

無人機於交通管理之機會與挑戰

楊漢鵬¹

摘要

無人機的應用有多廣？民間企業如亞馬遜(Amazon)、聯邦快遞(FedEX)等已相繼投入無人機空運；而在新聞領域，無人機也可以及時蒐集現場畫面，幫助災難、戰區的及時報導。甚至無人機還可應用在農業監控，防止自然災害、蒐集收成數據，或是進行山區搜救任務等等，凡此，皆可預見無人機未來在各個領域勢必佔有一席之地。在警政工作上，除了 2016 年東京警視廳開始動用特製空拍機監控東京馬拉松活動現場，以防恐怖攻擊之外。2015 年馬來西亞警方則是利用無人機監視集會活動。而本文試圖聚焦無人機在違規執法、事故處理與交通監控等應用，期盼對於交通管理工作之推行能有所助益。

關鍵字：無人機、違規執法、事故處理與交通監控

一、前言

無人機的應用有多廣？民間企業如亞馬遜(Amazon)、聯邦快遞(FedEX)等已相繼投入無人機空運；而在新聞領域，無人機也可以及時蒐集現場畫面，幫助災難、戰區的及時報導。甚至無人機還可應用在農業監控，防止自然災害、蒐集收成數據，或是進行山區搜救任務等等，凡此，皆可預見無人機未來在各個領域勢必佔有一席之地。而在警政工作上，除了 2016 年東京警視廳開始動用特製空拍機監控東京馬拉松活動現場，以防恐怖攻擊之外；2015 年馬來西亞警方則是利用無人機監視集會活動。而本文則試圖聚焦無人機在違規執法、事故處理與交通監控等應用，期盼對於交通管理工作之推行能有所助益。

二、何謂無人機

2.1 定義與分類

無人機的正式名稱為無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)，依據美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)所制定的「小型無人機操作和認證規則」(Operation and Certification of Small Unmanned Aircraft Systems)，無人機的定義是「不需要人類從內部直接介入的飛行

¹警政署交通組警務正；連絡電話：0960618510;02-23578559，E-mail：leon50258@npa.gov.tw

器……包括模型飛機、繫留氣球、業餘級火箭等等。」²而我國經濟部的定義是「一款具備動力系統但不搭載操作人員的航空載具，利用空氣動力提供升力，可自主飛行，或被遠端控制飛行；可以是一次性消耗品，或回收重複使用；可攜帶致命酬載，或非致命酬載；而彈道或半彈道飛彈，巡弋飛彈，或砲彈都不被認為是無人飛機。上述定義也排除無人飛行船或飛行艇。」³簡而言之，FAA 係採廣義解釋，無論飛機大小甚至是氣球，只要它不需要人類直接從內部介入，就能操作，即屬無人機的範疇。而我國經濟部則採狹義解釋，本文亦採用之。而近年來使用於非軍事用途的無人飛行載具主要可分為定翼型、單旋翼型與多旋翼型：⁴

2.1.1 定翼型

定翼型無人機的優勢在於航程長、抗風能力強、酬載能力高，因此適合用於長距離越野拍攝。使用限制是需要跑道進行起降，若無適當的跑道則需由較遠的地方飛進目標區後始可進行航拍任務。

2.1.2 單旋翼型

單旋翼型無人機具備有自主停懸、速率控制及導航飛行的功能。其優點在於不需要起降跑道，在使用上較為靈活。

2.1.2 多旋翼型

多旋翼型無人機係由多個旋翼動力組所組成的飛行器，亦具有垂直起降的功能，適用於短距離的監控任務。

2.2 無人機於各領域之發展與運用

近年來無人機發展迅速，許多企業已陸續開發出各類型的產品，並開始廣泛運用在農業、物流、環境監測、防災搜救…等領域。

2.2.1 農業發展

高雄市政府農業局即首創無人飛機高空噴藥與施肥，每小時可噴 3.5 公頃，比噴藥車快 2 至 3 倍，農民只需遠端監控，大幅節省人力成本。此外，

²Federal Register, 〈Operation and Certification of Small Unmanned Aircraft Systems〉, <https://www.federalregister.gov/documents/2016/06/28/2016-15079/operation-and-certification-of-small-unmanned-aircraft-systems#h-33>。

³經濟部航空產業發展推動小組, 〈國內 UAS 發展現況簡介〉, 2013 年台北國際航太暨國防工業展覽無人飛機系統應用研討會會議資料。

⁴內政部國土測繪中心, 無人飛行載具系統介紹, 擷取日期: 2017 年 7 月 1 日, 網站: https://www.nlsc.gov.tw/UAS/2-1_UASintroduce.html。

無人機亦能肩負灌溉農田、監控農作物生長、收集產量等數據。⁵

2.2.2 貨物運輸

日本在 2015 年 9 月首次進行無人機運送貨物和藥物的試飛測試，來回飛行合共 20 公里，創下日本國內最遠的無人機送貨紀錄。及後日本企業亦相繼跨足無人機貨運領域，例如樂天 (Rakuten) 於 2016 年 5 月便推出無人機送貨服務「Sora Raku」。⁶因此可以想見無人機未來將會遍及偏遠山區、島嶼與農村等陸上交通不便之處。

2.2.3 環境監測

警政署保安警察第七總隊第三大隊即曾利用無人機於彰化、雲林及嘉義等地，以普遍性雷達掃描，執行空中偵查作業，揪出違法行為，發現 13 處棄置情形，並即時通報防疫單位進行採證、清除、消毒作業。⁷此外，利用無人機的高性能攝影機，還能 24 小時遠端監控山林是否出現異常現象，包括山林大火、嚴重病蟲害、林木盜伐、動物遷移等。

2.2.4 防災搜救

2011 年東日本大地震發生時，新宿政府未能向群眾發布有效的疏散指示，既無法全面掌握災情，又因網路中斷而不能分享資訊，日本政府於是在 2017 年著手測試裝配航拍相機和擴音器的無人機，以引導地面民眾到達避難區，並確保外界可以掌握最新最快的資訊。⁸

綜上所述，可知無人機大致具備低成本、高機動性及視角廣等 3 個優勢，故除了以上目前已知應用的領域之外，未來在交通管理的運用，則主要有以下 3 個趨勢：違規執法、事故處理與交通監控。

三、無人機於交通管理之應用

3.1 違規執法

現行交通違規之執法，主要係依賴員警執勤與固定式科學儀器(如測速、闖紅燈照相等)，但因視角不足及缺乏機動性，故如任意變換車道、危險駕

5 〈每項月省 7 萬 無人飛機試噴農藥〉，《自由時報電子報》，2016 年 9 月 13 日，
<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1031764>。

6 〈日本海陸空無人機物流方案大公開！〉，《Drones Player》，
<https://www.dronesplayer.com/48099/>。

7 〈環保署無人飛機的防疫監視系統，讓亂丟死禽的人無所遁形〉，《保安警察第七總隊第三大隊》，<http://www.7spc.gov.tw/btln3/index.php?catid=51&cid=1&id=465&action=view>。

⁸ 〈新宿鬧市試飛無人機 為日後地震時資訊流通作好準備〉，《Drones Player》，
<https://www.dronesplayer.com/55740/>。

車等動態違規，仍有執法不足之處，現在透過無人機，可在不受路況及人力條件下，掃除執法死角。目前應用無人機違規執法的國家以中國為主，其各警察機關已相繼著手利用無人機管理交通，成立無人機執法分隊或中隊，建置立體勤務網絡，取締任意變換車道、違規超車、不依規定車道行駛以及占用路肩等違規行為。⁹以四川省為例，其道路上雖然有許多監視鏡頭，但因視角不可能全部覆蓋，是以許多違規無法即時取締，駕駛人也容易存在僥倖心理，認為沒有監視鏡頭就有違規的機會，尤其是在假日期間的车流量高峰期，違規車輛相對於平時要高出很多，但因警力有限，對於道路違規亦力有未逮。但在2016年的中秋連假，四川省交通警察在成自瀘和成綿廣高速公路，於交通尖峰時期運用無人機執行空中巡邏，取締占用路肩等違規車輛，並對執法過程進行全程直播。參與飛行的有6旋翼和4旋翼無人機。6旋翼能飛40分鐘，覆蓋半徑10—15公里，可在40分鐘內往返30公里，其職責是監控即時路況，了解路面實際情況，為交通管制措施提供第一手資料；4旋翼能飛50分鐘，覆蓋半徑7—8公里的範圍，其職責是違規蒐證，針對不依標誌標線行使、任意變道車道、占用路肩等違法行為，僅半天即取締90餘件交通違規。¹⁰

3.2 事故處理

現行各警察機關處理道路交通事故，大多由員警於現場測量相關數據並繪製交通事故現場草圖後，事後再以電腦軟體製作正式事故現場圖，然而員警可能因個人認知或因疏漏重要道路設施等因素，於繪製事故現場圖時產生誤差，倘繪製的道路現場圖有重大缺失，甚至可能影響後續的道路交通事故肇因分析，進而影響到民眾的權益。

而拜近年無人機空中攝影應用越來越廣所賜，將無人機應用於交通事故重建，不僅能以頂視的方式作為視角，亦可以藉由各種角度的切換以及遠近的調整來查看該現場的各種視角，這不僅能夠使現場處理人員的蒐證疏漏降低，亦能夠降低人為誤差，尤其是當時的蒐證誤差往往很難事後去彌補，而當以無人機全面多角度的環繞拍攝下，便大幅度下降事後補蒐證的需要性。¹¹此外，以無人機進行現場拍攝，可以使員警在測繪過程中所曝露的二次事故風險性降低，更進一步提供員警更安全、友善的工作環境。¹²

而臺中市政府警察局即曾研究運用無人機輔助處理交通事故之優勢主要有：¹³

3.2.1 空拍圖畫素較 Google 衛星相片高

⁹〈無人機新用途 抓春運交通違規〉，《中時電子報》，<http://www.chinatimes.com/newspapers/20170122000664-260309>。

¹⁰〈「空中警察」對車輛違章零容忍〉，《每日頭條 <https://kknews.cc/society/2kmej.html>》

¹¹周文生、楊典璋，〈多軸飛行器應用於道路交通事故重建之研究〉，《105年道路交通安全與執法研討會》，2016年9月29日，頁150。

¹²同上註，頁151。

¹³蘇梓見、盧勇誌、董玉明、顏志明，〈多軸飛行器輔助交通事故處理運用-以臺中市為例〉，《交通學報第16卷第1期》，2016年5月，頁91。

根據空拍圖與 Google 衛星相片比較，空拍圖畫素明顯高於 Google 衛星相片，繪製事故現場圖員警可以更輕易地從照片中按圖索驥的繪製出相符合之事故現場圖。且因空照圖畫面清晰，在道路標線上少有模糊，能清楚辨識散落物以及煞車痕等地面跡證。

3.2.2 空拍圖較能忠實呈現道路曲度以及比例

與傳統事故現場圖相比，在不對稱路口或是彎道路段，利用空照圖繪製的事故現場圖更能忠實呈現道路曲度以及比例，同時也提供更強的依據力，可直接用於距離推算，減少人力物力同時對於當事人日後鑑定或訴訟時減少因事故現場圖誤差所產生的爭議，有利於釐清肇事責任。

3.2.3 無人機蒐證不受地形空間限制

交通事故處理程序蒐證調查步驟包含現場勘察、現場測繪、現場攝影等，均可以使用空拍機輔助，例如事故現場範圍寬廣、事故現場環境有高低差、有車輛墜崖事故現場勘察、攝影使用空拍機均會較傳統方式有優勢。

3.2.4 節省時間成本

使用空拍相片描繪產製路口範本時間約可節省 30-120 分(平均 75 分)，能有效減少 45% 的時間成本，節省的時間成本相當可觀。

3.3 交通監控

近年由於使用道路的車輛不斷增加，迫使世界各國無不尋求更有效的方式來減少交通壅塞問題。而改善交通的關鍵是獲得即時的道路交通流量和事故等資訊，並將此資訊傳遞給適當的決策者。因此不受地形限制且配備攝影機或其他感知器的無人機是現行的最佳選擇¹⁴。使用無人機監測和分析交通流量具有許多優點，除了機動性高及成本遠較人工低之外；其可以一次分析數個交通流量，以及它們互相產生的影響；而透過無人機的鏡頭，亦可以獲取我們在平地所無法取得的交通觀測資料，例如偵測司機不當的駕駛行為及其成因。¹⁵以下將介紹目前各國使用無人機協助交通監控之實例。

3.3.1 美國之空中交通監控系統

在美國，佛羅里達交通部(The Florida Department of Transportation, FDOT)已經資助並完成了名為空中交通監控系統(Airborne Traffic Surveillance Systems, ATSS)的研究，該計劃利用無人機於佛羅里達州的主要高速公路，

¹⁴PB Farradyne, "Use of Unmanned Aerial Vehicles in Traffic Surveillance and Traffic Management", *Technical Memorandum*, 2005, pp.1。

¹⁵René Lund Hansen, "TRAFFIC MONITORING using UAV Technology", *The American Surveyor*, 2016, pp.2。

進行影像監控和數據蒐集，並預先進行數據處理，將有用的數據傳回地面的微波塔，再運用微波塔系統將資料傳輸到交通管理中心(TMC, Traffic Management Center)¹⁶。相較傳統的載人機具或地面觀測設備，以低營運成本提供持續且即時的信息，實現了遙控感知技術與智慧交通系統 (ITS, Intelligent Transportation System) 概念的整合。¹⁷

3.3.2 丹麥之交通流量觀測¹⁸

而在丹麥，蘭德斯市的市中心長期飽受交通擁塞之苦，為了評估合適的解決方案，市政府需要徹底分析擁塞程度以及導致擁塞的原因。於是其在2015年6月挑選上午和下午的交通尖峰期段，在保持必要的安全距離以及能夠全程觀察車流量的條件下，利用無人機進行不間斷的紀錄。

經過資料的蒐集及分析後，其研究結果顯示各個不同的條件交乘之下造成圓環的交通擁塞，而圓環的交通擁塞使得湧入圓環的車流更加壅塞，從而導致整個城市的交通癱瘓。其並將通過圓環的車輛數與圓環所能承載的車容量做比較，以顯示該處擁塞的程度。

四、無人機之隱憂

有關上述無人機在違規執法、事故處理及交通監控等領域的運用，顯見其協助交通管理有其優勢，惟目前最大的問題在於法制面。目前各國都開始意識到無人機的興起與其可能引發的社會議題，紛紛開始訂定相關的管理規定。例如美國聯邦航空總署只准許無人機在某些無人居住區試飛，而使用商用無人機需要有飛行證照，也有飛行高度的限制。而日本則是就小型無人機制定法案，以日本《航空法》現行法律規定重要設施的禁飛區，以及飛行的時間限制。在泰國則早在航空運輸條例中，就已明文規定無人機每次飛行不得超過1小時，飛行高度不低於15公尺及不超過150公尺。¹⁹反觀台灣目前有關無人機的法令付之闕如，民用航空法草案新增之「遙控無人機」專章迄今也未達成共識，因此在無相關法令規定下，僅能就現行法令從寬規範無人機之使用，如機場周邊適用民用航空法、軍事基地適用要塞堡壘法、鐵路沿線則適用鐵路法等。而除了管理規定未臻完善外，目前運用無人機協助交通管理，尚存有以下隱憂。

4.1 安全性與比例原則

¹⁶PB Farradyne, op.cit. ,p.3。

¹⁷Krueger, L B, 〈AIRBORNE TRAFFIC SURVEILLANCE SYSTEMS PROOF OF CONCEPT STUDY A LEADING EDGE TRAFFIC SURVEILLANCE SUCCESS〉, 《The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine》<https://trid.trb.org/view.aspx?id=704183>。

¹⁸René Lund Hansen, op.cit. ,p.2。

¹⁹LEETTLEPON, 〈無人機的飛安與隱私〉, 2015年7月22日, <https://vmaker.tw/archives/4764>。

造成無人機意外事故的主要原因包括天候(如強風、雷擊)、設備故障(如通訊不良)及人為失誤(如未事先檢查電瓶導致電量不足)等，更有甚者，無人機在無線電控制訊號和 GPS 模組存有重要安全漏洞，可能導致無人機遭駭客任意操控²⁰。凡此，皆有可能引發無人機直接墜落或遭有心人士非法使用，造成民眾生命、財產損失。進而導致操作之員警除了要面對刑事責任、民事賠償及行政懲處外，使用機關更需要處理後續輿論撻伐及政治人物之抨擊。是以，運用無人機協助交通管理時，如其安全性無法確保，則其所造成之損害，是否違反行政程序法第 7 條第 3 款所規定「採取之方法所造成之損害不得與欲達成目的之利益顯失均衡」，則不無疑慮。

4.2 侵犯隱私之可能

參照最高法院 101 年度台上字第 6343 號判決，刑法第 315 條之 1 第 2 款妨害秘密罪之立法目的，係對於無故竊錄他人非公開活動、言論、談話或身體隱私部位之行為，予以限制，以保障人民秘密通訊自由及隱私權。惟為兼顧基於正當理由而有拍攝、錄影他人活動、言論、談話或身體隱私部位之必要，俾免刑罰過苛，而妨礙正當偵查作為或其他社會公共利益，乃於其構成要件中明列「無故」之限制要件，以調劑法益衝突。而上述法條所稱「非公開之活動」，係指活動者主觀上具有隱密進行其活動而不欲公開之期待或意願，且在客觀上已利用相當環境或採取適當設備，足資確保其活動之隱密性者而言。²¹

因此，以無人機蒐集資料時，如拍攝到有隱私期待之活動(如在房間內換衣服時遭無人機在窗戶外拍攝)，則難謂得以阻卻「無故」之構成要件，仍有違反刑法第 315 條之 1 規定之虞。

4.3 舉發交通違規之適法性

觀諸逕行舉發之立法旨意，立法者係考量舉發違反道路交通管理處罰條例之行為性質，藉由列舉規定限定得採逕行舉發之情形，以避免濫為逕行舉發，並規避當場攔截製單舉發，滋生不必要之爭議。換言之，交通勤務警察或依法執行交通稽查任務之人員，若發現汽車駕駛人涉有交通違規情事時，原則上須當場攔截而製單舉發，此除可立即向汽車駕駛人告明其所涉之交通違規情事外，亦可令其有當場陳述意見之機會，並使交通稽查人員所為之誤判可即時獲得補救。²²

若員警採當場攔停舉發交通違規，並以無人機之採證資料作為佐證，則並無疑義。惟若要以無人機逕行舉發為之，則除了無人機是否為「固定式」

²⁰ 余至浩，〈趨勢科技研究員揭民用無人機兩大安全漏洞〉，2017 年 3 月 15 日，<http://www.ithome.com.tw/news/112767>。

²¹ 最高法院刑事判決 101 年度台上字第 6343 號，頁 2。

²² 陳俊宏，〈交通違規舉發方式相關爭議之探討〉，《102 年道路交通安全與執法研討會》，2013 年 9 月 26 日，頁 74。

之科學儀器尚有爭議之外，尚須符合道路交通管理處罰條例第 7 條之 2 所規定當場不能或不宜攔截製單舉發之前提，亦必須是同條例第 7 條之 2 第 1 項及第 2 項所列舉之違規行為，方符合正當法律程序。故依照現行法令，以無人機逕行舉發交通違規之適法性仍有爭議。

五、結論與建議

綜上所述，伴隨飛行動力、攝影鏡頭、無線遙控等技術的提升，無人機滿足了人類在地面上所無法達成的需求，其在交通管理之運用勢必將成為未來的趨勢。然而在科技高度發展下，相關法令規範仍原地踏步，在未禁止就是可以使用的概念下，進而衍生出上述危安隱憂，無論是無人機的飛行與操作安全要如何確保、人民隱私是否能避免遭受侵犯，甚至執法的正當性等等，皆是無可迴避之問題，以致現行運用無人機協助交通管理仍有很大的疑慮。

故在此就無人機之硬體(飛行安全)及軟體(相關法令)部分提出以下建議，以期無人機未來能更妥適的運用在交通工作上。

5.1 硬體部分-確保飛行萬全

如前所述，一旦無人機飛入敏感地區或從空中摔落，後果將不堪設想。因此，未來運用無人機的先決條件，必須包括：

5.1.1 自我設限：

對於如機場、軍事基地等飛安敏感地區，或飯店、住宅區等有侵犯人民隱私之虞區域，無人機應自我設限，禁止進入或經允許方得進入。

5.1.2 緊急迫降：

如果失去動力或重要零件故障，無人機必須能夠利用降落傘或其他方式安全降落。

5.1.3 資安保護：

為嚴防駭客遠端入侵操作，應加強通訊遙控之保密技術。

5.2 軟體部分-訂定相關法令

5.2.1 管理面：

未來可參考歐洲航空安全局 (European Aviation Safety Agency,EASA)之建議，將無人機的管理，依據性能和風險區分成開放類 (低風險)、特定類 (中等風險)以及審定類 (高風險)等 3 種類型加以管理。

5.2.2 執法面：

如欲將無人機納入執法範疇，應明確賦予以無人機舉發交通違規之法源依據，例如界定無人機依據道路交通管理處罰條例第7條之2逕行舉發之適法性。

參考文獻

- 內政部國土測繪中心，無人飛行載具系統介紹，擷取日期：2017年7月1日，網站：https://www.nlsc.gov.tw/UAS/2-1_UASintroduce.html。
- 中時電子報，〈無人機新用途 抓春運交通違規〉，《中時電子報》，<http://www.chinatimes.com/newspapers/20170122000664-260309>。
- 周文生、楊典璋，2016年9月29日，〈多軸飛行器應用於道路交通事故重建之研究〉，《105年道路交通安全與執法研討會》，頁150-151。
- 自由時報電子報，2016年9月13日〈每項月省7萬 無人飛機試噴農藥〉，《自由時報電子報》，<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1031764>。
- 林惟崧，2015年7月27日，〈預防「空中車禍」NASA、Google 聯手開發無人機交管系統〉，<http://www.storm.mg/article/58828>。
- 保安警察第七總隊第三大隊，〈環保署無人飛機的防疫監視系統，讓亂丟死禽的人無所遁形〉，《保安警察第七總隊第三大隊》，<http://www.7spc.gov.tw/btln3/index.php?catid=51&cid=1&id=465&action=view>。
- 每日頭條，〈「空中警察」對車輛違章零容忍〉，《每日頭條》，<https://kknews.cc/society/2kmej.html>。
- 余至浩，2017年3月15日，〈趨勢科技研究員揭民用無人機兩大安全漏洞〉，<http://www.ithome.com.tw/news/112767>。
- 陳俊宏，2013年9月26日，〈交通違規舉發方式相關爭議之探討〉，《102年道路交通安全與執法研討會》，頁74。
- 最高法院刑事判決 101 年度台上字第 6343 號。
- 蘇梓見、盧勇誌、董玉明、顏志明，2016年5月，〈多軸飛行器輔助交通事故處理運用-以臺中市為例〉，《交通學報第16卷第1期》，頁91。
- 經濟部航空產業發展推動小組，〈國內 UAS 發展現況簡介〉，《2013 年台北國際航太暨國防工業展覽無人飛機系統應用研討會會議資料》。
- Drones Player，〈新宿鬧市試飛無人機 為日後地震時資訊流通作好準備〉，《Drones Player》，<https://www.dronesplayer.com/55740/>。

- Drones Player , 〈日本海陸空無人機物流方案大公開！〉 , 《Drones Player》 ,
<https://www.dronesplayer.com/48099/> 。
- leettlepon , 〈無人機的飛安與隱私〉 , 2015 年 7 月 22 日 ,
<https://vmaker.tw/archives/4764> 。
- Federal Register , 〈Operation and Certification of Small Unmanned Aircraft
Systems〉 ,
<https://www.federalregister.gov/documents/2016/06/28/2016-15079/operation-and-certification-of-small-unmanned-aircraft-systems#h-33> 。
- Krueger, L B , 〈AIRBORNE TRAFFIC SURVEILLANCE SYSTEMS PROOF
OF CONCEPT STUDY A LEADING EDGE TRAFFIC SURVEILLANCE
SUCCESS〉 , 《The National Academies of Sciences, Engineering, and
Medicine》 , <https://trid.trb.org/view.aspx?id=704183> 。
- PB Farradyne , 2005 , “Use of Unmanned Aerial Vehicles in Traffic Surveillance
and Traffic Management” , Technical Memorandum , pp.1-3 。
- René Lund Hansen , 2016 , “ TRAFFIC MONITORING using UAV
Technology” , The American Surveyor , pp.2 。