

112-028-2327
IOT-110-ED010

無人機整合示範計畫(Ⅱ) -物流運送之深化應用



交通部運輸研究所

中華民國 112 年 4 月

112-028-2327
IOT-110-ED010

無人機整合示範計畫(Ⅱ) -物流運送之深化應用

著者：陳奕廷、鄭惟晃、張惠淑、陳彥佑、
賴威伸、許修豪、王怡婷

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 4 月

無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用

著 者：陳奕廷、鄭惟晃、張惠淑、陳彥佑、賴威伸、許修豪、王怡婷

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 112 年 04 月

印 刷 者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 0 冊

定 價：非賣品

本書登載於交通部運輸研究所網站

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計畫出版品摘要表

出版品名稱：無人機整合示範計畫(II)-物流運送之深化應用			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 112-028-2327	計畫編號 110-ED010
本所主辦單位：運輸工程組 主管：賴威伸 計畫主持人：賴威伸 研究人員：許修豪、王怡婷 聯絡電話：02-23496822 傳真號碼：02-25450427	合作單位：台灣車聯網產業協會 計畫主持人：陳奕廷 研究人員：鄭惟晃、張惠淑、陳彥佑 地址：臺北市松山區民生東路4段133號 聯絡電話：(02)27139126		研究期間 自 110 年 12 月 至 111 年 12 月
關鍵詞：無人機、物流運送			
摘要： 「無人機整合示範計畫」是將交通部所屬的交通場域，提供無人機業者進行實地技術測試及驗證；本計畫探討無人機技術於中華郵政之「深化物流運送」應用，並邀請無人機廠商以試驗場域進行無人機技術概念驗證(PoC)及服務模式測試，以瞭解無人機產業技術發展現況，做為後續評估交通部部屬機關(構)業務上對於無人機技術運用之可行性及應用價值。 今年度以偏鄉道路(橋梁)中斷，應用無人機維持郵務運送為主題，選定桃園市復興區介壽國中舊址(鄰近復興區郵局)至拉拉山風景區為測試航路，總飛行距離(往返)達 44 公里、飛行時間約 60 分鐘。本測試場域具飛行距離長，山區地形蜿蜒且訊號易受干擾的特性，對於無人機的飛行性能要求，皆較以往測試計畫更具挑戰性，然仍吸引國內 21 家業者報名參與，13 家業者通過初審，最後有 4 家業者進入驗證，於 11 月 18 日在介壽國中舊址辦理場域驗證暨啟動儀式，最後共 3 家成功完成驗證，並於 12 月 12 日在嘉義無人機產業園區辦理成果發表會及頒獎。同時本計畫藉由測試驗證成果，協助擬定出後續委外招標所需規格供各實務單位參考應用。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
112 年 4 月	116	非賣品	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：1.本研究之結論與建議不代表交通部之意見。 2.本研究係使用交通部科技顧問室經費辦理。			

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

TITLE: Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Integrated Pilot Program((II)- Deepening Application of Logistics Transport			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 112-028-2327	PROJECT NUMBER 110-ED010
DIVISION: Transportation Engineering Division DIVISION DIRECTOR: Wei-Shen La PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wei-Shen La PROJECT STAFF: Hsiu-Hao Hsu, Yi-Ting Wang PHONE: 02-23496822 FAX: 02-25450427			PROJECT PERIOD FROM December 2021 TO December 2022
RESEARCH AGENCY: Taiwan Telematics Industry Association PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yi-Ting Chen PROJECT STAFF: Wei-Hwang Jeng, Hui-Shu Zhang, Yan-You Chen ADDRESS: 13F., No.133, Sec. 4, Minsheng E. Rd., Songshan Dist., Taipei PHONE: (02)27139126			
KEY WORDS: UAV; logistics and transportation			
ABSTRACT: The "UAV Integrated Pilot Program" aims to provide real-world technical testing and verification for UAV (Unmanned Aerial Vehicle) companies in the transportation domains under the Ministry of Transportation. This project investigates the application of UAV technology in the "Deepening Logistics Delivery" of Chunghwa Post and invites UAV manufacturers to conduct proof-of-concept (PoC) and service model testing in the trial area. The purpose is to understand the current state of UAV technology development and to evaluate the feasibility and application value of UAV technology in the business operations of the Ministry of Transportation's agencies and organizations. This year, the IPP theme is defined to support mail delivery service as usual during rural road (bridge) incidents. The test site is located in Fuxing District, Taoyuan City. The test route is selected from the old site of Jieshou Junior High School in Fuxing District, Taoyuan City (near Fuxing District Post Office) to Lala Mountain Scenic Area, with a total flight distance (round trip) of 44 kilometers and a flight time of approximately 60 minutes. The test site, with the characteristics of long distances, mountainous area and poor telecommunication signal, is more challenging than the previous test plan. Nevertheless, it attracted 21 groups to sign up for participation, of which 13 groups passed the preliminary review and 4 groups entered into the final verification phase. On November 18th, a field verification and launch ceremony were held at the old Jieshou Junior High School site, with three companies successfully completing the verification. On December 12th, a results presentation and award ceremony were held at the Chiayi UAV AI Park. At the same time, the project used the test verification results to help draft specifications for subsequent outsourced bidding, providing practical units with reference for application.			
DATE OF PUBLICATION 2023/04	NUMBER OF PAGES 116	PRICE Not for sale	
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications. 2. The budget of this research project is contributed by Office of Science and Technology Advisors.			

目錄

第一章 前言	1
1.1 計畫背景	1
1.2 計畫範圍與內容概述	2
第二章 國內外無人機物流運送案例回顧	4
2.1 無人機物流運送發展概述	4
2.1.1 無人機種類及應用	4
2.1.2 無人機物流運送市場需求	6
2.2 美國無人機物流運送發展概況	8
2.2.1 物流運送相關規定	8
2.2.2 應用案例	10
2.3 日本無人機物流運送發展概況	13
2.3.1 物流運送相關規定	13
2.3.2 應用案例	14
2.4 我國無人機物流運送發展概況	18
2.4.1 物流運送相關規定	19
2.4.2 應用案例	21
第三章 計畫辦理過程	25
3.1 計畫執行步驟	25
3.2 前期計畫檢討與建議	26
3.2.1 成果總結	26
3.2.2 檢討與建議	27
3.3 深度訪談	29
3.4 辦理座談會	37
3.5 制定示範測試計畫書	43
3.5.1 規劃準備	43

3.5.2 作業流程.....	49
3.6 邀請無人機業者參與測試.....	53
3.6.1 廠商遴選流程.....	53
3.6.2 初期宣傳推廣.....	54
3.6.3 辦理徵件說明會.....	56
3.6.4 廠商提案與收件.....	58
3.6.5 協助資格審查作業.....	59
3.6.6 辦理飛航申請說明會.....	61
3.7 場域試飛.....	63
3.7.1 飛行任務.....	63
3.7.2 團隊試飛情形.....	66
3.8 場域驗證.....	68
3.8.1 場域驗證活動規劃.....	68
3.8.2 場域驗證暨啟動儀式.....	72
3.8.3 成果評選.....	78
3.9 成果發表會.....	83
第四章 計畫成效評估	86
4.1 執行成效評估.....	86
4.1.1 飛行任務規劃.....	86
4.1.2 參與團隊.....	90
4.1.3 驗證執行成果.....	93
4.2 後續推廣評估.....	100
4.2.1 商業運轉模式.....	100
4.2.2 後續推廣可行性評估.....	100
4.3 後續招標功能規格及資安規定.....	102
參考文獻	105

圖目錄

圖 1 UPS 無人機藥品遞送	10
圖 2 Wing 無人機物流運送示意圖	11
圖 3 不同機型無人機以提供藥品至物流等不同運送需求	11
圖 4 美國物流運送版圖現況與未來市場預期.....	12
圖 5 Amazon MK27-2 機種無人機	12
圖 6 日本無人機物流運送空域限制圖.....	13
圖 7 日本無人機物流運送操作限制.....	13
圖 8 日本公布無人機物流運送指引.....	14
圖 9 日本伊那市無人機物流試點專案.....	15
圖 10 日本伊那市無人機物流試點運送範圍.....	16
圖 11 實驗示意圖(遙距設定飛行和監測).....	16
圖 12 護理師取得血清.....	22
圖 13 無人機運送藥物至家戶	22
圖 14 載運包裹的無人機.....	23
圖 15 本計畫執行流程圖.....	26
圖 16 座談會照片.....	39
圖 17 廠商遴選流程圖.....	54
圖 18 無人機整合示範計畫報名網頁截圖.....	55
圖 19 徵件說明會照片.....	57
圖 20 收件情形示意圖.....	59
圖 21 廠商篩選標準.....	60
圖 22 飛航申請說明會照片.....	62
圖 23 場域路線圖.....	64
圖 24 參賽廠商試飛紀錄.....	67
圖 25 活動會場平面配置示意圖.....	68
圖 26 活動背板主視覺設計.....	69
圖 27 邀請卡設計.....	69
圖 28 Remote ID	72
圖 29 Remote ID 裝設情形	72
圖 30 啟動儀式貴賓合照.....	73

圖 31 啟動儀式貴賓參訪廠商展示區.....	74
圖 32 驗證機型.....	75
圖 33 驗證起飛前準備及過程紀錄.....	76
圖 34 成果評選照片.....	81
圖 35 成果發表會場內合影.....	84
圖 36 成果發表會頒獎及展示照片.....	85
圖 37 高風險運送郵件示意圖.....	86
圖 38 海拔高度示意圖.....	87
圖 39 模擬海拔 900 公尺固定高度航線圖.....	89
圖 40 場域訊號覆蓋率.....	90
圖 41 參與團隊無人機種.....	92
圖 42 各團隊航線規劃示意圖.....	93
圖 43 路徑地形高度.....	94
圖 44 路徑高度設計.....	95
圖 45 航點高度標示.....	95
圖 46 樂飛創新航段規劃.....	96
圖 47 各航段緊急備降區規劃示意圖.....	97

表目錄

表 1 無人機之等級分類與類型劃分.....	4
表 2 無人機技術應用領域與範圍.....	5
表 3 美國無人機認證階段說明.....	8
表 4 測試機型 PD6B-Type3 規格.....	17
表 5 國內政府機關(構)與業者對於無人機之應用案例.....	18
表 6 臺灣無人機檢驗階段說明.....	19
表 7 訪談內容設定.....	30
表 8 訪談對象及時程表.....	31
表 9 機關單位訪談內容整理.....	33
表 10 無人機業者訪談內容整理.....	34
表 11 座談會議程.....	37
表 12 「物流運送之深化應用」測試執行計畫及驗證計畫改善策略.....	44
表 13 驗證主題方案.....	45
表 14 道路中斷郵務遞送需求可能場域.....	46
表 15 「物流運送之深化應用」測試執行計畫及驗證計畫初步分析.....	47
表 16 遙控無人機最大起飛重量 25 公斤以下作業流程.....	49
表 17 遙控無人機最大起飛重量 25 公斤以上作業流程.....	51
表 18 線上宣傳管道彙整表.....	55
表 19 徵件說明會議程.....	56
表 20 提案廠商列表.....	58
表 21 等級評分說明表.....	60
表 22 通過資格審查作業廠商列表.....	61
表 23 飛航申請說明會議程.....	61
表 24 25 公斤以上無人機參與團隊試飛情形一覽表.....	66
表 25 場域驗證規則.....	71
表 26 場域驗證啟動儀式暨驗證活動流程.....	72
表 27 驗證紀錄表(起降點).....	77
表 28 驗證紀錄表(投遞點).....	78
表 29 公告評分標準.....	79
表 30 飛行任務完成度得分依據.....	80

表 31 評分項目與其所佔之權重表(共 30 分).....	81
表 32 委員意見綜整表.....	82
表 33 獎勵條件及名額.....	83
表 34 成果發表會議程.....	84
表 35 經過之重點區域.....	88
表 36 參與團隊無人機種.....	91
表 37 樂飛創新中繼站規劃.....	97
表 38 參與團隊無人機飛行時間及效能.....	98
表 39 參與團隊無人機酬載重量.....	98
表 40 參與團隊無人機貨物卸載表現.....	99
表 41 參與團隊無人機噪音值.....	99
表 42 物流運送招標工項建議.....	102

第一章 前言

1.1 計畫背景

如同交通部《2020 交通科技產業政策白皮書》所述，交通運輸服務涵蓋陸海空、科技含金量高、牽動產業生態系龐雜，為了能系統性理出產業發展政策與行動方案，第一屆交通科技產業會報特別設置 10 個產業小組。其中無人機科技產業的部分，隨電子及資通訊產業的進步，發展無人機的應用服務已成為國際趨勢，其高機動性、高彈性部署特性，能夠有效提升運輸系統之易行性、可及性及安全性。現今，無人機商業應用已逐漸從空拍、農業植保、緊急救災、巡檢電力，電信，公路、橋梁等重要基礎設施等領域，朝更具前瞻性的區間物流、低空域無人載具(如空中計程車 Air Taxi)等進階應用發展，有機會躋身成為交通運輸的重要運具，將智慧交通運輸領域的多元應用推向一個更宏觀的願景。

交通部為有效導入無人機於我國交通運輸領域的應用以及促進相關產業的發展，除結合經濟部、國科會等跨部會能量，輔導國內無人機產業成立 U Team，設立了國家級無人機研發驗證測試中心，協助產業聚落形成，強化實際應用的開發能力外；亦成立「無人機科技產業小組」研擬我國無人機在交通領域發展之推動策略，並仿效美國無人機整合示範計畫(UAS Integrated Pilot Program, UAS IPP)，推動國內的無人機整合示範計畫及辦理無人機創意應用競賽，其中允許開放交通場域，例如海港區、公路、機場與軌道等，提供相關廠商執行基礎設施巡檢、交通調查、物流運送與防/救災等示範測試應用，以扶植我國無人機產業發展。

做為首要發展策略，交通部運輸研究所(後簡稱本所)於 109 年推動無人機整合示範計畫(Integrated Pilot Program, IPP)，該無人機整合示範計畫包含兩項主題，分別為「物流運送」及「橋梁檢測」，物流運送是協助中華郵政將包裹從東港運送至小琉球，而橋梁檢測則以公路總局省道台 3 線的武嶺橋為檢測場域。此外，中華郵政公司也辦理「建立無人機偏鄉後勤補給運送機制」，以尖石郵局至新光國小間，做為物流運送試飛場域，並協助業者申請交通部民用航空局(後簡稱民航局)無人機特種實體檢驗及提出「無人機試飛計畫書」。

經過測試及驗證後，評估物流運送具有一定發展潛力，尤其可先用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，皆是臺灣在無人機物流應用的重要領域。因此，本所於 110 年度續辦本計畫，期能

藉由「深化物流運送」測試及驗證成果瞭解目前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；從中，亦媒合業者將無人機技術導入物流運送應用，協助中華郵政運用無人機科技導入物流運送之可行性，同時扶植我國無人機產業之發展。

1.2 計畫範圍與內容概述

本計畫主要探討無人機技術於中華郵政之「深化物流運送」應用，並邀請無人機廠商以試驗場域進行無人機技術概念驗證(PoC)與服務模式。依據計畫需求說明書，本計畫主要工作項目可歸納為下列九大項：回顧無人機產業之市場需求與技術發展，同時蒐集國內外目前於交通領域無人機應用案例以及法規規範，以瞭解目前無人機產業之發展，做為後續評估交通部部屬機關(構)業務上對於無人機技術運用之可行性或是延伸可能價值。

1. 前期計畫檢討與建議：回顧檢討前期無人機整合示範計畫辦理過程及成效，並研提改進建議。

2. 制定示範計畫書規格及內容：

(1)瞭解前期無人機整合示範計畫成果(109年7月~110年9月)及中華郵政公司「建立無人機偏鄉後勤補給運送機制」成果後，制定「物流運送之深化應用」示範計畫書規格，包括符合需求功能項目，以及執行測試計畫與驗證計畫。

(2)示範計畫書須擬定需求功能項目，至少須包括飛行時間、自動化飛行、包裹重量、包裹完整性等核心技術項目。

(3)示範場域、技術規格及服務模式等，須與中華郵政公司及民航局等先行討論，嗣經由本所做最後確認後，再進行測試驗證作業。

3. 邀請無人機業者參與測試：

將上述示範計畫書規格及文件等內容，以公開的方式邀請無人機業者參與測試，並辦理本計畫說明會，媒合業者積極主動參與本示範計畫(至少需媒合2家業者參與，同時鼓勵邀請更多業者參與)。

4. 協助資格審查作業：

針對無人機參與業者之資格提供本所書面審查結果，經本所審查合格之業者方能進行測試計畫，同時計入媒合成功家數。

5. 監督管理執行過程：

(1)本計畫執行測試前，執行單位應檢視無人機參與團隊測試計畫及申請文件是否完備。

(2)執行測試及驗證時，執行單位須至現地監督並記錄相關過程，確保執行過程符合各種法令規定，及人員與財產的安全無損，並提供測試執行上無人機業者與中華郵政公司間的協調工作。

- (3)依本所業務需要定期召開工作會議，並簡報說明目前執行進度、遭遇困難或階段性成果等，必要時偕同本所赴現地進行查訪執行成效。
- (4)計畫執行中期後，須提供階段執行結果報告書。
- (5)評選優選個案並召開成果發表會：
- (6)從測試個案中開會協助評選出數個優選個案。
- (7)召開成果發表會，邀請產、官、學、研各界共同參與，向外界說明具體成果及成效，以利計畫推廣及擴大效益。
- (8)成果發表會形式依本所指定方式執行（如現地展示、座談會或研討會等，其中現地展示係由優選個案在現地展示各項無人機功能）。
- 6. 制定委外招標共通性範例
協助訂定後續業務委外招標共通性範例(例如功能規格及資安規定等)。
- 7. 完成示範計畫成果報告書：
 - (1)詳實記錄辦理過程，並將測試驗證執行成果納入報告書供外界參考。
 - (2)後續無人機應用於物流運送之具體建議，如評估未來市場潛力及相關法規。
- 8. 其他相關工作：
 - (1)針對計畫重要成果，製做海報或影片電子檔。
 - (2)提供相關行政支援與技術服務經驗諮詢(如配合本所召開記者會等)。
 - (3)計畫獎勵補助，本計畫須提撥 100 萬元做為廠商參與測試之獎勵，並擬定相關獎勵條件及名額等規定，經本所審查通過據以執行

第二章 國內外無人機物流運送案例回顧

本計畫主要是應用無人機於交通部部屬機關之日常業務，並透過整合示範計畫邀請無人機廠商進行實證，扶植我國無人機產業，故本章之文獻回顧針對無人機物流應用及法規面向案例進行回顧，最後並提出綜合探討與課題提列，以做為後續計畫執行之參考。

2.1 無人機物流運送發展概述

2.1.1 無人機種類及應用

1. 無人機種類

市場上有各式各樣的無人機種類，其可小至拇指大小，大至一般航用飛機大小，主要可以按照等級(Class)與類型(Type)進行分類。等級與類型皆被分為三種，如表 1 所示。

表 1 無人機之等級分類與類型劃分

等級(Class)	無人機產品
1. 小型無人機 (Small UAVs)	● 納米無人機 Nano UAVs ● 微型無人機 Micro UAVs ● 迷你無人機 Mini UAVs
2. 軍事無人機 (Strategic & Tactical UAVs)	● 近距離無人機 Close-range (CR) UAVs ● 短程無人機 Short-range (SR) UAVs ● 中程無人機 Medium-range (MR) UAVs ● 中程耐力無人機 Medium-range Endurance (MRE) UAVs ● 低空深入侵透無人機 Low Altitude Deep Penetration (LADP) UAVs ● 低空高耐力無人機 Low Altitude Long Endurance (LALE) UAVs ● 中海拔高耐力無人機(MALE)Medium Altitude Long Endurance (MALE) ● 高海拔高耐力無人機(HALE) ● High Altitude Long Endurance (HALE)
3. 特殊專用無人機 (Special-purpose UAVs)	● 無人戰鬥航空載具 Unmanned Combat Aerial Vehicles (UCAVs) ● 群集無人機 Swarm drones ● 致命性無人機 Lethal UAVs ● 誘餌無人機 Decoy UAVs ● 平流層無人機 Stratospheric UAVs ● 平流層外的無人機 Exo-stratospheric UAV

類型(Type)
1. 固定翼無人機 Fixed-wing UAVs
2. 固定翼垂直起降無人機 Fixed-wing VTOL UAVs
3. 旋翼無人機 Rotary-wing UAVs—又分單旋翼型與多旋翼型 單旋翼型：直升無人飛機 多旋翼型：三旋翼、四旋翼、八旋翼之無人機

資料來源：本研究整理

2. 無人機應用範圍

無人機應用特色是能執行 3D 任務(Danger、Dirty、Dull)，不僅簡化調查所需之人力與時間，並且同時考量人員傷亡之顧慮，完成具危險性或人力無法到達之地區進行任務。最初主要是用於較封閉之專業領域，如軍事、科學及氣象等，而後因其機動性高、即時迅速、時效性快、作業成本低及較不受天氣影響即可操作的優點，逐漸朝向開放且多元化之民生產業，如商業應用、物流、娛樂休閒。

表 2 無人機技術應用領域與範圍

應用領域	應用範圍
軍事	戰場監視、情報偵察、通信中繼、空中預警、炮火導引、邊界巡邏等
商業	新聞直播、電視或電影拍攝、編隊飛行(演出)、清潔代工等
檢測與測繪	大地觀測、氣象觀測、水利監測、石油與天然氣監測、工程建設等
保育	野生動物數量監測、追蹤盜獵者與瀕臨滅絕動物之動態、觀測陸地與海洋動物行為模式等
農漁業	農藥噴撒、農作物調查、餵食魚群、蒐證漁船違規等
交通	交通監視、交通調查(車流分析、衝突分析)、事故風險預測、進出港船舶管理等
物流	郵政、快遞、貨物運輸、運輸中樞等
災害	防災、巡檢、安防、運送緊急醫療資源、搜索救難等
休閒娛樂	演唱會/賽事現場直播、極限運動跟拍、個人業餘喜好、旅遊記錄等

資料來源：本研究整理

109 年辦理之無人機整合示範計畫，是針對橋梁檢測及物流兩方面進行試驗，本計畫延續上次成果，將物流運送定為本次深化研究主題，其又可細分為支線無人機運輸、無人機快遞(末端配送)、無人機救援(應急物流)、以及無人機倉儲管理(盤點、巡檢等)等類別，本次驗證是以無人機快遞為主要驗證項目。

2.1.2 無人機物流運送市場需求

根據 Insider 無人機報告，無人機應用市場有望在 2025 年成長至 636 億美元，其中無人機物流應用服務將在 2021 年年底達到 2,900 萬美元，為最多數。在於降低商品交付時間，以及減少物流成本開支的前提下，零售商、物流業、醫療業及農業等，皆已開始嘗試將無人機整合進其營運模式中。根據 Markets and Markets 無人機物流運送報告，在 2018 年有將近 51% 的消費者偏好在當天或是短時間內收到其包裹；而到了 2021 年，有超過 65% 的消費者偏好在當天或是短時間內收到其包裹，並且願意支付額外費用。因此，零售商積極嘗試應用無人機來縮短商品交付的物流時間，並提高商品配送過程的靈活性；無人機物流運送也能避免傳統物流在城市所遇到的交通堵塞問題。報告中亦預估，無人機物流運送市場預計將從 2020 年的 5.28 億美元增長到 2030 年的 390.13 億美元，其複合年增長率為 53.8%。

目前國際間發展無人機物流運送最大的阻礙在於技術限制。無人機物流運送現在仍處於起步階段，依據現在的無人機技術，典型 25 公斤或以下的無人機載貨重量約在 1 至 12 公斤，極限續航距離約為 25 公里。其次，大量的硬軟體設備投入也是目前無人機物流發展的障礙。於硬體方面，無人機需要設置中繼站延長其續航距離、設置塔台延長無人機航線監控的範圍，以及建設資料中心平台來即時蒐集無人機資訊。而在軟體方面，無人機物流運送未來還需要建置飛航交通管制系統、無人機遠端資料處理系統，以及後續航路規劃及優化。根據 DroneII.com 的文章，無人機物流產業在 2019 年，初期投入成本粗估就已經達到 12 億美元。

以無人機物流運送之長期規劃而言，日本、新加坡等國家政府都有提出在都市地區，甚至提出將全國的物流運送都轉化以無人機運送做為目標來發展。但整體來說，無人機物流仍有載重容量小、續航力不足、緊急迫降、降落定位不夠精準、法規限制，以及無人機物流成本過高等的問題。鑒於以上因素，目前無人機物流運送多用於運送緊急物資與醫療用品等高附加價值物品至交通不便之偏鄉，完成物流運送的最後一哩路，以符合無人機物流的效益。估計在 2030 年前，醫療用品之無人機物流運送將會繼續引導物流市場，而此次全球 COVID-19 疫情亦證明無人機物流運送有其未來發展空間。

另外，貨運物流的「最後一哩路」(即將貨品交到客戶手中)，是供應鏈中效率最低，成本最高的部分，佔貨運總成本的 50% 至 60%，目前仍然需要送貨員運輸作業。美國電子購物平台 Amazon 在 2015 年向美國 FAA 取

得試飛許可證，並在 2016 年推出其 Prime Air 無人機物流運送服務，可以在 25 公里內投遞 3 公斤內的貨物；BMO Capital Markets 指出，若 Amazon 以十萬架無人機取代作業，每年可節省十二億美元。此外，Google 旗下的無人機物流運送子公司 Wing，以及其他主要投資項目皆集中於北美。根據 DroneII.com 統計，2020 年全球無人機總投資金額達 23,380 億美元，其中北美就佔其中 62%。目前美國 Alphabet、Amazon、UPS、日本樂天、以及中國順豐等物流公司，皆正在執行相關無人機運輸作業計畫。

而針對國內物流運送市場，2017 年直至現今，已有數個試驗計畫都是針對山區、偏鄉與離島進行測試，像是阿里山血清運送、2020 綠能無人機創新大賽之烏石港至龜山島測試、桃園大溪物流測試等。可推測主要原因是物流運送至這些地區通常較為耗時並且也耗費人力，無法滿足即時性需求運輸。

2.2 美國無人機物流運送發展概況

2.2.1 物流運送相關規定

美國聯邦航空管理局(Federal Aviation Administration, FAA)是專責國家空域系統和民用航空相關業務的機關，其依娛樂、商用、公共安全及公部門使用等用途將無人機應用分別管理。

隨著無人機使用日漸普及，在安全性前提下，為了鼓勵創新並確立未來的規範，FAA 於 2017 年至 2020 年辦理 IPP 計畫(UAS Integration Pilot Program)，其專注於公私協力的無人機整合方案測試評估，對飛行機隊大小或營運規模都不設限，且無人機或貨機不再受到 55 磅載重限制，還能夠夜間飛行，該認證機制也涵蓋了無人機物流運送，其後銜接有 BEYOND 計畫。

承上，Part 135 是小型無人機在視距外飛行有償載物的唯一認證手段。其認證過程分為以下 5 個階段。

表 3 美國無人機認證階段說明

第一階段：申請前期
此階段可由個人或組織發起，可以採用書面形式或是與地區辦公室人員非正式會議進行。申請人首先造訪 FAA 的安全保證系統 (Safety Assurance System, SAS) 門戶網站。SAS 門戶網站是一個免費且安全的網站應用程序，可以電子方式進行審查與提交信息，並且查看文件審查進度，使申請人與 FAA 之間進行更直接、簡化和即時的通信。此外，SAS 門戶網站也是一個很好的資源，它亦能使申請人和其他證書持有者之間進行信息交換與鏈接。另外，也鼓勵申請人參加免費的線上 SAS 培訓課程。該課程提供以下指導： ● 註冊 SAS 門戶網站用戶權限。 ● SAS 用戶信息和導引。 ● 如何提交所需的信息和文件。 ● 如何查看提交信息和文件的狀態。 申請人將通過 SAS 門戶網站向當地飛行管制辦公室(Flight Standards District Office, FSDO)提交預申請意向聲明書(Pre-application Statement of Intent, PASI)。當 PASI 被 FAA 接受時，承辦人員將啟動認證服務監督流程(Certification Service Oversight Process, CSOP)。CSOP 是 FAA 用來確定是否允許申請人進行初始認證和持續操作的監督過程。此過程決定了申請人是否可以開始進行認證或是被列入等候名單。
第二階段：正式申請
當正式申請文件與所需必要文件提交給予 FAA 認證小組時，正式申請階段開始。必要文件的項目包括： ● 正式申請信 ● 活動日程

• 合規聲明書(Compliance Statement) • 公司手冊(GOM 和 GMM)(如果運作範圍需要) • 培訓課程(如果運作範圍需要) • 管理資格附件(簡歷) • 購買文件、合同和/或租賃附件。 • SAS 元素設計評估工具(ED-DCT) • 建議的操作規範 • 飛行隨員材料(如果需要) 另外，FAA 法規 8900.1 第 2 卷第 4 章第 1 節詳細說明正式申請中需要提交之項目。而此階段會以正式會議做為結束。透過會議，讓 FAA 與申請人協調解決認證過程中遇到的問題。
第三階段：設計評估
設計評估階段是認證過程的一部分，此階段深入審查申請人的手冊和其他文件，以確保符合適用法規和安全操作規範。有關設計評估階段的詳細說明，可參 FAA 法規 8900.1 第 2 卷第 4 章第 3 節。
第四階段：績效評估
在此階段，FAA 認證小組需確定申請人提出的培訓、指導人員履行職責程序與計畫是有效的。在此階段重要的是申請人必須遵守手冊中包含的法規和操作程序。有關績效評估階段的詳細說明，可參 FAA 命令 8900.1 第 2 卷第 4 章第 4 節。
第五階段：行政職能
在此階段，認證計畫經理(certification project manager, CPM)將會確認申請人完全有能力履行美國法規第 49 條，並能遵守聯邦法規(14 CFR)第 14 篇。確認以後，FAA 將向申請人頒發證書和運作規範(operations specifications, OpSpecs)，即完成認證過程。有關行政職能階段的詳細說明，可參 FAA 命令 8900.1 第 2 卷第 4 章第 5 節。

資料來源：整理自 FAA 網站

通過上述 5 個階段，FAA 將根據申請者所計畫業務服務中的服務類型與服務區域，向美國戶籍申請者頒發空運業者證書(Air Carrier Certificates)。此外，申請者在開始運營之前必須獲得空域授權和空運業者或運營證書(Air Carrier or Operating Certificates)。

2.2.2 應用案例

承上節所述，自 2019 年起至今，已有 Wing Aviation、UPS Flight Forward, Inc、Amazon、Ziplin 等 4 家公司通過 Part 135 認證。

1. UPS Flight Forward

UPS 旗下子公司 UPS Flight Forward，於 2019 年 11 月與美國最大連鎖藥店 CVS Pharmacy 合作，成功於北卡羅來納州凱利市利用無人機運送藥劑師所開立的處方至客戶家門。此外，UPS 也與 Matternet 合作，建立 UPS Healthcare & Life Science 策略，為當地 WakeMed 醫院以 B2B(business-to-business)模式進行醫學樣本的商業快遞服務。2020 年 1 月，其將此服務推廣至校園，與加州大學聖地亞哥分校醫療中心(UC San Diego Health)合作，展開校園醫療快遞計畫，在校園保健中心與實驗室之間提供醫藥派送服務。



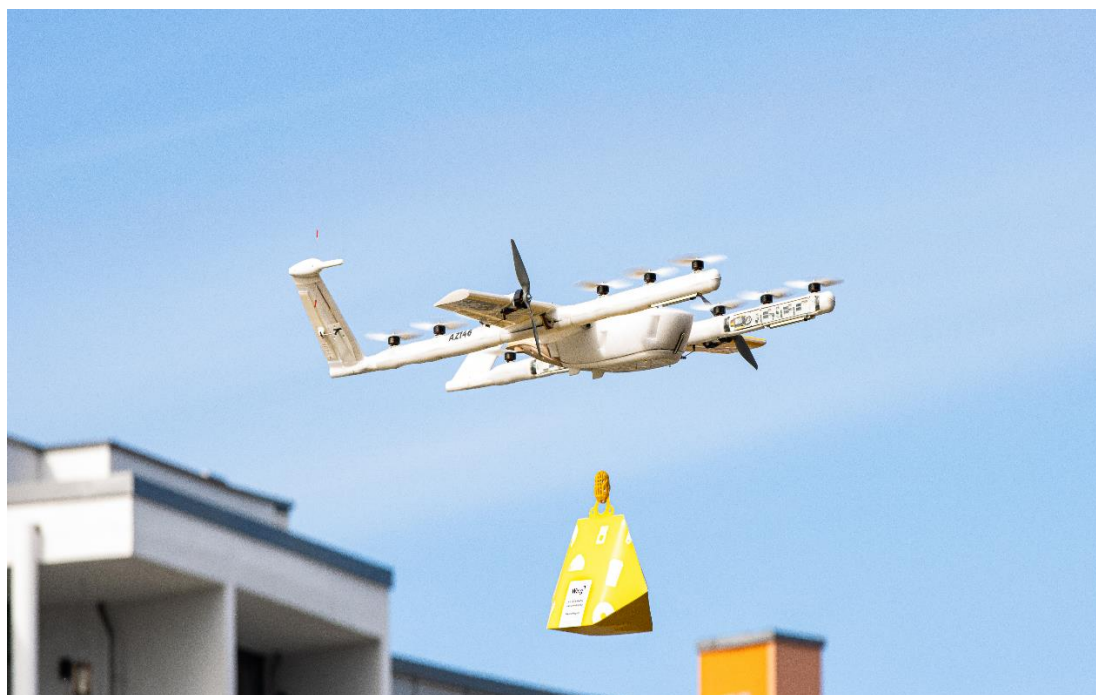
資料來源: <https://techcrunch.com>

圖 1 UPS 無人機藥品遞送

2. Wing

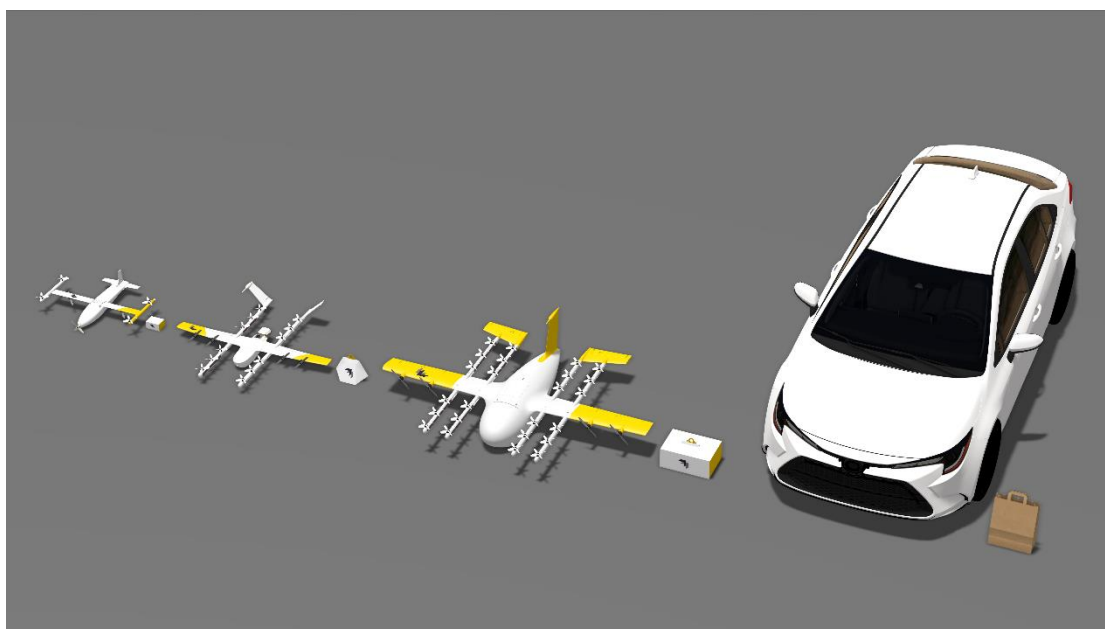
Wing 是 Alphabet 下的無人機子公司，以其在美國達拉斯的商業模式為例，隨著最後一哩路的需求增加，零售業預期將在未來五年擴充 35%，相較於目前耗時、高成本且出行增加導致道路壅塞等現狀，無人機物流可提供即時、高效的運送服務。就顧客端而言，無人機物流運送不僅省時便利，且可擴大零售服務的可及性，提供更多選擇；就企業端而言，無人機物流可擴大市場範圍，透過運送選項的增加提高銷售，創造新的商業模式，對社會而言，不僅可減少交通雍塞、提高道路安全性，也可減少溫室氣體

的排放，此外，藥品的運送也提高了社區居民健康服務。



資料來源: <https://wing.com>

圖 2 Wing 無人機物流運送示意圖

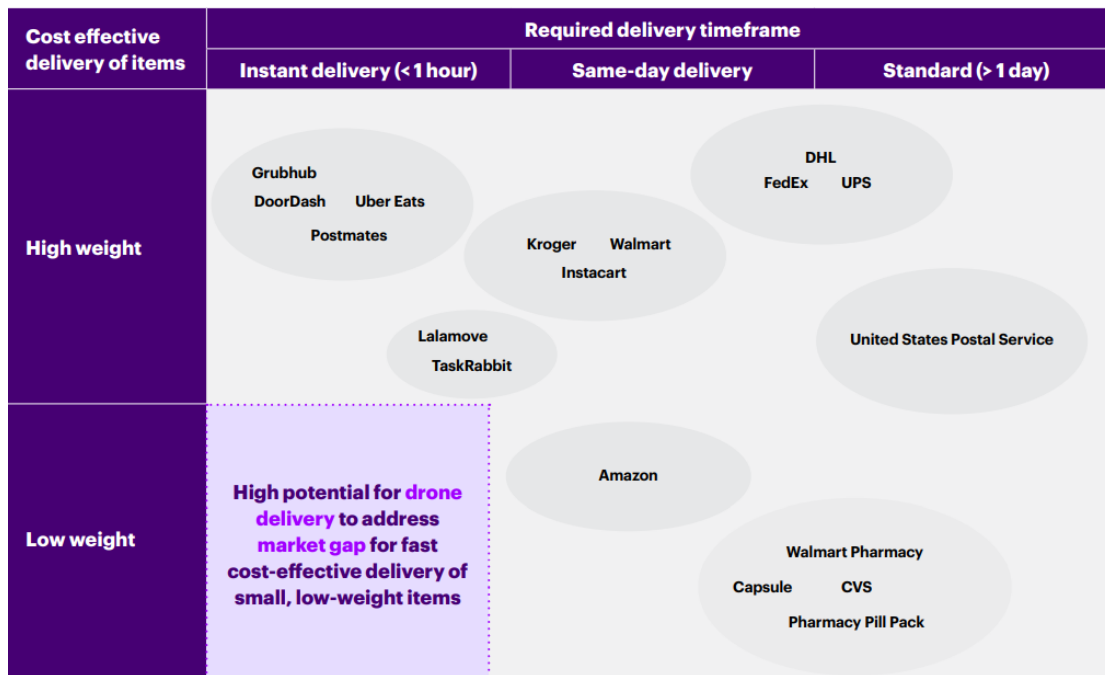


資料來源: <https://wing.com>

圖 3 不同機型無人機以提供藥品至物流等不同運送需求

該公司認為最後一哩路所涵蓋的潛在市場是定位在需要迅速、節約的小型輕量貨物，其提出的物流運送模式有三，一是提供如咖啡、新鮮糕點及牛奶日常食品，二是處方藥及緊急藥物運送，可滿足居家病患立即的需

求；三是可透過當日運送，增加地方零售業的競爭性。



資料來源: The Potential Impact of Delivery Drones in the Dallas-Fort Worth Metroplex

圖 4 美國物流運送版圖現況與未來市場預期

3. Amazon Prime Air

為提供顧客更快速、節約及安全卻少於 1 小時的物流服務，亞馬遜在 2020 年取得 FAA Part 135 認證後，在加州洛克福德（Lockeford）開展其 Amazon Prime Air 服務，所設計的無人機的避障系統可感知及自動辨識障礙物、其他無人機、寵物及群眾等，並自動改變飛行方向；該系統不僅可保障飛行安全，在貨物投遞時，該系統會確保地面空間淨空，無人群、動物或其他障礙物。



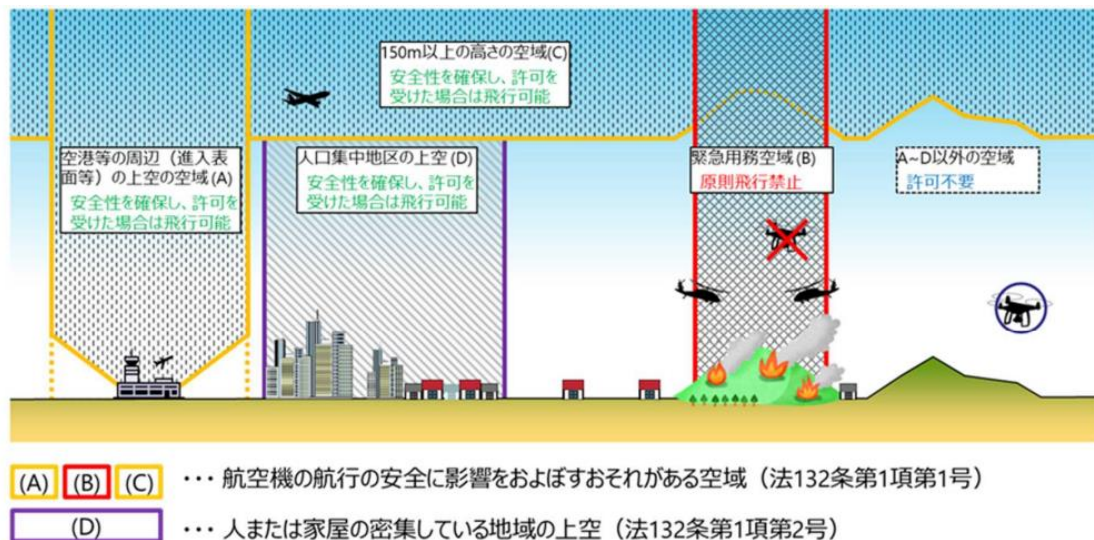
資料來源: <https://www.aboutamazon.com/>

圖 5 Amazon MK27-2 機種無人機

2.3 日本無人機物流運送發展概況

2.3.1 物流運送相關規定

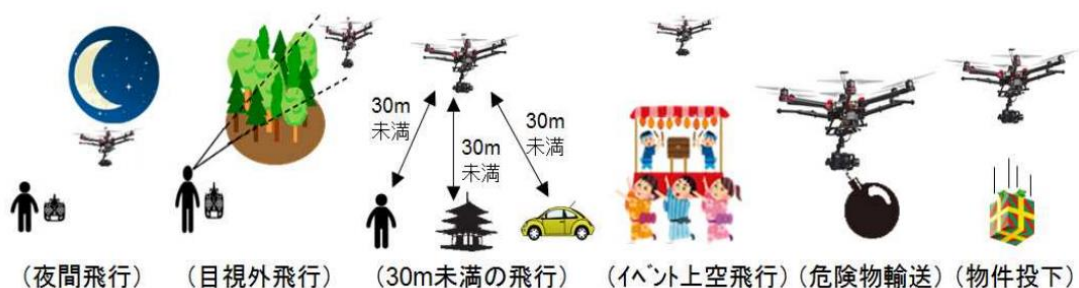
依照日本航空法的規定，地面或水面 150 公尺以上的空域、機場周圍的空域、每五年由內務部確定及出版的人口密集居住區(Densely Inhabited District, DID)等均屬於飛行限制區，於以上空域操作的無人機必須獲得土地，運輸和旅遊部的許可。



資料來源：無人機載運貨物指引 2.0

圖 6 日本無人機物流運送空域限制圖

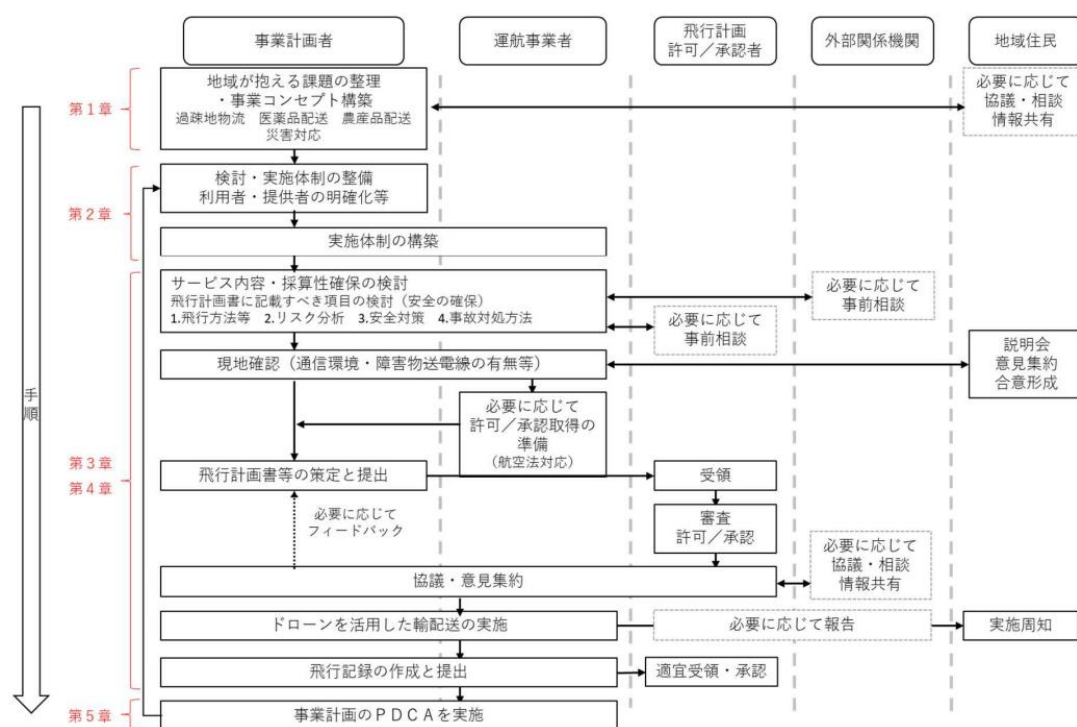
其他另限制有夜間飛行、需在直接肉眼目視範圍內之監視下飛行，與第三人或他人建築物及車輛等物體應距離 30 公尺以上、不得在祭拜或假日等人群聚集之場所上空飛行、不得輸送爆裂物等危險物品、不得從無人機上投擲物品等規定。



資料來源：無人機載運貨物指引 2.0

圖 7 日本無人機物流運送操作限制

為確立無人機物流運送時相關規範，2021 年日本國土交通省分別公布了「無人機載運貨物指引 1.0（法令編）」及「無人機載運貨物指引 2.0（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.2.0）」，前者彙整了相關法令，後者則為提示業務營運注意事項，就應用內容進行說明。此外，日本政府另就藥品運送訂有指南。



資料來源：無人機載運貨物指引 2.0

圖 8 日本公布無人機物流運送指引

該指引指出，無人機物流除了可提高運輸效率和速度外，也能優化支持社區生活的社會基礎設施，滿足受地域等限制導致的不足，促進區域發展。因此，業者應思考地區面臨的問題，確認無人機做為解決方案的可行性，並以使用者的觀點建立服務模式，選擇何時、何地(如起降點、氣候因子、噪音、飛航障礙物、訊號穩定度)及作法(酬載、航行距離、輸送品質)等，同時應制定安全評估操作手冊，建立一套安全管理系統。

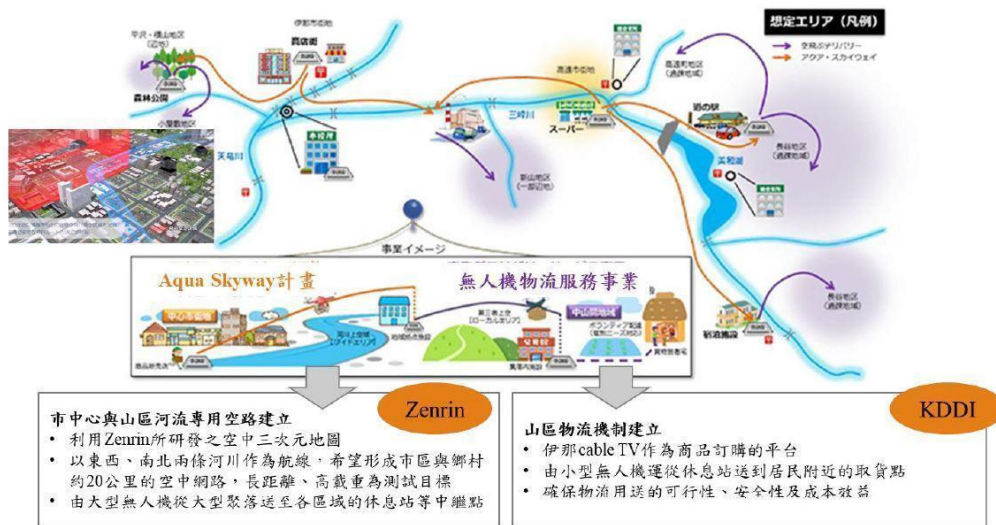
2.3.2 應用案例

日本國土交通省在總合物流施策推進會議上提出的物流政策推廣計畫，在 2018 年完成山區與離島貨物配送，並且預計於 2020 年達到都市地區貨物配送成熟化的目標。同時，其亦宣布無人機相關規定鬆綁的方

向與目標，項目包含飛行場所限定、降落地點設置規範、貨物掉落與過載等規範，並透過各地的飛行測試經驗，逐步修改法規。

1. 山區商業物流運送-長野縣伊那市「Yuai Market」

考量人口減少、少子化及高齡化的社會人口結構變化，加上偏鄉地區交通、購物及醫療等不便，可能出現「購物難民」，為此，以有效且永續的系統來支持每個人的生活環境是必要的。國土交通省自 2016 年開展伊那市丘陵山區無人機物流試點，由市政府與 KDDI 和 Zenrin 等公司合作，包括「飛行配送服務建設」和「INA 無人機 Aqua Skyway」2 大項目。

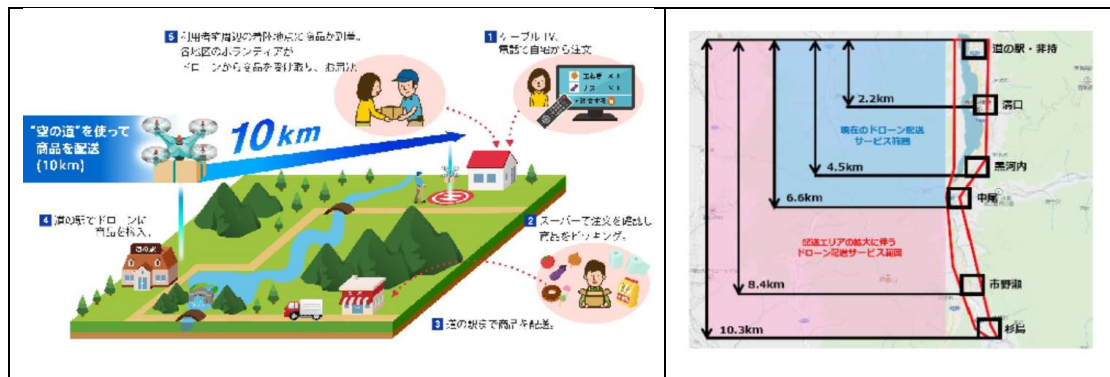


資料來源：「交通創新應用服務示範場域推動」委託研究計畫

圖 9 日本伊那市無人機物流試點專案

飛行配送服務的「Yuai Market」，是以無人機運送為商業缺乏地區提供購物支持，考量當地有線電視的普及率約達 100%，該服務提供了以有線電視(Ina Cable Television)遙控器訂購商品的渠道，以利於不擅使用手機的老年人使用；商品從當地的配送基地向社區中心等地配送，由各區志願者將貨物送至用戶家中；下訂當日即可在家中或最近的公共大廳收到貨物。服務費採訂閱制，每月 1000 日元，商品費用則併同有線電視使用費收取。

INA Drone Aqua Skyway 則以 Zenrin 的「天空立體地圖」為基礎，建立河流上方空域的航線，形成連接城市和丘陵山區的供應鏈，隨著 10 公里以上長距離飛行的實現，將可擴大配送範圍。目前已涵蓋一之瀨和杉島兩個新區域，服務範圍約 20 公里。



資料來源：<https://www.zenrin.co.jp/>

圖 10 日本伊那市無人機物流試點運送範圍

2. 災害時緊急物資運送-東京都使用無人機運輸貨物的調查與驗證計畫

奧多摩地區在 2019 年曾有因颱風導致道路坍塌、交通受阻的情況，當時東京都政府雖派遣無人機運輸物資，但存在有飛行路線驗證準備及無人機酬載能力等問題。爰此，2020 年東京都政府偕同 KDDI 的智能無人機運行管理系統，利用移動通信等實現超視距自主飛行，在東京開展無人機向偏遠地區運送應急物資的示範實驗-「使用無人機運輸貨物的調查與驗證計畫」，內容包括奧多摩町、檜原村、日出町の起降點選擇和航線規劃、通訊環境及障礙物調查，飛行採超視距無人機自主飛行，全程由東京都政府大樓端利用移動通信進行遠程監控，且支持即時高清天氣預報和 3D 地圖以策安全。2022 年 3 月，東京都政府與 KDDI 簽署了災害發生時的貨物運輸協議。一旦發生災害，將以無人機自主飛行運送應急物資支援。



資料來源：DroneJP

圖 11 實驗示意圖(遙距設定飛行和監測)

測試採用的無人機是 ProDrone 的六軸無人機 PD6B-Type3，其是為用做運輸大型、高酬載而開發的機型。

表 4 測試機型 PD6B-Type3 規格

	
尺寸	1,625 毫米（電機軸之間的距離）
重量	12 公斤（不含電池）
最大酬載	30 公斤(建議不超過 20 公斤)
飛行時間	28 分鐘（無負載），20 分鐘(酬載 4.9 公斤)
最大速度	60 公里/小時

資料來源：ProDrone

2.4 我國無人機物流運送發展概況

從 2017 年開始，國內政府機關(構)與企業陸續開始利用無人機的便利性、機動性等，解決執勤人員能力與地勢環境的限制，完成原有的職務內容，除提高作業效率之外，亦確保人員安全與節省成本與時間。

表 5 國內政府機關(構)與業者對於無人機之應用案例

單位	應用分類	應用敘述
交通單位	巡檢、觀測與表演	• 橋梁設施結構與邊坡檢測 • 工程檢查 • 災害勘查 • 颱風觀測 • 機隊表演
警政機關	治安維護與緊急災害救援	• 車流量高之路段/路口與國道監視車流 • 搜尋山區或偏遠難到達之可疑處 • 大型活動掌握活動之安全 • 追蹤臨檢逃逸之車輛 • 救援行動 • 交通事故處理 • 海上巡檢
消防局	救援與消防	• 進入火場，幫助消防人員熟悉現場 • 山難發生時，迅速定位事故與受難者位置 • 海面水域救生，並投擲維生用品
環境保護機構	環境污染稽查	• 非法排污水 • 營建工程污染 • 運輸車輛未落實覆蓋防塵網 • 露天燃燒農植地 • 違法堆置的土石山 • 取締傾倒垃圾、廢水與盜採砂石的車輛
農漁業機構	農業種植與漁業養殖運用	• 噴撒農藥作業 • 釋放害蟲天敵 • 進行農田勘災，提供現場拍攝佐證 • 監視海產養殖過程
其他		• 空拍紀錄 • 偏鄉醫療運送 • 稅籍稽查 • 架設臨時空中通訊基地台系統 • 電力塔台設施巡檢

資料來源：本所無人機整合示範計畫推動及管理服務計畫。

2.4.1 物流運送相關規定

交通部民用航空局於 2020 年 3 月 31 日發布了遙控無人機管理規則條文。另外也提供了「遙控無人機管理資訊系統」，可透過系統進行「註冊」、「檢驗」、「能力審查」、「活動申請」及「學、術科測驗」等，分別給予不同身份類別，如自然人或法人等進行申請。

考量物流作業無人機有視距外飛行及自動化飛行需求，且具飛越人群上空等風險，為提升物流無人機的安全性，強化可靠度，依規定須辦理檢驗。若遙控無人機未達 25 公斤，或是不具導航裝置的航空模型機，則免檢驗，若為 25 公斤以上具導航功能無人機，則需由製造商進行型式檢驗，再由購買者申請實體檢驗；就本計畫開放的 25 公斤以上自行製造無人機，則須由廠商備有特種實體檢驗查檢表及相關佐證文件，申請特種實體檢驗(包含型式檢驗和實體檢驗)。

物流作業無人機特種實體檢驗內容包括機體結構、通訊能力，全自動飛行、飛控、動力及載貨裝置等，目前檢驗機準分別參考歐盟(JARUS)CS-LURS 輕型無人旋翼機系統 750 公斤以下及荷蘭 CS-LUMRS 輕型無人多旋翼系統 150 公斤以下等規定。型式檢驗項目包括一般、結構、推進系統、控制信號(C2)鏈路、資料鏈、系統和設備、酬載、導控站、彈射和回收系統、系統層級、測試、品質保證及文件等。檢驗共分為以下 5 個階段。

表 6 臺灣無人機檢驗階段說明

申請階段	流程說明	執行重點
申請前	申請前會議	1. 申請人公司及無人機設計簡介，包括應用及業務說明 2. 檢驗單位說明檢驗流程
	條文適用性研討	申請人根據載具設計與研製能量，自行勾選及提供 MOC 表
	符合性方法(MOC)審查	1. 根據申請人提供之 MOC 表，討論其較適切之做法 2. 要求各類佐證文件呈現之架構
2. 正式申請	完成線上檢驗申請作業	申請人依據欲申請之檢驗類別，完成民航局規定之線上申請作業
	相關佐證文件整備	申請人依照確定之 MOC 表與文件架構，進行相關佐證文件之整備

申請階段	流程說明	執行重點
	設計報告及各佐證文件提交	1. 申請人提交「檢驗計畫書」，內容包括載具簡介、業務及任務說明、法規基礎說明、符合性驗證報告等 2. 依照確定之 MOC 表與文件架構，提交各佐證文件
	起始會議	檢驗起始會議召開，開始文件審查
3. 文件審查	相關文件初步審查	1. 佐證文件分類與管理 2. 文件審查，包括文件編號、封面、版別、修訂頁、簽審欄(中文)
	相關文件細部審查	1. 依照各條文 MOC 所備註的佐證文件，進行符合性審查 2. 審查意見紀錄
	文件審查意見彙整與回饋	1. 審查意見彙整 2. 審查意見提供申請人補充與修調
	經修調或補充之文件提交	1. 申請人視需要執行測試、分析、模擬等，並提交相關佐證文件 2. 檢驗單位進行文件審查
	文件審查會議	1. 針對申請人窒礙難行或難以取得共識之做法，進行討論 2. 與會者包括申請人、檢驗單位、民航局
4. 實地審查	實機驗證與飛行測試前會議	確定飛行測試日期與地點，及其他飛試前之整備作業
	飛試計畫書審查與修調	1. 申請人進行飛試計畫書擬定 2. 檢驗單位進行飛試計畫書審查
	地面檢驗	1. 執行實機地面檢驗(I - Inspection) 2. 民航局核發飛行測試之臨時合格證
	飛行測試	依飛試計畫書內容，執行飛行前檢查及飛行驗證測試
	飛行測試報告編撰與審查	1. 申請人進行飛試報告編撰 2. 檢驗單位進行飛試報告審查
5. 審查總結給證	審查總結會議(視需要)	1. 申請人提交之佐證文件，已由檢驗單位與民航局完成審查。 2. 所提交之佐證文件內容，為申請人內部正式核准之版本。
	檢驗報告彙整與編撰	1. 檢驗單位撰寫檢驗報告

申請階段	流程說明	執行重點
		2. 文件上傳民航局【遙控無人機管理資訊系統】，做為後續檢驗給證之依據
	檢驗報告審查與發證	1. 民航局審查檢驗報告 2. 審查通過後，於【遙控無人機管理資訊系統】通知申請人繳費領證

資料來源:本研究整理。

檢驗前，需確認檢驗基準，篩選適用條文，選擇符合方法，並由自製廠商提交佐證文件，而後會進入地面檢驗，此時廠商須依據民航通告 AC107-003 遙控無人機試飛規範與注意事項，提出試飛計畫，由民航局發給臨時合格證，而後進行試飛驗證。試飛計畫第 1 階段於場內或小區域進行空重、最大起飛之重量與重心變化驗證、自動飛行驗證；第 2 階段進行場外或擴大區域進行緊急處理程序驗證、高海拔測試驗證、耐久性驗證；經環境勘查及訊號勘查後，第 3 階段於實際場域測試，進行遠距緊急處理程序驗證、遠距耐久性驗證及遠距高海拔測試驗證。

2.4.2 應用案例

依本計畫之目的，以下主要回顧了目前國內於物流運送之應用案例，以便制定示範計畫內容及未來該應用之可能發展方向與政策推廣。

1. 醫療物資運送應用

山區車程往往較長，當有人不幸遭毒蛇咬傷，為了防止醫療延誤，必須事先儲備抗蛇毒血清，也因此容易閒置過期，造成醫療資源浪費。阿里山鄉衛生所轄下衛生室除了茶山、豐山、里佳，及十字衛生室，皆有儲備抗蛇毒血清，以備蛇毒咬傷偶發事件發生。然而，此四個衛生室無儲備血清，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，2019 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。



資料來源：「交通創新應用服務示範場域推動」委託研究計畫

圖 12 護理師取得血清

2019 年 10 月，新北市衛生局，與北醫大合作，在貢寮和烏來兩地衛生所，成立遠距醫療照護示範據點，醫師可透過視訊會診，以及無人機協助送藥，協助行動不便之高齡者即時拿取藥。但因 2020 年 3 月民航局無人機新法規上路，加上一趟次無人機費用需要 10 萬元新台幣以上，此計畫宣布暫停實施。



資料來源：中時新聞網

圖 13 無人機運送藥物至家戶

2. 道路中斷後物資運送應用

中華郵政公司目前在偏遠地區之郵件遞送業務完全仰賴郵局與代辦所間相互配合模式，將郵件送至代辦所，再由代辦所人員遞送至家戶。阿里山鄉有 6 個代辦所，郵件主要由郵務車從嘉義郵局送至阿里山郵局。倘若山區道路受天然災害影響導致土石崩塌，造成道路中斷，郵政車所配送的郵件包裹必須仰賴人工，除耗費時間，亦增加運送人員生命風險。然而，遇山區道路阻隔，在公路單位全力搶修下，仍需耗費至少兩個星期方能搶通。2019 年，航見科技以阿里山鄉衛生所至達邦運動場 2 處臨近代辦所之地點，做為實際驗證無人機郵務運送方案。其以六軸多旋翼無人機飛行直線距離 5 公里，耗時 10 分鐘以下，替代原需 30 分鐘的車程，解決道路中斷所帶來之郵務課題。

3. 偏鄉最後一哩路物流運送應用

偏鄉山區的居民常因山區通往城市採購之路程較長及不易往返，加上人口年齡已高齡化，對於線上購物非常仰賴，以滿足日常的購物需求。然而，物流業者因山區道路狹窄、彎道幅度過大、運送耗時等課題，拒絕運送貨物到府服務，僅能送往鄰近超商，而當地民眾則趁閒暇之餘自行取貨，而老年人則多藉以他人協助取貨。為了解決超商到家戶物流運送課題，2019 年，航見科技利用遠端操控無人機完成最後一哩路，將居民訂購的商品送往家戶當中。其於虎頭山遠端飛控中心下達指令，利用六軸多旋翼無人機載運 2 公斤的白米從新峰里東興宮起飛，飛行時間約 2 分鐘後進入當地家戶三合院並卸載包裹，送達至民眾手中。



資料來源：「交通創新應用服務示範場域推動」委託研究計畫

圖 14 載運包裹的無人機

4. 109 至 110 年度無人機整合示範計畫

2020 年 3 月 31 日，民航法遙控無人機專章正式施行，政府機關(構)、學校或法人皆需申請能力審查後，方能從事遙控無人機活動。由本團隊執行之無人機整合示範計畫中，「物流運送」示範計畫除需符合作業手冊之要求，另外因無人機載物作業為國內法規實施以後首次執行，此項申請作業程序相當嚴謹且尚未開放，仍必須透過民航局協助，特例開放「載物作業」限制，並且受限於最大起飛重量不超過 25 公斤。

因此，「物流運送」示範計畫，主要測試以屏東縣東港郵局至小琉球郵局為起降地點，其直線距離約 13 公里。主要目的是解決兩地之間過往郵務作業運輸耗時與無法即時運送信件包裹問題，藉以無人機高機動性輔助離島運輸作業。參與此次測試之無人機業者皆需運送至少 5 公斤或以上離島包裹，並完成兩地來回飛行。最終，奧榮科技與航見科技皆可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。

第三章 計畫辦理過程

本章將先說明執行步驟，再依序針對回顧檢討前期計畫、深度訪談、辦理無人機物流應用座談會、制定示範測試計畫書規格及內容、邀請無人機業者參與測試、協助資格審查作業、監督管理執行過程、召開成果發表會、制定委外招標共通性範例及完成示範計畫成效報告書等十項課題分別說明如後。

3.1 計畫執行步驟

本計畫為跨年度計畫，執行流程如下圖所示，茲就流程中之重要步驟說明如下：

1. 確立計畫目的。
2. 回顧國內外無人機物流市場、技術、應用、法規之相關案例，以提供部屬機關參酌。
3. 回顧前期計畫辦理過程及成效，並研提改進建議，以做為本計畫擬定「物流運送之深化應用」示範計畫書參考。
4. 參考前期計畫及中華郵政公司「建立無人機偏鄉後勤補給運送機制」成果，並與中華郵政、民航局及無人機業者進行深度訪談，討論示範場域規劃、技術規格及服務模式等計畫書規格內容與牽涉之行政協調。
5. 優規辦理無人機物流應用座談會，邀請產、官、學研單位與無人機廠商、物流業者進行討論，藉由座談會所提出國內無人機物流應用方向、需求及服務。
6. 根據前期計畫與相關計畫之經驗、深入訪談及座談會之成果，制定「物流運送之深化應用」示範測試計畫書規格及內容。
7. 宣傳推廣邀請無人機廠商參與，並辦理徵件說明會提供廠商與中華郵政雙向溝通的機會。
8. 與本所、中華郵政、示範廠商協力，進行無人機示範應用場域實作(實作期間提送階段成果報告書)。
9. 辦理示範應用決選活動。
10. 辦理成果發表會。
11. 撰寫示範計畫成效報告書，包含辦理過程、制定委外招標共通性範例(招標功能規格及資安規定)、後續無人機應用於物流運送之具體建議等。

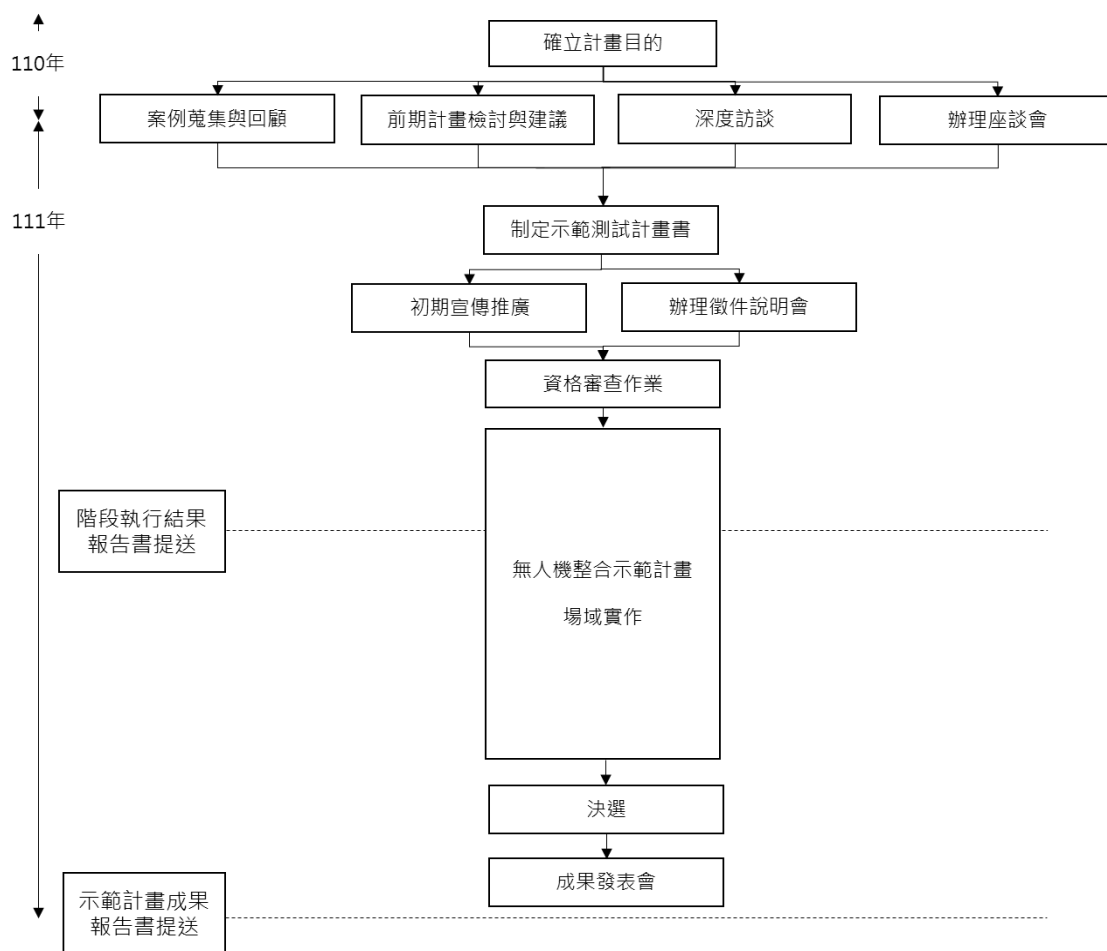


圖 15 本計畫執行流程圖

3.2 前期計畫檢討與建議

為有效制定本計畫之「物流運送之深化應用」示範計畫書，需參考本團隊執行之前期計畫之成果，本團隊回顧前期計畫之成果，並分別針對四大面向，即實務面、技術面、政策面與產業面進行回顧並提出建議，詳細說明如下：

3.2.1 成果總結

前計畫之「物流運送」示範場域為屏東縣東港郵局(鎮海公園)至小琉球郵局(污水處理設施)，其直線距離約為 13.3 公里。測試主要目的是為提高兩地郵務包裹與信件運送的即時性，以無人機高機動性輔助離島物流運輸作業。階段目標希望以無人機載運包裹跨海離島飛行，且重點來回測試遠距離飛行下，無人機可載運包裹至少 5 公斤或以上，並完成定點落地裝卸包裹。而示範計畫所觀察 IPP 團隊之測試成果如下：

1. 從機種觀察，IPP 團隊採用了固定翼垂直起降無人機、單旋翼無人機、多旋翼無人機此 3 種機種。這些機種的起降方式皆具備垂直起降之功能，無需跑道即能隨時隨地執行起降作業，解決了城市地狹人稠的空間限制。
2. 從飛行方式觀察，目前以半自動與全自動為控制。基本上遠距離飛行已超過目視範圍，故跨海飛行過程皆採全自動化飛行，飛手僅需觀察飛機坐標與姿態；唯有到達兩地起降位置時，可能會採取手動控制方式，A 點位置的飛手需將操控權限轉交 B 點位置的飛手，使無人機安全降落。可以觀察得知，所參與的團隊中使用單旋翼無人機(直升機)皆於起降作業時採用手動控制。
3. 從抗風能力觀察，因驗證測試當日氣候穩定，多數 IPP 團隊抗風性可達蒲氏 1 至 3 級風。
4. 從飛行里程與時間觀察，來回 13.3 公里的距離，包含運載貨物落地裝卸，總耗時約 45 分鐘。

3.2.2 檢討與建議

本團隊分別對於四大方面，即實務面、技術面、政策面與產業面進行檢討與建議，如下：

1. 實務面：

- (1)為節省團隊整備組機時間，驗證測試當日採取東港端或小琉球端兩地進行起飛來回測試，造成於琉球端起飛之 IPP 團隊需配合船隻航程前往且搬運機體時較不便利，因此建議未來活動起落降地點能統一，並考量起降地點的便利性。
- (2)驗證測試當日，有一團隊於起飛前受不明原因干擾訊號因而棄賽。因此，建議未來活動中可以給予參加團隊多一次試飛的機會；並且於活動前，主辦單位應先行測試場地訊號。
- (3)針對國產零件組，過去僅針對使用百分比請參與團隊註明，評審建議未來活動可注重於幾項零件，如飛行控制模組、馬達、電池、機身結構、遙控器等，並請團隊記錄其所使用之產品為國內或國外(並註明出處國家)。

2. 技術面：

- (1)從參與的 IPP 團隊觀察，一開始報名為 13 家、資格審為 11 家，到最後進行無人機實機展示驗證計畫只剩下 4 家，然而完成所有任務的只有 3 家。IPP 團隊頻頻失敗，原因多為起降作業系統因不明原因不受控制，才導致墜機失敗；另途中墜機的因素推測可能是機械性能故障或碰撞物體所致。探究原因可能是 IPP 團隊於實作測試階段皆僅 1 次測試經驗，建議未來可以提高測試頻數。另外，也因為先前全台並未開放無人機載物作業測試場域，故廠商沒有累

積足夠經驗與測試數據，因而導致失敗比例高；建議國內須有固定測試航線場域，提供無人機業者進行測試，用以精進技術。

- (2)以現階段技術觀察，僅有 2 家 IPP 團隊完成此項載重 5 至 10 公斤之包裹、飛越 13.3 公里之任務。未來活動若需朝向高載重與長距離飛行測試，需先行瞭解目前國內無人機技術及場域安全性問題。

3. 政策面：

- (1)前期計畫並無任何獎金獎勵。然國內無人機業者多數中小企業，在營運資金上有限，而無人機開發經費至少需耗費新台幣 100 至 300 萬元。故建議未來活動可以給予獎金獎勵，補助國內無人機業者做為無人機研發經費。
- (2)於前期計畫中，無人機載物作業為國內首次執行，此項申請作業程序相當嚴謹且尚未開放，仍必須透過民航局協助，特例開放「載物作業」限制，並且受限於最大起飛重量不超過 25 公斤。此外，依據遙控無人機管理規則第 13 條規定，最大起飛重量超過 25 公斤者，需向民航局申請型式檢驗，經型式檢驗合格者方能排除此限制。但目前型式檢驗所需審核提交符合方法 (Means of Compliance, MOC)文件繁瑣，需要較長的準備時間。因此，建議國內無人機法規可針對載物作業完整申請施作辦法，以利國內無人機產業得以依照他們所規劃的載物服務業務申請載物作業程序，並且進行相關作業測試。
- (3)經濟部為推動臺灣無人載具科技與國際科技同步發展，引進「監理沙盒」精神，而制定「無人載具科技創新實驗條例」，並於民國 108 年 10 月 25 日開始受理申請，讓實驗者能在可控管的環境下，進行創新性的無人載具實驗。就無人機而言，因民航法原即對創新發展保有彈性，故個案經風險管理及作業手冊擬定，即可在依程序通過檢驗後，排除相關法規規定，故並無採用沙盒計畫的必要。惟上述相關法規排除及檢驗程序就無人機業者而言仍較繁瑣，權衡國內外市場需求後，業者申請國內驗證並不積極。建議未來可由官方需求單位主導，並於其所開放場域進行測試；或成立無人機測試驗證中心，以供無人機進行測試，並可考慮採納前期計畫所規劃之離島航線為固定航道，進行無人機物流運送測試。

4. 產業面：

- (1)因無人機業者往往於無人機開發時，需大量投入資金成本及人力，因此其會考量該無人機應用之市場需求與所帶來的產值。倘若該無人機應用並無市場需求或需求較小，且商轉性亦低，將導致多數業者較無意願投入。在前期計畫中，許多無人機業者希望與政府單位進行合作，並且政府單位能提出具體需求，而後以計畫案、採購

案或是補助專案等方式，進行無人機服務與應用之開發。因此，建議中華郵政能於此次計畫中提出適當試驗場域以供本案規劃具體的需求與規劃方向。

- (2)無人機業者於前期計畫亦表達，對於無人機物流運送，以商業角度，多以 2 至 10 公斤做為載重需求，此重量需求應用較為廣泛，可用於緊急醫療、道路中斷、郊區物流、農噴等；若超過 10 公斤之高載重載物運送，則需考量其利用無人機之必要性與效益，而非僅考量滿足測試需求。

3.3 深度訪談

本計畫目的在於針對中華郵政目前業務流程需求，提出無人機技術運用之可行性或是延伸可能價值。透過與中華郵政深度訪談，瞭解其需求與發展技術課題，收斂出適合該單位的無人機技術之發展與應用。另外，因此次主題以物流運送為主，在法規限制上仍需與民航局進行多次訪談與會議，從中協調後續參與廠商辦理作業申請之流程。

此外，本團隊欲通過與無人機廠商深度訪談，瞭解國內無人機技術、發展趨勢及方向，並且蒐集他們對於此次示範應用之建議。最終，將訪談內容彙整，並將其做為後續擇定本計畫之示範應用範圍、办理流程與內容之參考。本計畫訪談主要流程與內容如下：

1. 訪談流程：

- 確認並定義主題：確定受訪主題與受訪對象，將訪談探討之內容明確化。
- 設計訪談內容：針對無人機物流運送應用案例，進行國內外相關文獻資料、報章、雜誌報導等現況回顧與整理，並且預設達成需求與目標需經歷之過程，進而設定訪談問題大綱。
- 深度訪談：聯絡受訪對象，行政協調，並進行深度訪談共同討論示範計畫內容及場域，並且亦針對無人機操作上，是否需要其他政府部門配合，或有障礙及窒礙難行等因素。。
- 訪談內容整理：將各受訪對象所論述有關國內無人機技術、發展趨勢及方向之認知與瞭解，以及未來制定示範應用之規劃與建議勢等討論內容，進行整理與分析。

2. 訪談對象：

- 交通部部屬機關與事業單位，即民用航空局與中華郵政股份有限公司
- 國內無人機業者與法人單位，如經緯航太科技股份有限公司、泰世科技模型有限公司、中強光電股份有限公司、奧榮科技股份有限公司、雷虎科技股份有限公司、工業技術研究院等。

3. 訪談方式：

- 與機關單位或無人機業者協調，可採取電話訪談或是當面訪談。

4. 訪談內容設定：

表 7 訪談內容設定

訪談項目	訪談內容	問題規劃
瞭解中華郵政之需求 (僅針對中華郵政)	提供中華郵政國內外相關無人機物流運送實際案例參考，並針對該單位業務流程提出無人機技術實際應用之可及性或創造新技術與傳統的媒合機會	1. 評估有哪些業務可能可以使用無人機？ 2. 具體需求是什麼？如場域範圍、營運概況等。 3. 該需求是否有改善的必要？可能得到的幫助與遇到的困難？遇到的困難是否可被解決？ 4. 針對該應用在安全性、可及性、人力與財務資源等方面是否存在相關課題？
想法與建議 (僅針對民航局與無人機業者)	對於中華郵政所提出之無人機物流運送需求，提出示範計畫書制定內容之想法與建議。	民航局： 1. 以中華郵政所提出之需求與場域範圍，法規限制有哪些？ 2. 申請作業時，本團隊與參與廠商因需配合事項有哪些？ 3. 申請流程時程約多久？ 無人機業者： 1. 以中華郵政所提出之需求，目前國內的技術是否可行？困難有哪些？ 2. 目前國內有哪些廠商能執行此需求之任務？ 3. 是否能給予此需求任務之示範計畫書的規劃建議？ 4. 貴單位是否有意願參與測試？ 5. 以貴單位之業務，可否提出有哪些業務可提供中華郵政之應用與服務？ 6. 對於無人機實際應用未來可能面對之挑戰，像是人力、成本經費、科技技術之發展趨勢，給出想法與意見

資料來源：本研究整理。

5. 訪談時程：

表 8 訪談對象及時程表

受訪單位	受訪對象	訪談時間	訪談地點	訪談方式
中華郵政股份有限公司郵務處作業管理科	管理師 許銘俊	2021/10/08	臺北市大安區金山南路二段 55 號	當面訪談
民用航空局飛航標準組	簡任技正 黃洸洋 技正 陳玉成	2021/10/08	臺北市松山區敦化北路 340 號 3 樓 309 室	當面訪談
泰世科技模型有限公司	董事長 莊宗明	2021/10/21	-	電話訪談
中強光電股份有限公司	協理 王仲平	2021/10/22	-	電話訪談
奧榮科技股份有限公司	技術長 黃大峰	2021/10/22	-	電話訪談
經緯航太科技股份有限公司	副總 謝崗	2021/10/22	-	電話訪談
雷虎科技股份有限公司	董事長 陳冠如	2021/10/27	台北市中山區樂群三路 128 號 10 樓	當面訪談
工業技術研究院機械所	副組長 彭文陽 經理 林正軒	2021/11/09	工研院機械所 22 館 2 樓第二會議室	當面訪談

6. 訪談重點結論：

表 9 整理訪談內容，業者表示考量國內物流市場小、商轉性低，且開發設計所費不貲，亦須耗費大量時間與人力，故多數無人機製造商較無參與意願；即便部分廠商已具備本次測試計畫要求規格的無人機產品，考量後續調校測試的機會成本，除非政府已具有明確需求，未來具有一定的商轉可能性，否則參與意願仍不高。

就需求面而言，因臺灣交通便利，既有物流運送網路綿密，考量目前無人機航行的穩定性及安全性仍有待提升，運送成本及服務營運模式亦未見雛型，故中華郵政目前仍將無人機應用定位在緊急物資運送，尚未有以無人機取代既有陸運模式的計畫。是故，無人機產業發展似仍須由政府主導，提供補助及產業輔導，鼓勵並協助業者完成國內無人機檢驗程序；更有甚者，應完善基礎設施佈設，建立供無人機測試使用的空中廊道，才能

有效吸引業者投入國內市場，扶植產業發展。

本次測試計畫應擇定最具商轉潛力的題目，並由中華郵政協助場域選擇，以期未來能在本計畫的基礎上，提供可供需求及供給雙方參考的驗證成果，共同構建物流運送的服務模式，進而提高未來發展的可行性。

表 9 機關單位訪談內容整理

機關單位	訪談內容
中華郵政	需求： ● 中華郵政目前有一業務需求為協助運送食材，其起迄點為嘉義玉山郵局至阿里山上十字國小與香林國小。 ● 兩國小所使用之食材預計每週一運送星期二、三與四之份量，而每週四運送星期五與下星期一之份量。十字國小每週一所需食材重量為 43 公斤，而每週四則為 31 公斤；香林國小每週一所需食材重量為 64 公斤，而每週四則為 40 公斤。 ● 此路徑最高點為香林國小，其海拔高度為 2195 公里。 ● 以目前郵局車輛運送，來回需至少花 4 小時車程。因此，望利用無人機替代原方法運送，以每日運送當日新鮮食材為目的，給予偏鄉學子能享用當日新鮮食物。 ● 中華郵政預計將此路徑申請航線驗證，做為固定測試場域，以利後續服務驗證(Proof of Service, PoS)與商業驗證(Proof of Business, PoB)之進行。因而期望能透過本案完成概念驗證(Proof of Concept, PoC)。 ● 目前申請航線驗證非常困難，多數業者申請僅限單次驗證，然在申請程序上暫無法可依循。目前民航局已請中科院制定審查辦法。 建議： ● 若本案以此路徑做為示範驗證場域，最大考驗有二，即山區訊號不佳，很有可能會突然斷訊；其次，無人機需酬載之重量較高。 ● 建議可多趟次飛行酬載，僅需滿足當日食材量即可，以此降低門檻。

機關單位	訪談內容
民航局	建議： ● 得知中華郵政需求後，表示若最大起飛重量超過 25 公斤，建議參與廠商需申請特種實體檢驗。然特種實體檢驗只有針對特殊需求，經常性為研發階段下申請，並不適用於商業化行為。 ● 特種實體檢驗流程必須先通過書審(如確定檢驗基準，篩選適用條文，選擇檢驗方法，提交佐證文件)後，民航局會派員去實作現場勘查；待確認無誤後，再行發臨時證，廠商才可測試飛行。過程中，民航局亦會不定期抽查廠商試飛驗證情況。 ● 上述流程至行發臨時合格證需約 4 至 6 個月，但本案預計年底開標，且預計 111 年 7 月至 9 月供參與廠商進行測試、10 月驗證，申請流程時程上非常急促。 ● 建議本案盡快確認本次示範應用主題、規範及時程，如：酬載重量、飛行距離等。 ● 後續本案時程訂定後，民航局可配合協助本案先擬定檢驗適用條文，並直接規範檢驗方法，來縮減前置申請作業時間。 ● 因民航局人力有限，建議本案須透過初選篩選廠商再來進行文件審理。

表 10 無人機業者訪談內容整理

機關單位/ 無人機業者	國內物流應用概況 與題目設定難易度	參與意願	建議
泰世科技	題目不難，但困難之處在於飛控系統的穩定、可靠度和訊號的問題，以國內業者目前能力較不穩定。	20 公斤的重量依他們能力是可執行。廠商對於政府計畫較無參加意願。	若中華郵政有實質的需求、資本與計畫投入，方能做為誘因吸引廠商們參與。
中強光電	題目難度不高，重點是可靠度，但要達到一定的可靠度，需要大量投入資金成本及人力。	20 公斤的重量依他們能力是可執行。廠商對於本案參與意願則需視本	-

機關單位/ 無人機業者	國內物流應用概況 與題目設定難易度	參與意願	建議
	臺灣目前物流市場較小、商轉性不大，導致多數業者較無意願投入。 點對點運送物資應用，困難度不高，重點則是確認通訊。	案的效益評估。	
奧榮科技	臺灣目前物流市場較小、商轉性不大，加上需大量投入資金成本及人力，導致多數業者較無意願投入。	廠商目前並無相關無人機產品可執行本案；若要參與本案，則須考量本案的效益。	建議題目無需鎖定至少酬載超過20公斤，應以政府單位提出確實需求，由業者來解題，並制定服務模式較佳。
經緯航太	-	前期計畫參賽成績不佳，不確定是否參與本計畫。 若要參與本案，他們需與其他廠商合作。	-
雷虎科技	本案題目以國內業者而言，皆具備技術，但困難點在於業者皆無現成的無人機產品與具體的服務方案。 廠商認為題目沒有市場，且使用無人機做為載具較無效益。 國內廠商是否願意投入本案，需看到未來的商機以及可能的商業模式。	廠商目前已有現成的無人機產品，此題目可以執行。 若要參與本案，則需考量有無人機，因需考量人力與成本。	建議先確認中華郵政意願與思維，以採購或是補助專案方式，提出具體需求與未來規劃。
工研院 機械所	本案題目是高難度挑戰，以目前一年的時程規劃，無人機業者需已具備現有人機產品方能參賽。	本所目前主要研發高酬載無人機，酬載可達50公斤，因而對此題目是有興趣與參與意願，惟相關衍生費用及人力可觀，若無對應計畫資	建議政府單位應以結合相關專案來合作，執行相關POC，否則無專案補助，無人機業者無能力投入。 建議本案應先評估選擇一條固定路

機關單位/ 無人機業者	國內物流應用概況 與題目設定難易度	參與意願	建議
		源應用或補助，需要衡量是否可配合投入。	徑，並由政府建置「空中廊道」，包含訊號、山中氣候環境條件等資訊設備，讓廠商可於該廊道中進行測試，如公路由公單位提供，物流業者僅需提供服務模式。

3.4 辦理座談會

經深度訪談，考量中華郵政與無人機業者供需兩方認知與期待有落差，因而為協助國內無人機產業加入智慧物流運輸技術創新，並釐清中華郵政與運輸業者之需求，本計畫辦理物流運送應用交流活動，藉由供、需業者面對面交流，一起探討無人機在物流運輸可能產生嶄新的應用，更可藉此瞭解國內物流業者在無人機應用方面之現況、痛點與期望，以及針對未來無人基於物流運送上所需發展的新興技術，國內業者具備之產業能量，以凝聚供需雙方共識，建立無人機於物流運送可能之應用服務場景與商業模式。

物流無人機有極大潛力能解決偏遠地區物流運輸不便、運輸效能低下等問題，同時還可以在鄉村物流、跨海島物流、邊防哨所、應急救災等場景開展立體應用。為協助制定「物流運送之深化應用」示範計畫書題目與規格，並推動後續無人機相關應用實證，於活動中也將說明「無人機物流運送之深化應用計畫」目的及相關內容，吸引產、學、研各界投入，並提供國內無人機應用於物流運送的需求、方向等建言，期許藉由無人機多元應用與服務發展，或將逐步改變整個末端配送的物流格局，並加速創新科技商業化進程。

1. 座談會議程

- 時間：2022 年 5 月 31 日 (二) 14:00~16:30 (13:45 報到)
- 地點：本所第一會議室，並同步於線上辦理
- 邀請對象：交通相關公部門代表、研發法人單位，以及物流運輸業者、無人機相關廠商 (包含但不限於硬體製造、軟體開發、系統整合及服務供應等廠商)
- 議程：

表 11 座談會議程

時間		議程	講者
13:45	14:00	來賓報到	--
14:00	14:15	主席及貴賓致詞	交通部運輸研究所 陳天賜副所長 台灣車聯網產業協會 吳盟分理事長 中華民國物流協會 王清風理事長
14:15	14:30	國外無人機於物流運輸應用經驗分享	台灣野村綜合研究所施語梵顧問師
14:30	14:45	無人機智慧物流應用	中光電智能機器人股份有限公司智慧

時間		議程	講者
		經驗分享	運營服務中心李家儀副處長
14:45	15:00	國內無人機物流運輸需求現況及展望	中華郵政股份有限公司許銘俊管理師
15:00	16:30	綜合座談	主持人： 交通部運輸研究所 陳天賜副所長 與談人： 交通部運輸研究所運輸工程組許書耕組長 交通部無人機科技產業小組吳東凌執行秘書 台灣車聯網產業協會吳盟分理事長 中華民國物流協會王清風理事長 台灣野村綜合研究所施語梵顧問師 中華郵政股份有限公司許銘俊管理師 中光電智能機器人股份有限公司李家儀副處長

2. 座談會簡要結論

考量未來的經濟面勢必會引入許多自動化裝置，一人操作多台無人機可能是未來趨勢之一，臺灣應盡早起步，把握自動化避障等相關關鍵技術。除了加強硬體開發外，考量未來更多的產值應該是服務，業界也建議應先標準化才能規模化，而後才能商業化運轉。民航局代表說明，法規調適分成載具安全性、作業面安全性、基礎建設三個層面，考量未來可能會飛越人群，要求必須相對嚴格。此外，引入無人機管理系統(UTM)也是未來管理重要議題。本次座談會與會者眾，相當於產官學界共同參與的無人機物流運送研討會，分別就標準化、安全性、制度面和未來服務模式提出寶貴意見及交流經驗。



圖 16 座談會照片

3. 問卷調查

本案於 111 年 5 月 23 日發送問卷給座談會報名人士，並於 6 月 6 日再次發送敦請座談會與會者填寫，至 6 月 13 日截止，共計回收 27 份，統計結果如下。

- 請問您從事的產業是？

答案選項	填答數	百分比
物流運輸業	2	7.4%
無人機設備製造商	0	0%
服務或系統整合商	9	33.3%
其他-政府/法人	7	25.9%
其他	9	33.3%

- 請問貴公司是否已有無人機應用經驗？

答案選項	填答數	百分比
有	13	48.1%
沒有	14	51.9%

- 請問貴公司應用經驗為何？（可複選）

答案選項	填答數	百分比
緊急物資運送	4	30.8%
偏鄉地區物資運送	5	38.5%
橋梁、高樓、輸電塔等建物監測控管	4	30.8%
空拍攝影、地理資訊收集、空間資訊量測	9	69.2%
農林漁牧業管理（含藥劑噴灑）	3	23.1%
其他	2	15.4%

- 您認為臺灣無人機於物流產業發展上須面對那些技術挑戰？（可複選）

答案選項	填答數	百分比
感測	9	33.3%
導控	16	59.3%
聯網	14	51.9%
演算/AI	19	70.4%
低耗電	18	66.7%
其他	4	14.8%

- 您認為臺灣無人機於物流產業發展是否需要仰賴國外技術支援？

答案選項	填答數	百分比
非常同意	2	7.4%
同意	15	55.6%
不同意	7	25.9%
非常不同意	3	11.1%

- 您認為以下哪個因素對於臺灣無人機於物流產業應用發展影響最大？

答案選項	填答數	百分比
法規監管	12	44.4%
技術研發	10	37%
成本效益	5	18.5%
其他	0	0%

- 您認為無人機是否能解決物流人力不足的問題？

答案選項	填答數	百分比
非常同意	7	25.9%
同意	15	55.6%
不同意	5	18.5%
非常不同意	0	0%

- 您認為使用無人機進行物流載貨，效率是否較傳統人力、車載高？

答案選項	填答數	百分比
非常同意	5	18.5%
同意	13	48.1%
不同意	8	29.6%
非常不同意	1	3.7%

- 您認為無人機應用於物流有哪些優勢？（可複選）

答案選項	填答數	百分比
減省人力	12	44.4%
耗時較短	19	70.4%
應用靈活，較不受地形限制	26	96.3%
成本較低	6	22.2%
調度較靈活	13	48.1%

其他	0	0.0%
----	---	------

- 若您對於無人機於物流上的應用有其他意見，歡迎提供：

答案選項
glad UAV can do many things in time and on time, but face change for more requirement in Logistics...
建議無人機若要應用於物流業，載重能力要再提升，另外因應大型無人機貨運，建議應向交通部爭取合法的飛航廊道，才能真正落實無人機飛安、航安、法安等挑戰。
無人機於物流應用,或應增加酬載量.另或可與其他無人載具(如 AMR 自主移動機器人)整合應用,解決最後一哩運送問題。

本次座談會除交通部所屬單位外，亦邀集包括台北市政府、新北市政府、中華經濟研究院、工研院、資策會、專利檢索中心、桃園國際機場股份有限公司、臺灣港務公司、國家高速網路與計算中心、臺灣大學等官方、研究及法人單位代表，與會多數則是台灣世曦工程及涵蓋電信、銀行、科技、物流等產業代表。目前回收 27 份問卷中，服務或系統整合商、政府/法人及其他約各佔 1/3；調查總數中約一半有無人機應用經驗，多為空間攝影或測量用，其次為緊急物資或偏鄉物資運送，以及建物監測控管等。依據調查，普遍認為無人機能解決物流人力不足的問題，應用靈活，較不受地形限制。

承上，依據座談會出席人員、問卷回收比例及填答對象，因未有無人機設備製造商填寫問卷，故尚難得知無人機設計製造業界主流意見，但考量未來無人機應用領域發展，本問卷調查結果及相關意見應可視為各領域對無人機應用的未來展望。

3.5 制定示範測試計畫書

3.5.1 規劃準備

透過對中華郵政可能應用無人機業務之訪談與討論、無人機業者對國內市場趨勢與示範應用建議之深度訪談，及辦理座談會邀請無人機業者共同討論，目前所歸納之建議如下：

1. 中華郵政(需求方)：業務需求為協助運送遠地區緊急物資的運補，例如天災後因道路中斷易形成孤島區域，若將此路徑申請航線驗證，做為固定測試場域，以利後續服務驗證(Proof of Service, PoS)與商業驗證(Proof of Business, PoB)之進行。
2. 民航局(申請作業時程)：若最大起飛重量超過 25 公斤，參與廠商需申請特種實體檢驗。特種實體檢驗流程必須先通過書審(如確定檢驗基準，篩選適用條文，選擇檢驗方法，提交佐證文件)後，民航局會派員去實作現場勘查；待確認無誤後，再行發臨時證，廠商才可測試飛行。過程中，民航局亦會不定期抽查廠商試飛驗證情況。上述流程至發臨時合格證需約 4 至 6 個月，但本案預計 111 年 5 月至 9 月供參與廠商進行測試、10 月驗證，申請流程時程上非常急促。
3. 業者：對國內業者而言，皆具備最大起飛重量超過 25 公斤的技術，但以一年的時程規劃，困難點在於業者皆無現成的無人機產品、無具體的服務方案、山區訊號及氣候環境條件等資訊設備不足。臺灣目前物流市場較小、商轉性不大，加上需大量投入資金成本及人力，且使用無人機做為載具較無效益，導致多數業者較無意願投入。參與計畫所衍生的費用及人力相當多，因此多數廠商對於本案參與意願將以本案的效益、未來商機及計畫資源應用或補助做為評估衡量條件。建議無需鎖定至少酬載超過 20 公斤，可多趟次飛行酬載；且主要應以政府單位提出確實需求，由業者來解題，並制定服務模式較佳。

承上，又根據前期計畫之成果回顧，該四大面所提出之建議，將做為本計畫制定示範測試計畫書之改善策略，彙整如下表：

表 12 「物流運送之深化應用」測試執行計畫及驗證計畫改善策略

面向	建議	改善策略
實務面	1. 起落降地點統一，並考量起降地點的便利性。 2. 失敗團隊能有重飛之機會。 3. 活動前，主辦單位先行測試場地訊號。 4. 國產零件組可注重於重點零件，並請團隊記錄其所使用之產品為國內或國外(並註明出處國家)。	項目 1 與 4 納入規劃制定。 項目 2 將限制參與團隊於場域試飛期間需至少完成 2 次含酬載飛行測試。 項目 3 邀請無人機技術法人單位或廠商協助規劃場域的範圍與飛航路徑，確保該起迄點與路徑符合無人機飛行測試條件。
技術面	1. 廠商沒有累積足夠經驗與測試數據，導致失敗比例高，建議國內須有固定測試航線場域，提供無人機業者進行測試，用以精進技術。 2. 活動若朝向高載重與長距離飛行測試，需先行瞭解目前國內無人機技術及場域安全性問題。	項目 1 因短時間內無固定航線，期間考量試驗場域延用前期計畫測試範圍，即東港郵局至小琉球郵局，用以精進無人機技術之外，並可請廠商提出其服務模式。後續討論後決定更換驗證主題。 項目 2 考量廠商技術，本計畫不受限最大起飛重量，而長距飛行則需考量於路徑中增設中繼站，供團隊進行能源補給。
政策面	1. 可以給予獎金獎勵，補助國內無人機業者做為無人機研發經費。 2. 建議國內無人機法規可針對載物作業完整申請施作辦法。 3. 建議國內須成立無人機測試驗證中心，以供無人機進行測試，並可考慮採納前期計畫所規劃之離島航線做為「沙盒場域」，進行無人機物流運送測試。	項目 1 本計畫提供新台幣 100 萬元做為獎金。 項目 2 將與民航局協調討論，並配合施作，以利申請作業。 項目 3 將與中華郵政討論其需求，並規劃符合需求之場域與路徑。
產業面	1. 無人機開發需投入大量資金成本及人力，需衡量市場需求之產值，建議中華郵政能於此次計畫中提出具體的需求與規劃方向。 2. 商業角度，多以 2 至 10 公斤做為載重需求，超過 10 公斤之高載重載物運送，則需考量其利用無人機之必要性與效益，而非僅考量滿足測試需求。	透過座談會釐清中華郵政與運輸業者之需求，藉由供、需業者面對面交流，凝聚供需雙方共識，建立無人機於物流運送可能之應用服務場景與商業模式。

因前期計畫已完成最大起飛重量 25 公斤以下之測試，又針對「物流運送之深化應用」主要以服務驗證(Proof of Service, PoS)為規格與內容設計之要點，因此由中華郵政提出具體需求(如單日貨運量及路線起迄點)，接著由無人機業者制定其服務模式及測試作業執行能力。經中華郵政提出場域建議，綜整廠商意見，初步提出 4 種示範計畫題目方案，除討論是否增加 25 公斤以上機型參與外，也針對本次物流深化主題進行場域和驗證題目選擇。

表 13 驗證主題方案

方案	示範計畫書 制定原則	想法與建議
方案一 -25 公斤以上 -任一地點	與前期 IPP 分 標準一致	業者較無意願投入，因無現成的無人機產品與服務，需大量投入資金成本及人力。現階段國內市場需求小、商轉性不大，需視政府單位需求與未來商機做為產業向上發展動力。 無人機作業申請時程恐造成本案無法於期限內完成。 建議不以 25kg 以上做為測試目標。
方案二 -25 公斤以下 -原場域 (東港至小琉球)	除保留前期 IPP 評分標準 一致，增加服 務模式之制 定，以中華郵 政為服務對 象，設定需求 與範圍。	較無亮點。 場域規劃時程短 測試風險低。 去年僅有 2 家廠商測試成功，且廠商尚未提出服務模式。
方案三 -25 公斤以下 -嘉義阿里山		運送偏鄉學童每日食材，具高亮點。 場域規劃時程長。 測試風險與難度高。
方案四 -25 公斤以下 -道路中斷 (道路/橋梁)		道路中斷具亮點，但可能需求較不顯明，無法做為固定測試路徑。 場域規劃時程視擇選地點。 測試風險與難度視擇選地點。

其中，「孤島」是指曾經發生或可能因淹水、土石流及風災、道路橋梁中斷等災害而導致主要聯外道路中斷且無替代道路之地區。依消防署統計110年調查結果計有14縣(市)、191處易成孤島地，可能有無人機維持郵務遞送需求的場域為新北烏來區台9甲、宜蘭縣大同鄉台7線、桃園市復興區台7線、新竹縣五峰鄉台122線、高雄桃源區台20線—明霸克露橋等。

表 14 道路中斷郵務遞送需求可能場域

地區	起點	迄點	飛行距離	飛行高度	飛行路線
新北烏來區台9甲	新店屈尺郵局	烏來郵局	7km	300m 以下	沿著河道/山林，經主要道路
	烏來郵局	信賢永續學校	直線距離(飛越山林)3.5km 沿河道約4.5km	300m 以下	沿著河道/山林，經主要道路
宜蘭縣大同鄉台7線	大同郵局	四季國小	11km	200-800m	沿著河道/山林
	大同郵局	南山國小	35.2km	200-1100m	沿著河道/山林
桃園市復興區台7線	復興郵局(角板山公園)	嘎色鬧(奎輝國民小學嘎色鬧分校)/奎輝里辦公處	5.3km	300-600m	沿著河道/山林，經主要道路
	復興郵局(角板山公園)	高義國小	10.6km	300-600m	沿著河道/山林，經道路
	復興郵局(角板山公園)	鄉公所三光里辦公處	直線距離16km	300-700m	沿著河道/山林，經主要道路
	復興郵局(角板山公園)	鄉公所華陵里辦公處(巴陵拉拉山-停機坪)	直線距離15.7km 沿山林、河道約18km	300-700m	沿著河道/山林，經橋梁
新竹縣五峰鄉台122線	竹東下公館郵局(竹東河濱公園棒壘球場)	五峰郵局	直線距離10.6km	0-400m	沿著河道/山林，經橋梁
	五峰郵局	花園國小/花園村辦公處	直線距離3.8km	400-600m	沿著河道/山林，經道路

經本團隊與民航局及中華郵政多次討論與視察，經三方從郵務需求及試驗安全性，並探詢國內無人機業者參與意願等多面項審慎評估後共同決定，本計畫示範主題為道路(橋梁)中斷無人機維持郵務運送之應用。示範場域將以復興郵局(介壽國中舊址)至華陵里(巴稜拉拉山遊客中心停機坪)，提出示範計畫書題目與規格，其內容包含需求說明書所載之符合需求功能項目(包括飛行時間、自動化飛行、包裹重量、包裹完整性等)、測試執行計畫(包括所需時間、場域空間要求、進行方式等)與驗證計畫(諸如照片、軌跡、當日天候、風速等佐證)等，先期規劃與初步分析如下表內容。

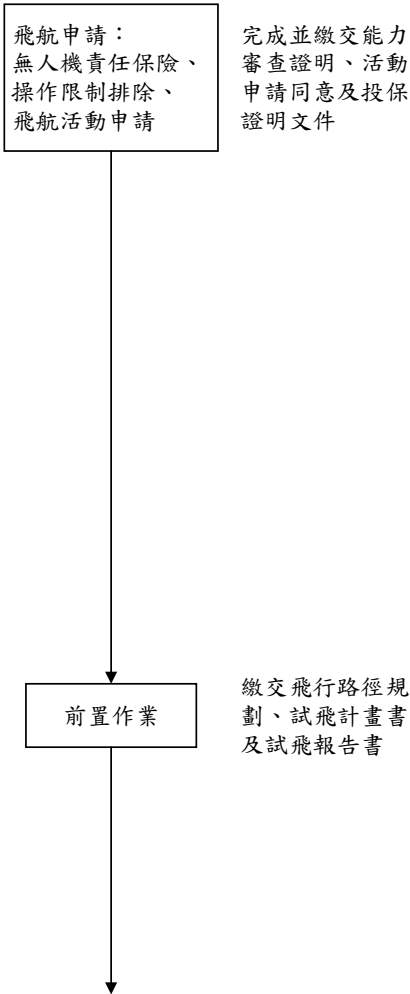
表 15 「物流運送之深化應用」測試執行計畫及驗證計畫初步分析

示範主題		物流運送之深化應用	
需求單位	中華郵政	試驗場域	桃園市復興鄉角板山介壽國中舊址至巴稜拉拉山遊客中心停機坪
需求功能	1. 巴稜拉拉山區域的郵務主要由桃園市復興鄉郵局負責投遞，一日可達四次車次。 2. 桃園市復興鄉至巴稜路長約 35 公里，車程時間約 1 小時。 3. 此一段路經臺七線，沿途山勢陡峭，風災後容易因落石而造成道路封閉，影響郵務投遞與居民物資運補。		
進行方式	1. 區分組別 25 公斤以下與 25 公斤以上。 2. 25 公斤以下需完成相關測試並通過審核後方可進入場域試飛。 3. 場域試飛階段，廠商可自行於試驗場域進行無人機試飛，並於測試完畢後繳交飛行測試記錄。 4. 廠商需完成空機往返起迄點一次後，方可進行載物飛行。 5. 廠商需於場域試飛階段至少完成一次空機往返起迄點與一次載物往返起迄點成功，方可進入驗證階段。 6. 驗證當日，廠商須以無人機載運包裹至少 5 公斤，於主辦單位公佈之指定地點起飛、落地裝卸包裹。 7. 由於情境條件為緊急物資運補，故規定於訖點投擲包裹流程需完全自動化，不可人為介入，亦不可於訖點更換或補充動力。 8. 廠商針對物流運送特殊課題，如自動避障功能、斷訊點、多台無人機機操作、高載重(搭載物件)、包裹保護裝置、精確起降落於所指定點位置等進行功能展示與驗證。		
驗證計畫(需提供諸如影像、飛行軌跡、飛行當日天候與風速、技術處理方法、實績結果記錄等佐證)			

1	基本	無人機是否能成功跨距飛行
2	基本	無人機是否能成功運送包裹
3	基本	無人機運送之包裹是否完好
4	基本	無人機運送之包裹重量
5	基本	無人機執行任務之飛行時間
6	基本	無人機是否自動化飛行
7	基本	無人機起降位置是否精準
8	進階	無人機之硬體與軟體設計，如自體重量與貨物載重比、國產零組件比例、整體環保性、安全性及使用者友善是否符合物流運送需求
9	進階	廠商自提之進階功能，如全自動化飛行、多台無人機機操作、環境辨識系統、貨態查詢系統、緊急應變措施(包裹保護機制)、營運管理系統、取件機制等是否符合物流運送需求
服務模式(以中華郵政之需求，提出服務模式及所帶來的價值與效益)		
1	無人機產品或服務內容(敘述產品與服務)	
2	目標市場(無人機產品或服務的目標市場與通路)	
3	競爭對手與競爭策略分析(市場競爭與潛在優勢)	
4	營運及營收模式(目標問題解決、服務流程與營收獲利機制)	
5	財務評估(投入成本與預期獲益)	

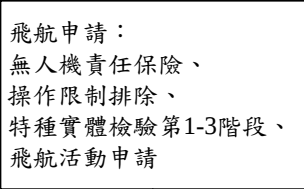
3.5.2 作業流程

表 16 遙控無人機最大起飛重量 25 公斤以下作業流程

	作業流程圖	工作說明
飛航申請階段	 <pre> graph TD A[飛航申請：無人機責任保險、 操作限制排除、 飛航活動申請] --> B[前置作業] </pre> 完成並繳交能力審查證明、活動申請同意及投保證明文件	(一)飛航申請 - 通過初審之團隊即可開始向民航局提出飛航申請。申請事項含： <u>操作限制排除</u>(參民航通告 AC 107-006C 遙控無人機作業手冊)： - 飛航高度逾地面或水面四百呎 - 目視範圍外作業 - 載貨作業特別規範或其他適用操作限制事項 <u>活動 15 日前提出飛航活動申請</u>(參遙控無人機管理規則第 31、32 條) - 團隊需進行無人機相關保險責任投保(第三人賠償責任險)，最低保額依照航空客貨損害賠償辦法第 3 條，定義每一事故體傷最低 300 萬。 - 團隊應儘速於 6/30(四)前繳交能力審查核准證明、活動申請同意及投保證明文件影本予主辦單位。
前置作業階段	繳交飛行路徑規劃、試飛計畫書及試飛報告書	(二)前置作業 - 團隊需於 6/15(三)17:00 前繳交場域飛行路徑規劃予主辦單位。 - 團隊於 6/15(三) 17:00 時前，需於封閉場域試飛累計至少達 25 小時以上時數經驗，包含完成「無人機空載與滿載測試」、「無人機通訊與緊急應變能力測試」及「無人機耐久測試」3 項驗證測試，並於測試前繳交試飛計畫書及測試完成後繳交試飛報告書 - 主辦單位將依據團隊所繳交文件進行審核，經由 6/30(四)公告審核通過之晉級團隊，方可進行「場域試飛」。

場域試飛階段	<pre> graph TD Start(()) -- 通過 --> A[場域實作] A -- "繳交飛行測試紀錄" --> B[成果驗證] B -- "繳交成果報告及簡報" --> C[成果報告] C --> D[成果發表] A -.-> E[至少一次無人機空機往返] E --> F[至少一次無人機酬載飛行] </pre>	(三)場域試飛 1. 團隊需將活動申請同意文件、能力審核核准證明文件、已完成投保無人機責任保險之證明文件繳交影本給主辦單位做為佐證資料，方可進入場域試飛階段，否則不得於該場域從事任何遙控無人機飛航活動。 2. 團隊於場域每次飛行測試須於飛行前一周的星期一向主辦單位告知，以協調各團隊測試執行時間。 3. 團隊於每次活動前、後於指定時間內至民航局指定資訊系統登錄飛航資訊。 4. 進行飛行測試時，起降兩點皆須有人員在現場執行操作。 5. 團隊需至少完成 1 次無人機空機往返起降地點之測試，再增加酬載進行測試；於成果驗證前至少完成 1 次無人機酬載飛行測試。 6. 團隊於場域每次測試完畢後 3 個工作天內繳交民航局規範之遙控無人機作業手冊「附件三 遙控無人機任務檢查表」副本、「附件五 遙控無人機操作人飛行紀錄簿」副本與飛行測試紀錄予主辦單位。
成果驗證階段		(四)成果驗證 1. 11/18(五)：團隊於指定日期於示範場域進行無人機成果驗證。 2. 11/23(三)12:00 前：繳交無人機規格說明表(附件二)、出廠聲明書(附件七)及成果報告書與說明簡報(參考附件十三)。 3. 11/24(四)：團隊於指定日期出席進行 30 分鐘簡報說明及 15 分鐘問答。
決選階段		(五)成果發表 12/12(一):團隊於指定日期出席成果發表會並頒獎。

表 17 遙控無人機最大起飛重量 25 公斤以上作業流程

	作業流程圖	工作說明
飛航申請階段	 完成並繳交能力審查證明、活動申請同意、投保證明及臨時合格證文件	(一)飛航申請 - 通過初審之團隊即可開始向民航局提出飛航申請。申請事項含： <u>操作限制排除</u>(參民航通告 AC 107-006C 遙控無人機作業手冊)： - 飛航高度逾地面或水面四百呎 - 目視範圍外作業 - 載貨作業特別規範或其他適用操作限制事項 <u>特種實體檢驗</u>(參民航通告 AC 107-002 遙控無人機檢驗程序申請指南) <u>活動 15 日前提出飛航活動申請</u>(參遙控無人機管理規則第 31、32 條) - 團隊應儘速於 9/9(五)前繳交能力審查核准證明、活動申請同意、投保證明及特種實體檢驗試飛臨時合格證文件影本予主辦單位，方可進入「場域試飛」。
前置作業階段	前置作業 繳交飛行路徑規劃	(二)前置作業 團隊需於 6/15(三)17:00 前繳交場域飛行路徑規劃予主辦單位。

場域階段	<pre> graph TD Start(()) -- 完成 --> A[場域實作] A -- 繳交飛行測試紀錄 --> B[成果驗證] A --> C[至少一次無人機空機往返] C --> D[至少一次無人機酬載飛行] B -- 繳交成果報告及簡報 --> E[成果報告] E -- 繳交成果報告及簡報 --> F[成果發表] </pre>	(三)場域 1. 團隊需將活動申請同意文件、能力審核核准證明文件、已完成投保無人機責任保險之證明文件及特種實體檢驗試飛臨時合格證繳交影本給主辦單位做為佐證資料，方可進入場域試飛階段，否則不得於該場域從事任何遙控無人機飛航活動。 2. 團隊於場域每次飛行測試須於飛行前一周的星期一向主辦單位告知，以協調各團隊測試執行時間。 3. 團隊於每次活動前、後於指定時間內至民航局指定資訊系統登錄飛航資訊。 4. 進行飛行測試時，起降兩點皆須有人員在現場執行操作。 5. 團隊需至少完成 1 次無人機空機往返起降地點之測試，再增加酬載進行測試；於成果驗證前至少完成 1 次無人機酬載飛行測試。 6. 團隊於場域每次測試完畢後 3 個工作天內繳交民航局規範之遙控無人機作業手冊「附件三 遙控無人機任務檢查表」副本、「附件五 遙控無人機操作人飛行紀錄簿」副本與飛行測試紀錄予主辦單位。
成果驗證階段		(四)成果驗證 1. 11/18(五)：團隊於指定日期於示範場域進行無人機成果驗證。 2. 11/23(三)12:00 前：繳交無人機規格說明表(附件二)、出廠聲明書及成果報告書與說明簡報。 3. 11/24(四)：團隊於指定日期出席進行 30 分鐘簡報說明及 15 分鐘問答。
決選階段		(五)成果發表 12/12(一):團隊於指定日期出席成果發表會並頒獎。

3.6 邀請無人機業者參與測試

無人機被視為未來航太科技發展的重要領域，近年來不僅無人機性能大幅提升，應用範圍也是不斷拓展，無人機領域有機會成為臺灣產業的新藍海市場。交通部在兩年前成立「無人機科技產業小組」，不僅是第一屆交通科技產業會報第一個成立的小組，也是最具科技與創新元素的小組，本所更是協助擬定發展藍圖與策略，其中之一的策略即為推動無人機整合示範計畫擴展無人機應用，期能藉由盤點各機關(構)在交通運輸領域之創新應用需求，以及可供開放之試驗場域，進行無人機概念驗證測試；同時媒合交通部門與無人機業者(或學界研發團隊)合作的機會，藉由無人機創新應用以解決實際業務所遭遇問題，同時可扶植我國無人機產業的發展。

而交通部於 2020 年 10 月 7 日假本所 B1 國際會議廳舉辦「領航奇機-交通部無人機推動成果發表會」，交通部王國材部長致詞亦有提起，發展無人機所需的各項技術，是臺灣的強項，交通部初期推動無人機整合示範計畫，擇定物流運送、橋梁檢測等二大示範主題，獲得相當可喜的成果，共計 11 家廠商與研發團隊進行實地技術驗證測試，並完成國內首次無人機執行跨海物流運送。王部長亦特別強調，第二期將針對無人機物流應用持續深化應用，並針對偏鄉、離島、氣象站等日常物資運補及重大災變時緊急物資運補作業，預計 2025 年完成商業驗證(Proof of Business, POB)，建立常態性營運機制。

為達成上述目標，其關鍵點有二：一為找到合適廠商，二為掌握政府單位以及業者兩邊實際需求與限制。以政府單位為例，導入無人機需求時，需要了解規格書如何開及相關注意事項等，但多數政府人員並非是無人機背景，僅能靠自己搜尋相關資料或參考先前範例；而業者亦是如此，若有意拓展無人機市場，但不知道有哪個單位需要、需求又是什麼。透過 IPP 則能有效拉進兩者間距離，除協助政府單位未來導入無人機應用時，得以開出符合需求之規格，亦協助無人機業者掌握應用需求，後續更能將相同或相似規格複製至相關單位，擴大其效應。

3.6.1 廠商遴選流程

本計畫為找到合適廠商，以多元管道、雙向互動之角度出發，規劃事前訪談無人機代表業者，並藉由座談會，掌握政府單位以及業者兩邊需求

與意願；同時透過線上宣傳方式廣為宣傳，並透過圖文方式讓業者更有感，拉近彼此認知，以利政府單位未來順利導入無人機，遴選流程如下圖 17 所示。

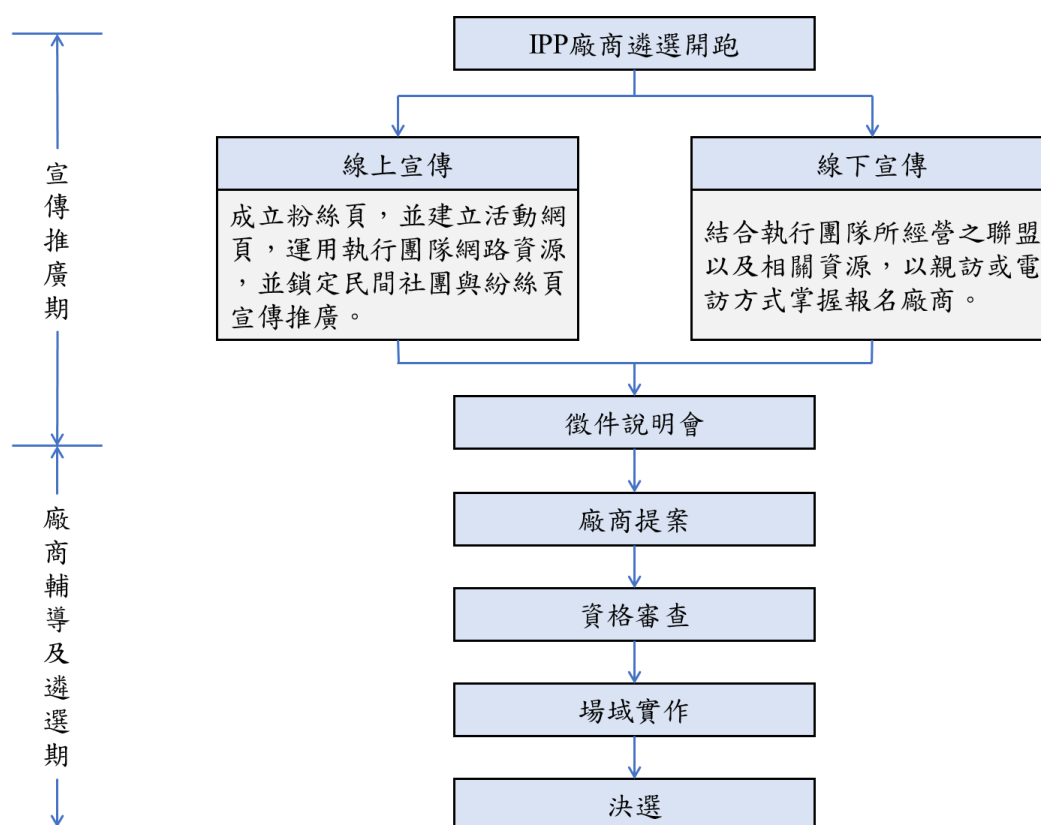


圖 17 廠商遴選流程圖

3.6.2 初期宣傳推廣

為打響本計畫的知名度，本計畫委由團隊積極進行線上及線下實體結合之宣傳推廣，全面網羅相關管道，同時鎖定產學研領域無人機研發製造目標族群，精準行銷，以下為相關宣傳成果：

1. 線上宣傳：

本計畫設立計畫報名網頁，說明 IPP 進行流程、廠商甄選方式等；同時運用「Drones 奇機製造所」粉絲頁，透過文情並茂的圖文說明讓業者瞭解需求單位的需求，於參賽廠商徵集期間，持續與粉絲頁宣傳最新無人機於交通領域之應用與效應，以貼近生活以及民眾有感方式介紹，並配合精準鎖定推廣族群，以烘托計畫熱度，觸及人數高達 96,005 人。



圖 18 無人機整合示範計畫報名網頁截圖

此外，結合無人機應用之相關單位、行銷管道進行多元的媒體管道宣傳，包括發送 EDM、會員電子報、進行網路廣告、廣發社群平台，彙整資源如下表。

表 18 線上宣傳管道彙整表

管道	內容
社群媒體	(1) 公會資源： 電腦公會網站、黑豬金礦幫粉絲頁、資料創新應用競賽粉絲頁、大專校院資訊應用服務創新競賽粉絲頁、台北智慧城市展粉絲頁等。 (2) 民間社群資源： 台灣無人機應用發展協會、台灣無人機操作證考試交流、DJI 大疆無人機交流分享平台 Taiwan、南科 AI_ROBOT 自造基地交流平台、智能科學、AI 人工智慧與機器人社團、AI 人工智慧基地、AI Meetup @ Taiwan、台灣機器學習與人工智慧同好會、AITech、科技大觀園、好課。好活動。蒐集。共享。、Fun 大視野 想向未來等。

管道	內容
	(3) 其它網站： 如獎金獵人及 ACCUPASS 等。
公會 其它資源	(1) 針對過往參賽隊伍發送 EDM (2) 透過公會經營之中華民國大專校院資訊服務協會、及與其它單位合作，如：中華民國資訊管理學會、台灣無人機應用發展協會、及南科 AI_ROBOT 自造基地等。

2. 線下宣傳

為能確實掌握報名廠商，事前拜訪無人機業者及公會經營之產業聯盟，宣傳相關資訊，亦透過拜訪其它產業聯盟，達到廣布並精準行銷，包括中光電智能機器人股份有限公司、奧榮科技股份有限公司、經緯航太科技股份有限公司、泰世科技模型有限公司、雷虎科技股份有限公司、及工業技術研究院等公司，共發送 280 則 EDM。多數公司表達目前國內業者都具備技術，但卻缺乏場域驗證，如政府單位願意提供場域，且有後續合作機會，相信業者皆有興趣投入。

3.6.3 辦理徵件說明會

推動整合示範計畫其關鍵點除找到廠商外，最為重要就是掌握政府單位以及業者兩邊需求與限制，有鑑於此，本計畫於 111 年 3 月 4 日(五)在本所 B1 國際會議廳辦理徵件說明會，透過互動與交流為主的說明會，邀集雙方面對面直接說明，解答業者現場提出的疑問，使與會者瞭解徵件需求，以致能協助出題單位提供解決方案，進而創造無人機創新應用服務；同時邀請民航局說明檢驗作業流程，包含規範、檢驗範圍、佐證文件及執行步驟與流程等，以此縮短檢驗時程。共吸引超過 20 家廠商，45 人以上參加。並於過程中廠商踴躍提問，並共同討論活動辦理細節。

表 19 徵件說明會議程

時間		議程	講者
14:00	14:00	來賓報到	--
14:30	14:35	開場	主持人
14:35	14:45	主辦單位致詞	交通部運輸研究所 許書耕 組長 景翊科技股份有限公司 陳奕廷 總經理
14:45	14:55	無人機於物流運輸領域	中華郵政

時間		議程	講者
		需求說明	
14:55	15:05	第二屆 無人機整合示範計畫目的說明	景翊科技曾慶華規劃師
15:05	15:20	遙控無人機管理規則與作業手冊說明	交通部民用航空局蔡育宗顧問
15:20	15:35	特種實體檢驗規則說明	交通部民用航空局陳玉成技正
15:35	16:00	現場 Q&A	ALL
16:00	16:10	第二屆 領航盃-無人機創意應用大賽徵件宣傳	台北市電腦公會張凱淇規劃師



圖 19 徵件說明會照片

3.6.4 廠商提案與收件

本計畫採線上辦理收件，由參賽廠商於線上填寫基本資料，包含公司、統一編號、提案內容簡介、聯絡人代表以及聯絡方式等資訊。由執行團隊審查文件是否依規定完整繳交，及廠商是否符合資格，參賽廠商資格規劃如下：

1. 依法核准設立或登記有案之公司、法人、機構、團體等，以及國內外各公私立大專校院或研究機構等。
2. 因計畫目的為扶植我國無人機產業發展，故參賽廠商除依我國法律設立登記，亦須是非外國公司之子公司，所稱外國公司之子公司，是指外國公司在臺投資設立之公司。
3. 可由單一或多家公司、法人、學校及研究單位等聯合提出申請，然需由一個主要提案單位主導申請。
4. 參賽廠商之成員需具備交通部民用航空局核定之遙控無人機作業手冊。(若報名時該單位尚未取得無人機作業手冊，需提出申請規劃。)
5. 申請團隊之成員需持有合格無人機專業操作證。
6. 需提出無人機產品或服務導入實績。

截至收件日期共收得 18 家廠商資料，其中 10 家為 25 公斤以下，8 家為 25 公斤以上。

表 20 提案廠商列表

無人機最大起飛重量 25 以下	無人機最大起飛重量 25 以上
臺灣希望創新股份有限公司	田屋科技股份有限公司
奧榮科技股份有限公司	泰世科技模型有限公司
昊和精工有限公司	通天國際股份有限公司
上暘飛行股份有限公司	智飛科技股份有限公司
中光電智能機器人	航見科技股份有限公司
國立高雄科技大學	樂飛創新國際股份有限公司
高苑科技大學	經緯航太科技股份有限公司
義守大學	長榮大學
實踐大學	-
屏東科技大學	-

序號	提案團隊	附件1計畫書-是否提交(打勾)	附件2-是否提交產品規格表並附上產品"照片"(打勾)	附件3-主提案廠商是否提交專利事業登記證(打勾)	附件4-是否提交公司過往實績(打勾)	附件5-參賽成員是否具備無人機操作證(打勾)	是否具備民航局核可之無人機作業手冊或審核可證明(打勾)	附件7-是否提交出廠證明書(需用印完畢)(打勾)	附件8-是否提交在職證明(需含每間合作廠商的在職證明)(打勾)	審核完成(打勾)	備註
25以下											
1	奧榮科技										
2	奧榮科技	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
3	臺灣科技										棄權
4	上陽科技	V	V	V	V	V	V	V	V		已審
5	吳和精工	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
6	中強光電	V	V	V	V	V	V	V	缺1位		飛手刪掉鷹凱仲
7	臺灣希望創新	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
8	國立高雄科技大學	V 內容極其不完整	V	-	缺	羅惟弘	缺	缺	缺 給的在職證明不是團隊人員的		
9	高苑科技大學	缺	V	-	缺	羅惟弘	缺	缺	缺		
10	義守大學	V 機體與鷹凱仲不同，但是飛控與取邊機軸同(鷹凱仲是實路)為何圖最沒有實路)	1.到底是報名25以上or以下？無人機規格是25以上的且無人機圖片不符合敘述。	-	缺	羅惟弘	缺	缺	缺 給的在職證明不是團隊人員的		
11	實踐大學	V 機體與鷹凱仲不同，但取實機軸同樣	V 部分亂碼	V 實踐大學	缺	V 飛手並無在團隊名單	V	缺 沒用印(鈐迪科技股份有限公司，但沒在名單)	缺 給的在職證明不是團隊人員的		
12	屏東科技大學	V 1.無人機提的跟義守一樣？ 2.內容完全與實	V 部分亂碼	V 實踐大學	缺	羅惟弘	飛龍科技(沒在團隊名單)	缺 沒用印(鈐迪科技股份有限公司，但沒	缺		

圖 20 收件情形示意圖

3.6.5 協助資格審查作業

針對無人機業者參與各個案之資格提供本所書面檢查結果，經本所審查合格之業者方能進行測試計畫。

由於本次 IPP 主要目的為掌握臺灣無人機物流運送之需求與限制，未來得以協助相關單位導入無人機應用，並做整體規劃，因此本次遴選要點應檢視業者是否能掌握該機關導入無人機之限制，並加以克服，提出營運服務模式等，因此將遴選關鍵點設定為可行性、應用設計以及完整性，包含導入無人機之必要性與可行性、無人機應用規劃與硬軟體設計以及導入的完整度及預期效益。

由執行團隊於 111 年 3 月 22 日審查文件是否依規定完整繳交，及廠商是否符合資格後，經執行團隊通知於 3 天內須完成補件動作，其中未補齊之廠商則喪失資格。初審經等級評分規則(如表 21)，依資料完整性及正確性及計畫執行可行性進行等級評分，通過資格審查作業 13 家廠商列表如表 22。

就 25 公斤以下無人機資料繳交情形，奧榮科技資料完整且產品實績豐富，評定等級為 A+；吳和精工及臺灣希望創新資料完整，但實績相對較少，經初審評等為 A；中強光電資料完整，但參賽機型尚在開發中，評等為 A-；上陽科技因規劃較為簡略且未提供實績資料，評等為 B。國立高雄科技大學、高苑科技大學、義守大學、實踐大學、屏東科技大學等因資料不齊全經通知亦未補交，故判定不符合資格。

25 公斤以上無人機共有 8 家廠商提案，其中田屋科技、泰世科技資料完整且實績豐富，評定等級為 A+；智飛科技及樂飛創新國際資料完整，經初審評等為 A；航見科技及經緯航太資料完整，但參賽機型尚在開發中，評等為 A-；通天國際、長榮大學機體均為雛型機，評定為 B。



圖 21 廠商篩選標準

表 21 等級評分說明表

等級	評分描述
A+	1.已有實體無人機，產品/服務項目近乎完善(具裝載容器/貨架/應變措施等優規)。 2.影片含無人機物流運用。 3.過往物流運送應用實績豐富。
A	1.已有實體無人機，產品/服務項目優良(具一般物流運送之功能)。 2.影片含無人機載貨測試飛行測試。 3.具備過往應用實績豐富。
A-	1.已有無人機雛形/設計概念，產品/服務項目優良(具一般物流運送之功能)。 2.影片含無人機載貨測試飛行測試。 3.具備過往應用實績豐富。
B	1.已有無人機雛形/設計概念，產品/服務項目良好(規劃計畫充足)。 2.影片含飛行測試經驗。 3.具過往其他應用實績/無實績。
C	資格不符，交付文件不足。

表 22 通過資格審查作業廠商列表

資格審查分級	無人機最大起飛重量 25 以下	資格審查分級	無人機最大起飛重量 25 以上
A	臺灣希望創新股份有限公司	A+	田屋科技股份有限公司
A+	奧榮科技股份有限公司	A+	泰世科技模型有限公司
A	昊和精工有限公司	B	通天國際股份有限公司
B	上暘飛行股份有限公司	A	智飛科技股份有限公司
A-	中光電智能機器人	A-	航見科技股份有限公司
	-	A	樂飛創新國際股份有限公司
	-	A-	經緯航太科技股份有限公司
	-	B	長榮大學

3.6.6 辦理飛航申請說明會

考量後續飛航申請事宜繁瑣複雜及部分作業辦法變更，固於 111 年 3 月 31 日(四) 在本所會議室採實體及線上方式辦理飛航申請說明會，邀集通過初審的團隊參與，以期透過案例教學與活動行前通知，增進團隊對於申請程序與活動辦理認知，以加快後續作業，並使團隊能有效依時程完成所有進度。該場說明會共有約 50 人線上參與，現場除本所、民航局外，亦有各廠商代表出席。

表 23 飛航申請說明會議程

時間	議程	講者
14:00	14:00 來賓報到	--
14:30	14:35 開場致詞	運研所賴威伸副組長
14:35	15:05 無人機整合示範計畫細則說明	景翊科技陳彥佑專案經理
15:05	15:25 遙控無人機管理規則與作業手冊說明	民航局蔡育宗先生
15:25	15:45 特種實體檢驗規則說明	民航局陳玉成技正
15:45	16:05 現場 Q&A	-
16:05	散會	-



圖 22 飛航申請說明會照片

3.7 場域試飛

團隊依提案類別需求，進入主辦單位所指定之場域(復興郵局至華陵里)進行飛行測試及精進。團隊需至少完成 1 次無人機空機往返起降地點之測試，再增加酬載進行測試；於成果驗證前至少完成 1 次無人機酬載飛行測試。

3.7.1 飛行任務

以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紙箱或便利箱/袋，於桃園市復興區介壽國中起飛點出發、於拉拉山風景區停車場停機坪自動卸載包裹，且空機返航，完成沿山區河道約 22 公里距離來回飛行。

- 全程採全自動化飛行。
- 包裹運送採自動卸載方式，即無人機不限任何方式自動將包裹置於指定位置後返航。若採投擲方式，則投擲高度限於 10 公尺以內。
- 拉拉山端點不允團隊進行無人機檢修或補充/更換動力來源。

1. 航道規劃

依示範測試計畫書規劃，無人機須載運至少一件中華郵政便利箱由主會場介壽國中出發，沿河道飛行至拉拉山遊客中心停機坪，自動將包裹置於指定位置後，空機返回主會場，單趟航行長度約 22 公里，沿途經過重點區域包括車行橋、人行吊橋、電廠、壩體及休閒露營區等，預估每次往返航行時間為 1 小時。

其中參賽團隊台灣希望創新、奧榮、田屋、智飛、航見、樂飛、經緯等團隊繳交航線規劃資料，未繳交資料的泰世及昊和則表示對航線沒有意見。經分析參賽團隊繳交資料，考量比賽安全性，航道規劃以河谷為優先，航道寬度以河道中線左右各延伸 250 公尺進行規劃，避開禁航區與建物密集區域，並在河谷較為蜿蜒的無人區域加寬航道，提供較為順暢的飛行空間。換電用的中繼站計有四處，分別為羅浮高中、HOLA 露營區、高義國小、世外休閒露營區；無線電中繼站與遙控換手中繼站，由於不需要降落，則由廠商自行安排地點。公告航道規劃資訊如下。

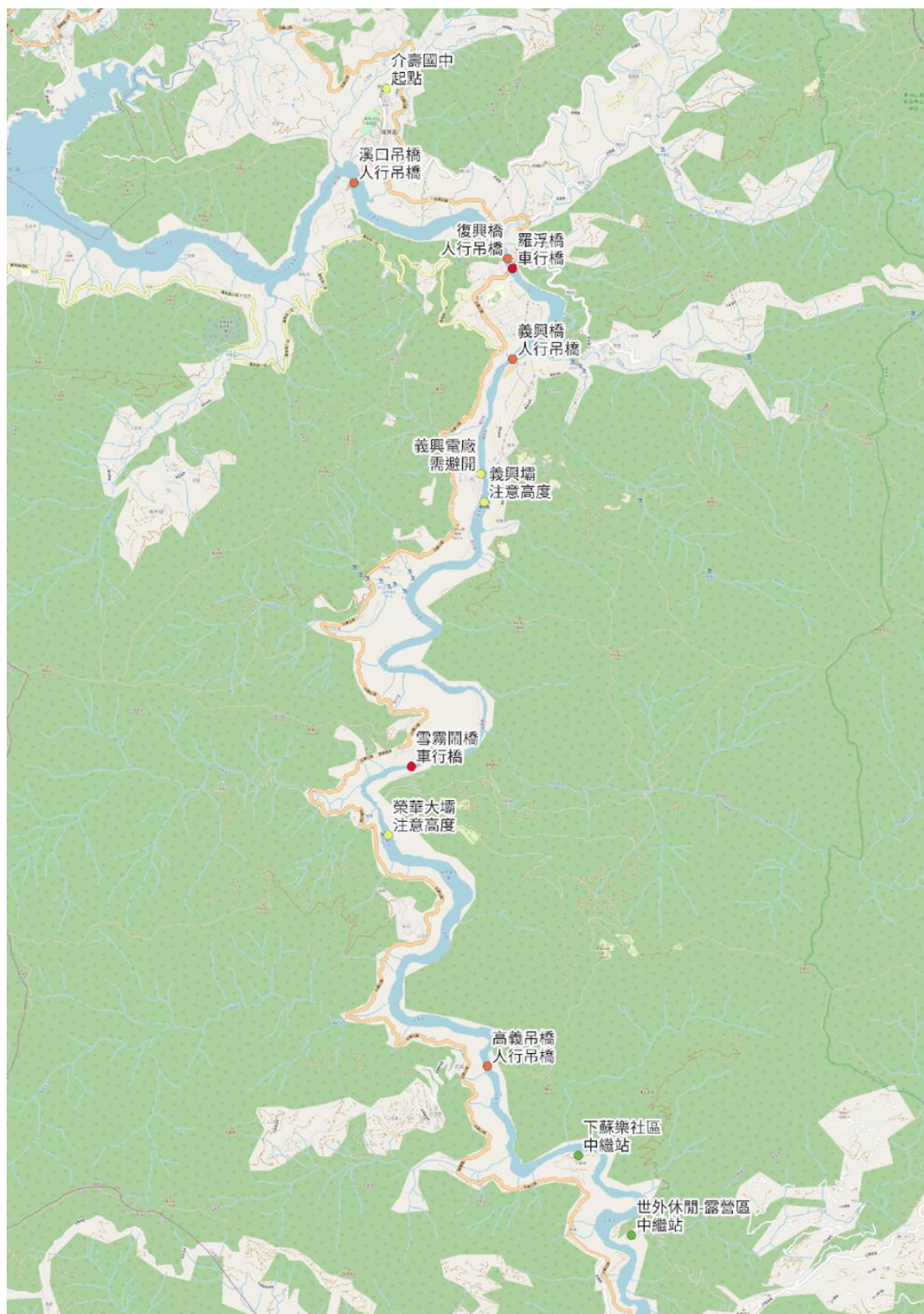


圖 23 場域路線圖

2. 飛航規則

- (1)航高沒有限制。若航高超過 400 呎，則需派人進駐塔台。試飛時由廠商自行安排人員進駐塔台，決賽時則由主辦單位協調人員進駐。
- (2)航道規劃以河道中線為主，往左右兩側延伸各 250 公尺進行劃設，扣除禁航區與建物較密集的區域，並放寬河道蜿蜒且無人的區域。
- (3)河道中的義興電廠為禁航區，規劃航道時請務必避開；瓦旦喜義露營區附近河道有一座山頭，海拔高度約 630 公尺，請務必注意航高。
- (4)除緊急狀況與中繼點更換電池外，無人機來回整趟行程都應在規劃的航道內飛行。
- (5)中繼點共安排 4 個區域，為羅浮高中操場、.HOLA 露營區、高義國小操場、世外休閒露營區。主辦單位協助接洽中繼點並取得使用許可，若最後經協商仍無法使用，則會另外公佈修正方式。
- (6)除緊急狀況外，廠商僅能於上述 4 個中繼點進行換電作業。
- (7)無人機要離開航道前往中繼點進行換電作業時，要以最安全、距離航道最短的路徑飛行，換電後由原路返回航道。
- (8)無人機換電作業降落中繼點時，廠商需自行派駐人員於中繼點進行換電作業。
- (9)若有無線電通訊中繼站、遙控操作手更換中繼站的需求，由於無人機機體沒有降落，故其中繼站地點由廠商自行處理，但仍需於飛行路徑中說明。
- (10)廠商可再次修正航線規劃策略，於規劃飛行路徑前，應先進行環境勘查及訊號勘查，於環境勘查時應妥為設定沿途之緊急降落點。請於航道公佈後，一個月內完成前述勘查作業，並提出預擬飛行路徑，以及緊急降落點，以利主辦單位整合協調緊急降落點位置及相關單位，以維護飛行安全。
- (11)廠商進入場域試飛前，繳交最新一版的航線規劃資料，包含各個航點的經緯度、航高、中繼站需求(換電地點與次數、無線電中繼、遙控操作手更換中繼)、緊急降落點等。

3.7.2 團隊試飛情形

經初審通過至場域驗證期間，25 公斤以下無人機原有台灣希望創新、奧榮、昊和、上暘及中光電等 5 家團隊參賽，惟各團隊考量其自身時間安排，最後僅台灣希望創新 1 家完成審查進入決選階段。25 公斤以上無人機參與團隊共計 4 家完成飛行測試，包括第一階段視距內試飛、第二階段視距外視飛、驗證試飛(爬升、滿載重、迫降測試)等，其中智飛因構型設計及馬達推力因素，故在試飛期間決定不繼續參賽；航見則因設計時程及檢驗文件準備不及，未能在場域驗證前依規完成試飛。參賽廠商試飛紀錄如圖 25。惟台灣希望創新團隊於場域驗證前，以書面通知因故棄賽，因此最後有 4 家團隊進入驗證程序。

計畫原預計於 9 月中上旬完成各家廠商第一階段試飛，然而計畫執行期間受到颱風環流及季節性大雨等氣候影響不宜飛行，加上疫情導致多家廠商準備工作停頓，且其中一中繼站因地震影響無法進入，難以進行試飛導控等因素，導致計畫進度延宕，25 公斤以上參賽無人機均未完成試飛，影響原訂 9 月下旬驗證場域第二階段試飛階段，惟考量計畫精神及鼓勵無人機研發的目的，故將場域驗證日期由原訂 10 月中旬延至 11 月初。

表 24 25 公斤以上無人機參與團隊試飛情形一覽表

	第1次 文件審查 (構型確認)	第2次文 審會議 (安全性 審查)	★ 原型機	地面檢驗	1st試飛 計畫 (視距內)	1st視距 內飛行 測試	1st 驗證試飛	★ 實際場域 飛行測試	2nd 驗證試飛
田屋 AXH- E230SD	8/10	8/30	8/22	9/5	8/22	9/8	9/14	10/26	11/3
經緯 C2 PLUS	8/11	8/24	8/30	8/31	8/29	9/8	9/14	10/26	11/9
樂飛 A616 NEO	8/5	8/19	8/22	8/25	8/30	9/7	9/29	10/26	11/3
泰世 GX9- F145	8/16	8/23	8/23	8/23	8/22	9/5	9/6	10/26	11/9

資料來源:民航局無人機物流作業能力審查及無人機檢驗報告(111.11.18)

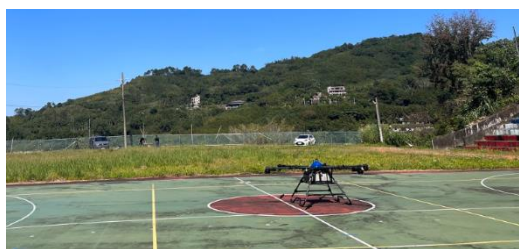
臺灣希望創新



經緯航太



樂飛創新



泰世科技



田屋科技



圖 24 參賽廠商試飛紀錄

3.8 場域驗證

實地進行測試驗證，採事先抽籤決定驗證順序。除現地完成飛行任務外，團隊須將飛行測試成果及服務模式等內容製作成果報告書及簡報，提供做為評審依據。

3.8.1 場域驗證活動規劃

1.活動場地

活動以中間球場為無人機起降場域，除使用既有司令台及其前方空地做為媒體區外，另搭設宮廷帳3頂做為貴賓席，並於北側草地則搭設歐式帳8頂，除供廠商展示使用外，亦設置服務台及醫療站。



2.主視覺及輸出物設計



圖 26 活動背板主視覺設計



圖 27 邀請卡設計

3.驗證規則

- (1)非該隊準備及飛行時間，請勿進入準備區及起降場域。
- (2)各隊於整備時間不得更動通過檢查之設備。
- (3)整備時間內可於起飛區內無限次嘗試起飛。
- (4)為確保飛行安全，各隊於飛行中需確保地面導控站(GCS)全程與無人機保持構聯，禁止盲飛及超出限制高度，GCS 及無人機飛控系統皆需具備飛航軌跡紀錄功能。
- (5)飛行過程中，無人機須保持至少 15%的電池儲備或其他動力來源。
- (6)進行飛行時，端點及中繼站皆須安排人員於現場預備。
- (7)無人機返航後，可先行斷電，並聽從工作人員指示將無人機移動至檢驗處。

(8)驗證延期標準：

- 驗證前：除遇天然災害導致當地交通受阻或政府公布停止上班上課外；另依驗證前 2 日曆天中午 12 時交通部氣象局公告之「拉拉山風景特定區」天氣預報為準，倘預報驗證當日降雨機率大於 50%，則通知驗證活動擇日再辦。
- 驗證日：
 - 依交通部氣象局桃園市復興測站(C0C46)公告即時資料，紀錄雨量大於 0 時，或風速達六級(含以上)時，驗證將延後舉行。
 - 倘現場實際另有風力、陣風、能見度、雨霧、日照不足或其他可能影響無人機飛行因素，則由主辦單位及主管機關民航局共同裁量是否讓無人機起降，如無法起降，則暫停驗證流程，得視情況改擇他日續辦。

(9)補飛標準及程序

- 各團隊應於飛行時間開始後 15 分鐘內離地起飛，若因任何因素無法起飛，則由裁判紀錄後排定補飛。
- 因天候因素，個別團隊若有安全性疑慮，得經主辦單位及民航局同意並紀錄後排定補飛。
- 經排定補飛團隊，應於所有廠商飛行結束後，依原驗證流程及相關規定進行補飛，各團隊補飛機會以 1 次為限。如補飛團隊有 2 家以上，則依原抽籤順序為補飛先後順序。
- 遇天候因素以致驗證當天未能完成所有團隊實地驗證，則將於隔日續行驗證，或另擇適宜日期續辦。

表 25 場域驗證規則

驗證程序		時間規定	檢查項目及說明
1	報到	各團隊應於排定起飛時間前 60 分鐘內報到，經確認後進入準備區檢查。	手冊、飛手證、保險佐證、機體編號。
2	飛行前檢查暨整備	1.各團隊應於排定起飛時間 30 分鐘前進入準備區。 2.完成飛行前檢查後，各團隊可進行約 25 分鐘無人機設備的調整及設定。如須更長時間，請團隊於報到後直接進入準備區準備。	無人機體重量、包裹規格、包裹重量。
3	飛行任務執行	1.各團隊應於飛行時間開始後 15 分鐘內離地起飛，若因任何因素無法起飛，則由裁判紀錄後排定補飛。 2.飛行任務以 60 分鐘完成為原則。飛行時間的起算時間為無人機起飛瞬間，停算時間為無人機返航後第一次接觸地面時間。	無人機飛行期間，各團隊須將無人機回傳之各項資料即時提供給現場裁判。
4	飛行結果判定	-	無人機返航後，先待工作人員完成落定位置紀錄，再依工作人員指示撤場，進行無人機重量、電池剩餘電量等檢查紀錄。

5.導入 UTM 服務

本次場域驗證與台灣達利思股份有限公司(THALES)合作，導入 THALES UTM 系統，其主要以 2G 及 4G 做為資料傳遞通訊，並且利用廣播式自動相關監視(ADS-B)與 e-SIM(Embedded -SIM)嵌入式 SIM 卡追蹤監視無人機所在位置。若需要無人機影像回傳，則需使用 5G 做為傳遞系統。

Remote ID 的 Dongle 大小為 50×50×30 毫米，重量為 60 克，電量可維持 2 小時，更新頻率則是每秒更新 1 次。該系統可透過網站與移動應用程式 APPS 提供人員察看監督無人機位置。



資料來源:Thales

圖 28 Remote ID



圖 29 Remote ID 裝設情形

3.8.2 場域驗證暨啟動儀式

1. 活動流程

場域驗證於 111 年 11 月 18 日假桃園市立介壽國中(復興區中正路 248 號)辦理，當日同時舉行啟動儀式，活動流程如下表：

表 26 場域驗證啟動儀式暨驗證活動流程

時間	啟動儀式流程		場域驗證流程
8:30			經緯報到及準備
9:00			驗證開始，經緯起飛
9:40-10:00	報到	1.自由參觀 2.嘉賓就座	經緯返程 泰世報到及準備

10:00-10:05	開場	1.主持人開場 2.與會貴賓就座	-
10:05-10:10	主辦單位致詞	交通部運輸研究所 林繼國所長致詞	-
10:10-10:15	貴賓致詞	交通部王國材部長致詞	-
10:15-10:25	無人機整合示範計畫簡介	無人機整合示範計畫(II) - 物流運送之深化應用計畫簡介及驗證活動說明	-
		無人機物流作業能力審查及無人機檢驗報告簡報	-
10:25-10:35	啟動儀式	1.大合照 2.泰世載物起飛	泰世起飛
10:35-10:40	媒體聯訪		
10:40-11:30	參賽廠商簡介及展示		
	無人機交通管理系統(UTM)簡介及展示		
11:30	儀式結束		田屋驗證
12:30-	-		樂飛驗證



圖 30 啟動儀式貴賓合照



圖 31 啟動儀式貴賓參訪廠商展示區

2. 驗證結果

本次參與驗證 4 家廠商皆完成介壽國中至拉拉山遊客中心停車場卸載包裹，其中田屋科技因人為疏失，於拉拉山端點投遞貨物後操作不當，導致側翻螺旋槳著地，無法飛行返航。依田屋科技於成果報告說明，當天拉拉山端點是由替補飛手執行任務；雖該飛手經驗豐富，惟因不熟悉現場狀況，遙控器飛控系統設定疏失，導致原應自動導航至拉拉山端點投遞貨物後返航的設定，於距拉拉山端點約 800 公尺處意外轉換為手動遙控；而後，在卸載貨物等待介壽國中地面站人員重新規劃航線時，又因降落操作失當，導致側翻螺旋槳著地，故無法飛行返航，完成全程比賽。

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；且機體落地位置皆在規定起降點 30 公分內，其中經緯航太與泰世科技皆在 1 小時內完成任務，而樂飛創新因航程共停靠 3 次更換電池，總飛行時間約為 1 小時 20 分鐘。

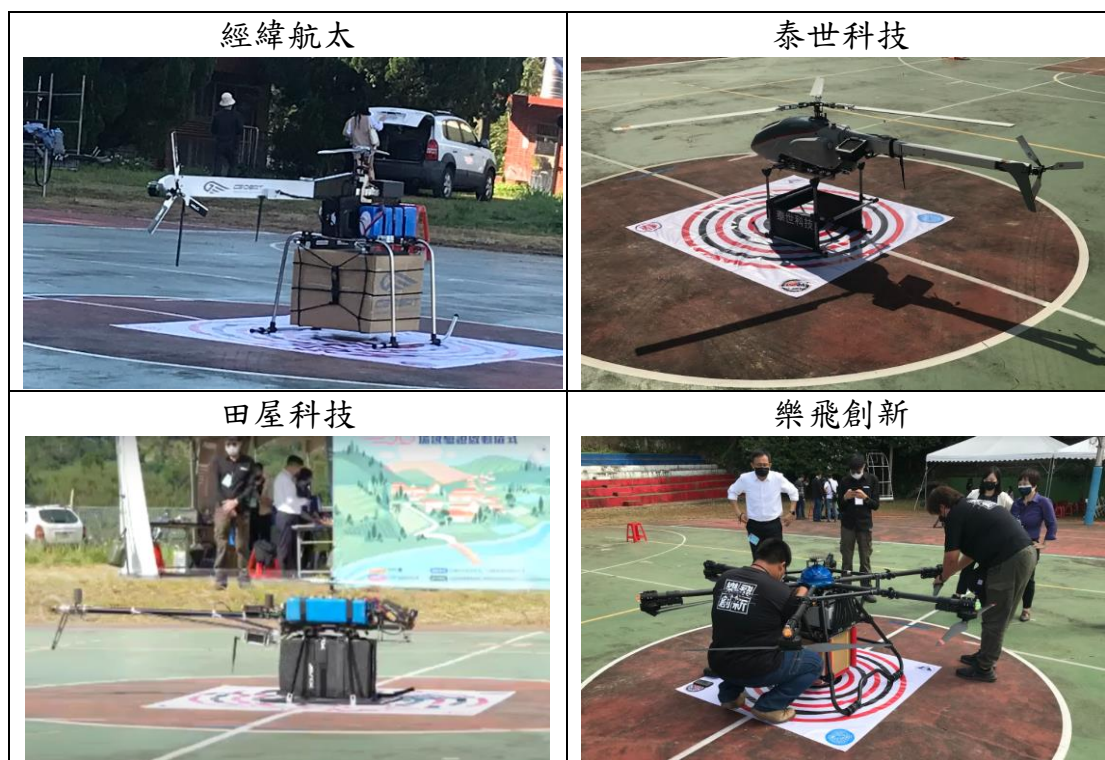


圖 32 驗證機型



中繼點紀錄



投遞點紀錄(拉拉山遊客中心停車場)



降落情形紀錄



圖 33 驗證起飛前準備及過程紀錄

表 27 驗證紀錄表(起降點)

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
紀錄時間	2022/11/18 8:47	2022/11/18 10:30	2022/11/18 11:06	2022/11/18 12:05
天氣				
機種	單旋翼無人機	單旋翼無人機	單旋翼無人機	多旋翼無人機 6 軸
動力來源	電池	汽油	電池	電池
飛行方式	半自動控制 起飛/降落	半自動控制 起飛/降落	半自動控制 起飛/降落	半自動控制 起飛/降落
無人機重量 (含電池動力來源)	27.33kg (不含 remote ID)	19.5kg (不含 remote ID)	22.24kg (不含 remote ID)	79.06kg (不含 remote ID)
包裹規格	Box*1,39*3 2*43 53664	Box*1,39*3 2*43 53664	Box*1,40*2 8*26.6 29272	Box*1,41.4*44*3 6.5 66488
包裹重量	5.1kg	7.59kg	7.64kg	16.25kg
貨物載重 與自體重量比	0.19	0.39	0.34	0.21
噪音值	73.8db	83.2db	75.2db	79.1db
團隊人數 (觀察員、 飛手、地 面站)	8 人 (觀察員*2 飛手*3 地面站*3)	9 人 (觀察員*3 飛手*3 地面站*3)	2 人 (觀察員*1 飛手*1 地面站*1 同 飛手)	5 人 (觀察員*3 飛手 *1 地面站*1)
風速	0 m/s	0.8 m/s	0.9 m/s	2.3 m/s
起飛時間	9:08	10:39	11:34	12:20
落地時間	9:55	11:24	No data	13:41
飛行時間	47:18	45:39	No data	1:21:55
機體落地 位置	方框內 離方框中心 11.1cm	方框內 離方框中心 27.1cm	No data	方框內 離方框中心 13cm
啟程電量/ 油量 剩餘電量/ 油量	電量 83% 剩餘 21%	油量 100% 剩餘 98%	電量 96% No data	電量 94% 剩餘 58.22% (中途換 3 次電池)
特殊狀況			未返航	

表 28 驗證紀錄表(投遞點)

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
紀錄時間	2022/11/18 9:40	2022/11/18 11:05	2022/11/18 12:00	2022/11/18 13:05
機種	單旋翼無人機	單旋翼無人機	單旋翼無人機	多旋翼無人機 6 軸
動力來源	電池	汽油	電池	電池
投遞方式	自動控制卸貨	自動控制卸貨	半自動控制 (卸貨)	半自動控制 (卸貨)
包裹規格	Box*1,39*32*43 53664	Box*1,39*32*43 53664	Box*1,40*28*26.6 29272	Box*1,41.4*44*36.5 66488
包裹重量	5.1kg	7.59kg	7.64kg	16.25kg
團隊人數	2 人 (觀察員*1 飛手*1)	2 人 (觀察員*1 飛手*1)	2 人 (飛手*1 地面站*2)	2 人 (觀察員*1 飛手*1)
貨物落地位置	超出方框 離方框中心 443cm	超出方框 離方框中心 470cm	方框內 離方框中心 3.9cm	超出方框 離方框中心 260cm
特殊狀況			於終點投遞貨物後操作不當,導致側翻螺旋槳著地,無法飛行返航。	

備註：*各團隊均採用中華郵政 1 號箱(39*32*43)，所測包裹規格大小不同是因各團隊所增加之包裹保護裝置所致。

3.8.3 成果評選

本階段邀請完成測試執行計畫及驗證計畫之 IPP 團隊，於期限內完成繳交書面資料後，由本所邀集國家中山科學研究院邱祖湘督導長、工業技術研究院林正軒經理、交通部民用航空局陳玉成技正、中華郵政許銘俊管理師於 111 年 11 月 24 日辦理成果評選，4 家參與驗證團隊均出席簡報並說明執行情形。

1. 成果評選規定：

- (1)IPP 團隊需於執行單位所規定之期限內，根據執行單位提供之成果報告書內容，製作成果報告書與成果驗證說明簡報並繳交；否則視為棄權。
- (2)成果簡報說明會前，執行單位將 IPP 團隊所繳交之成果報告書與成果驗證說明簡報，提供評審團做為評審依據。
- (3)成果簡報說明會開始時，執行單位先介紹評委、計畫背景、評選作業須知、評分規則，並且評委簽署保密切結書。
- (4)而後，執行單位先就參與 IPP 團隊背景資料、初審意見、現階段成果成績及各評選項目得分依據，進行說明與討論。
- (5)IPP 團隊依照先前驗證測試階段抽籤之順序進行成果說明簡報。每組團隊依照執行團隊指示，分時段進入會議室，以 15 分鐘簡報，10 分鐘問與答(統問統答)，結束並且退場。
- (6)待所有團隊簡報完畢，評委填寫並繳交評分表。
- (7)執行單位彙整統計各評委評分，並製作會議紀錄、評分總表。評選結果採用序位評分法，而後主持人宣布結果，並經宣讀無誤後，最終由評委簽名確認。如不同評委之評選結果有明顯差異者，應提交主持人處理，並將不同意見載入會議紀錄或將意見書附於會議紀錄。

2. 評分標準：

依驗證前公告之評分標準，本次評分分為任務完成度及成果報告兩部分，並於評審會開始時提出任務完成度各項目得分依據，以利評選作業進行。

表 29 公告評分標準

任務完成度(70%)		
項目	說明	分數
自動化飛行	全程自動化飛行往返指定起降地點，且拉拉山端點不允進行無人機檢修或補充/更換動力來源，完成者即得分，未達者以零分計。	10 分
自動卸載	至拉拉山端點自動卸載包裹且返航，完成者即得分，未達者以零分計。	10 分
卸載精準度	包裹卸載位置與指定位置之間，誤差愈小分數愈高。	10 分
飛行時間	起飛至拉拉山端點卸載包裹完畢且返航，總飛行時間愈短分數愈高。	5 分

貨物載重與自體重量比	貨物載重/自體重量比值愈高，分數愈高。所稱自體重量係指最大起飛重，要扣除貨物重量。	5 分
包裹重量	所載運之包裹總重量愈高，分數愈高；且至少酬載包裹 5 公斤以上，未達者以零分計。	20 分
包裹完整性	成功運送之包裹完整度愈好，分數愈高。	5 分
包裹體積	所載運之包裹總體積愈大，分數愈高。	5 分
停靠次數	停靠中繼站或緊急迫降點次數 1 次，即扣 1 分，至多扣 5 分。	-
成果報告(30%)		
飛行任務當天成果說明	飛行環境描述、飛行場域與範圍、處理方法、實績結果紀錄、當天實際操作無人機畫面	
服務模式	解決方案、服務流程、產品規格、產品/服務特色與團隊優勢(優規)、服務估價	

表 30 飛行任務完成度得分依據

項目	配分	評分說明	得分依據
自動化飛行	10 分	全程自動化飛行往返指定起降地點，且拉拉山端點不允進行無人機檢修或補充/更換動力來源，完成者即得分，未達者以零分計。	起飛期間人員介入扣 3 分，飛行期間人員介入扣 4 分，降落期間人員介入扣 3 分，未達者以 0 分計。
自動卸載	10 分	至拉拉山端點自動卸載包裹且返航，完成者即得分，未達者以零分計。	全自動卸載得 10 分，半自動卸載得 5 分，手動卸載得 0 分。
卸載精準度	10 分	包裹卸載位置與指定位置之間，誤差愈小分數愈高。	依貨物離靶布方框中心排序，最近者為第一。第一:得 10 分，第二:得 7.5 分，第三:得 5 分，第四:得 2.5 分，未成功卸載 0 分。
飛行時間	5 分	起飛至拉拉山端點卸載包裹完畢且返航，總飛行時間愈短分數愈高。	總飛行時間<1h:得 5 分，>1h:每多 15min 扣 2 分，未完成飛行 0 分
貨物載重與自體重量比	5 分	貨物載重/自體重量比值愈高，分數愈高。所稱自體重量係指最大起飛重，要扣除貨物重量。	依貨物載重/自體重量比值排序，最高者為第一。第一:得 5 分，第二:得 4 分，第三:得 3 分，第四:得 2 分，未完成載重 0 分
包裹重量	20 分	所載運之包裹總重量愈高，分數愈高；且至少酬載包裹 5 公斤以上，未達者以零分計。	酬載 5kg 為 10 分，>5kg 每加 1kg 加 2 分

包裹完整性	5 分	成功運送之包裹完整度愈好，分數愈高。	包裹投遞後無破損者:得 5 分,輕微破損:得 2.5 分,包裹已完全損壞:0 分
包裹體積	5 分	所載運之包裹總體積愈大，分數愈高。	依包裹體積排序，最大者為第一。 第一:得 5 分，第二:得 4 分，第三:得 3 分，第四:得 2 分，未完成載重 0 分

成果報告細部評分準則主要以團隊報告之實績成果、無人機所提供的服務、設計與自提進階功能(優規)、導入提案是否可完整解決需求單位問題等內容進行評分。評分項目將以實用性、完整性以及後續價值性進行評選，比重說明如下：

表 31 評分項目與其所佔之權重表(共 30 分)

評分項目	權重
實用性(如團隊的實績成果、所提供之服務、無人機設計與功能優規等)	10
完整性(提案中服務模式的完整性，且是否可解決需求單位問題)	10
價值性(整體服務帶來什麼價值與效益)	5
口頭發表及成果展示(如主題符合度、說明清晰度等)	5



圖 34 成果評選照片

3. 評審結果：

依上述評分標準，採序位法決定優勝序位，泰世科技以總評分 366.5 分、序位合計 7 得到冠軍；樂飛創新以總評分 361.5 分、序位合計 9 得到亞軍；經緯航太以總評分 345 分、序位合計 14 得到季軍；田屋科技以總評分 291 分、序位合計 20 得到佳作。

表 32 委員意見綜整表

團隊	委員意見	團隊初步回應
泰世科技	1. 碳足跡的議題如何改善 2. 通訊中繼的方式有沒有改善方向 3. 通過測試後改善方案的建議 4. 有關靜音降噪後續的想法為何	1. 公司內也有電機，但本次驗證耗油量低，相較於電池製作及使用壽命，目前碳排應仍算較低，未來亦可改用電機。 2. 測試時也有測試 4G 訊號，惟部分地區訊號偏弱，回傳較慢，但仍有其可行性。 3. 本公司銷售國外的機種多是 100C.C，本次使用 145C.C 機種可持續飛行 6 小時。 4. 油機因有引擎的低頻音，故一般認為會較電機噪音大，但噪音來源主要仍是槳破風的聲音，故油機和電機其實差異不大。
經緯航太	1. 減噪的規劃 2. 通訊中繼後續改善的方向 3. 對未來實際用於服務有沒有設計改善的想法 4. 目前 5 公斤酬載對偏鄉來說偏低，未來是否有精進的規劃	1. 單槳構型一般噪音較大，未來可能會就四軸機構型和葉片設計去做考慮。 2. 本次參賽機種設計酬載大於 5 公斤。 3. 有在考慮採用國外物流無人機的通訊手段，但申請頻譜時程較長，故本次仍採現有通訊手段。
樂飛創新	1. 對酬載和續航力的議題未來有甚麼規劃 2. 服務模式的單價是以車行距離表述，是否應以飛行距離表達 3. 有沒有考慮新的電池科技解決續航力問題 4. 包裹是否是採用中華郵政規格	1. 包裹是採用中華郵政直接購買瓦楞紙箱。 2. 未來希望開發以四軸八槳的構型進行短程物流驗證，加翅膀後可進行長途巡航，運用彈性。 3. 短期可能採汽油發電解決電池續航力問題，未來也可能導入氫燃料電池。 4. 多軸適合運用在短距離高載重的狀況。

		5. 服務模式是先與陸運方式比較，故以車行距離說明。
田屋科技	1. 未來對於自動化或人為操作的模式有什麼想法 2. 自動導航的 RTK 系統和高精地圖的精準度應該在 2 公分以內，貴公司使用的來源為何 3. 通訊中繼後續改善方向 4. 針對服務模式及人員訓練想法及建議 5. 對未來商業模式發展和政府角色的建議	1. 除了自動化外，緊急情況的人力需要長期的經驗累積，並非單純取得執照即可勝任，且地面站人員也需要有預先備好的緊急應變措施。 2. 當天是採用相對 RTK，以地面所架設的基站為無人機飛行的絕對坐標基站，故造成略大於 2 公分的誤差。 3. 無人機適用於偏鄉和緊急運送，未來政府若能建立廊道，並建立廊道的高精地圖和通訊基礎設施，無人機在場域試飛將提高安全性，且可培養操作的人才，累積物流運送的經驗

4. 獎勵方式

獎金則以本計畫提撥之 100 萬元做為廠商參與測試之獎勵，相關獎勵條件及名額等如下表所示。此外透過舉辦成果發表會，表揚獲選之廠商，並頒予獎狀與獎金，亦提供展示應用服務之機會，將廠商之成果於各式平臺露出。

表 33 獎勵條件及名額

名額	獲獎團隊	獎勵條件
冠軍	泰世科技	獎金新台幣 50 萬元
亞軍	樂飛創新	獎金新台幣 30 萬元
季軍	經緯航太	獎金新台幣 20 萬元
佳作	田屋科技	佳作獎獎狀一紙

3.9 成果發表會

為提升本計畫知名度，同時展示最新無人機技術創新應用服務，本計畫聯合推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃、領航盃-無人機創意應用大賽等計畫於 111 年 12 月 12 日(一) 在亞洲無人機 AI 創新應用研發中心共同辦理成果發表會，邀請領航盃、整合示範計畫的獲獎團隊以攤位展，精簡扼要發表如何有效提高無人機乘載之解決方案。本次成果發表會邀請交通部祁文中次長、嘉義縣翁章梁縣長、嘉義縣政府經發處江振瑋處長、臺灣無人機大聯盟羅正方副會長、國家中山科學研究院邱祖湘督導長等貴賓，共吸引超過 120 人次參加。

本次成果發表會計有 33 篇與活動相關之新聞報導(含 1 篇電視新聞及 32 篇網路新聞)，有效提升計畫知名度，並促進各界討論無人機議題，擴大計畫影響力。

表 34 成果發表會議程

時間	議程	內容
09:30-10:00	報到	-
10:00-10:05	主辦單位致詞	交通部運輸研究所林繼國所長
10:05-10:20	貴賓致詞	1. 交通部祁文中次長 2. 嘉義縣政府翁章梁縣長 3. 臺灣無人機大聯盟羅正方副會長
10:20-10:25	貴賓合照	1. 交通部祁文中次長 2. 嘉義縣政府翁章梁縣長 3. 交通部運輸研究所林繼國所長 4. 臺灣無人機大聯盟羅正方副會長 5. 嘉義縣政府經濟發展處江振瑋處長
10:25-10:30	大合照	全體人員
10:30-10:40	無人機科技產業小組成果報告	交通部運輸研究所 吳東凌組長
10:40-10:50	成果影片播放	-
10:50-11:00	IPP 頒獎	
11:00-11:20	領航盃頒獎	
11:20-11:25	頒發感謝狀	(感謝台灣達利思協助 UTM 系統支援)
11:25-11:45	交流訪視	媒體聯訪、攤位參觀



圖 35 成果發表會場內合影



圖 36 成果發表會頒獎及展示照片

第四章 計畫成效評估

本章節針對計畫執行成效、後續推廣、招標功能規格等面向進行說明，相關內容分述如下：

4.1 執行成效評估

4.1.1 飛行任務規劃

1. 需求背景

臺灣近山區之偏遠地區易受天然災害影響導致土石流及大規模崩塌，造成主要聯外道路、橋梁遭到破壞損毀，且無其他替代道路，可能因而形成孤島狀態，與外界聯繫中斷，居民及物資進出不易。行政院農業委員會水土保持局資料顯示，全台坡地共有 1729 條土石流潛勢溪流，36 處易發生大規模崩塌；而依內政部消防署所定義易成「孤島」之地區，據 110 年調查結果全台計有 191 處，主要為山區偏鄉。然而，中華郵政為維持郵務正常運送，即使道路或橋梁受土石流或崩塌衝擊損毀，郵務士仍須承擔高度風險運送郵件。



資料來源:中華郵政

圖 37 高風險運送郵件示意圖

其中，桃園市復興區共有 31 條土石流潛勢溪流、3 處易發生大規模崩塌及 9 處易形成孤島地區。依桃園市 102-106 年轄內坡地災點數量統計共 60 次，復興區即佔 50 次，又以華陵里佔 30 次居首；另經由中華郵政統計，復興區每日平均總郵務量為 66 公斤，其中亦以華陵里佔 15 公斤居多。考量坡災發生率與郵務量，本計畫以桃園市復興區(介壽國中)至華陵里(拉拉山遊客中心停車場)為示範場域，沿河道飛行海拔高度介

於 300 至 800 公尺間，距離約 22 公里，徵集之無人機之解決方案。

承上，考量受道路、橋梁中斷範圍大小，會影響郵遞作業約數日或數月不等，不僅增加郵遞作業成本、人員作業耗時且危險性高，故本次任務是以利用無人機高機動性特質，輔助道路(橋梁)中斷後，仍可維持孤島地區郵務運送作業為主要目標，故無人機應具備垂直起降能力、全自動化飛行、視距外(長距離)、高海拔爬升、至少 5 公斤或以上包裹運送能力等功能。

2. 航道規劃

為檢測符合孤島地區郵務運送作業之無人機功能，並實地驗證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解決方案，本案選定場域路線為桃園市復興區(介壽國中)至華陵里(拉拉山遊客中心停車場)，沿河道飛行單趟長度約 22 公里(視實際飛航路徑規劃而定)，途經車行橋、人行吊橋、電廠、露營區、壩體等。

起點海拔 453 公尺，迄點海拔 670 公尺，航線海拔高度介於 300 至 800 公尺間。

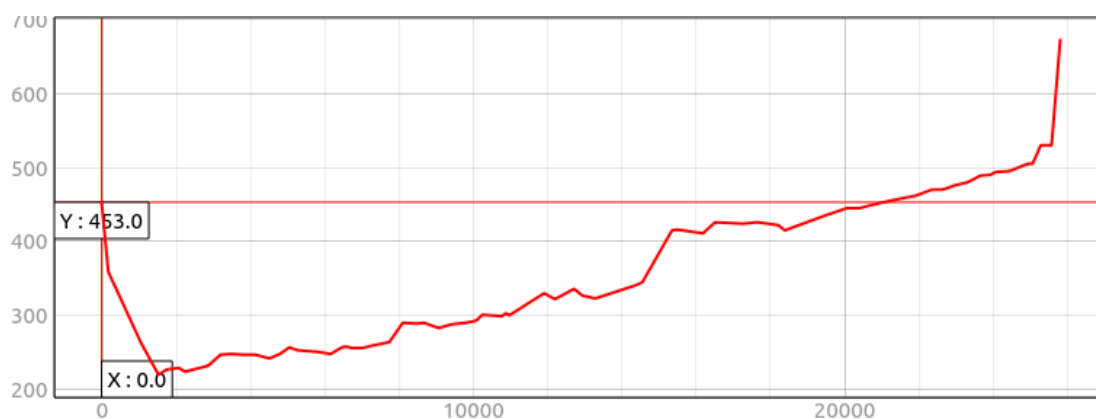


圖 38 海拔高度示意圖

表 35 經過之重點區域

	車行橋	人行吊橋	重要區	壩體
次數	2	4	3	2
地點	羅浮橋 	溪口吊橋 	義興電廠 	義興壩 
	雪霧鬧橋 	高義吊橋 	下蘇樂 	榮華壩 
	-	復興橋、義興橋	室外休閒露營區	-

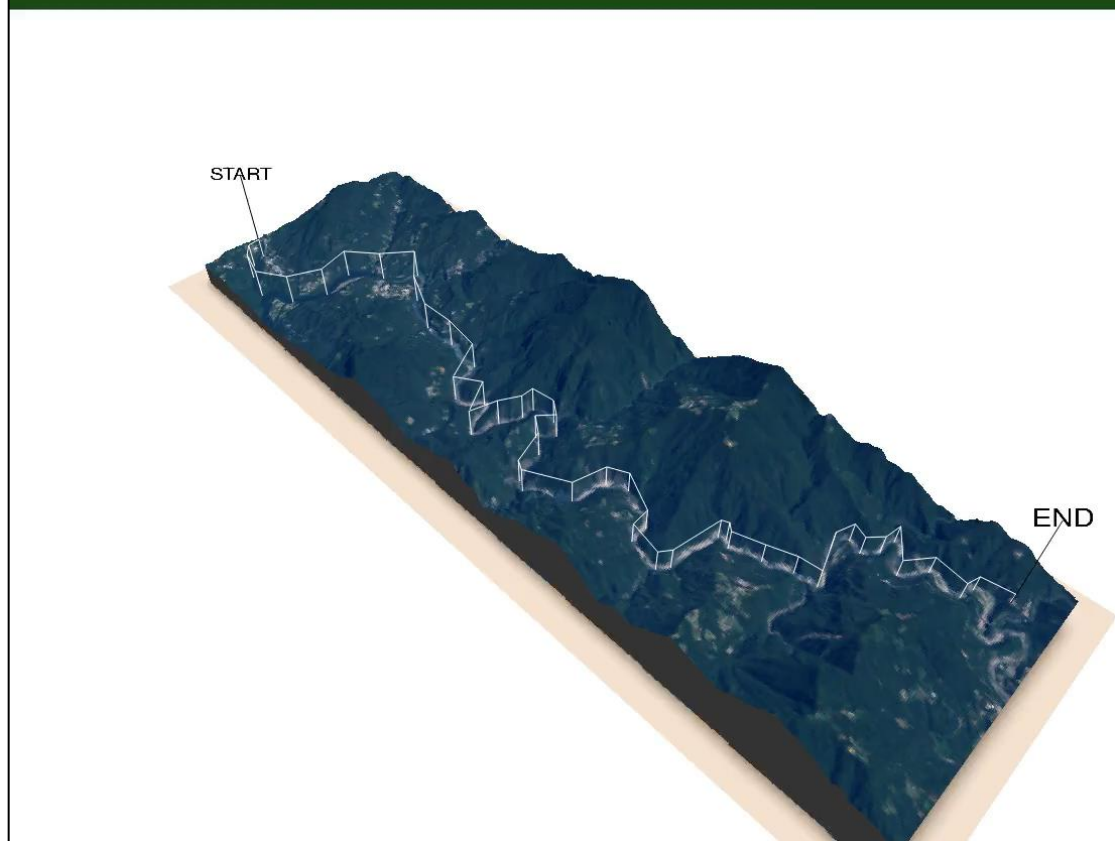


圖 39 模擬海拔 900 公尺固定高度航線圖

場域內均有 4G 訊號覆蓋，惟雖起迄點高低差與雙邊海拔高度不高，卻有海拔近 1400 公尺高山阻隔，導致部分地區訊號較弱。

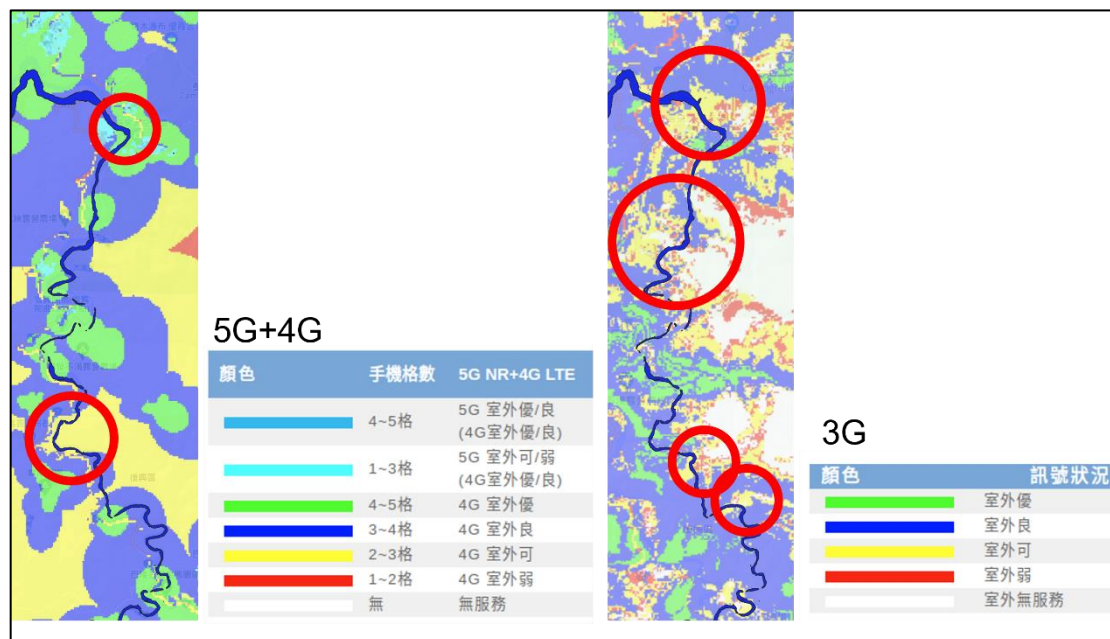


圖 40 場域訊號覆蓋率

4.1.2 參與團隊

本次完成場域驗證團隊共有 4 組，分別為經緯航太公司、田屋未來隊-越嶺送信、泰世科技股份有限公司、樂飛創新國際股份有限公司-實踐臺灣希望快樂飛翔物流。完成實地驗證團隊多使用單旋翼無人機，其中經緯和田屋均以電池為動力來源，泰世則採汽油引擎；樂飛創新使用 6 軸多旋翼無人機，以電池為動力來源。

1. 經緯航太公司- C2 Plus

C2 Plus 是單旋翼電動無人直升機，全機動力來源及飛操系統皆為動力驅動，主旋翼動力具有雙馬達共同運作能力，單一馬達失效時，UAV 仍能靠另一動力來源提供緊急返航能力(至少提供 5.4KM 應變距離)。該機型較無噪音及空氣汙染問題，是上期計畫參賽同款機型。

2. 泰世科技股份有限公司- GX9 F145

採用自行設計組立的無人機 GX9 F145，其與已成熟量產的單旋翼無人機 GX9-F100 構造相同，惟使用 145cc 水冷式汽油引擎，具獨立潤滑系統，可長時間飛行，且燃料取得快速，不須擔心電池購買及充電問題。

3. 田屋科技- AXH-E230SD

採用自行設計生產的 AXH-E230SD 無人載具系統，為單旋翼機構型，有垂直起降、高抗風穩定飛行的特點，適合在風場較混亂的山谷中飛行，同時提升穩定度與安全性。該機型為已量產超過 2 年的無人機構型，在國內外已有多次實作驗證及市場歷練。

4. 樂飛創新國際股份有限公司-A616 NEO

以大載重性能為優先，採多軸無人機設計 A616 NEO，其機構簡單、改裝設計簡易、妥善率高，且能迅速增加酬載量能，以增加中繼站更換電池來達成航程任務。由於多軸無人機已廣泛使用於農業用途，在合格證照操作資格臨時召集上也較其他機型容易。

表 36 參與團隊無人機種

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
機型	C2 Plus	GX9 F145	AXH-E230SD	A616 NEO
機種	單旋翼無人機	單旋翼無人機	單旋翼無人機	多旋翼無人機 6 軸
動力來源	電池	汽油	電池	電池
無人機重量(含電池動力來源)	27.33kg	19.5kg	22.24kg	79.06kg



圖 41 參與團隊無人機種

因現行法規規定 25 公斤以上具導航系統之無人機須辦理檢驗，程序耗時且驗證項次非短時間可達成，又因計畫期限考量，自報名至完成特種實體檢驗之時間較短，故本次完成驗證團隊多就已設計生產的機種為原型調整設計，以達成本次驗證的高酬載、長距離等目標。

4.1.3 驗證執行成果

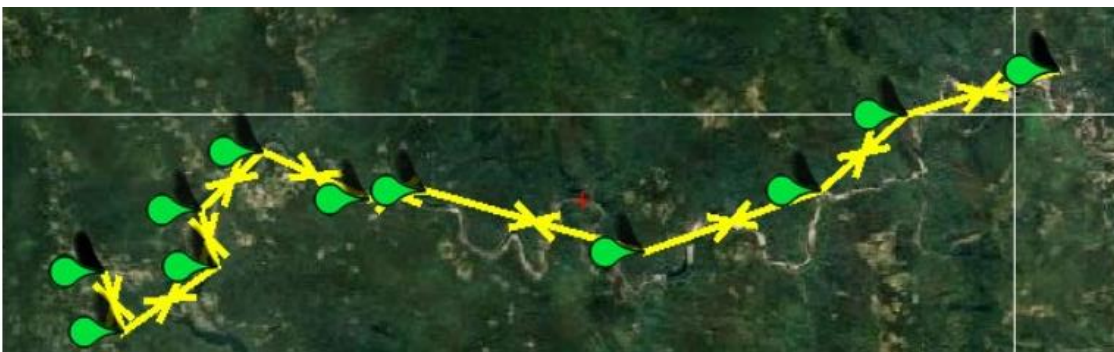
1. 航線規劃

除了禁航區及人口密集區外，因應本次驗證場域特性，飛行任務還須克服山區地形通訊穩定性、無人機長距離載重及爬升等課題，並規劃緊急降落點。

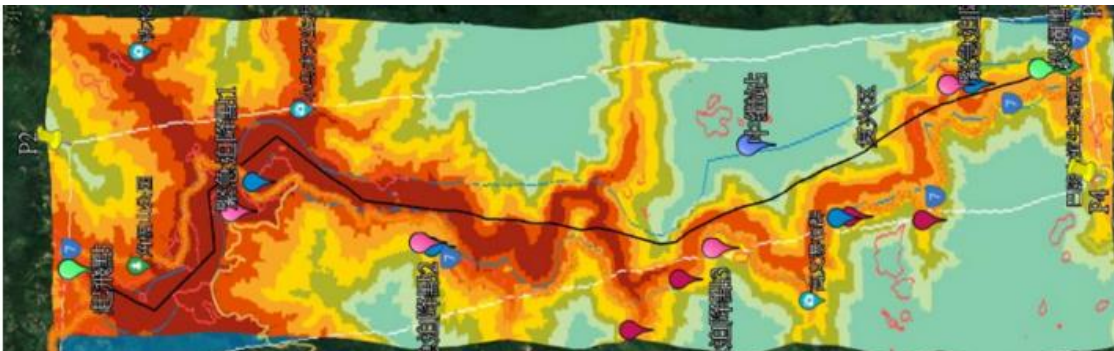
經緯航太



泰世科技



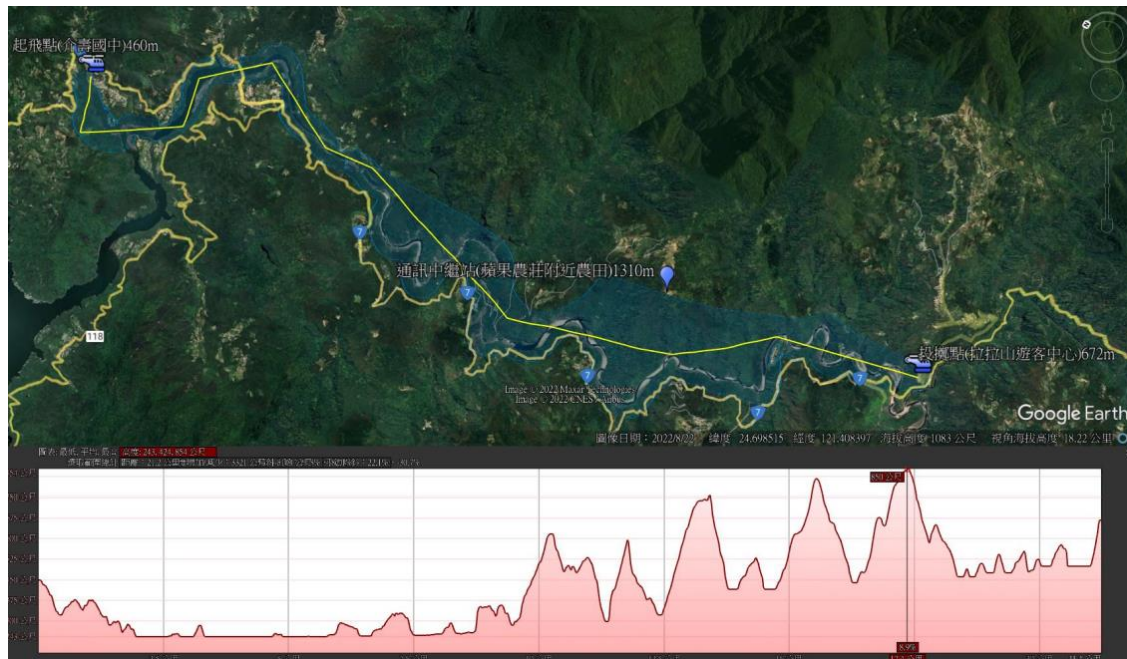
田屋科技



資料來源: 截自評選成果報告書

圖 42 各團隊航線規劃示意圖

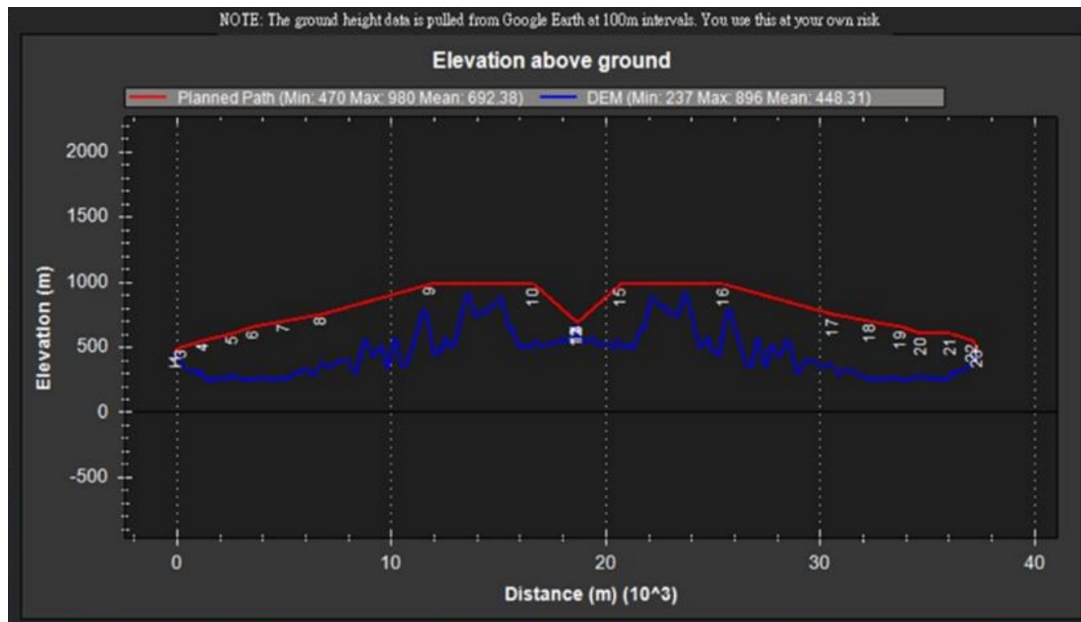
以經緯航太公司規劃航線為例，其依競賽路徑進行地形剖面，以 Google Earth 觀察現地理資訊高度，設計最佳飛行高度及載具爬坡率，此路徑經過之地形剖面，由海拔 460 公尺 飛行至海拔 672 公尺、沿途較高稜線為 600 公尺、750 公尺、800 公尺，最高稜線為 850 公尺，故 UAV 須先爬升至較高高度，再作降高動作。依競賽路徑之地形剖面資訊，以該公司第一階段測試中可負載之安全飛行速度及坡度，並以最低需距地一百公尺為安全原則，依序計算各導航點合適之海拔高度。



資料來源:經緯航太

圖 43 路徑地形高度

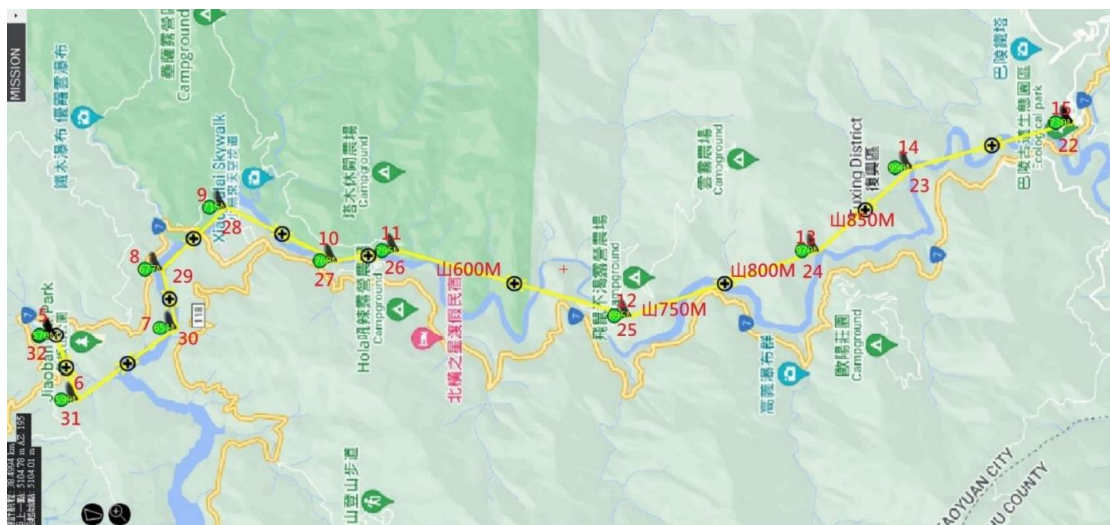
以田屋科技規劃航線為例，沿途經過溪口吊橋、復興橋、興義吊橋，將會爬升至 300 公尺跨越，在飛行航線內亦會經過最高海拔 910 公尺的高山，為確保飛行過程無阻，無人機將會爬升至海拔 980 公尺跨越。飛行過程皆採用自動導航系統，在高精度 GNSS 的模組輔助下，飛控電腦引導無人機依照規劃的飛航路徑自主完成飛行。抵達拉拉山遊客中心後，將無人機降低至地面上方 5 公尺以投放貨物，隨後爬升至上空 50 公尺進入返航路線。



資料來源:田屋科技

圖 44 路徑高度設計

經緯航太亦將各導航點編號高度及附近山勢高度彙整，以利各通訊站進行導航高度檢核，以及緊急狀況發生時之應變。



資料來源:經緯航太

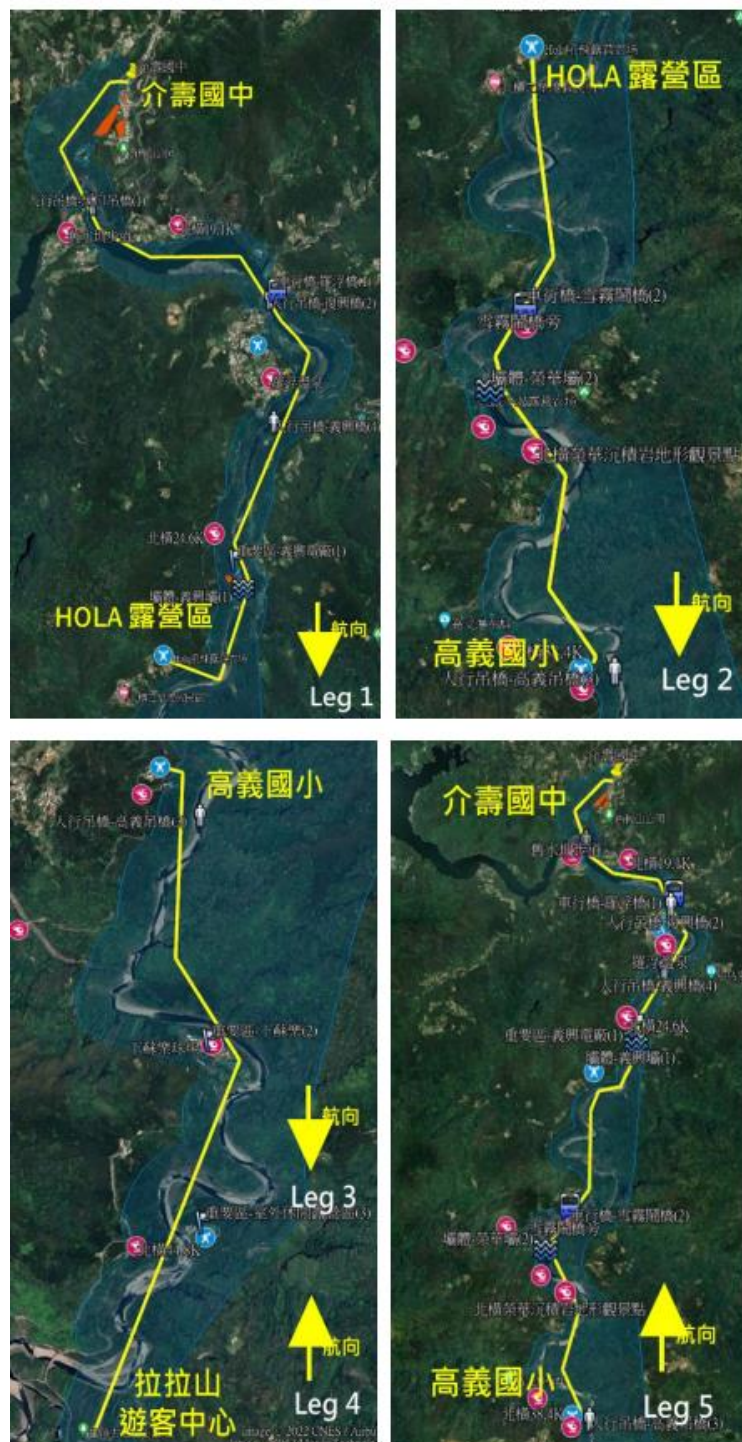
圖 45 航點高度標示

(1)中繼站規劃

- 通訊中繼站

各家廠商飛行過程均採自動導航系統，惟場域雖有 4G 網路覆蓋，為全程即時監控所有飛行數據，乃至即時傳輸影像，以更有效因應緊急狀況，經緯、泰世及田屋等 3 個團隊均採架設通訊中繼站的方式，田屋科技在飛程制高點(雲霧農場附近)設站，經緯及泰世則架站於蘋果農莊附近。

- 電池中繼站
為進行電池更換，樂飛將去程航線規劃為 3 航段，分別於 Hola 露營區與高義國小停靠，飛行至拉拉山遊客中心停車場卸載貨物後，繼續飛行至高義國小進行電池更換，便返航回介壽國中。共設有 2 個中繼站。



資料來源:樂飛創新

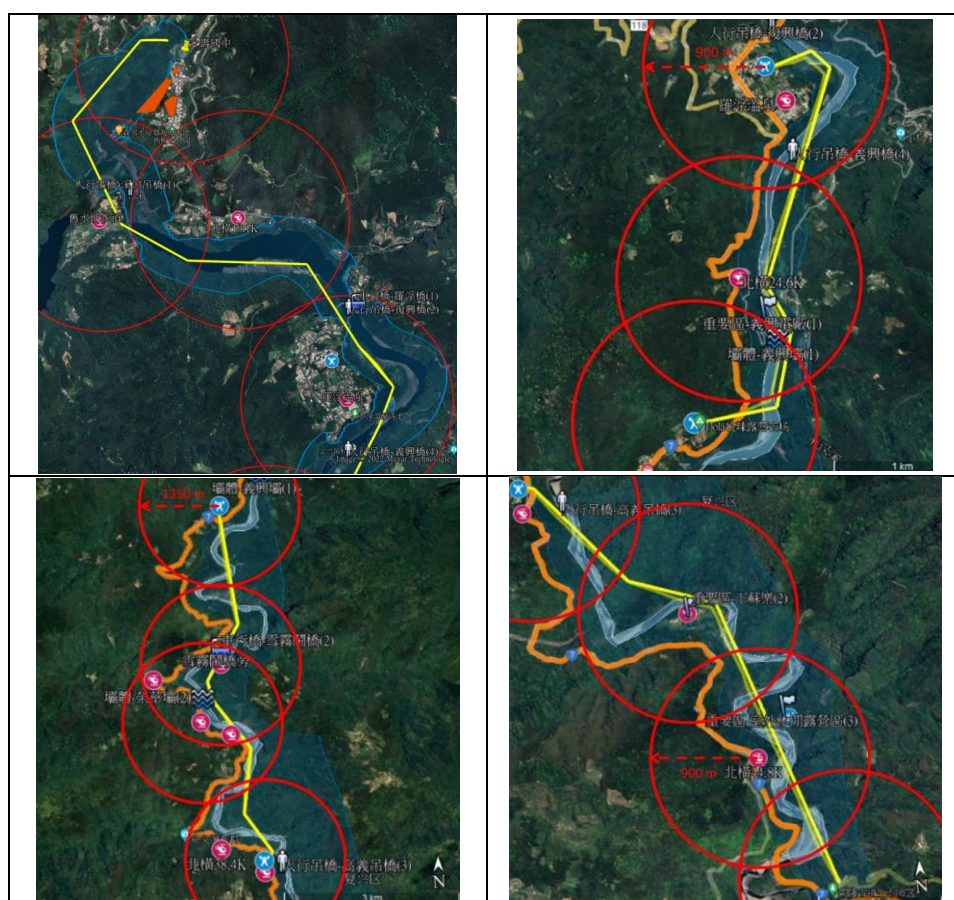
圖 46 樂飛創新航段規劃

表 37 樂飛創新中繼站規劃

Leg	起飛點	降落點	飛行距離 (m)	飛行高度 MSL (m)	降落目的
1	介壽國中	HOLA 露營區	8,549	630	更換電池
2	HOLA 露營區	高義國小	6,893	750	更換電池
3	高義國小	拉拉山遊客中心	8,932	750	不降落 僅卸載紙箱
4	拉拉山遊客中心	高義國小			更換電池
5	高義國小	介壽國中	15034.5	750	返航

(2)緊急備降區規劃

以樂飛創新團隊規劃緊急備降區為例，其除了 HOLA 露營區至高義國小段(Leg2 與 Leg5)因場域限制，航程中 1350m 距離內設置一備降區外，其餘航段則 900m(90sec 航程)距離內設置一備降區。



資料來源:樂飛創新

圖 47 各航段緊急備降區規劃示意圖

2. 飛行任務

(1) 飛行時間及效能

本次驗證除田屋團隊因於終點投遞貨物後操作不當，導致側翻螺旋槳著地，無法飛行返航外；其餘 3 個團隊皆順利投遞後返航。其中泰世科技及經緯航太約花費 45 分鐘完成任務，樂飛創新因中途更換 3 次電池，總花費時間約 80 分鐘。

依計畫規定返程落地後須有 15% 電量/油量以上，3 個團隊均有達標，其中泰世科技因多載油箱，故剩餘油量達 98%，該團隊計算單趟油耗約需 1L。

表 38 參與團隊無人機飛行時間及效能

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
機型	C2 Plus	GX9 F145	AXH-E230RD	A616 NEO
機種	單旋翼無人機	單旋翼無人機	單旋翼無人機	多旋翼無人機(6 軸)
動力來源	電池	汽油	電池	電池
飛行時間	47:18	45:39	No data	1:21:55
啟程電量/油量 剩餘電量/油量	電量 83% 剩餘 21%	油量 100% 剩餘 98%	電量 96% No data	電量 94% 剩餘 58.22% (中途換 3 次電池)

(2) 貨物酬載

雖實際量測略有差距，各家廠商均使用中華郵政 1 號箱(標準規格:39*32*43)，規格一致。單旋翼無人機酬載為 5 至 10 公斤，多旋翼無人機(樂飛)酬載達 16 公斤。泰世 GX9 F145 無人機重量(含動力來源)輕，就貨物載重與自體重量比有較好表現；樂飛雖酬載最大，但無人機須裝載 6 電池，機體重量亦較重。

表 39 參與團隊無人機酬載重量

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
無人機重量(含電池動力來源)	27.33kg	19.5kg	22.24kg	79.06kg
包裹規格	Box*1,39*32*43	Box*1,39*32*43	Box*1,40*28*26.6	Box*1,41.4*44*36.5
包裹重量	5.1kg	7.59kg	7.64kg	16.25kg
貨物載重與自體重量比	0.19	0.39	0.34	0.21

(3)貨物卸載

依計畫規定，卸載貨物時不得高於 10m，各團隊卸載機制多採制動伺服機控制脫鉤器來釋放貨物，經緯及泰世導航至投擲點後自動下降至適當高度投遞貨物，因包裹彈跳故距離原定降落位置較遠，樂飛則由搖控器控制卸貨；田屋在現有基本傳感器上額外擴充安裝一組高精度對地毫米波雷達傳感器，可提供飛航導控精準離地高度數據，惟當日因設定失誤故是以遙控器卸貨。

表 40 參與團隊無人機貨物卸載表現

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
投遞方式	自動控制	自動控制	半自動控制 (卸貨)	半自動控制 (卸貨)
貨物落地位 置	超出方框 離方框中心 443cm	超出方框 離方框中心 470cm	方框內 離方框中心 3.9cm	超出方框 離方框中心 260cm

3. 環境友善

(1)噪音

本次參與團隊多使用電池為動力來源，起飛現場測量噪音約為 75db，其中樂飛創新 A616 NEO 達 79.1 dB；泰世科技 GX9 F145 使用汽油引擎，噪音值達 83.2 dB。

表 41 參與團隊無人機噪音值

團隊名稱	經緯航太	泰世科技	田屋科技	樂飛創新
機型	C2 Plus	GX9 F145	AXH-E230SD	A616 NEO
動力來源	電池	汽油	電池	電池
機種	單旋翼	單旋翼	單旋翼	多旋翼(6 軸)
噪音值	73.8 dB	83.2 dB	75.2 dB	79.1 dB

(2)碳足跡

承上，泰世科技 GX9 F145 為本次驗證飛行時間最短、貨物載重與自體重量比最大的無人機，惟其動力來源為汽油，除噪音外亦有排放溫室氣體的影響。

4.2 後續推廣評估

4.2.1 商業運轉模式

1. 服務流程

客戶提出需求(飛行時間籌載重量等)，廠商確認運送區域並對空域進行航線評估(含預劃航高、投擲點、航區/航道及 KML 航線規劃圖)及選定機型，任務執行前，再確認任務執行細節包含天氣預報等，起飛前必須先依「飛行前檢查卡」檢查及地面站系統各個零組件，經客戶端確認後執行，任務結束後，任務執行單位必須填寫「無人機工作進度報告表」，記錄任務執行狀況。

2. 服務項目

可區分為定時定點定航次運送，根據實地需求，設定定點航班進行貨品載運，或緊急運送服務，根據緊急狀況，依實地需求進行「客製化」任務規劃與執行。

3. 軟硬體系統

建構硬體系統，包含基地站(收受交付貨物)、貨艙模組及無人載具系統，以及建構軟體系統，包含載運包裹物流軟體、無人飛行載具任務、飛行、維修保養等軟體。此外亦須培訓無人機系統操作飛行人員以及地勤人員。

4.2.2 後續推廣可行性評估

1. 硬體設計

(1) 酬載能力與續航力

依中華郵政統計資訊，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，依現行運送/投遞方式，運送時程約 2 小時 30 分。就單趟酬載而言，樂飛 A616 NEO 可用較現行更短的時間(80 分鐘)完成 16 公斤包裹運送，惟因續航力不足需設中繼站供電池更換，不僅耗費人力，倘遇氣候影響導致道路中斷，其亦不能完成緊急物資投遞的任務。就本次酬載情形，田屋 AXH-E230SD 及泰世 GX9 F145 應可以 2 趟飛行完成 15 公斤郵件運送，惟其成本效益是否優於現行運送模式仍有待商榷。

(2) 環境影響

依場域驗證實地測量，3 家使用電池的無人機起飛音量介於 73~79

dB。其中以經緯 C2 Plus 最低，參考該公司報告，C2 Plus 於 120m 高空實際測試之噪音值約 58dB，且噪音幾乎來自主旋翼產生之固定頻率低沉風切聲，飛行時應不會對人口稠密區產生干擾。

泰世 GX9 F145 起飛時測得噪音值為 83.2dB，高於一般無人機數值，且其採用汽油為動力來源，就碳足跡議題可能造成影響。

2. 人員培訓

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，經緯和泰世則是採地面站相互合作支援的模式，顯見目前要常態性執行飛行任務仍有其困難，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。

另依田屋科技報告，該團隊本次未能完成飛行任務的原因是主要飛手因故未能參與當日驗證，而替補駕駛員在不熟悉現場的情況下所導致的操作失誤。顯見即便是熟練的飛手，在不熟悉場域進行飛行仍具有較高的不確定性，未來如欲推廣無人機物流運送普及化，人員的培訓應是當務之急。

3. 系統建構

本次驗證場域為 4G 訊號覆蓋，競賽時裝設 UTM 系統 remote_ID 全程收訊，樂飛 A616 NEO 亦以 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。

承上，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，依各無人機廠商的訪談意見，均建議由政府單位優先建置空中廊道，完善資訊設備，提高廠商參與意願，再由業者提供服務模式解方為佳。

4. 服務模式

本次驗證參與團隊所設計的機體機能特性各異，所適用的服務模式也不相同，例如樂飛針對其酬載較高但續航力差的特性，除了提出充電的優化設計想法外，亦提出該機種應可運用於短距離但高酬載的運送服務，例如山區河道兩岸的運送等。此外，各家團隊提出的服務模式和經費估算亦尚難並列比較。爰此，無人機做為最後一哩路的運送工具，在偏鄉孤島地區應可有更靈活多元的服務方案提出，以取代過往車行耗時低效的問題，或做為道路中斷緊急運送的物資運送模式。

4.3 後續招標功能規格及資安規定

依據本次辦理示範計畫經驗，場域雖有 4G 覆蓋，但為訊號穩定以策安全，仍有 3 家團隊設立通訊中繼站；就物流服務而言，可酬載超過 15 公斤的團隊因續航力不足而須於中繼站更換電池，爰此，以本次驗證場域直接做為後續物流運送招標計畫範圍，仍須基礎設施建設、專業人力培訓乃至多次驗證經驗，尚難直接成為常態性委託服務工項。為持續推動無人機物流運送發展，建議可基於本次示範計畫基礎，以一定期限或金額上限的開口契約建立招標工項，一方面可於運用於道路中斷時的郵務運送，二來也可建立場域內短程點對點的運送模式，除了可達到物流運送實際營運的試點作用，同時也可降低長距離航行的風險。

延續 109 年前期計畫訂定的偏鄉物流運送招標工項建議，本次以驗證場域華陵里為計畫範圍，分為項目、工作內容及說明三個欄位設定招標工項如表 43。其中項目：包含履約標的相關規定、廠商資格、無人機功能規格、事故與保險、資安規定及其他等。此外，為保障履約期間的安全性，建議招標方式採最有利標/準用最有利標/參考最有利標精神等方式，經過評選選取優勝廠商。投標廠商應先以無人機空機往返起降地點進行測試，後再增加酬載飛行，並將試飛成果納入評選項目中。為資周全，本委外招標共通性範例未來應邀集產、官、學、研等領域專家共同研商，律定後提供給交通部及經濟部等相關部會應用。

表 42 物流運送招標工項建議

項目	工作內容	說明
履約標的	1. 於計畫場域內，經甲方確認起降地及包裹寄送地，完成包裹運送任務。	契約標的設定為本次驗證場域，說明使用遙控無人機運送內容，考輦目前驗證成果尚未完備，起降地點應選擇空曠場域，航道規劃應盡量於河道上方，且盡量不飛越人群聚集處，避免無人機或包裹墜落產生危險。
	2. 全程應採自動化飛行。	考量視距外飛行需要，加上難以於投遞點和中繼站安排人力，飛行任務應全自動化，全程應由地面站監控。
	3. 包裹應自動卸載至指定位置，卸載位置誤差不得大於 5 公尺；如採投遞方式，投擲高度不得超過 10 公尺。	
	4. 具備包裹裝載容器或包裹保護機制。	廠商應提出包裹保護機制，確保投遞時包裹內容物及外觀完整。
	5. 飛行過程中，無人機須保持至少	為執行任務之安全性考量，應確保飛

	25%的動力來源(電池儲備或油量)	行期間即時監控，並確保返航動力來源。
	6. 飛行中需確保地面導控站(GCS)全程與無人機保持構聯，不得盲飛及超出限制高度。	
	7. 投標廠商應提出履約期間緊急應變相關規劃，包括緊急迫降點規劃等。	為應對履約期間各類突發狀況，投標廠商應於投標時提出緊急應變措施，以資完備。
廠商資格	8. 投標廠商應有無人機應用相關經驗，具載物飛行、長時間飛行、山區飛行等經驗佳。並應檢附相關實績證明文件。	考量山區航行及物流運送難度及風險均較高，有廠商如具相關實績，於航線規劃及通訊傳輸應較能完備，於緊急應變時亦較有經驗。
	9. 飛手則須持有合格無人機專業操作證。	廠商操作無人機之基本具備條件。
無人機功能規格	10. 契約使用的無人機廠商須具備民航局核定之遙控無人機作業手冊，並確認相關操作限制排除；25 公斤以上遙控無人機應完成實體檢驗或特種實體檢驗。	廠商操作無人機之基本具備條件，若廠商須執行無人機特殊操作飛行，如載貨作業，須確認其遙控無人機作業手冊第五章已排除相關操作限制。
	11. 無人機應具有遠距即時偵蒐監控功能，地面導控站(GCS)無人機飛控系統需具備飛航軌跡紀錄功能，無人機具備定位追蹤器者佳。	飛行期間應能全程即時監控所有飛行數據，可即時傳輸影像者佳。無人機搭載無人機飛航管理系統或定位追蹤器者佳，
	12. 所使用無人機應具備垂直起降能力。	考量計畫場域的地理條件，起降地點空間不足以規劃無人機起降跑道，且場域位於山區，受環境限制較大，故無人機須具備垂直起降及高海拔爬升基本能力。
	13. 所使用無人機應具備高海拔爬升能力。	
	14. 所使用無人機應具備高酬載長滯空能力，無風環境負載 5KG 之懸停時間宜達 30 分鐘以上。	依據該地郵務運送實際需要，並參考本次驗證經驗，在酬載 5KG 以上包裹下，由角板山端點至拉拉山遊客中心耗時至少約 45 分鐘，為確保安全性，本次建議採計畫範圍內點對點的短程運送，惟建議負重懸停測試仍應達一定標準。
	15. 最大可承受風速應達蒲氏 6 級風。	山區氣候變化大，常有陣風，易影響飛行穩定性，廠商操作無人機應具有一定抗風能力，以提高安全性。
	16. 無人機運轉噪音值宜小於 80 分	考量起降點可能位於聚落周邊，為避

	貝。	免噪音擾民，無人機運轉之分貝值較低為佳。
	17. 無人機設計具冗餘系統者佳。	若一個動力裝置發生故障，而其餘動力裝置無法維持飛行時，該飛行器仍能保持可控或能預設至安全自動恢復程序，以提高安全性。
事故及保險	18. 履約期間相關設施、遙控無人機、器材，若遇天災或不可抗力因素而毀損，或造成第三者人員傷亡或財物損失，均由廠商負責(遙控無人機須辦理第三人責任保險，最低保額依照航空客貨損害賠償辦法第3條定義每一事故體傷最低300萬)。	廠商於履約期間以無人機從事活動皆應投保最低保險金額300萬元，並檢附相關證明；招標單位建議也應投保公共意外責任險。
	19. 如遙控無人機發生事故，除應依據民航局「遙控無人飛機管理規則」第36條相關規定通報民航局外，並應按照「重大運輸事故之範圍」判斷是否屬於重大運輸事故，並接受國家運輸委員會調查。	說明事故發生之處理程序及通報單位。
資安規定	20. 為符合行政院資通安全法規定，無人機整機(零組件不限制)、飛控系統、影像擷取圖傳處理後台(影像擷取圖傳處理不得離境)不得為中國大陸地區設計製造。	本計畫於廠商徵件時，訂定不允許使用中國大陸地區產品之項目包含無人機整機(零組件不限制)、飛控系統、影像擷取圖傳處理後台(影像擷取圖傳處理不得離境)，並請廠商填寫出廠聲明書、團隊聲明切結書及無人機國產製造比例。
其他規定	21. 從事無人機飛航活動均須依據民航局「遙控無人機作業手冊」規定辦理，甲方得不定期進行抽查，如有違反操作手冊情事應予立即改善。	「遙控無人機作業手冊」規定諸如飛行前飛航申請、操作限制排除，飛行後須繳交作業手冊附件內容予民航局等規範，招標單位得要求相關證明或附件副本備查。
	22. 廠商如需甲方函文其他機關協調者，應以書面向甲方提出。	諸如招標單位應提前通知起降場地管理單位運送施作時間及使用範圍，另外，物流運送航線若位於禁航區，招標單位應協助廠商與民航局提出禁航區解禁申請。

參考文獻

1. 2020 交通科技產業政策白皮書，交通部。
2. INSIDER. [線上] 2021 年 2 月 5 日.
<https://www.businessinsider.com/drone-industry-analysis-market-trends-growth-forecasts>.
3. MarketsandMarkets Research. [線上] 2021 年 4 月.
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/drone-package-delivery-market-10580366.html>.
4. DRONEII.COM. [線上] 2020 年 6 月 20 日. <https://droneii.com/the-drone-market-size-2020-2025-5-key-takeaways>.
5. CNBC. [線上] 2019 年 12 月 21 日.
<https://www.cnbc.com/2019/12/21/analysts-alphabet-ups-have-edge-in-deliverys-next-frontier-drones.html>.
6. DRONEII.COM. [線上] 2021 年 5 月 21 日.
<https://droneii.com/global-companies-invest-in-drones-despite-recession>.
7. <https://techcrunch.com/2019/11/05/ups-and-cvs-deliver-prescription-medicine-via-drone-to-u-s-residential-customers-for-the-first-time/>
8. UPS 官網(<https://pressroom.ups.com>)
9. Wing 官網、The Potential Impact of Delivery Drones in the Dallas-Fort Worth Metroplex. <https://www.aboutamazon.com/>
10. 伊那市政府網頁 <https://www.inacity.jp/>
11. KDDI 網頁 <https://kddi.smartdrone.co.jp>
12. nextmobility 網頁 <https://www.nextmobility.jp/>
13. prodron 網頁 <https://www.prodron.com/jp>
14. 108 年度「交通創新應用服務示範場域推動」委託研究計畫，交通部。

