

國際無人機物流發展趨勢探討

Preliminary Study on the International Developments of Drone Delivery

運輸資訊組 黃于哲 吳東凌 張益城

研究期間：民國110年2月至110年12月

摘要

使用無人機運送商品、藥品及餐點之無人機物流應用，已被視為無人機未來發展之熱門領域，並且是實現城市空中交通(Urban Air Mobility, UAM)第一步，國際間已展開相關測試驗證及小規模商業營運。本研究旨在透過研析國際無人機物流之發展趨勢，包括載具與動力、基礎設施、服務模式、法規與管理等層面，以及各國實際推動案例，提出我國發展無人機物流之相關建議。

現階段國際間案例多數仍處於概念驗證及服務驗證階段。無人機載具以電力驅動為主流，部分業者已開始發展兼具定翼機及旋翼機構型優點之混合翼機型；在服務型態方面，現階段因無人機酬載及續航性能限制，以最後一哩運送為主，運送標的則以包裹、餐點及醫療用品等輕量物品為主，場域則以郊區及偏遠地區為主，而隨著高酬載無人機之研發，未來無人機物流之應用範圍將更為廣泛；在營運及管理規範方面，各國均依據技術與應用之發展趨勢逐步調適演進。

經研析國際發展趨勢與案例，針對我國發展無人機物流，就技術研發、場域驗證測試、管理方式調和，以及服務模式發展等層面提出相關建議。

關鍵詞：

無人機、智慧運輸、城市空中交通。

國際無人機物流發展趨勢探討

Preliminary Study on the International Developments of Drone Delivery

一、計畫背景與目的

近年來無人機科技快速進步，應用層面日新月異，其中以無人機進行物流及緊急醫療用品遞送為熱門發展領域之一，依據美國航空太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)於2018年提出，無人機最後一哩物流將是城市空中交通(Urban Air Mobility, UAM)最早具有可行性之應用，在2030年形成商業可行的市場。電子商務巨擘亞馬遜於2013年提出以無人機遞送包裹之概念，目前世界知名物流業者，如DHL、UPS，以及Google母公司Alphabet旗下之Wing以及日本樂天等廠商，已於全球各地展開無人機物流相關先導試驗。UPS以及Wing，透過參與美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)無人機整合示範計畫(UAS Integration Pilot Program, IPP)，自2017年至2020年分別在維吉尼亞州以及北卡羅萊納州進行無人機物流驗證測試，目前兩家業者均已取得FAA之Part135營運許可，可在美國境內進行無人機物流商業營運。

目前國際無人機物流發展趨勢除包裹商品遞送外，無人機亦被應用在偏遠地區醫療用品運送，Zipline以定翼無人機在非洲盧安達等國運送藥品、檢體等醫療用品；於新型冠狀病毒疫情下，無人機也被應用於運送新冠肺炎疫苗。國內中華郵政公司前於108年度分別於阿里山試辦以無人機運送血清、臺南市左鎮區運送包裹等；109年至110年參與交通部運輸研究所辦理之無人機整合示範計畫，以東港至小琉球進行物流遞送驗證測試，111年將持續推動偏鄉物流深化應用之測試；中華郵政公司後續亦另規劃於新竹縣山區進行包裹及藥品運送測試。

無人機物流之發展相關層面廣泛，包括無人機載具、導控通訊、地面設施、收發軟體以及工作流程等；在法令方面，目前國內尚未針對無人機物流之商業營運訂定相關規範，如運用於投遞醫藥等特殊物品，尚涉及藥事法等相關法令。洪尉淳等人(2020)指出，無人機物流商業化發展，有賴驅動政府採購無人機物流服務，或經驗證具有商業價值，使民間投入營運；故現階段國際間各業者透過技術測試與場域驗證，尋找適宜營運標的，並據以建立營運模式及相關軟硬體規格。本研究探討無人機物流之發展趨勢，有助於我國無人機產業接軌國際無人機物流發展趨勢，並提出國內發展無人機物流相關建議。

二、無人機物流發展趨勢概述

(一)載具與動力

無人機載具之構型，依據交通部民用航空局訂定之「遙控無人機管理規則」，可概分為無人飛機、無人直升機及無人多旋翼機，其中無人飛機又可稱為定翼機，具有長航時之優勢，常被應用於航空測量等需長時間滯空之任務，其劣勢在於起降場地需設有一定長度之跑道；另一方面，無人直升機及無人多旋翼機具有可垂直起降(Vertical Take-Off and Landing, VTOL)之優點，其中無人機多旋翼機因構造簡單、操作便利，可用於個人休閒娛樂空拍等用途，近年在消費電子市場廣受歡迎。近年來出現結合定翼機及多旋翼機優點之複合型無人機，又稱混合翼無人機，其特性為具有垂直起降能力，於飛行過程以定翼機模式飛行，兼具長航時及垂直起降之優點。國際間近年來已積極投入混合翼無人機之研發；其中，以電力驅動垂直起降(eVTOL)構型，因可同時解決噪音問題，被視為未來發展城市空中交通(UAM)空中計程車服務之主流構型。

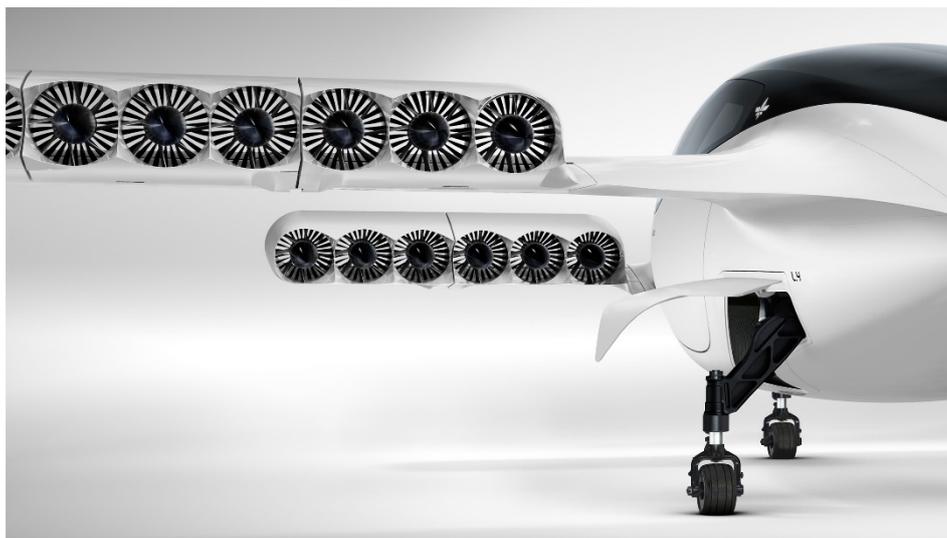
在動力方面，大型軍用無人機及傳統航空模型(遙控飛機)以內燃機引擎為主，雖技術成熟且續航力較長，但其運作噪音較大，且不符淨零碳排之國際趨勢，故小型消費級空拍機以電力驅動為主，惟如應用於高酬載、長航時之應用，如本研究探討之無人機物流，電力驅動尚存在續航力瓶頸，有待相關電池、馬達科技技術進步。在 UAM 領域中，又以分散式電力推進(Distributed Electric Propulsion, DEP)為發展主流，其概念為以多具小型馬達取代單一大型馬達，具有能源效率佳、低噪音、可靠度高等優點。此外，日本亦刻正進行以油電混合動力做為無人機動力之相關研發。

因無人機物流以及未來空中計程車等應用，均需進入城市人口密集地區，噪音問題及系統可靠度為未來發展關鍵，因此國際間主流以發展電力驅動為主；在構型方面，考量都市空間有限，以具有垂直起降性能之旋翼機或混合翼機型為主。



(資料來源：中央社網站，經濟部，<https://www.cna.com.tw/postwrite/detail/289004>)

圖 1 國內金屬工業研究中心開發之混合翼無人機



(資料來源：Lilium 網站，<https://lilium.com/jet>)

圖 2 德國 UAM 業者 Lilium 之分散式電力推進系統

(二)基礎設施

無人機物流基礎設施，在硬體方面，可包括地面站、倉庫、起降場地、後勤基地、中繼站，以及通訊基站。目前學術界針對充電站以及倉庫布設結合飛行路徑最佳化等議題已有相關研究進行中。至於未來大型物流無人機之起降場地，目前國際間已提出 Vertiport 概念，於都市中結合既有停車場站、大眾運輸轉運站等設施，設置自動化空中載具之起降場站，供未來無人機物

流及空中計程車使用。在軟體方面，可包括無人機飛航管理系統(Unmanned Aircraft System Traffic Management, UTM)、機隊管理及物流管理等應用程式。由於無人機物流多數為視距外飛行任務(Beyond Visual Line of Sight, BVLOS)，且未來如需進入都市地區營運，甚至與有人機空域進行整合，持續且即時掌握無人機之位置、航向、速度及相關識別資訊甚為重要，目前美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)已訂有 Remote Identification (簡稱 Remote ID)標準，要求無人機應具備以無線射頻方式傳送之遠端識別功能，並已納入聯邦法令 Part 89 規範，自 2022 年 9 月起，製造商新生產之無人機均應具備遠端識別功能，自 2023 年起，除非位於經 FAA 許可之場域以內，所有無人機均須具備遠端識別功能始得執行飛行任務。就無人機物流應用而言，UTM 系統除了遠端識別追蹤機制外，尚需機隊派遣管理、貨運流程管理及收送件識別等功能，應用端可視使用者需求，包括網頁、手機 APP 等方式，部分無人機物流業者亦自行開發相關系統。



(資料來源：Robb Report 網站，Uber，<https://robbreport.com/motors/aviation/flying-cars-challenge-building-landing-spots-another-2934084/>)

圖 3 Uber 提出之 Vertiport 概念圖

3 WAYS DRONE PILOTS CAN MEET REMOTE ID RULE



(資料來源：FAA 網站，https://www.faa.gov/uas/getting_started/remote_id/drone_pilots/)

圖 4 美國無人機遠端識別規範

(三)服務模式

服務模式可被定義為無人機在物流運送過程之角色，依目前國際應用案例，可概分為端點間運送、最後一哩運送(Last-mile delivery)或需求反應配送(On-demand delivery)。端點間運送，例如自區域倉庫轉運至地區集貨站，其目的地固定，配送目的地較少，貨物重量較重；相對而言，最後一哩運送或需求反應配送，通常以收件人所在地為最終目的地，其終點不固定且數量較多、貨物重量較輕，如郵件包裹遞送、送餐服務等。目前國際間無人機物流應用案例以最後一哩及需求反應配送為主，惟此現象可能係現階段無人機酬載續航性能限制所導致，不完全反映未來市場需求。

若以服務場域區分，可概分為城市最後一哩物流、偏鄉物資運補；城市無人機最後一哩物流可被視為城市空中交通(UAM)的一部分，探討重點包含電站及倉儲設置最佳化、飛行路徑規劃等議題，國際間亦有研究結合物流貨車及無人機之 Van-drone 模式，在載具方面，則以噪音控制及安全性為重要議題。無人機物流在偏鄉地區，可應用於緊急醫藥用品運送，以及災害發生時及災後緊急物資運補，相關議題包括無人機酬載能力、耐候抗風能力及視距外飛行相關長距離通訊導控等技術；如係運送醫藥用品，尚涉及冷鏈低溫保存相關技術。

(四)法規與管理

1.營運管理

目前國際間無人機物流推動案例，多數屬於先導示範或技術測試，其中美國具有較為成熟之實務營運案例及管理體系，因此以下主要以美國為探討

標的。美國現行較具規模之無人機物流營運案例，主要經由 FAA 自 2017 年起推動之無人機整合示範計畫 (UAS Integration Pilot Program, IPP)，由 FAA 與全美各州地方政府、民間產業或研究單位合作，進行無人機各項實務應用之先導測試。前述計畫已於 2020 年 10 月完成階段性任務，已由 FAA 開啟 BEYOND 計畫銜接，延續進行下階段整合驗證工作。

IPP 計畫之係由 FAA 與產業界合作，做為包括無人機物流在內之新興技術之推動平台，對 FAA 而言，可透過本計畫了解現階段技術成熟度及實務需求，做為調適相關監理法令之參考，就無人機產業界而言，經由 IPP 計畫可驗證其研發技術，並與地方政府合作獲得落地應用之機會。包括 Wing、UPS，以及 Flytrek 等廠商均透過 IPP 及 BEYOND 計畫進行無人機物流測試驗證，其中 Wing 以及 UPS 後續更透過參與 IPP 計畫之實蹟，獲得 FAA 核發 Part 135 航空業營運執照，可運用無人機進行商用航空貨運服務。IPP 及 BEYOND 同時亦協助各州地方政府，獲得無人機應用與管理經驗，並提升社會大眾對於無人機活動之接受度，以促進無人機與國家空域系統(National Airspace System, NAS)之整合。

目前 FAA 對於無人機物流商業營運之監理機制，係依循美國聯邦管制法規第 14 章 Part 135 相關規範，即為以小型航空器營運定期航線之航空公司(如直升機及 10 人座位以下航空器)，並調整部分不適用於無人機之規範。Part 135 執照依據營運規模及許可提供營運服務之類型，分為 4 類。Wing 於 2019 年 4 月成為首家獲得 Part 135 單一飛行員航空公司執照(Part 135 Single Pilot)之無人機物流公司，後於同年 10 月獲得標準執照(Part 135 Standard)；UPS Flight Forward 則於 2019 年 9 月成為首家獲得標準執照之無人機物流公司。

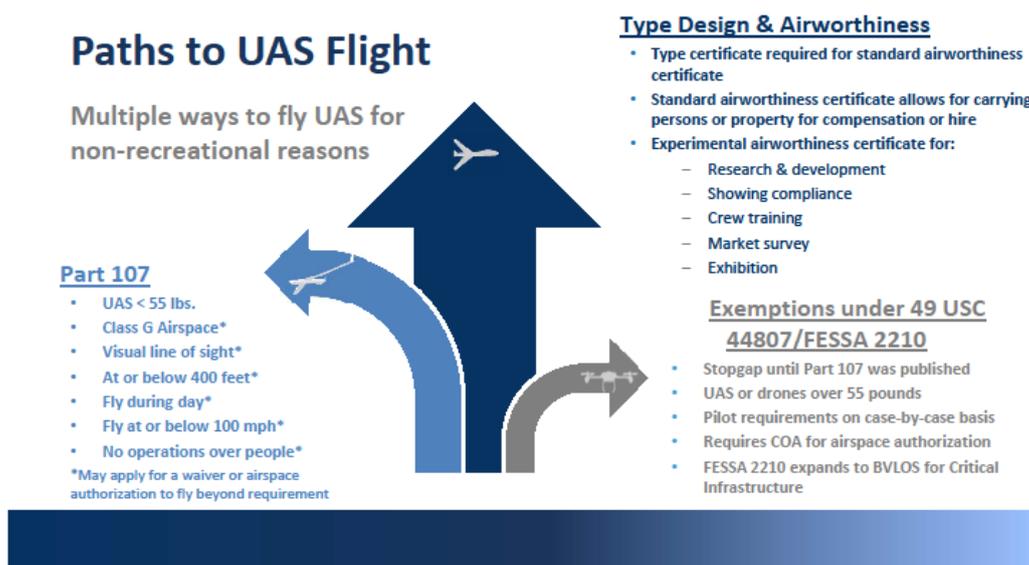
我國現行針對無人機物流作業之規範，包括民用航空法無人機專章、遙控無人機管理規則。民用航空法第 99-14 條訂有遙控無人機之操作規定，故如涉及物流載貨等作業，須依遙控無人機管理規則第 30 條及附件 13 之規定，由政府機關(構)、學校或法人申請能力審查核准後，再依遙控無人機管理規則第 31 條(活動區域)與第 32 條(操作限制)等相關規定申請飛航活動。

另依交通部民用航空局 111 年 2 月 18 日發布 AC 107-006C 飛航通告「遙控無人機作業手冊(Drone Operations Manual；DOM)」，因應國際遙控無人機物流應用趨勢，訂定「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。現階段以「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」為適用對象，前述接受委託者或參與者執行載貨作業時，應敘明包括：作業目標、作業風險評估及作業規定。

其中作業規定中，明定操作者應具備無人機飛航管理系統(UTM) (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、起降點噪音值紀錄等功能)。

2. 載具認證

在載具認證方面，美國 FAA 針對符合 Part 107 之用途及空域規範，且最大起飛重量 55 磅(約 25 公斤)以下之無人機，原則毋需辦理認證；而最大起飛重量 55 磅以上，或需進行包括無人機物流在內之進階作業(Advanced Operations) 之無人機，則須經由特別授權程序(Special Authority for Certain Unmanned Systems)，以獲得豁免或授權證書 (COA)，依據 FAA 網站公布，前述特別授權程序將於 2023 年 9 月屆期。為推動無人機認證，FAA 在現行 Part 21 規範下，將無人機定位為特別分類(special class)，並訂定進階作業無人機系統型式認證(Certification for Advanced Operations Unmanned Aircraft Systems)相關規範及認證程序。FAA 於 2020 年 11 月刊登聯邦公報 (Federal Register)，公告受理 10 家無人機業者提出之認證申請，目前 FAA 已發布 3 家業者之最終適航標準(Final Airworthiness Criteria)，分別為：Amazon，機型：MK27-2(2022 年 1 月)、Zipline 機型：Sparrow 及 Matternet 機型：M2 (皆為 2022 年 2 月)，前述最終適航標準將做為 FAA 後續審定認證之依據。國內無人機載具認證相關規範，目前主要以最大起飛重量區分，依據民用航空法第 99-11 條，以及遙控無人機管理規則第 15 條，最大起飛重量二十五公斤以上之無人機之設計、製造、改裝應申請檢驗。



(資料來源：FAA 網站，https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/certification/)

圖 5 美國無人機檢驗規範示意圖

三、國際無人機物流案例

以下彙整國際間無人機物流具代表性之推動案例：

(一)美國

1.Wing

Wing 原為 Google 專為發展創新科技設立之”X”實驗室專案之一，後獨立成為 Alphabet 集團下子公司，該部門之宗旨為探索現階段尚未成熟，但未來可能具有巨大影響力之創新科技應用，例如研發自動駕駛技術之 Waymo，亦由專案計畫成為獨立公司。Wing 於 2014 年開始於澳洲進行概念驗證(Proof of Concept, PoC)，依據該公司資料，截止 2022 年，Wing 已在美國維吉尼亞州、德州，澳洲坎培拉及芬蘭赫爾辛基等地完成超過 10 萬次遞送任務。透過參與美國 FAA 之 IPP 計畫，在維吉尼亞州進行物流測試驗證，於 2019 年 4 月成為首家獲得 Part 135 航空公司執照之無人機公司，該公司目前持續在美國德州達拉斯等地擴展物流服務營運範圍。

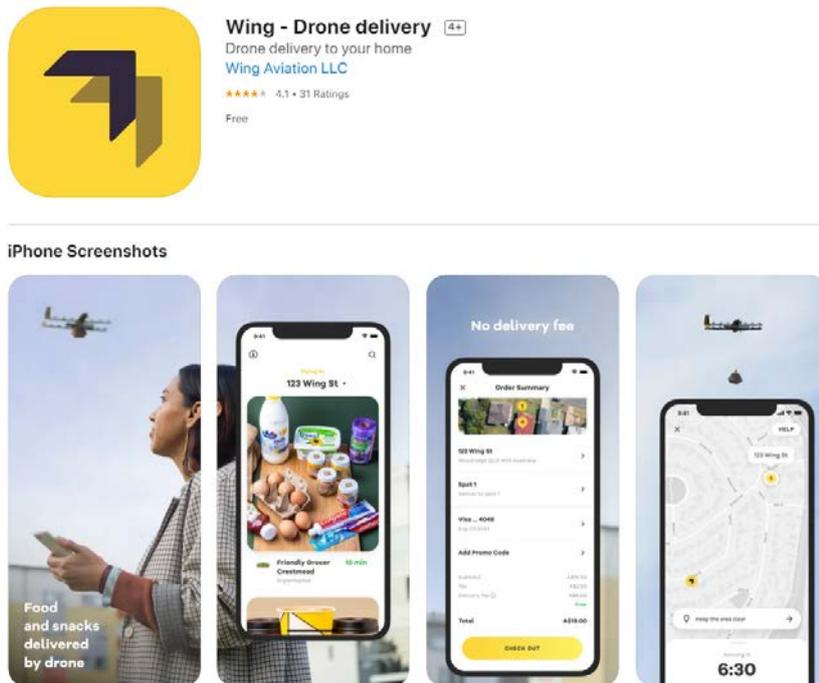
Wing 與地方飲料、食品、雜貨、藥品店家合作，提供短程遞送服務，於鄰近商店之停車場或頂樓等空間設置停機坪，客戶經由手機應用程式訂貨，商家就近置放物品後，由無人機執行飛行任務送至客戶訂貨地點，客戶並可透過手機即時追蹤無人機位置及送貨進度。Wing 鎖定單程 6 分鐘內之短程服務，運送貨品以咖啡、速食等重量較輕之物品為主，為避免頻繁起降造成的耗能以及風險，採取吊掛方式，機身下方置物倉可降下方便店家放置貨品，取貨時則將置物倉下降放置地面後，由客戶拿取，避免使用者接近無人機增加安全風險。由於其服務型態需求，Wing 並未使用大型無人機，其無人機構型為電力驅動混合翼 eVTOL，共有 12 具馬達提供起降使用，2 具馬達提供平飛階段向前推進之動力，最大起飛重量，包含 1.2 公斤酬載，總計約 8 公斤。

Wing 認為無人機物流未來發展勢必面對空域整合之議題，因此自建 UTM 平台 OpenSky，並參與 NASA UTM Pilot 計畫及 FAA LAANC 計畫，該平台提供飛行計畫規劃、空域准入申請及許可、追蹤識別等功能，在美國及澳洲已開放一般使用者下載。



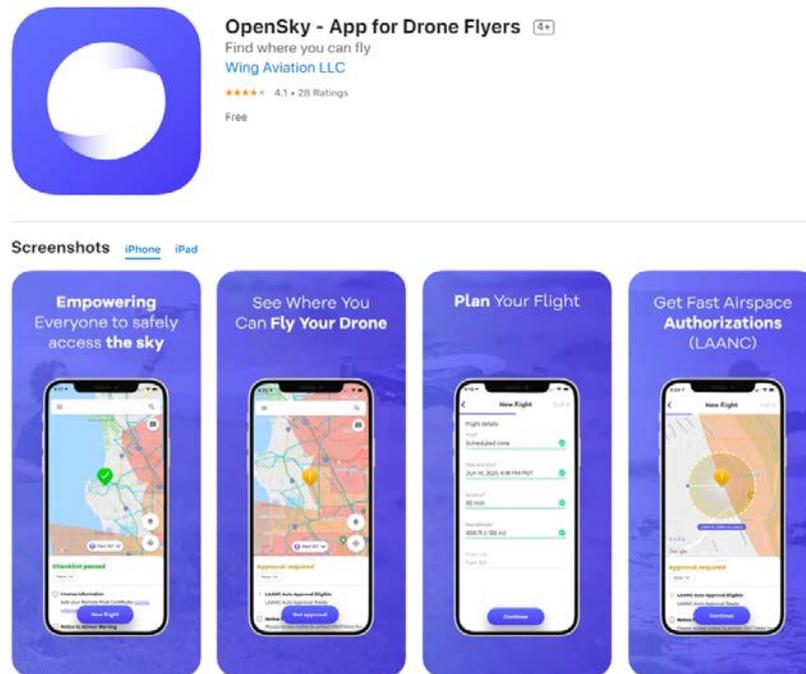
(資料來源：Wing 網站，<https://wing.com/>)

圖 6 Wing 無人機



(資料來源：Apple App Store)

圖 7 Wing 手機應用程式



(資料來源：Apple App Store)

圖 8 Wing OpenSky 手機應用程式

2.UPS Flight Forward

有別於 Wing 係由科技業所投資，傳統物流業者也觀察到無人機物流之發展潛力，UPS 應用自身完整物流與供應鏈專業，規劃在物流運送各階段，整合自動化及電動化之空中及地面載具，提升物流系統效率，並減少運送過程之碳排放。

UPS Flight Forward 為該公司推動無人機物流之子公司，亦為 FAA IPP 計畫參與團隊之一，使用無人機公司 Matternet 之 M2 機型，在北卡羅萊納州與當地醫療服務體系合作，運送藥品、檢體等醫療物品，並於 2019 年成為首家獲得標準 Part 135 航空公司執照之業者。Matternet 公司之 M2 機型，依據 2020 年該公司申請 FAA 適航認證之公開資訊，此機型為四軸多旋翼機型，最大起飛重量約 29 磅(13 公斤)，續航力約 20 公里，酬載 2 公斤，依該公司提供資料，此機型可由單一操作員同時操作最多 20 架無人機。

UPS Flight Forward 推動無人機物流之策略與 Wing 不同，並未自行研發載具，而是與無人機業者合作，依據物流運送階段及環境，使用多種構型及酬載之無人機，除了前述 Matternet 外，針對較長距離運送需求，UPS Flight Forward 與德國無人機公司 Wingcopter 合作，規劃使用該公司開發之電力驅動混合翼 eVTOL 機型，最大起飛重量 25 公斤，包含酬載 5 公斤，受益於混合翼之構型優勢，依據該公司資料，其飛行距離可達 75 公里(酬載 5 公斤時)

及 110 公里(無酬載)。2021 年 4 月 UPS Flight Forward 宣布與新創企業 BETA Technologies 合作，共同研發最大起飛重量達 3.2 噸，酬載達 600 公斤，飛行距離可達 400 公里之大型電力垂直起降飛行載具，UPS 預計使用該機型取代目前用於美國地區機場之小型飛機及卡車，以減少運輸過程之碳排放；此機型之酬載能力，已可視為 UAM 城市空中交通之範疇，除了貨運以外，更具有空中計程車應用之潛力，惟大型自動化載具之驗證及監理機制目前尚在發展中。



(資料來源：AirCargoWeek 網站，UPS，<https://www.aircargoweek.com/ups-flight-forward-carries-out-first-drone-flight/>)

圖 9 UPS Flight Forward 作業情形



(資料來源：UPS 網站，<https://about.ups.com/sg/en/newsroom/press-releases/customer-first/ups-flight-forward-and-wingcopter-to-develop-versatile-new-drone-fleet.html>)

圖 10 UPS Flight Forward 使用 Wingcopter 無人機示意圖



(資料來源：UPS 網站，<https://about.ups.com/tw/zh/newsroom/press-releases/innovation-driven/ups-flight-forward-adds-new-aircraft.html>)

圖 11 UPS Flight Forward 使用 BETA Technologies 無人機示意圖

3.Flytrek

Flytrek 自 2020 年開始，與美國北卡羅萊納州運輸部合作，參與 FAA BEYOND 計畫，該計畫為 FAA 舉辦接續原 IPP 之示範計畫。Flytrek 目前在北卡州三個城鎮提供服務，人口數自 20 萬人至 5 千人不等，提供之服務類型與 Wing 較為接近，消費者可使用手機訂購餐點後，由 Flytrek 無人機運送餐點給消費者。Flytrek 之投遞方式類似 Wing，係將購物籃放置於地面後由消費者拿取，避免人群接近無人機造成危險。該公司提供之公開資訊，其機型 FTX-M600P 為六軸多旋翼機型，最大起飛重量約 34 磅(約 15 公斤)，包括酬載約 3 公斤，航程約 5 英里(約 8 公里)，該機型目前已向 FAA 提出認證申請，尚在審查程序中。



(資料來源：Flytrek 網站，<https://www.flytrex.com/>)

圖 12 Flytrek 作業情形

(二)日本

日本電子商務業者樂天(Rakuten)，自 2016 年起推動一系列無人機物流測試驗證，並與日本郵政(Japan Post)合資成立物流公司(JP Rakuten Logistics, Inc.)，推動無人機物流業務發展。樂天公司應用無人機物流之場域相當多元，自 2016 年起，首先使用無人機於高爾夫球場傳送餐點飲料，2017 年在福島縣示範使用無人機遞送便利商店商品、2019 年於東京灣海灘以無人機遞送餐點，2021 年在三重縣志摩市試辦無人機離島商品配送服務。2021 年則於長野縣海拔約 2900 公尺之白馬岳，進行山屋物資補給作業，以無人機運送蔬果、食材及醫療用品，依該公司提供資訊，使用無人機可將原本人力徒步需 7 小時之路程，縮減至 15 分鐘；此次山屋補給試驗使用之無人機為四軸八槳之多旋翼無人機，可酬載約 7 公斤之貨品。此外，樂天與美國無人機飛航管理系統業者 AirMap 合作，在日本導入 AirMap 之 UTM 服務。



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

圖 13 樂天無人機山屋補給作業情形

(三)非洲

Zipline 為 2014 年創立之美國無人機物流業者，其主要服務場域為非洲地區之醫藥物流運送，截至 2022 年，該公司服務範圍已擴及非洲盧安達、迦納、奈及利亞、象牙海岸等國，2021 年該公司於迦納成功運送新冠肺炎疫苗，由於非洲地區氣候炎熱，加以疫苗運送所需低溫冷鏈技術，使得無人機物流展現其應用價值。2020 年開始，該公司獲得 FAA 許可，在美國北卡羅萊納州於醫療設施之間運送醫療用品；在家戶投遞方面，則於阿肯色州與零

售業者 Walmart 合作，運用無人機遞送商品至終端消費者。

Zipline 之運作模式與載具設計，係因應其主要服務地區非洲之地理環境及使用需求，該公司不僅提供運送服務，亦自建物流倉儲，目前在迦納等地設有倉儲中心；其無人機載具採用定翼機設計，以彈射方式起飛，攔截網方式降落；由於定翼機之特性，其飛行距離可達 80 公里；由於其服務地區較為空曠，其採空投方式遞送貨物。



(資料來源：Zipline 網站，<https://flyzipline.com/>)

圖 14 Zipline 無人機起飛



(資料來源：Zipline 網站，<https://flyzipline.com/>)

圖 15 Zipline 無人機空投貨品

(四)德國

Volocopter 為德國新創企業，為發展無組員(uncrewed)載人空中計程車之先驅廠商之一，其所研發之兩人座空中計程車 VoloCity 目前已在歐洲、新加坡及韓國等地進行公開展示飛行。該公司於 2021 年智慧運輸系統世界大會發表物流無人機 VoloDrone，其構型類似於載人用途之 VoloCity，採用多旋翼電力驅動設計，其分散式動力系統由 18 軸馬達組成，依據該公司提供資訊，VoloDrone 最大起飛重量達 600 公斤，包括最大酬載 200 公斤、飛行距離 40 公里。由於 VoloDrone 屬於大型載具，其使用情境將不同於前述業者提供之家戶運送服務，該公司目前與德鐵物流子公司 DB Schenker 合作規劃使用情境，在 UTM 系統方面，該公司自行開發 VoloIQ 系統，其功能包括機隊派遣管理、飛行追蹤等項目。



(資料來源：Volocopter 網站，<https://www.volocopter.com/>)

圖 16 VoloDrone 於德國漢堡首次公開飛行



(資料來源：Volocopter 網站，<https://www.volocopter.com/>)

圖 17 VoloDrone 於德國漢堡展示作業方式

(五) 中國大陸

物流業者 DHL，於 2019 年在中國大陸展開無人機物流測試，使用中國大陸廠商億航之 Falcon 多軸無人機。其特色係以人口稠密地區 B2C 服務為主，無人機降落於智慧收貨站，由顧客自行取貨，收貨站具備自動化身分辨識、取貨功能。係目前少數於都市地區進行測試，並且具有終端收件識別解決方案之無人機物流案例。



(資料來源：DHL 網站，<https://www.dhl.com/tw-en/home/press/press-archive/2019/dhl-express-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html>)

圖 18 DHL 於中國大陸無人機物流作業情形



(資料來源：DHL 網站，<https://www.dhl.com/tw-en/home/press/press-archive/2019/dhl-express-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html>)

圖 19 DHL 無人機降落收貨站

四、國際無人機物流發展趨勢綜整

(一)服務型態

現階段因無人機酬載及續航性能限制，以最後一哩運送為主，運送標的則以包裹、餐點、電子商務商品及醫療用品等輕量物品為主；服務型態可包括不定期接單送貨(On-Demand)，如 Wing、UPS，或定期運補，如 Zipline。

(二)場域類型

目前無人機物流場域以中小型城鎮為主，因現階段無人機物流需同時考量起降場站、倉儲或商店，以及充電或換電基礎設施等區位，故除 Zipline 以外，多數以郊區為主。未來隨著高酬載長續航無人機之研發，未來無人機物流之運用場域可能更為廣泛。

(三)機種

現階段無人機載具以電力驅動為主流，部分業者已開始發展兼具定翼機及旋翼機構型優點之混合翼機型，將對於多旋翼機型，混合翼型在能耗、酬載方面均具有優勢，可執行更長之航程或酬載更重物品。

(四)投遞方式

貨品投遞方式各家業者均有各自看法，部分業者認為減少起降次數可降低地面人員風險以及起降階段之耗能，故採用吊掛或空投等方式，亦有廠商採用取貨站商方式；未來如需酬載較重貨品，降落後取貨之模式仍待研議。

(五)營運管理

在營運管理規範以及技術標準方面，各國均依據技術與應用之發展趨勢逐步調適演進。現階段國際間無人機物流多數仍處於概念驗證及服務驗證階段；現階段相關管理規範以美國較為成熟，故商業營運案例以美國案例為主。

彙整國際間無人機物流案例如表一所示。

表一 國際無人機物流案例彙整

業者	服務型態	場域類型	機種	運送標的	投遞方式	商業營運/ 概念驗證
Wing	家戶運送	小型城鎮 (人口 5 萬 人以下)	混合翼 電力垂 直起降	食品、藥 品、雜貨	空中吊掛 不降落	商業營運
UPS Flight Forward	家戶運送	小型城鎮 (人口 5 萬 人以下)	多旋 翼、混 合翼	醫藥用品、 檢體、疫苗 等	降落後取 貨	商業營運
Flytrek	家戶運送	中小型城 鎮(人口 20 萬人以 下)	多旋翼	醫藥用品、 檢體、疫苗 等	空中吊掛 不降落	概念驗證
樂天	高山運補	高山山屋	多旋翼	食材、醫療 用品	降落後取 貨	概念驗證
Zipline	偏鄉運送	偏遠地區	定翼	醫藥用品、 檢體、疫苗 等	空中投送 不降落	商業營運
Volocopter	物流端點	城際運 輸、機場 間運輸	多軸	不限	降落後取 貨	概念驗證
DHL+億 航	集中收貨 站	城市地區	多軸	一般商品	集中收貨 站	概念驗證

資料來源：本研究整理。

五、結論與建議

(一)結論

經彙整國際無人機物流發展趨勢可知，現階段無人機物流之發展模式，深受載具及相關系統之性能影響，且各國尚未建立成熟之商業模式。檢視我國特性，鐵公路系統雖十分完善，惟仍有部分偏鄉及離島地區運輸服務水準較為不足，且我國天然災害頻仍，部分山區如遇災害將有聯外交通中斷風險，故考量我國空間特性，似可應用無人機於偏鄉物流及緊急物資運補之情境；同時，亦應扶植國內自主高酬載長續航之無人機系統研發，以因應我國使用需求，並提升產業量能。以下提出相關建議。

(二)建議

1.推動無人機載具系統研發及基礎設施規劃

無人機載具為無人機物流之關鍵，目前國際趨勢為發展高酬載、長續航之無人機，掌握前述關鍵技術，不僅可用於無人機物流，未來更可銜接空中計程車等城市空中交通(UAM)應用相關技術發展。此外，因無人機物流屬於視距外飛行活動，考量未來規模化、常態化之營運需求，具有無人機追蹤識別、機隊管理等功能之無人機飛航管理系統(UTM)，以及相關起降、充換電基礎設施規劃亦相當重要。因此，建議國內經濟部等部會，可結合產業界及相關法人、學術單位之資源，聚焦於高酬載、長續航無人機及相關系統研發。

2.辦理偏鄉無人機物流測試驗證

參考國際案例，偏鄉物資運送為無人機物流應用場域之一，國內交通部曾於嘉義縣阿里山鄉、臺南市左鎮區等地試辦以無人機運送毒蛇血清及包裹等物資，本所 110 年無人機整合示範計畫亦試辦以無人機進行屏東東港至小琉球包裹運送任務。建議未來持續擇定適當場域，辦理偏鄉無人機物流測試驗證，不僅可透過實際執行累積經驗，規劃營運模式，亦可提供國內研發之無人機載具進行性能測試驗證。

3.因應國際發展趨勢逐步調和管理方式

無人機科技進步快速，國際間亦配合發展趨勢，逐步發展建立相關規範；我國民用航空法已訂有無人機專章及遙控無人機管理規則等法規做為準據，建議可持續追蹤國際間無人機技術及應用發展動態，並考量我國特性及實際需求，逐步調和發展無人機物流相關管理方式。

4.研議符合我國需求之無人機物流發展模式

我國都市地區人口稠密，公路系統發達，一般平地及都會地區無人機物流之需求較低，故未來潛在無人機物流應用場域可能為災害發生時、災後之緊急物資運補，以及偏鄉、離島物資運送，此類運送需求之特性為不定時、不定量，對民間業者而言商業可行性較低；故有待公部門考量公益性整體規劃，建議可由中央與地方政府合作，考量地方特性、需求與民眾接受度，研議可行之營運模式。

參考文獻

1. 民用航空法，交通部，民國 107 年。
2. 遙控無人機管理規則，交通部民用航空局，民國 110 年。
3. 民航通告 AC107-006C「遙控無人機作業手冊」，交通部民用航空局，民國 111 年 2 月。
4. 推動我國無人機科技產業發展先期研究規劃，交通部運輸研究所，民國 111 年 3 月。
5. 無人機物流如何商業化?，中華經濟研究院，民國 109 年 5 月。
6. Urban Air Mobility (UAM) Market Study，NASA，2018
7. Atsushi Oosedo et al., “Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM): Simulation of Drone Delivery Models in 2030 Japan”, 2021。
8. “Rakuten Drone”, <https://drone.rakuten.co.jp/en/>, 2021
9. “Package Delivery by Drone (Part 135)”,
https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/package_delivery_drone/, 2021
10. “Certification for Advanced Operations Unmanned Aircraft Systems (UAS)”,
https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/certification/criteria_special_classes/, 2021