於 2023 年 6 月發布 600 公斤以下無人機噪音量測標準，進行無人機噪音量測，並將量測結果紀錄於報告書 3.4.2 節，供相關主管機關進行參考。然有關擬定噪音規範及採用標準，建議係以主管機關研擬並發布規範為主。
2	建議團隊將航線中繼站納入規劃考量，可作為後續緊急應變或通訊中斷情境的因應對策。	感謝委員指導。配合本計畫後續執行，將持續記錄各場域訊號狀況及場域可達性，期能逐步建立可供實際事件發生時的中繼點參考。而第二期計畫將進行多趟次飛行測試，故可深化以小型無人機先行勘測航道及卸載點/降落點情況，確認可執行任務後，再由物流無人機進行物資派送的緊急運送模式。
3	無人機物流運送應用於緊急應變、政府部門、民間部門等，對於成本考量將有差異，建議團隊後續可納入評估，作為未來編列預算執行計畫之參考應用。	感謝委員指導。有關無人機導入物流運送之成本估算，後續可於第二期計畫藉由累積物流運送經驗及測試數據，進而評估服務投入成本。
4	簡報 55 頁，團隊能否提出未來 UTM 權責管理單位之構想？請補充說明。	感謝委員指導。參考國際 UTM 發展模式，多是由空域主管機關(如美國 FAA、歐盟 EASA)制定規範，再由飛航

		資訊服務單位(如德國 DFS)以適應當地現況及制度的方式，新、增設無人機服務單位，過程均涉及政府組織改造或政策預算等議題，詳見期末報告 2.1.1 節。 考量本計畫的議題設計及服務模式規劃皆有所針對，雖廣義的 UTM 系統有其功能的共通性，但仍較難直接由本計畫實踐結果提煉出宏觀且完善的 UTM 組織構想，僅可歸納相關文獻，初擬國內可能的發展方式，詳見期末報告第五章結論與建議。
5	期末報告建議未來無人機應用於離島物流運送，無人機性能應具備抗風 10 級以上為佳，請問國內目前已有相似類型？或是此建議是針對未來開發方向進行建議？請補充說明。	感謝委員指導。以本計畫為例，各家廠商導入之 4 款無人機機型之抗風能力約為 6 至 7 級風，尚未具備抗風達 10 級以上之能力。 透過離島試飛得知澎湖地區東北季風強，冬季經常面臨風浪過大導致船隻無法航行，只能停駛並等待風浪趨緩時再出航，因此，未來無論是廠商或政府欲在澎湖投入無人機物流運送，仍將面臨冬季風勢過大的情境。建議未來我國無人機除了發展高載重、長續航、安全等項目發展外，無人機抗風能力也有待加以突破。
6	建議團隊補充說明場域基礎建設未來權責管理單位之分工建議構想。	感謝委員指導。由於本計畫係完成偏鄉及離島場域之起降場地等基礎設施整備，並藉此規劃未來起降場之空間及基礎設施規劃。然而，考量我國尚未針對起降場有明確的基礎設施整備規範，相關權責難以釐清，建議後續第二期計畫可持續蒐集主管機關發布之最新資訊，並規劃權責管理單位之分工建議初步構想。

(八) 林委員立富		
編號	意見內容	意見回覆
1	中華郵政於偏鄉物資運補不僅於花蓮瑞穗，如萬榮、秀林等也曾是災害後運補困難之地區；另過年期間如綠島、蘭嶼等離島部分航班與船班停駛，對於中華郵政物流運送亦會造成服務中斷。因此建議團隊後續在可控	感謝委員指導。有關偏鄉離島物流運送的驗證場域，後續可於第二期計畫評估新增其他驗證場域的可行性，並於多趟次飛行時進行辦理。

	之航線距離下，可將上述需求納入新增其他實際場域之考量。	
2	請問團隊於期末報告後續建議提出可研擬其他物流包裹類型是包含哪些類型？請補充說明。	本期計畫係以中華郵政、醫療及消防單位作為優先規劃重點，並以中華郵政之既有箱型作為載貨驗證箱型。後續則可於第二期計畫進一步掌握國內物流業者需求，進行其他物流包裹類型的盤點，並評估導入運送服務測試驗證之可能性。
3	若要實現商業運轉持續營運，成本是重要因素，請團隊後續納入考量。	感謝委員指導。第二期計畫將藉由累積物流運送經驗及測試數據，評估服務投入成本，進而研提計價模式及常態營運機制。

(九) 陳委員大中		
編號	意見內容	意見回覆
1	期末報告第二章已有回顧國際 UTM 發展，建議團隊可針對國際案例進行組織面、營運面、法制面等進行補充說明，作為國內推動參考應用。	感謝委員指導。已補充美國及歐盟等地有關 UTM 框架訂定、空域主管機關及無人機管理系統等內容，詳見期末報告 2.3 節。
2	期末報告第三章已有勾勒 UTM 系統架構，並針對功能需求進行開發說明，建議團隊後續可具體說明 UTM 系統架構內容，如與外部系統介接之構想。	感謝委員指導。已補充說明本計畫 UTM 架構下，從無人機接收資訊至 UTM 平台顯示、並同步發送至物流管理系統等內容，詳見期末報告 3.2.5 節。
3	本計畫針對無人機進行偏鄉離島物流運送之服務模式規劃，政府部門參與角色較重，因此建議團隊後續能清楚地說明政府部門如何朝向此服務模式及 UTM 系統發展推動，以利其他政府部門參考依循。	感謝委員指導。考量本計畫的示範性及政府參與偏鄉離島無人機物流運送的必要性，本計畫規劃的服務模式仍以公部門或國營事業為參與主體。已補充後續推動的建議於報告書第五章；後續可於第二年期計畫進一步研析各利害關係人的需求及意見，提高落實的可行性。
4	本計畫執行試飛任務失敗經驗，亦可作為後續模式發展定位之參考評估。	感謝委員指導。由於本計畫在實際場域試飛次數較少，且試飛前必須層層通過民航局之審查才能准予試飛，因此，每一次試飛皆是在機型已做好完整準備下才執行，故試飛過程中，尚未有任務失敗的經驗。後續第二期計畫將於實際場域進行多次試飛，透過蒐集更多飛行數據，有效分析試飛時可能產生之問題，作為後續模式發展之參考評估。

5	期末報告 4-3 頁提到現民航局型式檢驗程序繁瑣，未來恐將阻礙無人機物流運送之商業發展。建議調整此文字說明。	感謝委員指導。已修改相關文字，詳報告書 4.1 節。
---	---	-----------------------------------

(十) 主席結論		
編號	意見內容	意見回覆
1	請團隊於期末報告修正定稿以專章摘錄計畫執行之經驗見解及未來挑戰。	遵照辦理。已將本計畫執行之經驗見解及未來挑戰補充於報告書 5.2 節。
2	請團隊於期末報告修正定稿針對本計畫工作需求履約符合程度進行補充說明，具體呈現已完成項目及未完成項目。	遵照辦理。已將本計畫工作需求履約符合程度補充於報告書 5.1 節。
3	有關本計畫工作成果是否符合勞務採購需求說明書之要求，授權業務單位於會後檢核，並於驗收時依契約規定辦理。	敬悉。
4	審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請鼎漢國際工程顧問股份有限公司研究團隊整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。
5	本計畫經徵詢審查委員意見，報告初稿審查通過，請鼎漢國際工程顧問股份有限公司研究合作團隊於 113 年 1 月 30 日(三)前提送報告書修正定稿。	遵照辦理。

附件三-期末報告審查會議



交通部運輸研究所

無人機偏鄉物流運送服務驗證計畫(1/2) ——服務模式規劃與系統發展——

【期末審查會議】

民國113年1月24日



目錄 CONTENTS

- 1 計畫概述
- 2 成果說明
 - 系統規劃
 - 服務模式
 - 場域試飛
- 3 後續建議



01

Chapter



計畫概述

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，導入無人機輔助於檢測作業流程**



計畫背景及目的



推動目的

- 以建立常態營運機制為目標之下，推動PoS驗證
 - ✓ 進行偏鄉緊急物資、離島日常物資運補之驗證服務
 - ✓ 以中華郵政作優先驗證對象
- 建立服務模式與試飛，累積測試數據及實作經驗
- 整備場域及基礎設施、完成服務模式及系統整合驗證



2022年桃園復興區場域驗證



2021年東港-小琉球場域驗證

5

計畫重點工作

- 1 導入物流型無人機進行測試，並申請檢驗
 - 4型測試驗證機型設計與開發
 - 辦理機型檢驗、能力審查
- 2 建立無人機物資運補服務模式與支援系統
 - 研提偏鄉及離島運補服務模式
 - 辦理無人機飛航管理系統(UTM)系統設計與開發
 - 辦理物流服務軟體系統設計與開發
- 3 完成封閉與實際場域試飛
 - 擇定偏鄉及離島實地驗證場域
 - 完成場域基礎設施整備
 - 完成封閉及實際場域試飛

年度	嘉義亞創(封閉場域)	偏鄉	離島
112年	25小時+UTM測試5小時	1次試飛+UTM測試	1次試飛+UTM測試
113年	-	2次試飛+飛行4小時	40天驗證日數+飛行160小時

6

計畫重要事紀 (1/2)



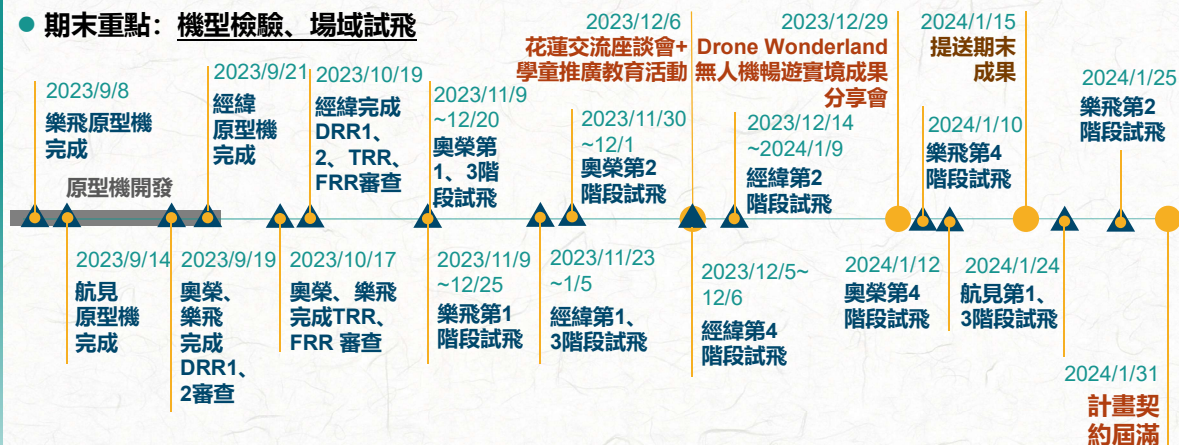
● 期中重點：訪談、場勘、原型機開發



7

計畫重要事紀 (2/2)

● 期末重點：機型檢驗、場域試飛



驗證試飛階段

第一階段驗證試飛
嘉義無人機亞創中心
(視距內)

第二階段驗證試飛
離島場域
(實際場域)

第三階段驗證試飛
嘉義無人機亞創中心
(視距內)

第四階段驗證試飛
偏鄉場域
(實際場域)

8

02 Chapter



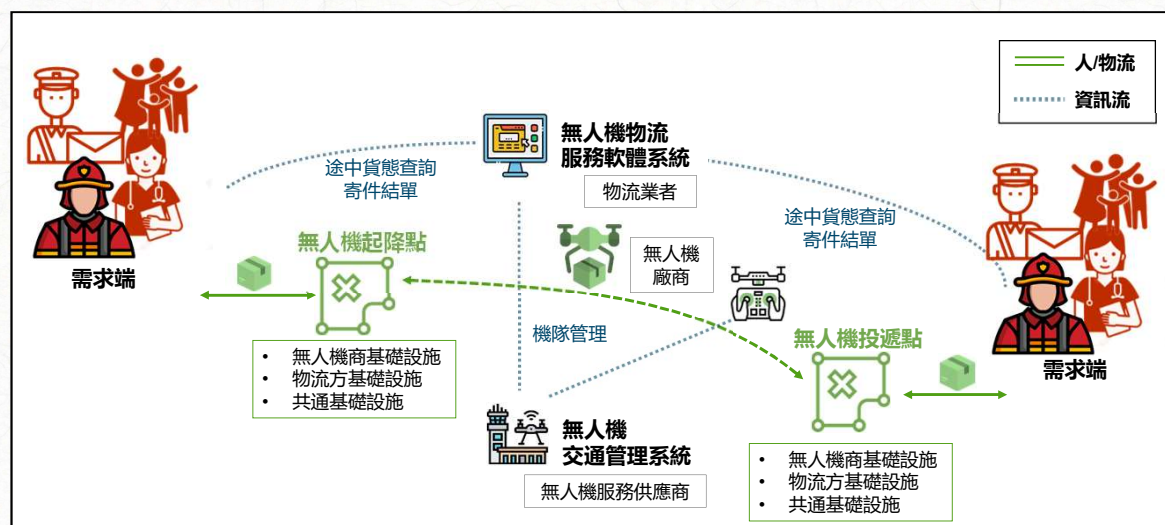
成果說明

- 系統規劃
- 服務模式
- 場域試飛

系統規劃

無人機運送活動相關參與者與功能

- 結合需求端及無人機運送，利用後勤資訊管理系統、完善基礎設施，確保整體運送安全及效率
- 本計畫優先以公部門導入無人機應用為示範案例



導入機型說明

- 導入4型無人機，滿足物流運送**性能需求**及**推動工作時程**

奧榮 Gryphon EX



經緯 ALPAS-C2 Plus



航見 HJ-CH-47



樂飛 A616NEO+



計畫性能需求

機型種類	-	六軸多旋翼	單旋翼	直升機	六軸多旋翼
滯空時間	50分鐘以上	60分鐘(空載)	50分鐘(空載)	60分鐘(空載)	50分鐘(空載)
導控距離	25公里以上	25公里	30公里	25公里	30公里
抗風能力	6級以上	6級	6級	7級	6級
動力系統	電力/燃油/混合動力	電力	電力	電力	電力
貨物酬載重量	5公斤以上	5公斤	5公斤以上	15公斤	60公斤
最大起飛重量	-	30.5公斤	32公斤	50公斤	149公斤
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物能力	具備全自動卸載貨物能力，採降落後釋放	具備全自動卸載貨物功能，採釋放鉤、低空拋擲及落地卸貨	具備全自動卸載貨物能力，採降落後釋放	具備全自動卸載貨物功能，採貨盤及投擲器施放
自動飛行	具備全自動飛行能力	皆具備全自動卸載貨物功能、全自動飛行能力、網路(4G/5G)射頻識別能力			
射頻識別	具備射頻識別功能				

11

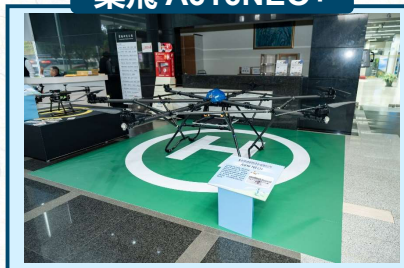
導入機型實機

- 藉由112/12/29成果發表會，成功展示國產物流機開發量能

奧榮 Gryphon EX



樂飛 A616NEO+



經緯 ALPAS-C2 Plus



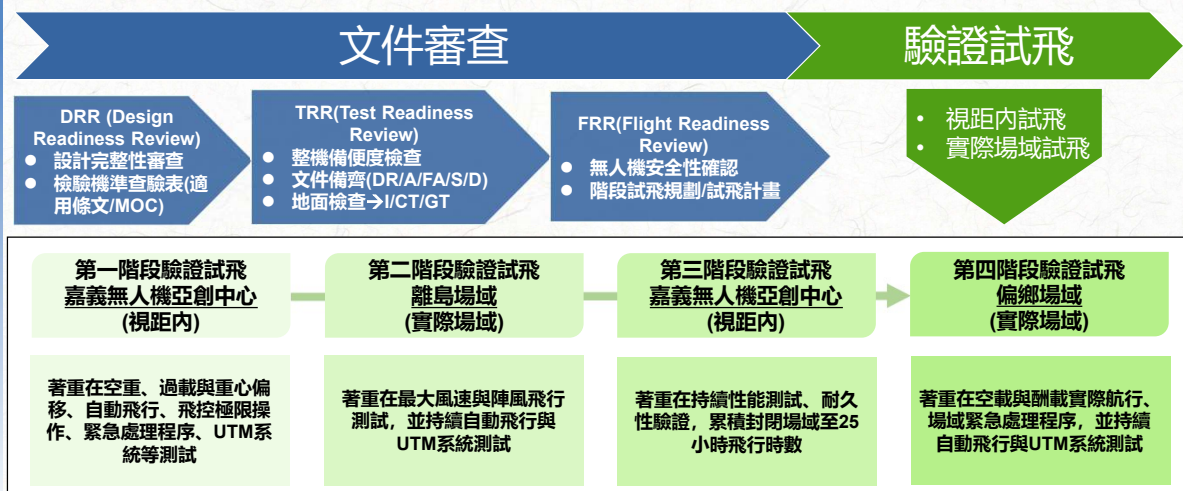
航見 HJ-CH-47



12

機型檢驗及驗證試飛

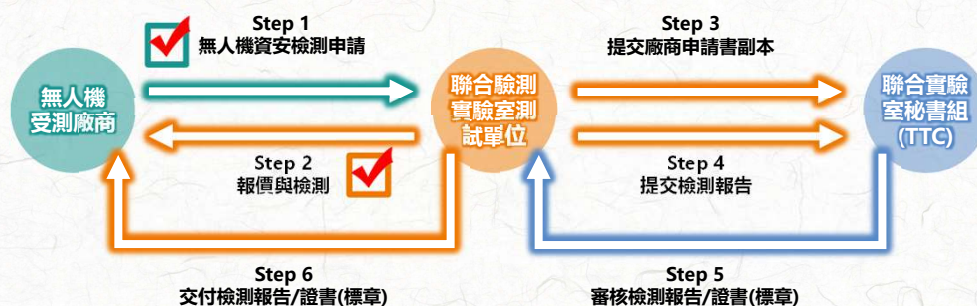
- 4家無人機廠商使用之機型皆已向交通部民航局提交機型檢驗查檢表
- 3家機型皆執行**嘉義亞創、離島及偏鄉場域**驗證試飛，航見使用機型已執行**嘉義亞創**驗證試飛



13

資安檢驗

- 本計畫無人機飛經紅區或重量達 25公斤以上，以通過無人機資安檢測之**中階等級**為目標
- 各廠商**皆已完成資安檢測的申請**，並獲得聯合驗測實驗室測試單位的報價單
- 113年度將辦理無人機送檢作業

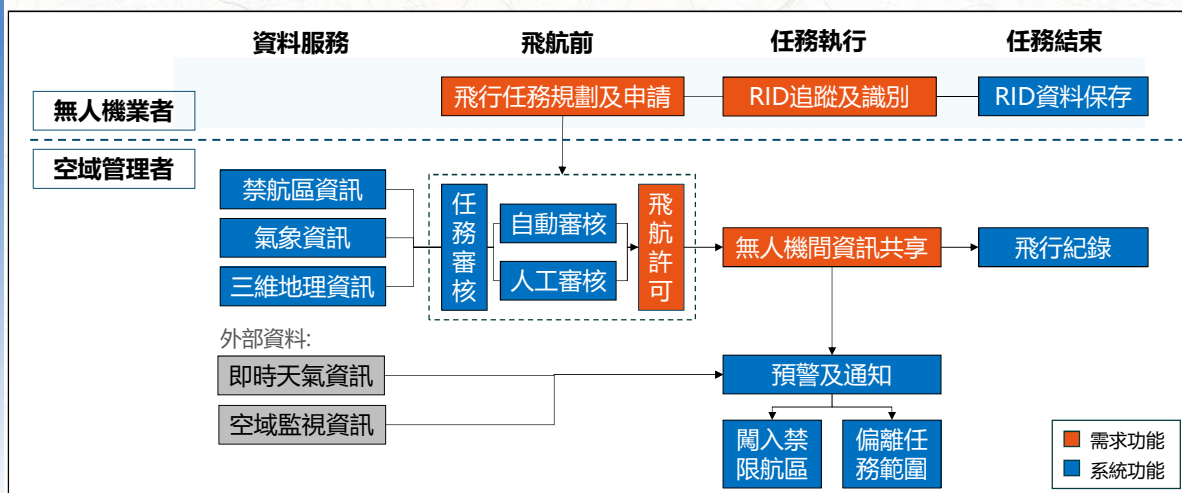


廠商/機型	聯合驗測實驗室測試單位	報價單取得
奧榮科技Gryphon EX+	電信技術中心	2023年12月
樂飛創新A616 NEO+	鑑智實相科技	2023年11月
經緯ALPAS C2 Plus	安華聯網科技	2023年11月
航見科技HJ-CH47	中華資安國際	2023年10月

14

無人機飛航管理系統功能

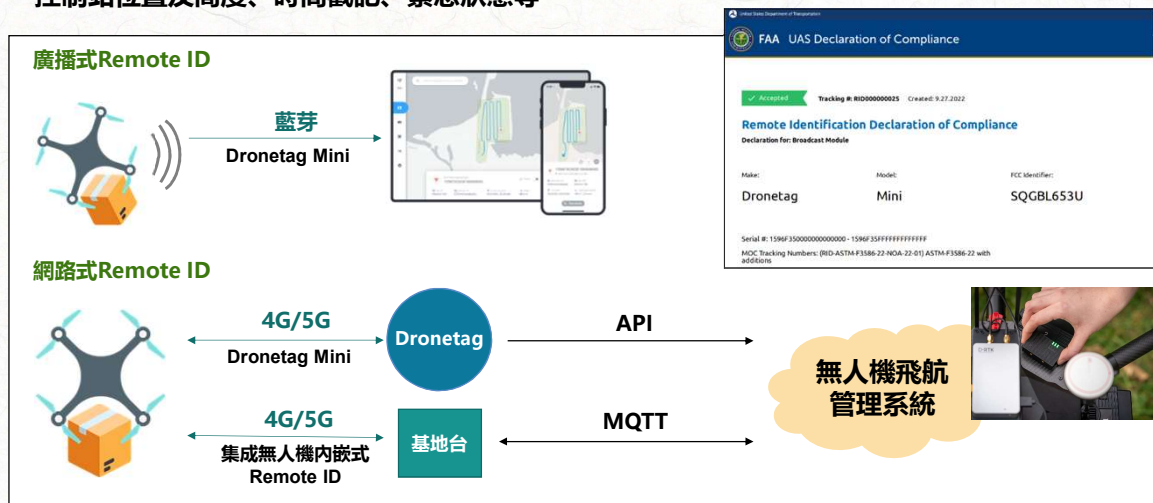
- 參考美國ASTM F3548-21規範，確保具備**任務規劃、飛航許可、追蹤識別、無人機間資訊分享**的UTM平台並測試驗證
- 導入**已開發成熟**之飛航管理系統 (租用中華電信UTM系統)，不與民航局等官方管理系統介接



15

射頻識別規劃

- 採**廣播式及網路式射頻識別**併行，探索未來物流運送模式的可能性
- 依據美國ASTM F3411-22標準，提供無人機ID、無人機位置、高度、姿態、速度、控制站位置及高度、時間戳記、緊急狀態等

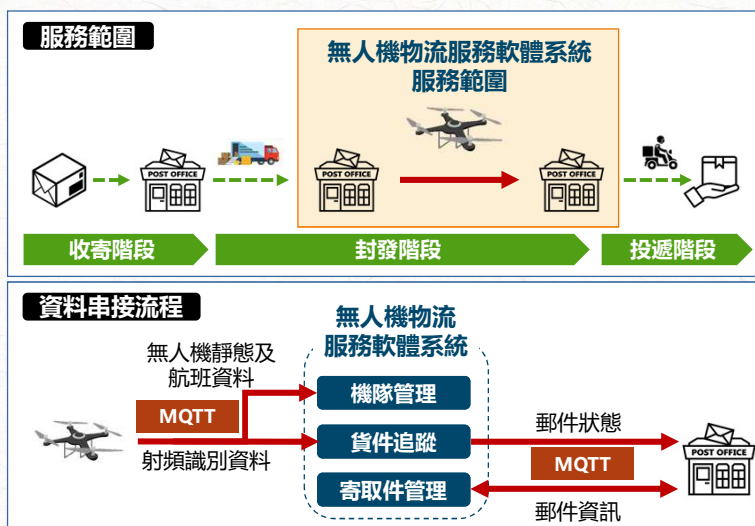


16

無人機物流服務軟體系統功能

- 以貨件承運者(無人機物流運營商)作為系統服務對象
- 提供查詢貨件位置、狀態資訊及寄取件管理

以運送郵件為例



寄取件資料欄位規劃表

項次	欄位名稱	欄位 中文名稱	型態
1	MAILNO	貨件號碼	NVARCHAR
2	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR
3	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR
4	MAIL_DEPART URE_TIME	收件時間	DATETIME
5	MAIL_DEPART URE_PLACE	收件地點	NVARCHAR
6	MAIL_ARRIVAL _TIME	交件時間	DATETIME
7	MAIL_ARRIVAL _PLACE	交件地點	NVARCHAR
8	POSWGT	重量	REAL
9	STATUS	狀態	NVARCHAR
10	TimeMark	時間標記	DATETIME

17

物流運送服務模式評估 (1/3)

- 選定國外偏鄉、離島相關測試案例，掌握運送服務模式、貨種、包裹重量、服務範圍、投遞方式

偏鄉測試案例	案例名稱	無人機廠商	服務模式	貨物種類	包裹重量	服務範圍	投遞方式	航線規劃(起迄點)
	日本郵政在東京奧多摩町展開首次有人區上空飛航	ACSL	樞紐至家戶	生活用品	1Kg	4.5km	降落放置	郵局屋頂 家戶旁的庭院
	樂天在白馬村山地利用無人機送貨	Rakuten	樞紐至設施	生鮮食品、飲料、醫療物資	7 kg	10km	降落放置	山下空地 山中小屋旁的空地
離島測試案例	案例名稱	無人機廠商	服務模式	貨物種類	包裹重量	服務範圍	投遞方式	航線規劃(起迄點)
	豐田集團在五島列島展開無人機物流	Zipline	樞紐至設施	日用品、藥品	1.8 kg	80 km	空投降落	飛航基地 漁港、港灣的空地
	樂天用無人機跨海送商品給離島遊客	Rakuten	樞紐至設施	生鮮食品、日用品、救急用品	7 kg	10 km	降落放置	超市附近空地 海邊空地



18

物流運送服務模式評估 (2/3)

- 國內案例皆為 **點到點 概念驗證階段**，**載重測試已達5kg以上、距離測試已達20km**

【IPP驗證離島物流配送】



- 場域：離島 (東港-小琉球)
- 驗證階段：概念驗證
- 載重：5 kg以上(最重 9.85 kg)
- 續航：單程 13.3 km

【普及智慧城鄉生活應用計畫】



- 場域：偏鄉 (新竹尖石鄉)
- 驗證階段：概念驗證
- 載重：7 kg以上
- 續航：單程 21 km

【IPP II驗證偏鄉物流配送】

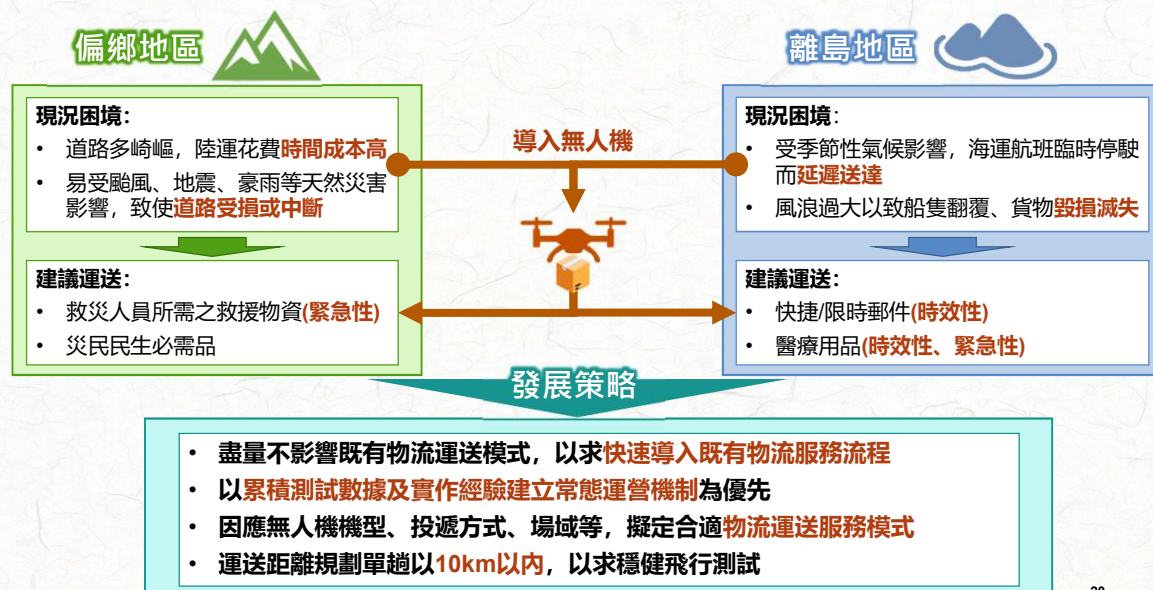


- 場域：偏鄉 (桃園復興鄉)
- 驗證階段：概念驗證
- 載重：5 kg以上(最重 16 kg)
- 續航：半徑 22 km

19

物流運送服務模式評估 (3/3)

- 優先掌握**地方政府、消防救災單位、醫療單位、中華郵政**的需求，研擬服務模式



20

物流運送服務模式驗證情境

- 依不同驗證情境，定位無人機運送參與者角色，利於後續作業流程規劃

偏鄉
緊急物資



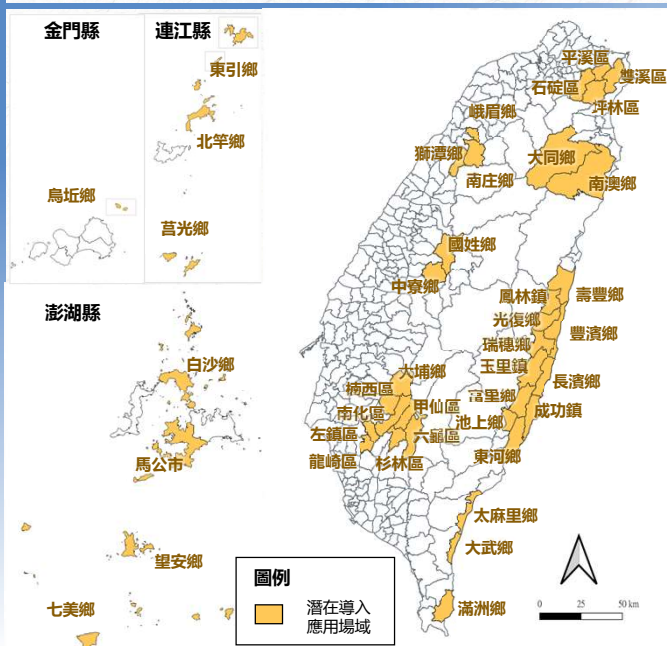
離島
日常物資運補



服務模式	偏鄉緊急物資	離島日常物資運補
導入情境	- 災情及起降場地勘查 - 聯外道路阻斷 - 橋梁斷裂	離島間常態性運補
運送物資類型	- 救災人員救援物資 - 災民民生必需品	- 快捷郵件 - 醫療用品
參與者	- 內政部消防署 - 地方消防局、公所 - 無人機運營廠商 - 無人機服務供應廠商	- 離島郵局、代辦所 - 地方衛生所、藥局 - 無人機運營廠商 - 無人機服務供應廠商

21

潛在實際場域評估



偏鄉

評估指標	指標說明
聯外交通可及性	行政區之縣、鄉道路數量
醫療資源可近性	行政區之全民健康保險醫療資源缺乏
郵局服務可近性	行政區之郵局營業據點數量

離島

評估指標	指標說明
聯外交通可及性	島嶼與離島本島的運輸方式
郵局服務可近性	島嶼郵局營業據點數量
醫療資源可近性	島嶼有無醫療院所
常住人口與否	島嶼是否有常住人口

3場中華郵政訪談、地方政府需求訪談

選定花蓮、澎湖
作為優先場域驗證規劃

22

航線及起降地方案規劃

① 航線方案評估

評估指標		說明
需求面		評估當地居民需求量
技術面	距離	以10公里為門檻，評估無人機所需續航力
	爬升坡度	評估無人機所需瞬間爬升程度
	通訊	評估場域通訊品質
空域風險面		評估飛航空域活動限制程度

② 起降地評估

評估指標		說明
場地周邊風險	人員	評估場地周邊民眾受影響程度
	場所	評估場地周邊既有設施受影響程度
場地空間安排	淨空安全範圍	評估場地能否規劃淨空安全範圍
	整地需求	評估場地是否需整地
	整備存放空間	評估場地可否提供無人機整備、包裹存放空間
	交通條件	評估場地進出、停車空間條件
場地設施條件	水電設施供給	評估場地是否具備水電設施
	通訊品質	評估場地通訊品質
場地可用時間	可供飛航活動時間	評估場地可供飛航活動時間

23

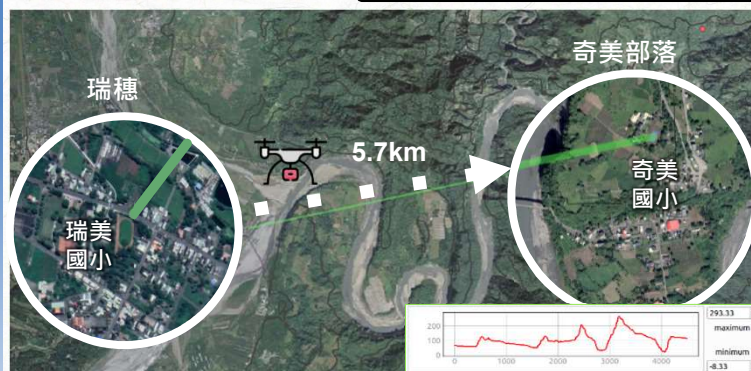
場勘與局處訪談

				花蓮場域 4次場勘 + 花蓮縣政府建設處 交通科、消防局 訪談
				
澎湖場域 2次場勘 + 澎湖縣政府旅遊處、 衛生局、澎湖郵局 郵務科訪談				
				

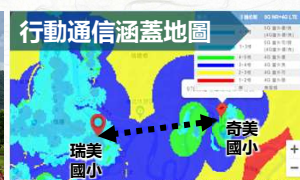
24

花蓮場域 - 聯外道路阻斷情境試飛規劃

瑞穗-奇美部落航線及起降地



評估層面		瑞穗-奇美部落
需求面	需求對象	當地居民約500人
	需求物品	緊急醫療物資 (奇美衛生室醫護人員可接收)
	需求量	常態性，需求較高
技術面	距離(單趟)	直線飛行5.7公里
	爬升坡度	海拔落差約270公尺
	通訊	航程可維持4G通訊
空域風險面		無涉及禁、限航區



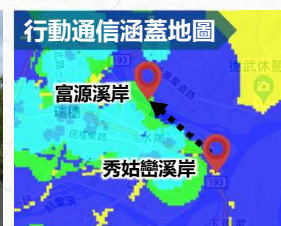
25

花蓮場域 - 橋梁斷裂情境試飛規劃

秀姑巒溪岸-富源溪岸航線及起降地



評估層面		瑞穗-奇美部落
技術面	距離(單趟)	直線飛行920公尺
	爬升坡度	海拔落差約6.94公尺
	通訊	航程可維持4G通訊
空域風險面		無涉及禁、限航區



26

偏鄉緊急運補服務模式

緊急物資

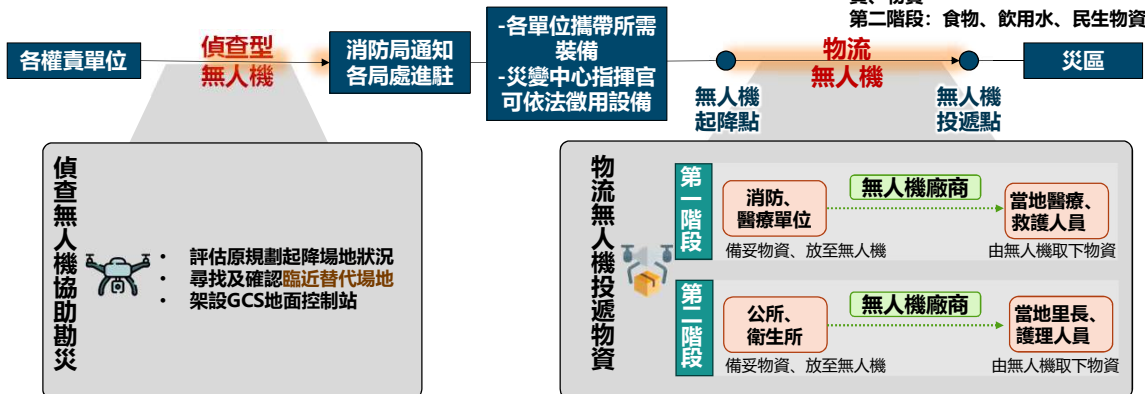
- 1 災情蒐集、通報
- 2 災害應變中心成立
- 3 搜救及緊急醫療救護
- 4 緊急運送

內政部、經濟部、交通部、國防部、地方政府...等

災變中心、義消、社會處、民政課

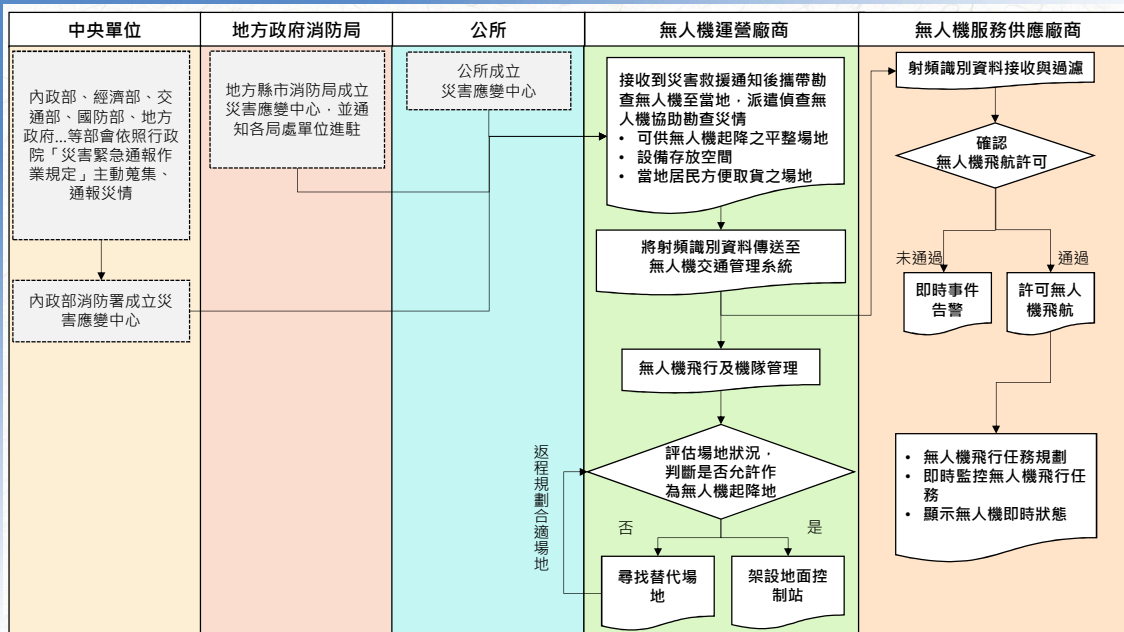
消防單位、公所

視情況動用飛機、直升機勘察



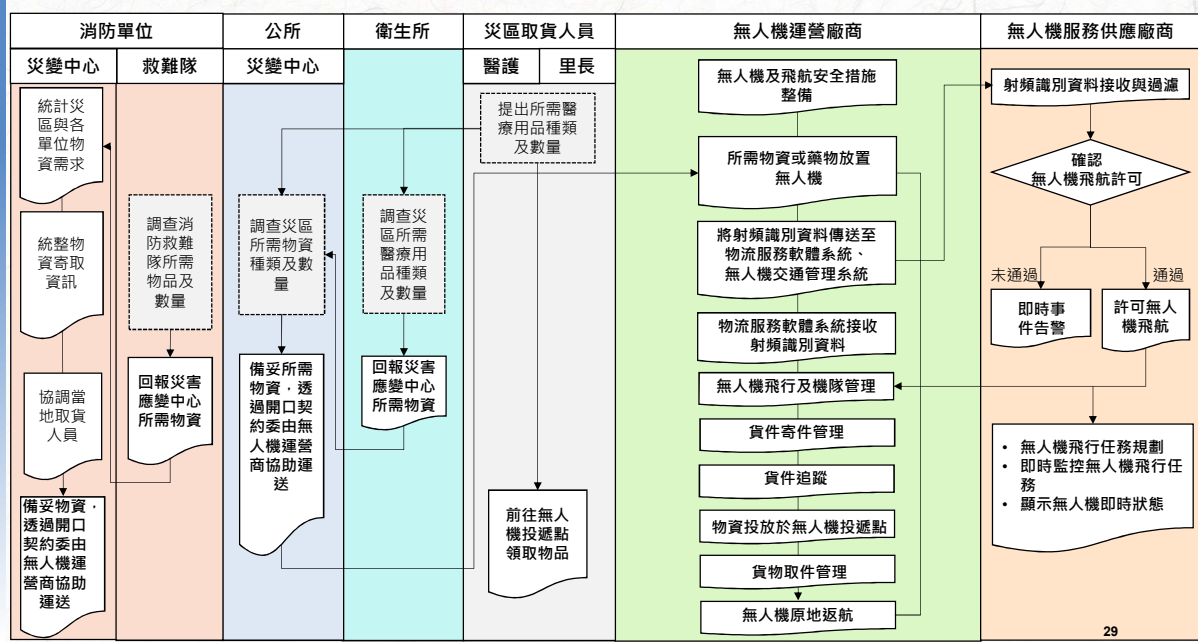
27

無人機災害勘查作業流程



28

無人機運送物資作業流程



花蓮飛行成果

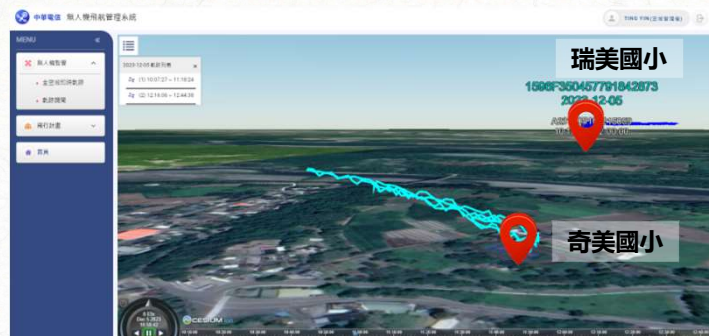
花蓮瑞穗視距內試飛(瑞美國小、奇美國小)



日期：2023/12/5~12/6
天氣：陰天
風速：1.0m/s
載重：5.0公斤
飛行時間：5-23分鐘

測試流程

1. 空載：檢視飛行呈正常姿態
2. 酬載：運送酬載5公斤貨物，確認實際運補實之運補狀態



影像紀錄



花蓮飛行成果

花蓮瑞穗視距內試飛(遊客中心旁空地至道路終點)



樂飛 A616NEO+

日期: 2024/1/10
天氣: 陰天
風速: 2.0m/s
載重: 5.0公斤
飛行時間: 6-9分鐘

測試流程

1. 空載: 確認航線及實際環境
2. 酬載: 運送酬載5公斤貨物, 確認實際運補實之運補狀態



影像紀錄



31

花蓮飛行成果

花蓮瑞穗視距外試飛(瑞美國小至奇美國小)

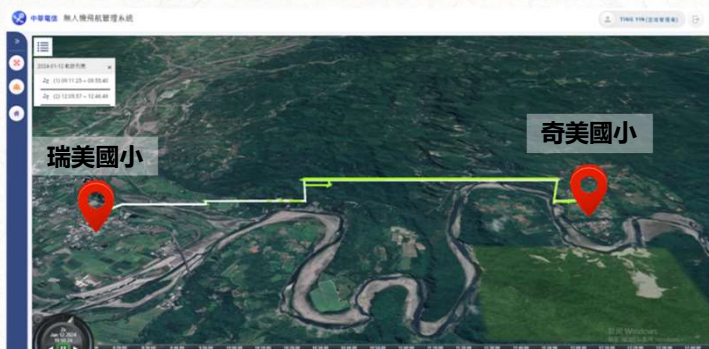


奧榮 Gryphon EX

日期: 2024/1/12
天氣: 陰天
風速: 3.7m/s
載重: 5.3公斤
飛行時間: 34-38分鐘

測試流程

1. 場地作業安全整備
2. 依循飛行計畫設定自動飛行航點, 不卸載貨物



影像紀錄



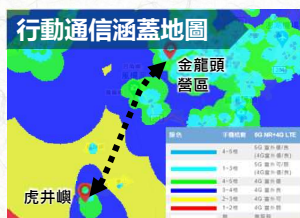
32

澎湖場域 - 離島間常態性運補情境試飛規劃

馬公-虎井嶼航線及起降地

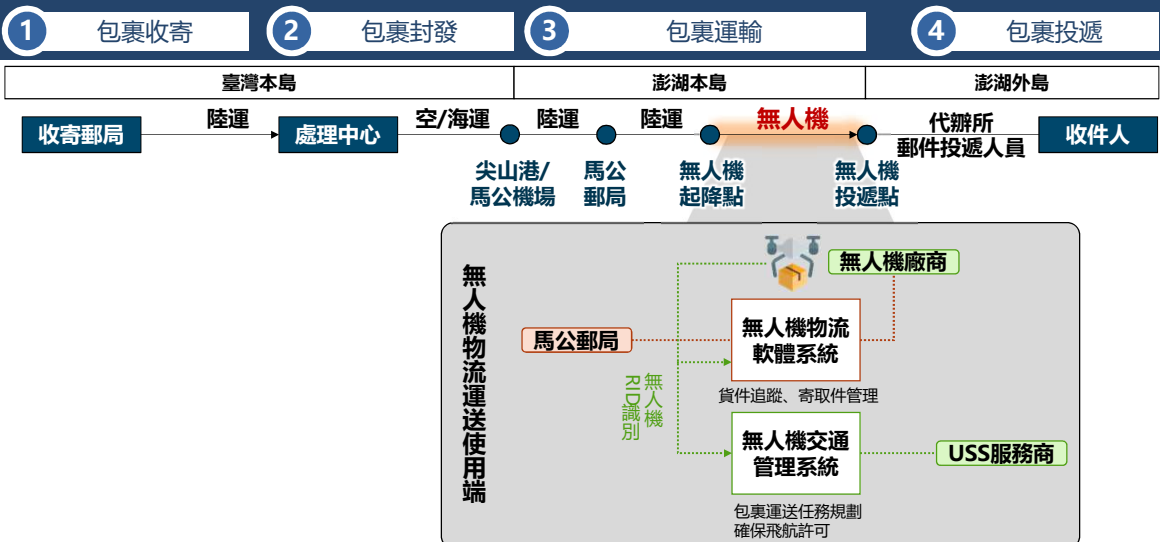


評估層面		馬公-虎井嶼
需求面	需求對象	戶籍人口約900人
	需求物品	郵件、醫療用品
	需求量	常態性，需求量適中
技術面	距離(單趟)	9.7公里(避開陸地飛行)
	爬升坡度	海拔落差約7.49公尺
	通訊	航程可維持4G通訊
空域風險面		涉及商港、禁航區，須提出活動申請及操作限制排除

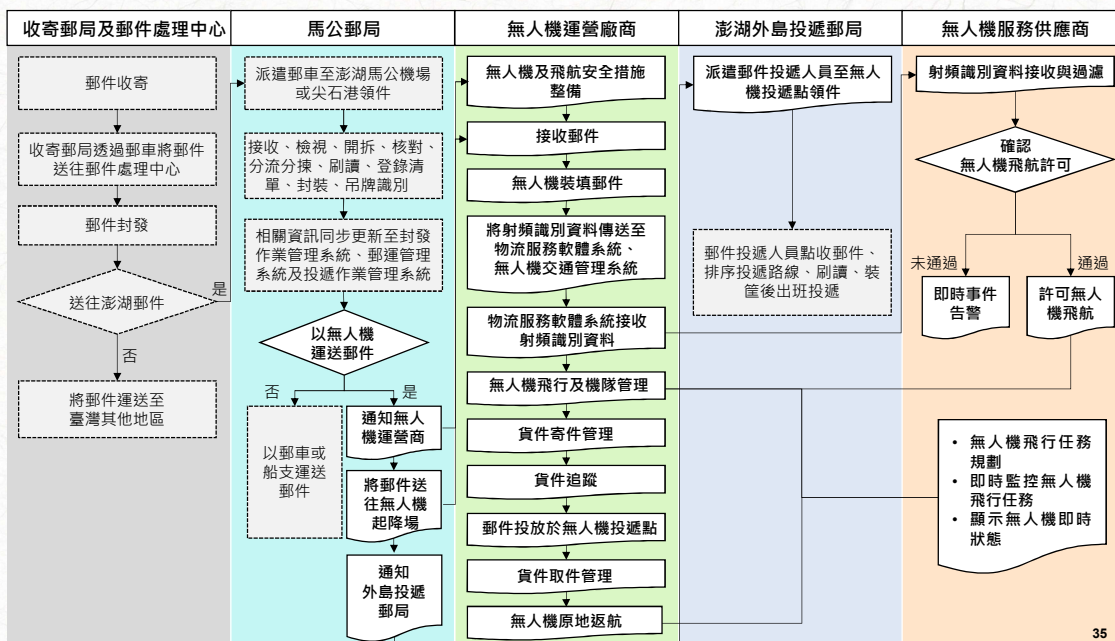


離島快捷郵件運送服務模式

快捷/限時郵件



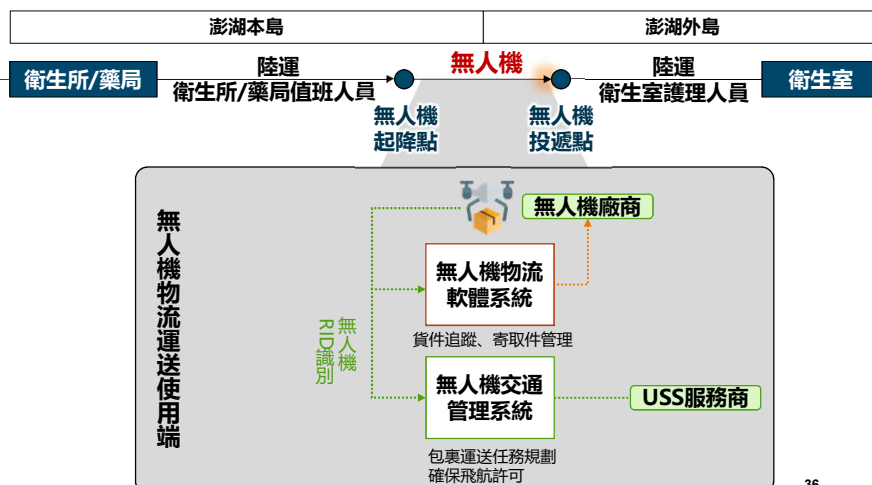
無人機運送快捷郵件作業流程



35

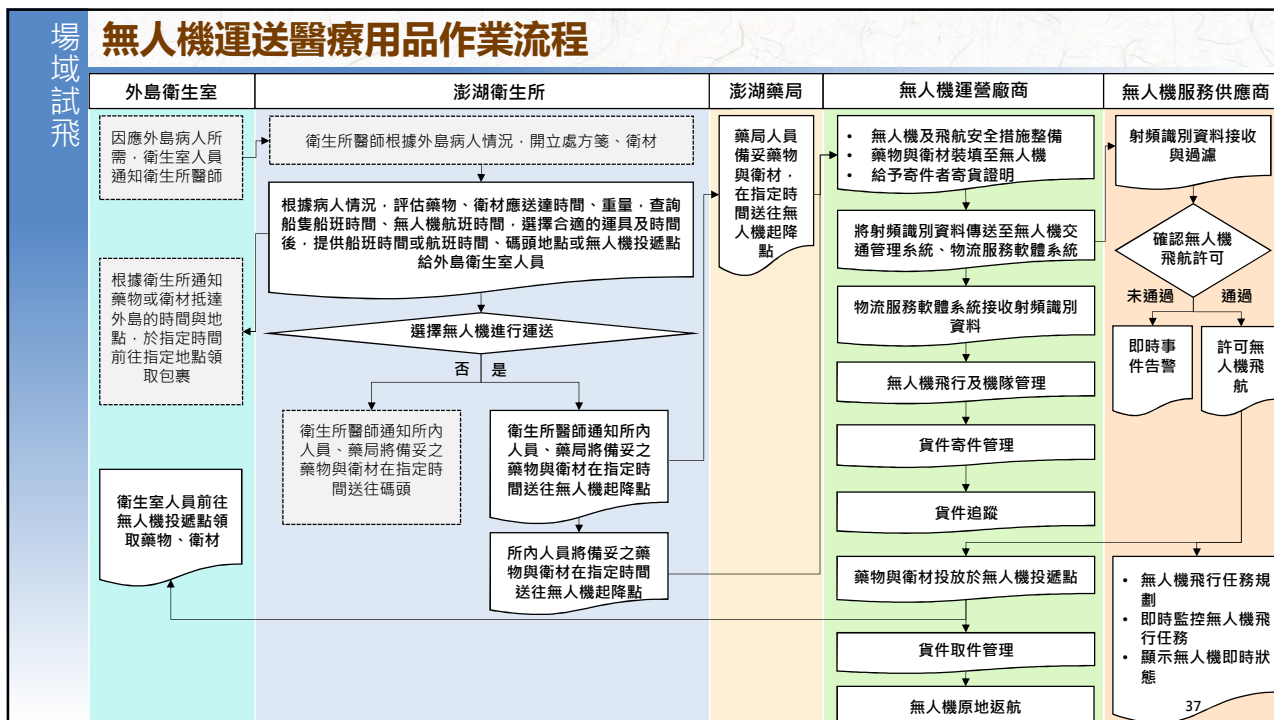
離島醫療用品配送服務模式

非常備藥品/急用衛材



36

無人機運送醫療用品作業流程



澎湖飛行成果

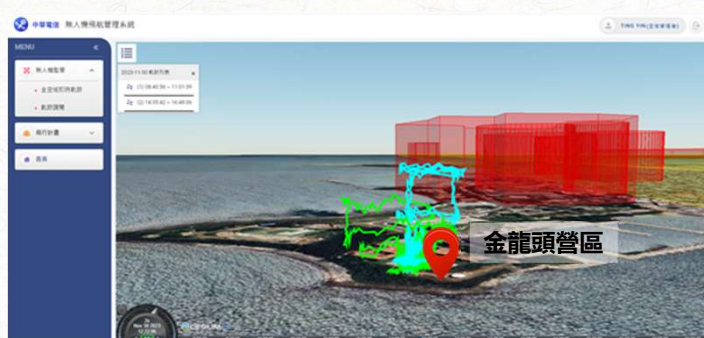
澎湖馬公視距內試飛(金龍頭營區)



日期：
2023/11/30~12/1
天氣：晴天
風速：14.6m/s
載重：5.0公斤
飛行時間：10分鐘

測試流程

1. 檢測當日風速、最大陣風
2. 無人機升空飛測最大抗風能力



澎湖飛行成果



澎湖馬公視距內試飛(金龍頭營區)

日期: 2023年12月14日
天氣: 晴天
風速: 3.1m/s
載重: 5.0公斤
飛行時間: 10分鐘

測試流程

1. 檢測當日風速、最大陣風
2. 無人機升空飛測最大抗風能力



影像紀錄



39

嘉義亞創飛行成果



1. 累積超過25小時試飛
2. 使用射頻識別功能超過5小時，並進行UTM測試
3. 進行多機測試，驗證射頻識別及UTM功能能正常運作



40

無人機性能需求檢核

- 透過執行試飛，驗證奧榮、經緯、樂飛導入之無人機機型皆已達成性能需求

奧榮 Gryphon EX



樂飛 A616NEO+



經緯 ALPAS-C2 Plus



航見 HJ-CH-47



計畫性能需求		場域試飛成果			
滯空時間	50分鐘以上	53分鐘(酬載5公斤)	51分鐘(酬載5公斤)	61分鐘(酬載5公斤)	-
導控距離	25公里以上	47公里	25公里	47公里	-
抗風能力	6級以上	7級	6級	6級	-
動力系統	電力/燃油/混合動力	電力	電力	電力	-
貨物酬載重量	5公斤以上	5公斤	5公斤以上	5公斤以上	-
貨物投遞機制	具備全自動卸載貨物能力	皆具備全自動卸載貨物能力			
自動飛行	具備全自動飛行能力	皆具備全自動飛行能力			
射頻識別	具備射頻識別功能	皆具備藍芽及網路(4G/5G)射頻識別能力			

41

系統需求規格

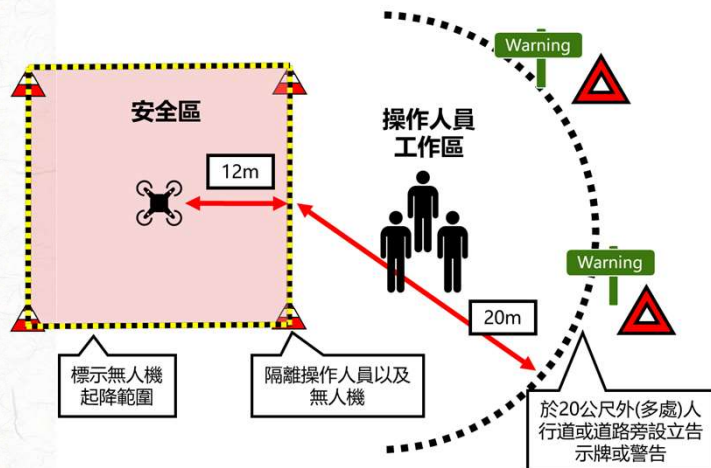
- 依偏鄉、離島不同驗證情境，研提**無人機系統需求規格**
- 回顧國際案例，**降低載重門檻，增加可投入之機型**；再依本案規劃之航線，**降低續航、遙導控距離，以符合實際場域現況**

系統需求	偏鄉緊急物資 	離島日常物資運補 
無人機軟硬體系統	- 載重: 1-5公斤 - 續航: 5公里(單趟) - 抗風: 5~6級風 - 遙導控距離: 5公里 - 射頻識別功能: 需可串接系統, 供追蹤及識別 - 自動化飛行: 需具備 - 自動卸載貨物能力: 需具備	- 載重: 1-5公斤 - 續航: 10公里(單趟) - 抗風: 6級風 - 遙導控距離: 10公里 - 射頻識別功能: 需可串接系統, 供追蹤及識別 - 自動化飛行: 需具備 - 自動卸載貨物能力: 需具備
無人機物流軟體服務系統	- 貨件追蹤: 需能呈現包裹狀況(已寄件、已取件、配送中、包裹即時點位) - 寄取件管理: 紀錄無人機寄取件資訊(無人機編號、收件時間、收件地點、交件時間、交件地點、貨件號碼、重量) - 機隊管理功能串接: 無人機ID、位置、速度、高度、控制站位置和標高、時間標記、緊急狀態	- 貨件追蹤: 需能呈現包裹狀況(已寄件、已取件、配送中、包裹即時點位) - 寄取件管理: 紀錄無人機寄取件資訊(無人機編號、收件時間、收件地點、交件時間、交件地點、貨件號碼、重量) - 機隊管理功能串接: 無人機ID、位置、速度、高度、控制站位置和標高、時間標記、緊急狀態
無人機交通管理系統	- 空域管理: 任務規劃及申請、飛航許可 - 補充資料服務供應: 禁航區資訊、氣象資訊、三維地理資訊 - 無人機間資訊共享: 飛航許可後、任務執行時, 空域管理者登入系統可顯示所有無人機Remote ID軌跡	- 空域管理: 任務規劃及申請、飛航許可 - 補充資料服務供應: 禁航區資訊、氣象資訊、三維地理資訊 - 無人機間資訊共享: 飛航許可後、任務執行時, 空域管理者登入系統可顯示所有無人機Remote ID軌跡

42

試飛場域基礎設施規劃

- 根據導入無人機機型大小(最長3.68公尺), 並以FAA發布標準規劃以**機型長度3倍長**的安全區範圍
- 試飛場域基礎設施整備原則**以使用既有設施為主**, 不足處再由計畫整備



本計畫偏鄉及離島試飛場域		
基礎設施項目	既有設施替代	預計整備設施
地面安全隔離	-	放置三角錐及告示牌
充換電設備	V	-
人員整備空間	V	視需求, 搭建簡易遮棚、桌椅
地面導控站	V	視需求, 搭建簡易遮棚、桌椅
貨物存放空間	V	-
無人機與設備存放空間	V	-
通訊基地站	V	-
噪音監測設備	-	準備分貝計
微氣象設備	-	準備風速計
緊急救援設備	-	準備滅火器
照明系統	V	-
停車空間	V	-

43

未來場域基礎設施規劃

- 依據FAA發布標準進行起降區、最後進離場區、安全區空間規劃, **符合國際標準**
- 搭建倉庫、辦公室做為人員、貨物、相關設備之整備空間
- 置放噪音監測設施、微型氣象站, **提升無人機安全性並保障民眾生活品質**



- 1 地面安全隔離
- 2 充換電設備
- 3 人員整備空間
- 4 地面導控站
- 5 貨物存放空間
- 6 無人機與設備存放空間
- 7 通訊基地站
- 8 噪音監測設備
- 9 微氣象設備
- 10 緊急救援設備
- 11 照明系統
- 12 停車空間

44

花蓮交流座談會及學童推廣

- 與東部地方單位(花蓮縣建設處、臺東縣交通處、花蓮縣消防局)及當地學童交流，作為後續導入地方應用契機

視距內飛行展示



由經緯航太執行無人機飛行，以瑞美國小操場為起降點，進行無人機視距內飛行展示

學童教育推廣



由經緯航太提供無人機向瑞美國小學童進行無人機實機介紹

座談會交流討論



由計畫團隊進行簡報說明及展示計畫成果後，現場與會來賓雙方進行交流與討論

學童教育推廣



由經緯航太提供教材向瑞美國小學童進行授課

45

成果發表會意見交流

- 交通部祁文中次長、運研所林繼國所長親臨致詞，勉勵期許**無人機未來發展**



- 臺灣無人機大聯盟吳盟分會長、無人機科技產業小組吳東凌執行秘書**專題演說**



- **互動牆、大事紀牆沉浸式體驗計畫內容**



- 邀集國內專家與談人及現場嘉賓，探討**無人機物流運送現況及未來展望**



- 展示中華電信無人機交通管理系統，展示**國產軟體開發實力**



46

03

Chapter

後續建議

後續工作建議

本期執行成果暨後續工作建議

	本期執行成果	後續建議
 服務模式發展	- 以中華郵政、醫療及消防單位優先規劃 - 實際場域試飛蒐集無人機物流運送飛行數據 - 受試飛時程進度影響，尚未執行服務模式實際演練	- 研擬其他物流包裹類型的運送服務 - 持續蒐集數據，藉以評估服務投入成本、計價模式及常態營運機制 - 配合多頻率試飛活動，規劃場域正式演練，結合相關單位測試服務模式
 無人機系統	大環境軍用商規案排擠檢驗案件，未順利推動檢驗時程進度 - 計畫時程壓力，仍採特種實體檢驗 部分採開發中機型，延遲取得試飛證時間 - 包裹運送採落地釋放為主	- 採已開發完成機型，加速辦理型式檢驗 與民航局協商型式檢驗項目內容與時程，合理安排第二年度計畫工作 評估合適卸載方式，納入試飛測試
 物流服務軟體系統	現於雛型開發階段，尚未進行系統驗證	配合場域正式演練，實際操作系統
 射頻識別	以測試國外Drongtag射頻識別為主，僅1家廠商納入自製射頻識別	視國內廠商技術量能，導入國產射頻識別進行測試
 無人機交通管理系統	- 完成系統雛型開發 - 完成視距內多機測試	視距外多機測試(無人機及無人機間為優先) - 配合場域正式演練，實際操作系統 - 研提國內下階段無人機交通管理推動建議
 場域試飛規劃	- 完成2次偏鄉(花蓮)及離島(澎湖)場域試飛 選定試飛場域易受天候影響而無法順利起飛，試飛時程常受延遲	- 新增其他實際場域測試 - 增加飛行驗證時數彈性(例如，同主結構但不同投遞機制可共用部分測項) 斷電或訊號中斷情境測試

48



交通部運輸研究所

THANKS

簡報結束·敬請指教



期中意見回覆

期中審查意見回覆說明

服務模式

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	重要文獻回顧，請於期末階段補充 本計畫與日本類似偏鄉離島案例之比較分析 。	已補充本計畫與日本案例比較分析	2.2.3 國內偏鄉、離島無人機物流運送案例
2	建議文獻回顧 國際案例 亦需蒐集及思考失敗案例，並 研析失敗原因 為何。	已補充相關案例停止推動或面臨困難分析	2.2.4 國外無人機物流發展瓶頸分析
3	建議服務模式規劃應提出所需多少 人力、規模、貨物量 ，並可向 新竹物流等物流商請益 ，做為後續承接運營廠商的參考。	本期著重中華郵政、醫療及消防單位物流需求 ，建議後續視需求辦理與國內物流業者訪談	3.1 服務模式發展
4	建議服務模式應考量 地方政府的角色 ，以減少未來向地方推廣的難度。	已與 澎湖、花蓮郵政、醫療及消防單位 確定配合意願及服務模式具可行性	3.1.2 規劃離島服務模式 3.1.3 規劃偏鄉服務模式
5	台灣物流業導入無人機目前只有3、4家較大規模的業者具可能性，雖市區有需求，惟受制於法令， 法令尚未完全建構完成 ；若在偏鄉及離島發展，可能 受限於規模不足，成本偏高 ，故 投入仍多有疑慮 。另國內曾有業者嘗試運用無人機於倉儲中心存貨盤點，提供參考。	希冀透過本計畫研擬之服務模式、場域測試，作為 中華郵政及國內物流、零售、無人機等相關產業及學研單位 後續推動參據	3.1 服務模式發展 3.3 場域試飛規劃與安排
6	無人機導入物流業，建議亦評估是否涉及 特殊物流包裝需求 ？	本期 依中華郵政既有箱型 ，擬定載運貨品型態、載貨箱型。後續將視運送物品類型來評估是否有特殊物流包裝需求	3.1.1 國內無人機物流服務發展策略

51

期中審查意見回覆說明

服務模式

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
7	目前服務模式分為離島及偏鄉等兩模式，其中離島地區提及可解決風浪過大以致船隻翻覆、貨物毀損滅失等問題，據悉無人機亦無法抗強風、強雨，爰此建議再予釐清，並思考適合導入時機點。	本計畫無人機旨在 輔助及強化既有運輸之效能 ，而非取代既有運具，並已於澎湖天候許可下進行無人機試飛	3.1.2 規劃離島服務模式 3.4 場域試飛結果
8	無人機導入山區物流運送，需注意 山區纜線等障礙物 ，若實際透過人力進行場勘，則不符成本效益，是否可 評估改用無人機事前勘查 ？	已於場勘 利用無人機於航線周邊勘察	3.3 場域試飛規劃與安排
9	因應緊急狀態運送，需求地點未必已預先進行踏勘。 若實際發生災難地點與先前規劃地點不同 ，又如何因應？	本計畫已擬定 偏鄉離島具可複製性且通用的擇定起降地及場域設施機制 ，可應用至其他鄉鎮	3.3 場域試飛規劃與安排
10	未來是否有偏鄉的地方政府 皆須設無人機起降點或鄰近地方政府共用一個 ，畢竟無人機承載重量及飛行距離有限。	本計畫 優先擇定當地直升機停機坪、緊急救難場所 等既有設施作為起降點，建議持續累積測試數據，供地方評估設置參考	3.3.2 擇定試飛驗證場域
11	離島部分選定金龍頭營區為起降點，但在注意事項有提到營區將招商，若是要長期營運的，未來如何解決？	已與管理機關確認營區可 供2年期使用 ，作為短期內快速累積經驗的場域， 後續可協商討論長期營運方式	3.3.2 擇定試飛驗證場域
12	為使本計畫案之可行性及可及性有所提升，建議研究單位可列明我國可供應用之合格場域、空域、路線、物品類別及申請條件與法規等，期能後續供產自學界運用。	已請益民航局，惟 物流型無人機相關規範尚在研擬中 ，後續將持續追蹤辦理	-
13	附錄一期中報告歷次訪談紀錄，可否請鼎漢對相關 訪談意見，綜合回應說明採納結果 。	已補充綜合回應說明採納結果	附錄二

52

期中審查意見回覆說明

機型規格及檢驗

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	無人機可飛行場域涉及空域、高度等多重限制條件，且載運物品類別及重量多需經判別是否符合法令規定，建議研究單位可請益民航局合格空域及適合載運物資類別等細部資訊。	1. 民航局現行法規已規範無人機飛航活動空域、高度等限制 2. 已請益民航局，惟 <u>物流型無人機相關規範尚在研擬中</u> ，後續將持續追蹤辦理	2.4 國內民用航空法相關規定
2	軍用商規對於機型功能要求明確，如地面站應需具備何種功能、應符合哪些法規等，故建議團隊可參照軍用商規機型所符合的法規標準。	已參考軍用商規規範，建議 <u>偏鄉離島無人機系統規格</u>	2.1.2 國內政策方向 3.1.2 規劃離島服務模式 3.1.3 規劃偏鄉服務模式
3	現有載具以單旋翼及多旋翼為主， <u>可再考量垂直起降定翼型</u> ，以增加在載具驗證時的完整性。	<u>我國尚無適合垂直起降定翼無人機</u> ，後續將視國內業者發展情形評估相關驗證。	3.2.1 導入測試與驗證無人機機型
4	導入4型無人機為何 <u>貨物酬載重量及最大起飛重量</u> 差異如此大，請說明 <u>4型貨物投遞機制差異</u> 。	<u>偏鄉緊急物資、離島日常物資運送恐需不同類型無人機</u> ，故導入不同性能之無人機，增加驗證時的完整性	3.2.1 導入測試與驗證無人機機型
5	請補充樂飛A616機型功能概述。	已補充相關內容	3.2.1 導入測試與驗證無人機機型
6	檢驗進度控管表各項時程請依照實際辦理情形更新。	已更新相關內容	3.2.2 辦理檢驗及試飛作業階段成果

53

期中審查意見回覆說明

機型規格及檢驗

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
7	請考量是否須 <u>納入資安項目檢測</u> ，以增加測試完整性。目前機型驗證未提到資安驗證，是否可一同進行。	透過辦理TTC訪談確定辦理流程，並 <u>已辦理無人機資安檢測(中階)</u>	3.2.3 辦理無人機資安檢測
8	請補充說明無人機資安檢測規範檢測內容及本年度相關工作規劃時程。	透過辦理TTC訪談確定辦理流程，並 <u>已辦理無人機資安檢測(中階)</u>	3.2.3 辦理無人機資安檢測
9	本案係以PoS階段為基礎進行規劃，機隊能力需針對物流需求來設計，為增加起降安全性，是否需要求載具具有 <u>自動起降功能及輔助起降時之助導航設備</u> 。建議團隊應從 <u>航空物流角度進行規劃</u> ，而非僅侷限於確保無人機載物能力，包含利用地面控制站、考量航線規劃等，並在 <u>前置作業階段透過模擬方式</u> 即可進行。	1. 導入機型 <u>皆具自動起降及助導航設備</u> ，並已完成實地測試 2. 透過 <u>場勘、需求訪談</u> 掌握當地物流需求 3. <u>嘉義亞創試飛完成無人機航線模擬</u> ，亦已各試飛場地整備相關基礎設施	3.3 場域試飛規劃與安排

54

期中審查意見回覆說明

Remote ID及UTM系統

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	建議國外文獻補充UTM系統運營方式，並於計畫中 提出國內UTM系統最理想可能運營方式 ，以供民航局參考。	已補充相關內容。 本期以UTM系統規劃建置及測試為目標 ，第2期完成驗證，並研析利害關係人需求，進而研提下階段無人機交通管理之推動建議	2.1.1 國外政策方向 5.2 後續建議
2	無人機物流發展之成功關鍵，主要在於無人機之科技與飛航監理兩大層面，其監理層面尤為重要，建議再就 飛安、空域、管理系統 等國外文獻再予蒐集分析，以利瞭解 國外政府常規運行機制 ，例如申請運送流程、驗證模式。	已補充相關內容	2.1.1 國外政策方向
3	有關射頻識別功能，現階段民航局政策方向為何？如已規劃朝向是廣播式，請補充測試網路式之原因？	1.我國依循FAA採廣播式Remote ID 2.因應本計畫視距外飛行，故納入網路式RemoteID	3.2.5 辦理無人機交通管理系統雛型開發
4	有關UTM系統之導入方式，係屬自行開發或使用既有系統，請補充說明。	採開發成熟且有實際營運經驗的 中華電信UTM系統 ，並依計畫需求作客製化系統調整	3.2.5 辦理無人機交通管理系統雛型開發
5	期中階段完成項目，UTM系統已完成了架構規劃及功能設計及完成追蹤識別、無人機間資訊共享的功能開發，團隊的UTM系統採用中華電信系統， 相關功能是否已確實開發完成？未來誰是UTM的主辦者及所提空域管理者是誰？	本期完成UTM系統相關功能開發 。惟該系統不與民航局等官方管理系統介接， 未來UTM主辦者及空域管理者仍須依政府組織架構和權責歸屬為準	3.2.5 辦理無人機交通管理系統雛型開發

55

期中審查意見回覆說明

Remote ID及UTM系統

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
6	請補充說明UTM系統之氣象資訊來源及項目，以及團隊是否已收集場域長期氣象監測資料。	氣象資訊主要來自 中央氣象局 ，自112年5月開始蒐集，以風向、風速為主，以因應本計畫試飛安排	3.2.5 辦理無人機交通管理系統雛型開發
7	無人機交通管理系統在此物流運送模式扮演極為重要角色，其系統涉及產業、政府監理及使用者等多重利害關係人，需涉部會協調，建議研究發展之UTM可再洽相關利害關係人評估實務可行性，同時提出UTM系統可能衍生問題及建議，以提供相關單位進行思考。	本期以UTM系統規劃建置及測試為目標 ，第2期完成驗證，並研析利害關係人需求，進而研提下階段無人機交通管理之推動建議	5.2 後續建議

56

期中審查意見回覆說明

場域試飛

編號	意見內容	意見回覆	章節對照
1	無人機導入處理緊急狀態物品運送，應考慮 <u>停電狀況導致基地台無法正常運作</u> 的情境。	藉由當地派出所及公所的 <u>衛星電話或對講機</u> 與災害應變中心聯繫	3.1.3 規劃偏鄉服務模式
2	<u>澎湖場域緊急迫降區</u> 規劃於四角嶼及雞籠嶼等無人島，請補充說明屆時 <u>回收無人機</u> 之方式。	規劃 <u>澎湖11處</u> 緊急迫降區。無人島仍可登島，可 <u>透過聯繫里長、協調附近船長協助登島回收無人機</u>	3.3.3 規劃試飛場域航線
3	<u>花蓮場域</u> 是否規劃 <u>緊急迫降區</u> ？	已規劃 <u>花蓮12處</u> 緊急迫降區	3.3.3 規劃試飛場域航線
4	澎湖馬公起降點金龍頭營區建物為列管歷史建築，且已閒置多年， <u>是否可供水供電及相關使用限制</u> 請再確認。	雖場地無供水，但 <u>可供電維持起降場基礎設施運作</u>	3.3.3 規劃試飛場域航線
5	起降場地除滅火瓶外，請準備 <u>基本醫療設備箱等簡易救援設備</u> ，並應 <u>規劃緊急醫療資源位置、交通及聯繫方式</u> 。	已盤點相關醫療地點、交通及聯繫方式，並於起降點準備簡易救援設備	3.3.4 規劃場域基礎設施 3.3.5 規劃場域試飛之緊急處理程序
6	請團隊參考前期IPP計畫經驗及「民用航空法」、「遙控無人機管理規則」、「遙控無人機試飛規範與注意事項」、「遙控無人機作業手冊」等相關規定，規劃 <u>場域試飛之緊急處理程序</u> 。	已規劃相關內容	3.3.5 規劃場域試飛之緊急處理程序

57

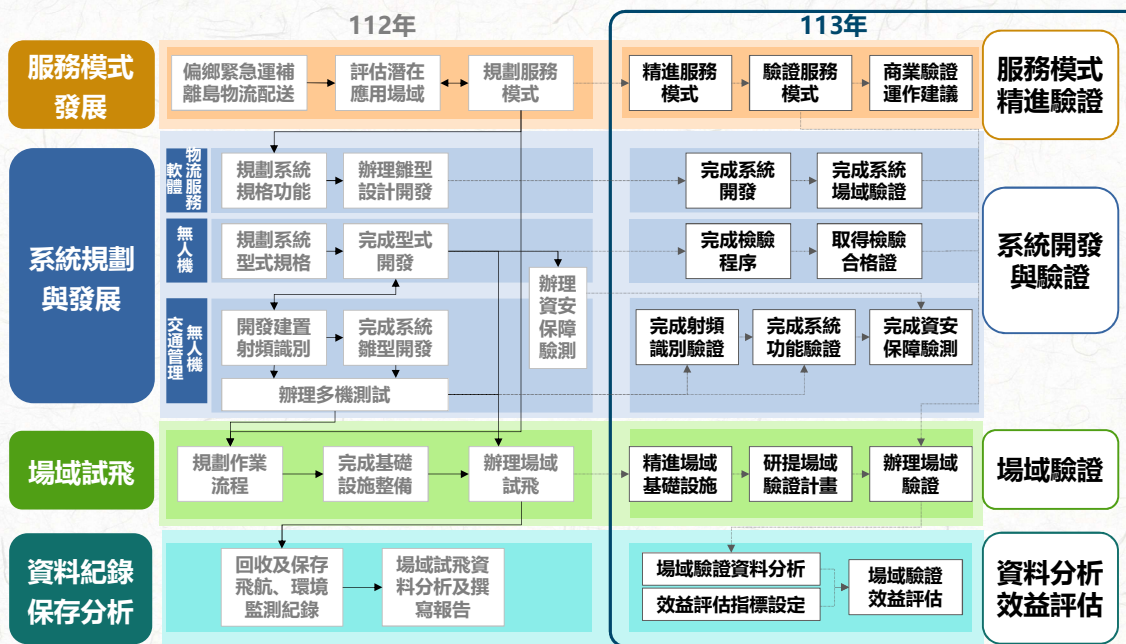
期中審查意見回覆說明

場域試飛

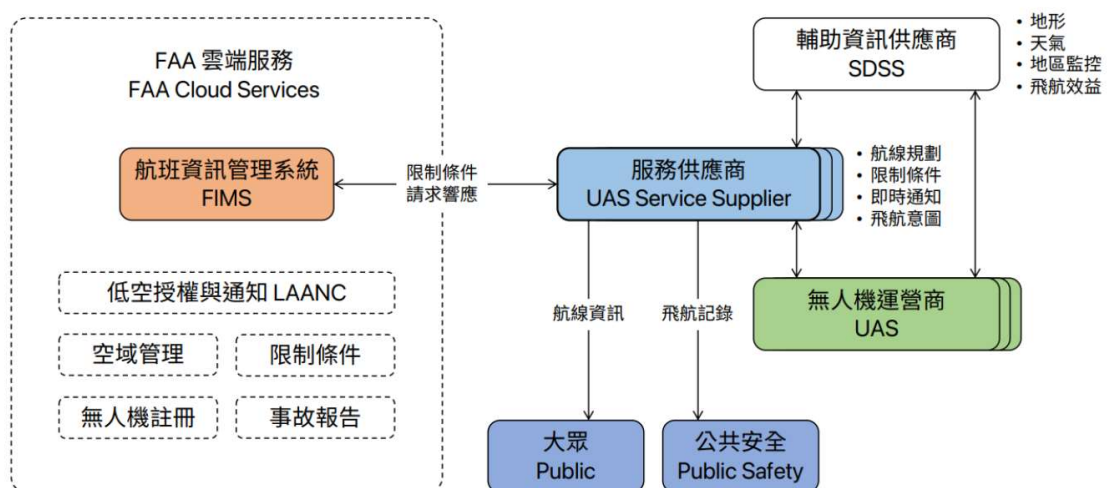
編號	意見內容	意見回覆	章節對照
7	山區氣候多變，宜 <u>增加天氣因子及山區地型特殊性</u> 對飛行時所造成影響，以增加飛行安全。	透過 <u>場勘確認</u> 天候及 <u>架設中繼站</u> 確保訊號穩定，並於試飛以 <u>風速計</u> 掌握及時資料	3.4 場域試飛結果
8	目前團隊導入的機型皆具有抗風能力，惟離島東北季風強，應針對 <u>東北季風對於離島無人機物流運送的影響</u> 有所考慮。	澎湖東北季風發生於每年10月至隔年1月，最大可達11級風力。本計畫於澎湖天候條件許可下完成試飛	3.4 場域試飛結果
9	請補充說明 <u>起降場地噪音測量方法</u> ，並建議於期末階段補充 <u>國際間針對無人機噪音相關研究或標準</u> 。	1.於試飛以分貝計量測噪音 2.已補充相關內容	3.4.2 飛行紀錄分析 2.1.2 國內政策方向

58

113年工作内容

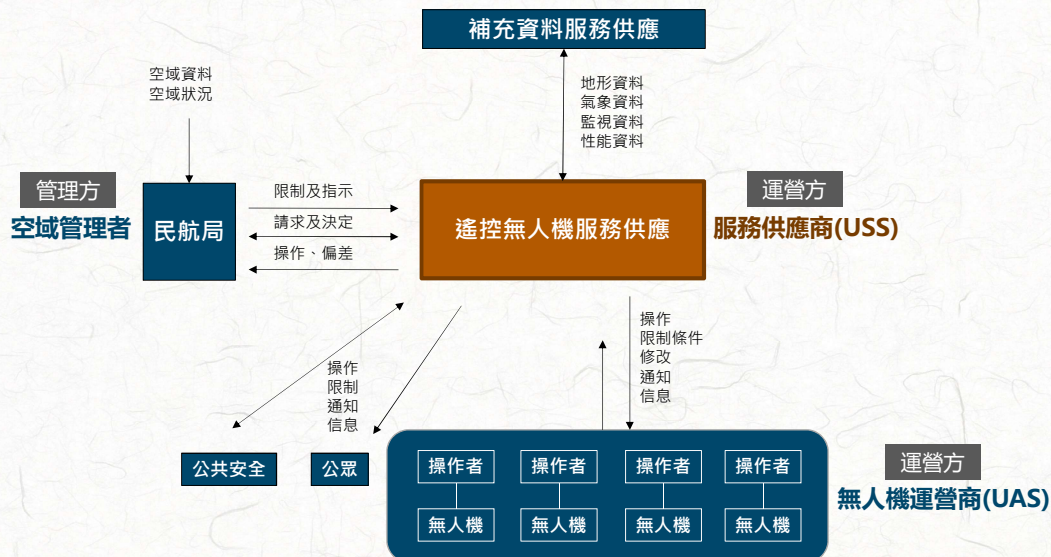


FAA UTM管理系統資料架構



計畫UTM管理系統資料架構

- USS供應商提供飛航監管、飛航規劃及共享飛行資訊，促使無人機整合至受管制空域運行



61

無人機物流管理系統資料表欄位規劃

無人機靜態欄位規劃表				無人機射頻識別資料欄位規劃表				寄取件資料欄位規劃表			
項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態
1	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR	1	BASICID_IDTYPE	ID類型	NVARCHAR	1	MAILNO	郵件號碼	NVARCHAR
2	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR	2	BASICID_UASTYPE	無人機類型	NVARCHAR	2	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR
3	MAKE	廠牌	NVARCHAR	3	BASICID_UASID	無人機編號	NVARCHAR	3	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR
4	MODEL	型號	NVARCHAR	4	LOCATION_STATUS	狀態	NVARCHAR	4	MAIL_DEPARTURE_TIME	收件時間	DATETIME
5	LOAD_LIMIT	載重限制	NVARCHAR	5	LOCATION_LATITUDE	緯度	DECIMAL	5	MAIL_DEPARTURE_PLACE	收件地點	NVARCHAR
無人機航班欄位規劃表				6	LOCATION_LONGITUDE	經度	DECIMAL	6	MAIL_ARRIVAL_TIME	交件時間	DATETIME
項次	欄位名稱	欄位中文名稱	型態	7	LOCATION_TIME_STAMP	時間戳	INT	7	MAIL_ARRIVAL_PLACE	交件地點	NVARCHAR
1	SCHEDULED_ID	航次編號	NVARCHAR	8	LOCATION_GPS_TIME	時間	DATETIME	8	POSWGT	重量	REAL
2	DEPARTURE	出發地	NVARCHAR	9	SELFID_TYPE	自我ID類型	NVARCHAR	9	STATUS	狀態	NVARCHAR
3	DESTINATION	目的地	NVARCHAR	10	SELFID_DESCRIPTION	自我ID	NVARCHAR	10	TimeMark	時間標記	DATETIME
4	DEPARTURE_TIME	出發時間	DATETIME								
5	ARRIVAL_TIME	到達時間	DATETIME								
6	UAS_ID	無人機編號	NVARCHAR								
7	OPERATOR_ID	操作員編號	NVARCHAR								

62

場域試飛時程

試飛場次	奧榮	樂飛	經緯	航見
嘉義亞創封閉場域	2023.11.9 ~2023.12.29	2023.11.9 ~2023.12.25	2023.11.23 ~2024.1.5	2024.1.11 ~2024.1.24
澎湖實際場域	2023.11.30 ~2023.12.1	2024.1.24 ~2024.1.25	2023.12.14 ~2024.1.9	-
嘉義亞創封閉場域	2023.11.9 ~2023.12.29	2023.11.9 ~2023.12.25	2023.11.23 ~2024.1.5	2024.1.11 ~2024.1.24
花蓮實際場域	2024.1.12 (視距外)	2024.1.10 (視距內)	2023.12.5 ~2023.12.6 (視距內)	-