

多軸飛行器輔助交通事故處理運用-以臺中市為例

Assist To Traffic Accidents Investigation By Using Drone - Taking Taichung City As Examples

蘇梓見 Thu-Chien Su¹
盧勇誌 Yung Chih Lu²
董玉明 Yu-Ming Tung³
顏志明 Chih-Ming Yen⁴

摘要

在交通事故處理流程中事故現場圖為不可或缺的一環，事故現場圖能否忠實反映現場情形影響後續分析的準確性，過去事故現場圖受限於繪製人員的經驗、能力的不同，造成事故現場圖品質參差不齊，本研究欲使用多軸飛行器改善事故現場圖品質。目前多軸飛行器應用層面廣泛，國內卻不曾將其運用至交通事故處理中，本研究以臺中市為例，挑選臺中市數個事故率較高或事故現場圖繪製不易的不對稱路口進行現場會勘，運用多軸飛行器進行空照並加以繪製成事故現場圖，並與傳統事故現場圖進行比較，從結果可發現運用四軸飛行器所協助完成的事故現場圖較為精準，據此作為現場圖範本，除可提升資料的正確性外，亦節省處理人員重複繪製路口（段）的時間。

關鍵字：多軸飛行器、事故現場圖、交通事故處理

Abstract

This pilot study is aimed to accurately make crash scene maps for investigation as the conventional way of presenting accidents scene maps is insufficient in terms of its accuracy, particularly at irregular locations. The drone, a multi-rotor, is introduced to better improve this solution. The sample location is targeted at the highest accident rate spot in Taichung City and in comparison of that of the conventional way. The finding is significant in accuracy and authenticity as the drone is implemented.

Keywords: Drone, Crash scene diagram, Traffic accident investigation

-
- 1 臺中市政府警察局交通警察大隊組長（聯絡地址：40758 臺中市西屯區大隆路 192 號，電話：04-23274275，E-mail：561192@gmail.com）。
 - 2 臺中市政府警察局交通警察大隊大隊長。
 - 3 逢甲大學運輸科技與管理學系研究所碩士。
 - 4 臺中市政府警察局交通警察大隊大甲分隊長

一、緒論

1.1 研究動機與背景

在交通事故處理過程中，是否能取得正確的現場資料，影響著日後肇事重建與分析真實性，若原始資料失真在參數推論時可能出現不切實際的結果，然而肇事重建是耗時且繁瑣的工作(Kost and Werner, 1994)，尤其在繪製事故現場圖，常因蒐證員警經驗與技巧等主觀因素之差異而產生事故現場圖品質參差（陳焜祥、林志勇、許峻嘉，2004）。

臺中市自 2010 年合併升格為直轄市，成為為臺灣面積第二、人口數第三大都市。升格後地形涵蓋範圍擴及中央山脈與宜蘭、花蓮相連，也因此增加許多複雜且不易繪製的路口，而事故件數也隨著面積擴大而從每年八萬件提升至九萬件，因此提升交通事故處理之效率與品質更顯重要。

目前交通事故處理的現場蒐證流程包含現場勘查、現場攝影、現場測繪、跡證採集、調查訪問等步驟，其中事故現場圖繪製為事故重建的第一步，在交叉路口或非直線路口更顯重要。

目前臺中市政府警察局事故現場圖繪製作法，部分由員警至事故現場後重新描繪事故現場，事後再以電腦軟體製作事故現場圖，部分是以預先建立的事故現場圖範本加以修改繪製，然而預先建立的事故現場圖範本常因為現場標誌標線變更或是道路拓寬等工程因素而失真，亦或繪製事故現場圖範本的員警自始即疏漏重要道路設施或對路型描繪失當而產生爭議。

員警在處理事故時，必須盡快蒐證並將狀況排除以減少對周邊交通所造成的衝擊，同時必須提升現場圖精確度，才能真正提升事故處理品質、並對後續肇事原因分析及肇事重建有幫助，事故現場圖越能符合現場實際情況對後續肇事原因分析越有助益。

1.2 研究目的

面對事故現場，處理員警常以直角座標法定位並測量距離，同時須留意各項現場跡證，礙於視線因素，員警常常遇到蒐證不易的情形，將三維空間轉換成事故現場圖的過程中亦經常因個人對於空間感知能力較差而造成事故現場圖失真。空拍輔助繪製事故現場圖可協助處理員警在繪製事故現場圖以及蒐證時更精準地刻劃出事故現場的輪廓。

多軸飛行器技術日趨成熟，使用多軸飛行器進行空照輔助交通事故處理為可行方案之一，過去 Clothier 等人 (Clothier, *et al*, 2007)便以多軸飛行器進行風險評估，國內也曾以多軸飛行器進行森林資源調查與環境監測，原因在於多軸飛行器

相較於一般直升機，不僅更容易控制，也有良好的滯空盤旋能力（謝宗賢，2013），因此多軸飛行器逐漸被廣泛運用於各個領域。

本研究希望能將多軸飛行器導入臺中市交通事故處理工作，透過多軸飛行器裝置空拍設備，由俯視的角度進行事故現場圖繪製及蒐證工作，以改善平面目視的缺失，以提升交通事故處理品質。

1.3 研究範圍與限制

1.3.1 研究範圍

本研究調閱及篩選臺中市政府警察局交通警察大隊交通事故現場圖資料，選定臺中市數個複雜路口進行研究，以多軸飛行器進行資料蒐集，接著利用蒐集而來的資料與傳統資料做比較，並提供改善交通事故處理之方案。

1.3.2 研究限制

本研究針對臺中市區部分路口，未考慮外縣市以及臺中市內未納入研究之路口，對於未研究之部分無法確定是否同要適用此模式。此外目前多軸飛行器大多以無刷馬達為動力，具有靜音、加速快、平穩等特點，惟仍必須考慮天候影響（如：風速太強、雨天、夜間、環境溫度）。

另外多軸飛行必須遵守民用航空法內空域管制（管制區域、管制地帶、限航區、危險區與禁航區）目前飛行高度限制是 120 公尺，一般在機場、航道、營區週邊都必須特別留意空域管制規定，如遇障礙物遮蔽視線或無線電訊號中斷而有造成墜機之可能。

1.4 研究流程

本研究之研究流程如圖 1 所示。首先確立研究主題與動機，接著提出所需討論之問題並透過文獻分析與探討，提出調查路口，依據所提出的路口進一步會勘，接著利用多軸飛行器進行資料蒐集，並與過去資料交叉比對，最後提出具體的結論與建議。

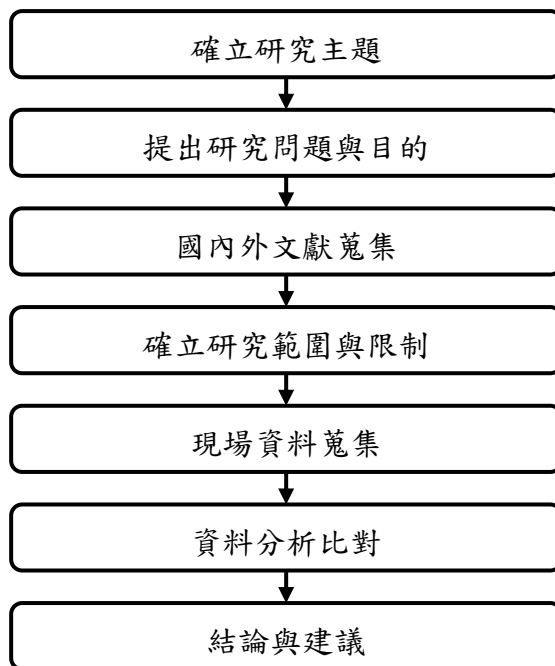


圖 1 研究流程圖

二、文獻回顧

2.1 交通事故處理與蒐證

肇事重建被定義為透過各種跡證按圖索驥地推測肇事過程的技術，在事發後是否能追溯事發經過關鍵在於現場蒐證為求精確，在蒐證過程中常常利用攝影的方式進行紀錄煞車痕與車損等跡證，利用攝影的好處在於可協助鑑定人員隨時檢視現場，也降低了現場蒐證時所遺漏的可能性 (Davis, 2003)。依據道路交通事故處理規範，蒐證人員必須留意的包含煞車痕、刮地痕、擦地痕、輪胎印痕、油跡、血跡、水跡、散落物...等跡證並加以記錄，透過以上跡證得以了解事故撞擊車速、撞擊點等重要事故訊息，對於釐清案情有相當的幫助 (陳永銓，2007)。

2.2 事故現場圖

蒐集現場跡證後，處理人員會將其呈現於事故現場圖，事故現場圖主要目的在於記錄肇事現場各跡證的位置及距離，並以簡明的平面圖顯示，以作為事後瞭解現場概況及分析肇事原因，判定肇事責任之重要依據，未來鑑定人員可憑藉事故現場圖了解現場情形。過去事故現場圖需透過紙筆繪製不僅繪製不方便、不利儲存、複製、整體比例也易有誤差，且容易忽略細節 (林志勇、林志浩，2006)。

吳漢雄 (2002) 認為用人工量測容易產生人為誤差，且對於處理處理時間長產生交通延滯及處理人員的安全問題，除此之外在彎道部分無法忠實呈現曲度，散

落物與煞車痕也會因現場景物、障礙物等因素而造成蒐證不全，故該研究採用現場照片並加利用軟體繪製3D圖提升事故現場圖精確度。

臺中市政府警察局交通警察大隊曾研議以Google衛星相片或Apple地圖衛星相片擷取路口照片並套用至Visio底圖進行描底繪製事故現場圖範本，然而由Google衛星相片或Apple地圖衛星相片擷取之圖檔因畫素低，常發生標線模糊難辨情形，此外Google所提供之衛星相片非即時影像，可能會因施工、封路重繪標線等因素與實際有所出入，基於上揭原因，故衛星相片目前暫無法直接使用。

過去若員警以傳統方式製作現場圖，因為撤除管制、恢復交通的時間壓力，造成完成的現場圖面與現況恐有差異，因此臺中市政府警察局交通警察大隊預建不同路型之路口範本輔助，然而處理員警面對非對稱路口或路型特殊之路段所繪現場圖往往無法忠實呈現現場。

2.2.1 多軸飛行器

多軸飛行器依旋翼多寡分為三軸、四軸、六軸、八軸不等，並依旋翼位置分為十字型與X型，於主機延伸出數個懸臂，懸臂上設置1~2個旋翼，飛行過程中懸臂距離固定，透過改變旋翼的轉速與扭力改變方向。

因多軸飛行器具備輕便好攜帶等因素，且能透過遙控器進入平時不易進入之區域，因此多軸飛行器近年運用層面廣泛，如拍攝電影或電視劇、建物廣告、大型活動紀錄、森林資源調查、環境監測、車流監控、交通調查、釣魚放餌、新聞採訪、災難探勘等。曾子峻 (2011) 曾利用多軸飛行器研究進行橋梁檢測，透過多軸飛行器搭載相機可以近距離空拍橋梁並進檢測。也有文獻透過無人飛行器裝載GPS (Global Positioning System, 全球定位系統) 進行森林資源調查與環境監測。王天佑、蕭震洋 (2013) 的研究中同樣透過多軸飛行器空拍進行土石流地區重構。黃家耀 (2014) 的研究中指出，過去要研究車流必須將數台攝影機架設於十層樓以上之高樓以進行拍攝，運用多軸飛行器可克服該區域是否有高樓之限制，同時拍攝範圍也較大。而國外也將多軸飛行器導入交通中，Bayraktar與Kiyak (2013)便嘗試以多軸飛行器於特定路口進行車輛密度調查。Liu 等人(Liu, *et al*, 2014)針對無人飛行器對土木工程的貢獻進行研究，在交通方面研究指出透過無人飛行器可以針對特定路網進行交通流量的蒐集，甚至可以進行跟車進行旅次相關研究。

目前多軸飛行器運用的範圍越來越廣泛，譬如拍攝電影或電視劇（如一把青）、建物廣告、大型活動紀錄、森林資源調查、環境監測、車流監控、交通調查、釣魚放餌、新聞採訪、災難探勘等。

臺中市自93年起領先全國推動以電腦繪圖進行全面現場圖數位化，已有十年以上成功經驗，更建立超過7,000處以上路口（段）現場圖圖庫，而其他直轄市或縣市紛紛仿效推行，而過程中一些事故地點因為不規則或道路幾何特殊，員警怎

麼繪都畫不好，是推動電腦繪圖十餘年來碰到的困難經驗；然而這樣的地點若能充分利用多軸飛行器從高處俯拍的優勢及數位相機解析度優於衛星相片，這個困難就能迎刃而解，讓電腦繪製現場圖更上層樓。

現場測繪是交通事故處理重要的蒐證步驟，以俯（上）視角度製作、完成的現場圖忠實紀錄現場跡證相關位置、分布狀況，對事後事故責任釐清相當重要，然而製圖僅將跡證以簡單向量圖示標示，再輔以事故現場攝影相片比對，現場排除、恢復交通後，而後端（肇因分析、鑑定、調解、檢察官、法官）人員僅能就所繪現場圖或現場拍攝相片了解當時事故發生後情形，然而現場圖製作良窳與事故處理人員專業度、用心程度差異性極大，且常發現蒐證不足之缺憾而影響後續責任判斷，且傳統攝影僅能在路面拍攝，非但難以一窺事故現場全貌、且因為三度空間視覺透視關係經常影響相關位置判斷，然而如果能在事故現場利用飛行器第一時間空拍整個事故現場或進行連續拍攝，現場跡證紀錄將更周延而完整。

三、運用多軸飛行器輔助交通事故處理

3.1 多軸飛行器與相機評選

交通事故現場圖係現場示意圖，如能儘可能符合現場實際情況對於後續肇事原因分析越有助益，雖然本市領先全國將現場圖全面電腦數位化，然而員警囿限於現場處理時間及必須將事故現場影響車流時間儘可能縮至最短，然而在現場圖的精確度也必須相對提升才能真正提升事故處理品質、並對後續肇事原因分析及肇事重建有幫助。空拍取得的相片是否會出現變形與所使用的相機關聯性很大，經過本研究實證使用不同相機，結果差異很大。

使用空拍相片描繪產製路口範本，若在空拍時已經選用不會變形的相機，在描繪之後實際的道路幾何、車道配置或交通管制設施就會等比例縮小。一般來說，員警如沒有事先準備妥當之路口範本，而在事故發生時才以傳統方式製作現場圖，因為撤除管制、恢復交通的時間壓力下，通常完成的圖面與實際差異極大、也常遭人詬病。

因此臺中市自 93 年起推動平時預先建議路口範本，接獲通報後攜往路口使用的方式，即便路口範本是預先建立，如果交岔路口不規則那員警所製作的路口範本常常是將彎路繪成直路。所以必須改變員警繪製路口範本的方式。

為了改善員警製作不規則路口範本符合實際現況，本案研究人員也實際以 GNSS 多星系的衛星導航定位系統(GPS+GLONASS)、全站儀(Total Station)、3D 雷射掃描儀等先進測量儀器建立路口範本，但是空拍方式在時間上、購置成本上均較具有優勢。而以本案空拍描繪產製路口範本就可以讓彎路繪成直路的問題完全改觀。

使用多軸飛行器取得的現場相片，因相機鏡頭的球面像差(Lens Distortions)，在所輸出的照片上會出現不同程度的變形如桶狀變形(Barrel)以及枕形變形(Pincushion)。本研究過程中曾使用 Phantom2 Vision 拍攝所出現的變形如圖 2 有明顯的桶狀變形(Barrel)，即使以影像處理軟體修正後如圖 3，邊緣仍有失真情形，必須進行裁剪才能使用，而且必須花不少時間進行後製。



圖 2 使用 Phantom2 Vision 所拍攝相片



圖 3 使用影像處理軟體修正後相片

Wolfgang (2010)的研究中便針對此問題透過軟體對空拍照片進行還原，然而經實際測試將已經變形的相片進行修正，仍會有邊緣失真情形，在描圖後可能會使實際平直路段在現場圖上呈現為弧形，進而影響後續肇因分析及鑑定進行。考慮此問題本研究使用不同相機進行測試，發現市面已有量產數位相機克服此問題而且直接由空拍機搭載使用，在高空拍攝所輸出相片不會產生變形，不需要增加後製程序，本研究選用 SONY EXMOR(1200 萬畫素)相機便是其中之一，而且相機評選後因為重量差異，必須搭配能夠搭載的多軸飛行器如 DJI Inspire 1『悟』。在選用不會變形的相機，在描繪之後實際的道路幾何、車道配置或交通管制設施就會比例縮小，可以直接使用。

3.2 會勘路口

本研究選定臺中市路段複雜且肇事率較高的五處路口進行會勘，過去現場處理員警以傳統方式繪製事故現場圖易產生誤差，路面曲線與比例常與現場不符。表 1 為本研究選定之路口以及各路口在以傳統方式繪製事故現場圖時可能遭遇之問題。本研究以多軸飛行器—DJI Inspire 1『悟』搭載 SONY EXMOR (1200 萬畫素) 攝影機進行空拍作業，以取得空照圖並進一步改善事故現場圖品質與真實性。另外，以多軸飛行器進行空拍時，所涵蓋路面範圍及所需飛行高度如圖 4 所示，飛行高度 150 公尺涵蓋 300 公尺範圍，而飛行高度 80 公尺時可涵蓋 150 公尺路面範圍。

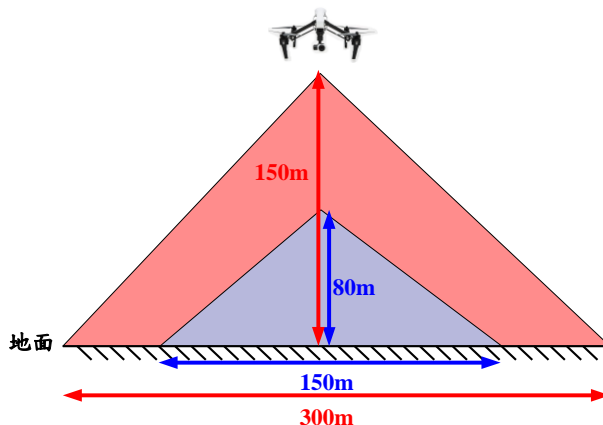


圖 4 飛行高度與拍攝範圍關係圖

表 1 會勘路口

路口名	路口特性
臺灣大道三民路中山路口	非對稱路口、道路曲度不易繪製、車流量大
臺灣大道惠中路口	標線複雜模糊
臺灣大道玉門路口	非對稱路口
臺灣大道東大路口	非對稱路口
臺灣大道晉文路口	標線複雜、道路曲度不易繪製

3.3 分析比對

過去繪製事故現場圖時，員警會以 Google map 作為底圖進行描繪，然而受限於 Google map 的資料更新速度與解析度會影響事故現場圖的真實性，而解析度不佳的情況下造成道路標線難以辨識，本研究將空拍照片與 Google 衛星相片擷取畫面做比對，空拍照片畫素皆高於 Google 衛星相片擷取畫面，在空拍照片中顏色較為飽和，道路標線清晰可見，且可即時反映路口狀況，較能忠實反應出事故現場的實際畫面，乃至於事故產生的路面痕跡、散落物等跡證。表 2 為空拍照片與 Google map 擷取畫面之比較。

表 2 空拍照片與 Google map 擷取畫面之比較

路口名	照片畫素	
	Google 衛星相片	空拍
臺灣大道 惠中路口		
	1437 X 755	2713 X 1996
臺灣大道 東大路口		
	1441 X 769	4000 X 3000
臺灣大道 晉文路口		
	1440 X 760	4000 X 3000
臺灣大道 三民路口		
	578 X 475	2665 X 1945

3.4 事故現場圖繪製

事故現場圖為交通事故處理中重要的一環，事故現場圖紀錄了事故現場的種種跡證，包括現場標線、路面曲線、散落物等相對位置，以協助後續員警進行肇因分析時有所依據。目前事故現場圖普遍以 Visio 進行繪製，繪製事故現場圖流程如圖 5 所示，其所對照的程序內容如表 3 所示。

- 1.處理單位或審核單位選定之複雜路口（段）：選定需要進行繪製事故現場圖之路口。
- 2.實地勘察空拍：多軸飛行器上升至適當高度後使用搭載的相機進行空拍作業。
- 3.剪裁為適合尺寸做為基底圖：將多軸飛行器所拍攝的空拍圖進行裁切，取得所需要範圍，並調整為適合尺寸做為 VISIO 底圖。
- 4.以電腦軟體 VISIO 於基底圖上描繪：為區隔道路範圍，繪製員警會以 VISIO 沿著道路邊線將道路範圍框起，同時將行穿線等路面標線描繪至事故現場圖。
- 5.有效路面範圍上色：繪製員警會將有效路面上色，使他人查閱時能清楚判別出有效路面範圍。
- 6.抽離基底圖：將空拍底圖移除，留下在底圖上繪製的路面資訊。
- 7.置入空白現場圖：將繪製完成的圖貼入制式表中完成事故現場圖。
- 8.交由處理單位使用：員警攜帶預先建立的範本至事故現場作業，節省重複繪製路況的時間，完成現場圖後成為事故分析依據並提供當事人申請、查閱。

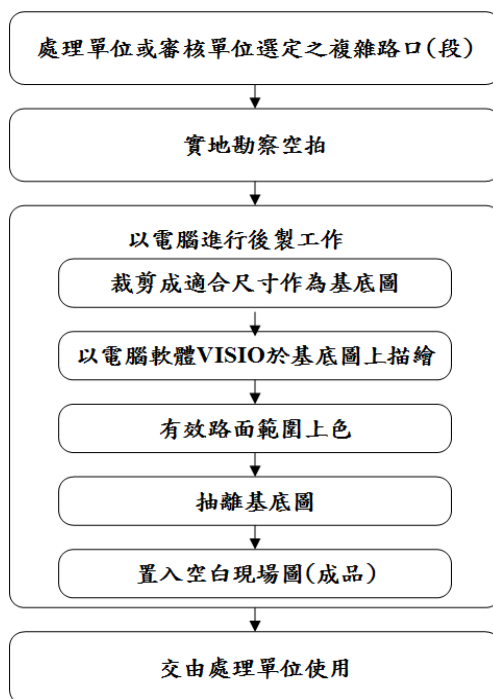

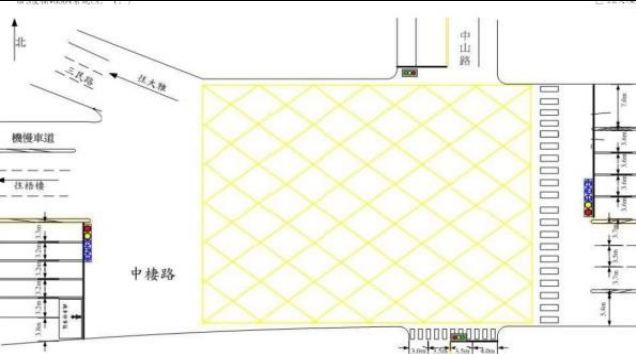



圖 5 事故現場圖繪製流程

3.5 事故現場圖比較

將傳統事故現場圖與空照圖之事故現場圖比較，可發現空照事故現場圖道路曲度不失真，標誌標線與現場吻合，道路寬度也合乎現場比例，除此之外道路上人孔蓋或散落物位置精準地呈現於事故現場圖，而傳統現場圖道路曲線與標線有差異，標線較為簡單且部分路口並未正確畫出，路口槽化線也與實景不符，易引起爭議，詳如表 4 對照說明。

表 4 傳統事故現場圖與空照事故現場圖比較

<p>空照圖</p>	
<p>傳統事故現場圖</p>	
<p>空拍事故現場圖</p>	

若進一步評估員警實際繪製現場圖所需時間，使用空拍相片描繪產製路口範本所需時間如下：

- 1.在現場準備及操作空拍機時間約需 30 分鐘。
- 2.後續製作電腦現場圖約 30-90 分鐘。
- 3.全部需時 60-120 分鐘（平均 90 分鐘）。

而以傳統方式製作、繪製現場圖所需時間如下：

- 1.在現場製作、繪製現場圖約 30-60 分鐘。
- 2.後續製作電腦現場圖約 60-180 分鐘。
- 3.全部需時 90-240 分鐘（平均 165 分鐘）。

時間節省 30-120 分鐘（平均 75 分鐘），能有效減少 45%的時間成本，所節省的時間成本相當可觀，值得推廣採用。


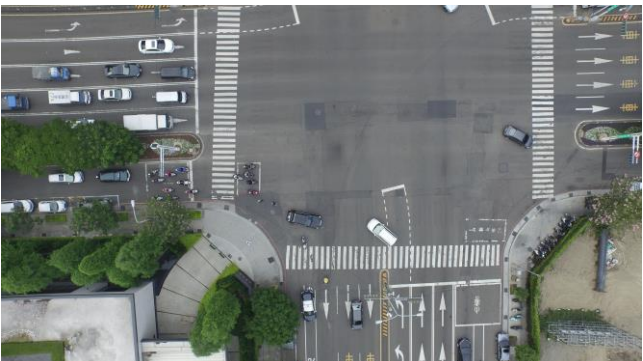
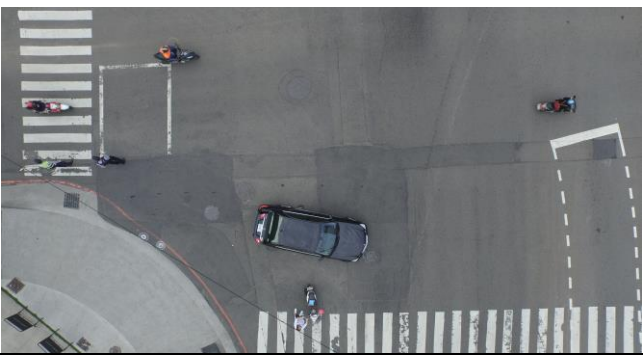

3.6 道路交通事故現場蒐證的運用

多軸飛行器除了事故現場圖的運用外更可以協助員警進行現場蒐證，透過多軸飛行器高度調整可以近距離拍攝單一車輛與其周邊散落物、路面跡證等資訊由表 5 可看出不同飛行高度所拍攝之空拍圖。

在高度 100 公尺時可看見整個路口全景，有利於鑑識人員了解車道數等路口資訊；高度 50 公尺時可以看到單一路段與路口之交界，也可清楚看見到行穿線等道路邊標線；高度 15 公尺可以看見兩車相對位置；降到 7.7 公尺時已明顯可以看到刮地痕、散落物等事故留下之跡證。

透過空拍蒐證可完整記錄路口幾何、車道配置、各車輛行向路況、障礙物等路口訊息並忠實呈現事故現場的原貌，完整涵蓋人、車、路、物、痕，且比繪製現場圖更具代表性，甚至能涵蓋處理人員疏漏之重要跡證。在面臨重大交通事故現場涵蓋範圍較廣或車輛墜崖(Airborne)案例特別適用空照圖蒐證。

表 5 高度與空照圖對照表

<p>高度 100 公尺</p>	
<p>高度 50 公尺</p>	
<p>高度 15 公尺</p>	
<p>高度 7.7 公尺</p>	

四、結論建議

4.1 結論

- 1.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。
- 2.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.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。
- 4.可控制多軸飛行器飛行高度針對單一車輛進行蒐證，可清楚了解車輛與散落物的相對位置，對於日後肇事重建有所幫助。
- 5.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。
- 6.本研究方式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，值得推廣採用。
- 7.目前多軸飛行器大多以無刷馬達為動力，具有靜音、加速快、平穩等特點，惟仍必須囿限於天候影響（如風速太強、雨天、夜間、環境溫度），另外因為使用 GPS 衛星定位系統進行導航，若太陽風暴影響地球磁場將導致 GPS 失效，另外中午 11 時至 13 時 GPS 訊號也會較不穩定、飛行必須遵守民用航空法內空域管制（管制區域、管制地帶、限航區、危險區與禁航區），目前飛行高度限制是 120 公尺，一般在機場、航道、營區週邊都必須特別留意空域管制規定，另外障礙物會遮蔽視線或無線電訊號中斷而有造成墜機之可能，因此強化操作者的訓練及特殊狀況的處置相形重要。

4.2 建議

- 1.未來可利用空拍車輛凹陷，透過肇事車輛凹陷程度可進行車速重建及車輛間最大車損互相嚙合作用力方向及角度，進而釐清肇事碰撞過程。
- 2.本研究所使用之多軸飛行器相對穩定，但依然可能因強風、電磁波干擾等外在環境因素造成操控異常而掉落造成安全問題，因此本研究建議路口空拍作業採整批委外處理。

- 3.以空拍機連續拍攝事故現場，後續以軟體（如 Pix4d）拼接可以產生類似 3D 雷射掃描儀所產生的環景點雲，對於完整保存現場狀況俾利後續肇因分析、鑑定或重建助益甚大，可以做為後續研究之主題。
- 4.交通事故處理工作人員警負荷大，若再監看、控制多軸飛行器進行拍攝、錄影，除增加員警負荷，也可能造成危險，所以在實際運用納入交通事故處理工作，必須充分考慮到以下兩面向，事先擬妥配套作為，茲就飛行器部分及交通事故處理配套作業分述如下：
 - (1)飛行器部分：
 - A.空拍機要能完全自動化、自動導航飛行：具備 GPS 接收器、完整障礙物偵測、避障及能夠預先設定飛行高度及路徑、自動拍照、自動起飛、返航。
 - B.禁航區、航道相關資訊完整設定在飛控板內。
 - C.相機內相片、影片可經由無線傳輸自動上載至交通事故 E 化系統伺服器。
 - (2)交通事故處理配套作業：
 - A.足夠教育訓練時數、取得無人飛機飛行證照（目前民航法修正草案已經送立法院）。
 - B.必須為處理人員投保足額保險，若造成民事損害，由保險金理賠。
 - C.建立完善因公涉訟相關配套作法：如聘請律師、書寫狀紙等。
 - D.建立侵權後續處理 SOP 及員警權益保障配套作法。

參考文獻

- 王天佑、蕭震洋 (2013)，「應用無人載具航拍及非常規攝影量測進行土石流三維地形重構」，*中興工程*，第 120 期，頁 3-12。
- 吳漢雄 (2002)，應用 3D 重現技術輔助汽車肇事之研究，中央大學機械工程研究所，碩士論文。
- 林志勇、林志浩 (2006)，「交通事故現場分析系統之研究」，*龍華科技大學學報*，第 21 期，頁 1-11。
- 陳永銓 (2007)，「煞車痕於車禍重建與分析之應用」，*勤益學報*，第 25 期，E-1。
- 陳焜祥、林志勇、許峻嘉(2004)，事故偵察輔助車載系統雛型之開發研究，中央大學機械工程研究所，碩士論文。
- 曾子峻 (2011)，多軸飛行器於橋梁檢測之應用研究，高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文。
- 黃家耀 (2014)，機車行為模式在都市混合車流中之實証分析及模式建立，交通部委託研究。

謝宗賢 (2013), 基於 Arduino 實現自主平衡控制及影像監控之安全無人飛行平台, 臺灣海洋大學電機工程學系碩士論文。

Clothier, R. A., Walker, R. A., Fulton, N., and Campbell, D. A. (2007), "A Casualty Risk Analysis for Unmanned Aerial System (UAS) Operations over Inhabited Areas," *In AIAC12 – Twelfth Australian International Aerospace Congress, 2nd Australasian Unmanned Air Vehicles Conference*, pp19-22.

Davis, A. (2003), "Bayesian Reconstruction of Traffic Accidents," *Law, Probability and Risk*, Vol.2, No.2, pp.69-89.

Bayraktar, G. N. and Kiyak, E. (2013), "Determination of the Vehicles Density with Quadcopter," *Proceedings of the Vol.3 International Scientific Conference of Students and Young Scientists—Kyiv: Bukrek*, p. 336.

Wolfgang, H. (2010), *Correcting Lens Distortions in Digital Photographs*, Ingenieurbüro Morawski+ Hugemann: Leverkusen, Germany .

Kost, G., and Werner, S. M. (1994), "Use of Monte Carlo Simulation Techniques in Accident Reconstruction," *SAE Technical Paper*, No. 940719.

Liu, P., Chen, A. Y., Huang, Y. N., Han, J. Y., Lai, J. S., Kang, S. C., Wu, T. H., Wen M. C., and Tsai, M. H. (2013), "A Review of Rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Developments and Applications in Civil Engineering," *Smart Structure and Systems*, Vol.13, pp. 1065-1094.

(收稿 104.12.16, 第一次修改 105.05.10, 定稿 105.05.14)

