

日本無人機在消防防災領域之應用

Applications of Japanese Drones in Firefighting and Disaster Prevention

圖・文：基隆市消防局 陳進源

一、前言

近幾年來遙控無人機在各個領域的應用發展日新月異，我國「民用航空法」於 2020 年 3 月 31 日開始施行「遙控無人機」專章及遙控無人機管理規則，其中第 2 條將遙控無人機定義為：「指自遙控設備以信號鏈路進行飛航控制或以自動駕駛操作或其他經民航局公告之無人航空器」。無人機以其優異的機動性能，世界各國均積極應用在各個領域中。

日本在 2015 年 11 月由當時首相安倍晉三提出：「希望最快在 3 年內可以利用無人機（drone）來進行貨物運送。」同年 12 月為確保無人機的安全飛行，檢討基本原則並修訂日本航空法規。並且日本官方成立了「無人機環境整備之官民協議會」，由內閣府、警察廳、總務省、總務省消防廳、農林水產省、國土交通省等 17 單位及日本亞馬遜公司、物聯網促進聯盟、損害保險協會、產業用無人航空機協會等 35 單位共 50 多個單位的官民協議會，以定期或不定期會的方式，共同研議無人機的未來發展。希望解決從安全確保、使用推廣、技術開發等各個層面所產生的各種問題。

2017 年 5 月由協議會提出「航空產業革命方針」（空の産業革命に向けたロードマップ），該方針每年持續檢視發展，2021 年最新版本對於無人機可以應用的領域，區分為「警戒保安」、「醫療」、「測量」、「災害應變」及「農林水產業」等 5 項領域，未來可以擴展的領域可預見會持續增加。

二、無人機的飛行等級

日本在「航空產業革命方針」中，依照無人機的飛行狀況定義有 4 種等級：

等級 1：視距內操作飛行（人為操作）

等級 2：視距內自動飛行（自動駕駛）

等級 3：無人地區視距外飛行（應用在郊區）

等級 4：有人地區視距外飛行（應用在都市）

對於這 4 種等級的活用的具體案例如下（表 1、圖 1）：

無人機飛行等級可應用的具體案例中，要實現越高等級的無人機飛行，除了無人機的機體技術強化之外、操作人員的技術水準也要跟著提高，以及社會整體的接受環境，甚至相關法令的建構及調整，都是需要政府與民間透過討論及努力後，才可以建構一個

表 1、無人機在各種飛行等級中之活用具體案例（航空產業革命方針）

等級 1（視距內操作飛行）	等級 2（視距內自動飛行）
● 農藥噴灑 ● 影像內容建置空拍 ● 橋梁、輸電線路基礎設施檢查等	● 空中攝影測量 ● 太陽能面板設備檢查等
等級 3（無人地區視距外飛行）	等級 4（有人地區視距外飛行）
● 離島及山區的貨物運送 ● 調查受災狀況、搜索失蹤人員 ● 巨大基礎設施檢查 ● 河川測量等	● 都市物流、警戒保安 ● 支援災害剛發生後的救助、避難引導、滅火行動 ● 都市基礎設施檢查等

備註：

1. 視距內（VLOS, Visual Line of Sight）指在 300 公尺範圍內的操作。
2. 視距外（BVLOS, Beyond Visual Line of Sight）指在 300 公尺範圍外的操作。
3. 無人地區指第三人進入可能性低的場所，如山區、海域水域、河川、湖沼、森林等場所。
4. 有人地區指在有第三人活動的上空。



圖 1、日本國土交通省無人機飛行等級示意圖（國土交通省）



圖 2、現場 3D 影像建模可以充分理解現場救援環境（花蓮雲門翠堤大樓）

善用無人機功能的社會環境。如日本在 2021 年靜岡縣土石流災害及我國在 2018 年花蓮震災時的應用。

日本在 2016 年 4 月熊本地震中，消防隊使用無人機搜索地震後的失蹤民眾，同年 12 月新潟縣魚川市發生大規模火災，使用無人機確認滅火後的災損情形；2017 年 9 月九州北部發生豪雨災害，消防隊使用無人機確認道路阻塞情形以及確認漂流木的流出範圍。2021 年 7 月靜岡縣熱海市土石流災害，運用無人機於災害現場拍攝及搜索調查等諸多的應用案例。

我國在 2016 年臺南美濃地震維冠大樓倒塌及 2018 年花蓮地震雲門翠堤大樓倒塌，2

次大樓倒塌事件，第一時間民間單位利用無人機現場環拍建築物並透過影像建模技術，最快時間套疊出現場 3D 影像，讓現場救災指揮官及救援人員，透過 3D 影像資訊精準判斷入室救援的最佳動線，以及支撐支撐架維持倒塌大樓重心的穩定位置，讓救援人員可以在更安全的環境下入室進行救援任務。

2018 年 6 月 F16 戰機演習墜落，消防隊使用無人機進行廣範圍山區搜索，從高空快速搜集到救援位置及搜救地點。在災害發生時，使用無人機協助救災任務方面有越來越多的案例與發想。

日本在 2018 年實現了等級 3 無人地區的視距外飛行，2021 年實現了等級 4 在有人地

表 2、2018 年到 2020 年無人機環境的主要目標（航空產業革命方針）

2018 年	實現無人地區不須輔助人員的視距外飛行（等級三）
2019 年	要在 2022 年達到有人地區不須輔助人員的視距外飛行（等級三）之主要目標設定
2020 年	「環境整備」（法律整備），加上「技術開發」外，追加了「實機裝設」新的支柱（全國實施物流的實證實驗）。

表 3、2021 年無人機政策的全新措施（航空產業革命方針）

當前狀況	首先實現離島及山區等級 4 飛行，之後往人口密度高的地區朝向多數無人機同時飛行的方向發展
「環境整備」	- 對於導入機型認證與操作證照提出詳細時程表 - 第一種機型從檢討標準階段就與製造商等共享資訊，以利快速投入實際應用 - 持續檢討在高空環境的通訊確保
「技術開發」	- 未來實現「多數事業單位操作多數無人機同時飛行」的技術開發 - 為了更容易取得機型認證，開發檢驗方法及制定工業標準
「實機裝設」	- 物流部分從實證實驗階段開始以確保業務盈利能力為前提進行實用化 - 有關防災及災害應變事項，各種先進措施在全國擴展開來，進一步強化確立防災對策，強化地方政府合作的措施（建置資訊共享平台及召開無人機高峰會議）
+	
未來發展	同時包含飛機、飛行汽車等飛行工具朝向整合性的「空中」移動措施的發展及強化

說明：文中所述的第一種機型相當於等級 4 的飛行機具，第二種機型相當於等級 1 到等級 3 的飛行機具。

區的視距外飛行，進行技術開發與無人機環境整備工作。在 2021 年 6 月對消防本部進行問卷調查結果，有 52.9%（383 處）消防本部已導入無人機支援消防任務，其中 288 處在災害現場已有運用的實績紀錄。

三、無人機在「災害應變」方面之發展規劃

在日本首相官邸公布的 2021 年版的「航空產業革命方針」中，無人機可以利用的領域，區分為「警戒保安」、「醫療」、「測量」、「災害應變」及「農林水產業」等 5 項領域。每年關於無人機課題，政府的各項措施以進度表方式彙整在「航空產業革命方針」進行討論與公布。對於無人機應用的整體環境建置，在方針中也提及到各年度的主要目標。

而在 2021 年公布的新版本中，「航空產業革命方針」在 2020 年既有的架構下，持續分析目前環境以及增加「環境整備」、「技術開發」及「實機裝設」三大支柱的細部內涵。

在 2021 版的「航空產業革命方針」中，對於「災害應變」的項目，在其整體架構中主要的概念內容區分為「受災狀況的掌握」以及「災害應變工作（救助等）的支援」兩項內容，如下圖 3 所示。

～ 2022 年度	2021 ～ 2022 年度	2023 年度以後
受災狀況的掌握		
◆持續進行在人難以進入的危險地方的防災及災害應變工作的應用 （狀況掌握、對相關單位即時提供資訊、使用國土地理院地圖迅速公開資訊。訓練在無人地區採視距外飛行的方式來掌握狀況）		
災害應變工作（救助等）的支援		
	災害現場物資器材搬運的支援工作	災害現場更先進的物資器材搬運的支援工作
◆實施無人機在災害發生時使用狀況的調查		
◆實施無人機安全有效運用及導入的教育及訓練		
◆技術動向及先進應用狀況的資訊搜集，進行有效利用措施的研究，以利促進無人機應用及導入		
◆利用組成消防機器人系統的飛行偵查及監視機器人，在無人地區以視距外飛行從天空掌握災害狀況及監視射水情形		
土石流災害現場的救助工作		
◆經由土石流災害活動事例的搜集分析，對於掌握夜間狀況的感測器及分析方法的檢討	◆開發技術驗證測試的感測器	◆開發在災害現場以測試運行方
救助、搜索		
◆物資器材的有計畫維護		
◆對於更有效利用的檢討		
◆應用於警察單位的搶救救助任務、更高級運用的檢討		
◆陸上自衛隊初期行動應變部隊配備小型無人機	◆陸上自衛隊初期行動應變部隊追加配備小型無人機	
◆應用於自衛隊的災害派遣任務	◆運用於自衛隊的災害派遣任務	◆運用於自衛隊的災害派遣任務
石油聯合工廠火災、爆炸災害對策的救災機器人系統的示範搭載		
◆制定訓練、災害出動及有效的使用方法，以及刺激需求		

圖 3、2021 年版航空產業革命方針之「災害應變」項目內涵

〈災害應變無人機應用示意圖〉

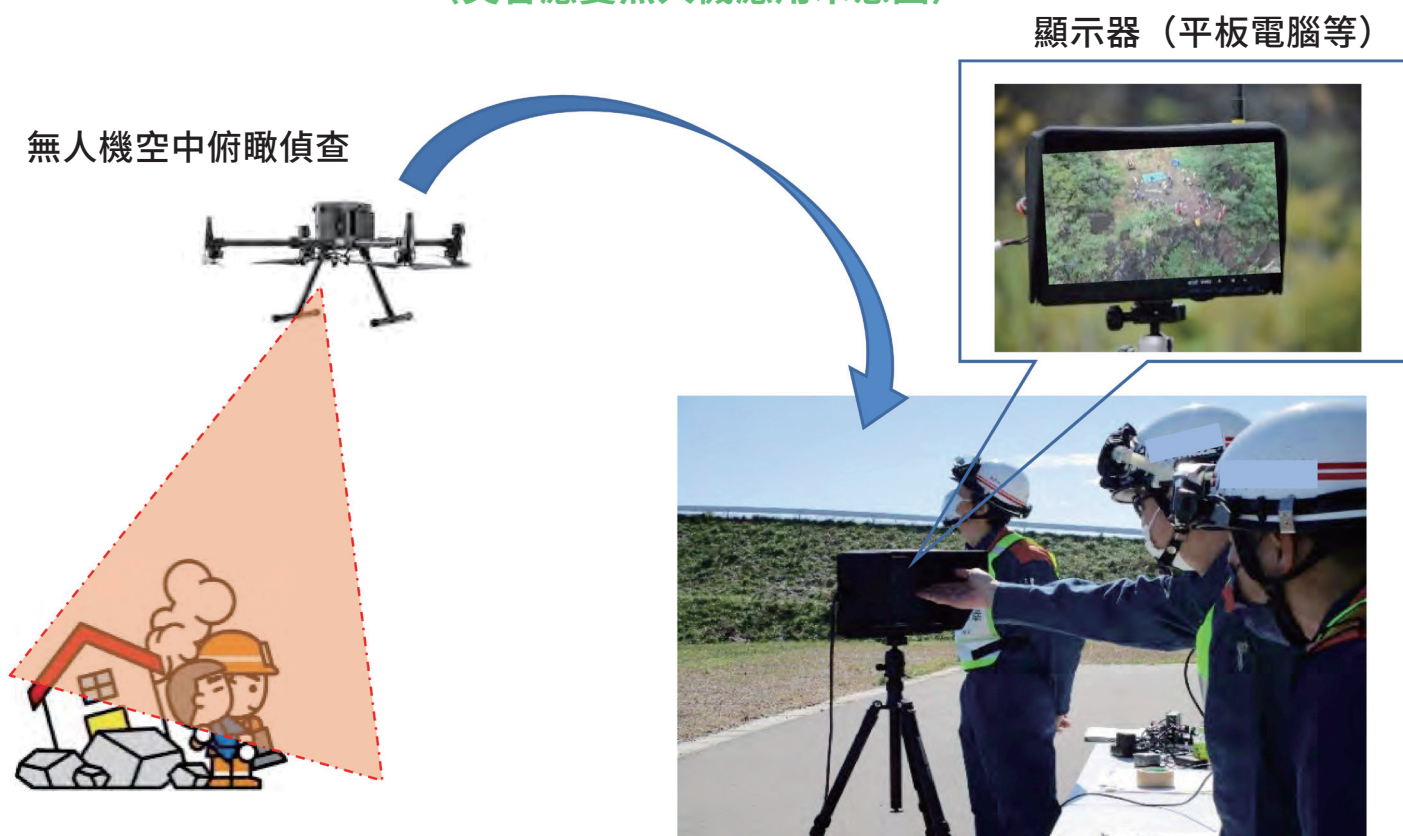


圖 4、無人機運用於防救災之概念圖（消防防災領域無人機應用手冊）

四、消防防災領域導入無人機的主要用途

無人機導入災害應變工作項目，日本總務省消防廳也感受到未來消防工作對於無人機的需求會持續增加，在 2018 年 1 月訂定第一版「消防防災領域無人機應用手冊」（消防防災分野におけるドローン活用の手引き），並且在 2022 年 3 月修訂成為第二版。

在應用手冊中消防防災領域的無人機主要用途歸納為「火災應變」、「救助搜索任務」、「資訊搜集」及「廣域災害應變」等 4 大領域，應用概念如表 4。

五、運用在消防防災 領域時無人機的推薦功能

運用無人機於火災應變、救助搜索任務、資訊搜集、廣域災害應變等情境時，因應各種不同的災害情境，無人機的功能及操作重點也各有不同。要發揮更佳效果的功能，無人機性能相關的推薦功能如表 5。

六、日本各消防本部無人機持有狀況調查

日本在 2021 年 6 月 1 日調查全國 724 處消防本部無人機的持有狀況、無人機性能、使用實績、有效及需要改善的地方，經過調查結果如表 6 資料。

表 4、消防防災領域無人機主要用途（消防防災領域無人機應用手冊）

用途	概要	應用概念
火災應變	發生建築物火災或森林火災時，用於確認火災擴大狀況及消防隊部署情形。	● 將高空影像即時傳送地面部隊或災害應變中心。 ● 俯瞰掌握延燒狀況或部隊活動的整體樣貌，以順利進行部隊指揮。 ● 利用熱顯像攝影機，了解延燒狀況及周圍的火星、確認從地面看不見的地方是否還有殘火。 ● 通過熱顯像來判斷建築物倒塌等危險，有助於現場安全管理。 ● 在救災人員難以進入的陡峭地形的森林火災中，用於確認火災狀況。
救助搜索任務	在山區或沿海發生遇難事故時用於待救者的搜索。	● 對於部隊進入需要耗費時間的區域，先投入無人機以搜集資訊。 ● 在寬闊的水面上因為反射等原因，會有從沿海地帶難以看清楚的情形，從上空攝影的方式可以有效執行搜索任務。 ● 在廣範圍的搜索範圍中，從高空可以確認的部分有效進行搜索。而且可以事前設定飛行路徑自動飛行，在有限的時間內進行搜索。 ● 利用熱顯像攝影機，即使在黃昏或夜晚時對於河川或山區也可以對大範圍迅速搜索。
資訊搜集	受災狀況及早搜集資訊，同時掌握及監視活動區域的周邊狀況，也可以應用在部隊的安全管理。	● 災害發生初期時，在發生什麼事也不知道的現場，可以使用無人機俯瞰掌握災害的整體樣貌。 ● 有發生二次災害之虞，對於消防隊員難以進入的區域搜集資訊。 ● 火災原因調查時以有效視角拍攝延燒及燒毀情形。 ● 即使是大範圍燒毀的案例，也可以使用繪測軟體迅速且正確的測量出燒毀面積。 ● 對於出現怪煙及起煙情形時，可以立即確認狀況，判斷出緊急程度。 ● 在各項聚集活動時使用自動駕駛定時飛行相同路徑，可應用在安全警戒工作上。
廣域災害應變	大規模災害時掌握廣域受災狀況，與其他機關應用在資訊共享，協調任務內容。	● 在災害發生初期，使用無人機迅速掌握受災整體狀況，傳送信號給災害應變中心，有效快速的投入必要部隊。 ● 在地圖上反映出拍攝的影像，藉由可以比較出受災前後差異，可以有助於具體災害損失的確認，以及任務方針的制定。 ● 可以廣範圍且連續性的監測各種危險因子，土石流災害中建立正射影像（orthophoto）分析，預測二次災害發生的危險性。 ● 無人機拍攝的影像經由通信平台車即時傳送指揮中心，獲取土石流災害專家建議。

表 5、無人機在各種救災領域時的推薦功能（消防防災領域無人機應用手冊）

事項		性能機能	火災	搜索	資訊	廣域
無人機的性能		（自動駕駛） ●離地前可以設定指定的視距外飛行路徑以自動駕駛。		◇		○
		●通訊中斷時具有可以自動起降的功能。		◇		○
安裝裝置	雲台（gimbal）	●相機的方向具有可以從地面以無線方式且 2 軸以上控制的功能。	◇	○	○	◇
裝載品	相機	●具有經由操作可高倍變焦的功能。	◇	○	○	◇
裝載品	相機	●具有熱顯像攝影功能。	○	○	◇	◇
		●具有建立正射影像（orthophoto）的功能。			◇	◇
		●具有容易置換多種相機的構造。	◇	◇		
附屬裝置	無線操作裝置	●控制相機的裝置與操作裝置互相獨立配備。	◇	◇	◇	◇
	地上設備	（通訊裝置、傳送系統） ●設置拍攝影像資料可以透過衛星通訊網等傳送的設備。	◇	◇	◇	◇
	自動駕駛控制裝置	●設定自動駕駛路徑的功能，備有日本全國住宅地圖或是航空照片，可以在該地圖上指定路徑。		○	◇	○
		●即使在無法連接網路的環境下，也可以顯示地圖、設定飛行路徑，進行自動駕駛。		○	◇	◇

說明：○ = 建議要有的基礎功能；◇ = 建議要有的基礎功能外，還可持續發展使操作簡便及功能優化

表 6、日本各消防本部無人機應用狀況（無人機災害時應用狀況調查）

	消防本部數				
年份	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
有應用	70	116	201	309	383
還未應用	662	612	525	417	341
應用率	9.6%	15.9%	27.7%	42.6%	52.9%

消防無人機應用狀況

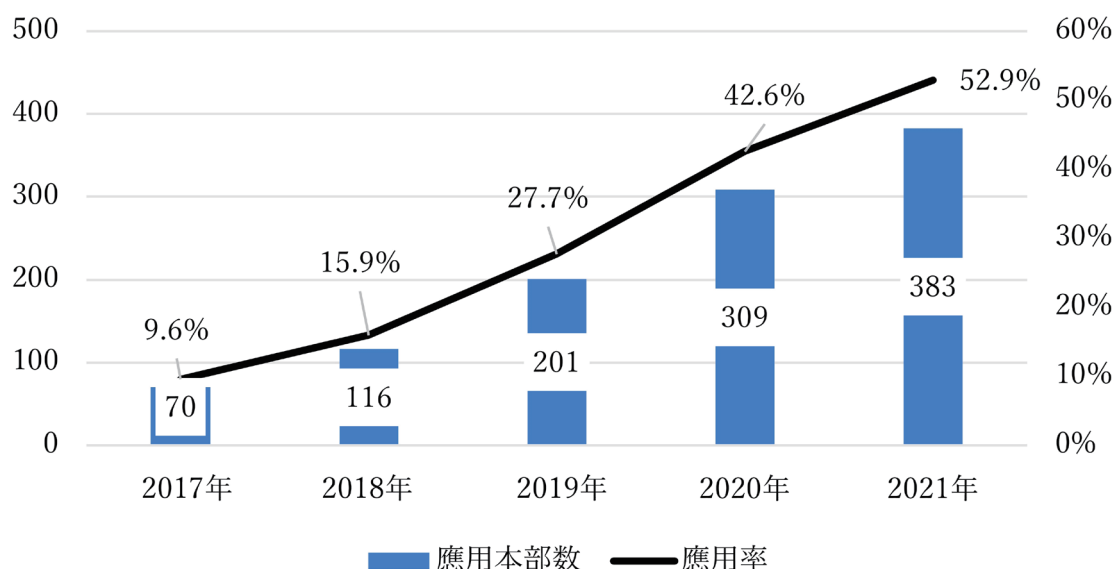


圖 5、日本消防無人機應用狀況（消防防災領域無人機應用手冊）

調查從 2017 年開始，持有無人機的消防本部數，從 70 處逐年成長，2021 年已增加到 383 處持有無人機具，佔全體的 52.9%，過半的消防本部已配置有無人機設備進行投入消防救災任務，過去 5 年更大幅成長了 5.5 倍。在有應用的 383 處中，288 處具有無人機應用的實績紀錄，依照應用的種類累積件數如表 7。

2021 年的消防本部無人機課題的問卷調查中，對於無人機應用在消防任務上，前 3 項優點

為：「透過影像攝影對於火災調查及教育訓練資料的製作都十分有效」（41%）、「可以廣範圍迅速勘查、從高空俯瞰攝影來搜集資訊」（38%）、「可以搜索救災人員無法進入的範圍及現場資訊搜集」（9%）。另一方面，未來需要挑戰的前 3 項課題有「操作人員培訓及運用機制上人員不足的課題」（53%）、「無人機機體性能不足的課題，如電池續航時間等」（16%）、「無人機墜落等安全層面考量的課題」（12%）。

表 7、2021 年日本消防本部無人機應用實績表
(無人機災害時應用狀況調查)

應用種類		累積件數
火災	建築物火災	402
	森林火災	157
	其他火災	143
調查	火災調查	1,896
自然災害(地震、豪雨)		200
救助任務、搜索任務		861
其他任務		392

各消防本部的調查反映，無人機高機動性，可以突破空間限制快速到達災害現場，而且從高空俯視全貌為現場指揮官提供重要資訊，對於消防救災整體效能的規劃及部隊的有效部署帶來很大的幫助。無人機現階段受限於機體、電池、相機以及人員培訓需求限制，這些都是未來希望再突破的地方。

七、結語

在消防防災領域裡，無人機可以利用在許多項目中，例如火災時確認狀況、山難時人員搜救、水難、土石流災害等大規模災害時災害損失狀況確認等。可以看出今後擁有無人機的消防單位會持續增加，我們可以期待在災害現場會比起以前更能及早確認災損狀況及更有效率的運用救災部隊。

2010 年 4 月 25 日國道三號發生山崩事件，瞬間 21 萬立方公尺土石崩塌，造成 200*60 公尺的大型崩塌現場。當時空勤總隊立即出動直升機進行空中勘查，目的即在於掌握現場山崩的全貌以利災害搶險



圖 6、2010 年國道三號山崩現場空照圖 (高公局資料)

及人命救援。日後如發生類似大型災害時，可以透過無人機的幫助，即可以用更小的成本及更快的速度對於災害全貌快速掌握，提供給現場指揮官最好的研判情資。

我國直轄市縣（市）消防機關申請內政部消防署特種搜救隊支援空中搜救作業規定第二條中，申請特搜隊支援，其內容有 4 類：

- （一）各種災害及意外事故等災害搶救之空中救災。
- （二）山難搜救、水上救溺及海上救難等人命搜救之空中救難。
- （三）救（勘）災人員、裝備、物資之運送等空中運輸。
- （四）其他有關空中支援勤務。

除了載運搜救部隊及運載大型救災機具前往災害現場，目前無人機仍無法實現外，許多現場災情勘查、待救人員搜救、山難水難透過熱顯像判別待救者、溺水者救生圈空投、救護物資搬運、甚至於火災現場調查等，許多消防防災應用面逐漸浮現，對消防救災的品質可以有很大的提升。

無人機操作結合了航空學、氣象學、攝影學、電腦資訊、風險管理等多重知識應用，也需要操作人員嫻熟的操作技術，才能夠將無人機的優點應用在消防及防災瞬息萬變的工作中。日本依照實證經驗，將其應用領域歸納為「火災應變」、「救助搜索任務」、「資訊搜集」及「廣域災害應變」等 4 大領域，不同的應用領域裡都有不同的設備及技術要求。未來更多的應用面仍在如火如荼的發展中，隨著無人機技術的發展，將可能有更豐富應用層面出現。

我國 2019 年版消防白皮書第五章未來施政重點，也開始將「研究無人機之運用」列為未來工作重點之一，無人機結合即時影像提供空間資訊分析、人員定位、人體熱源成像或空投救生浮具等功能，用於山域水域的救援，期使指揮人員有效掌握救災現場狀況影像並適時調度資源，爭取救援時效，即時提供救難人員與後勤人員資訊參考。未來可以預見無人機在消防救災任務上可以應用的層面將會越來越多！

參考資料

1. 20180206 花蓮地震 - 雲門翠堤大樓傾斜 3D 模型，National Cheng Kung University Museum，<https://sketchfab.com/3d-models/20180206-3d-b10138b51e80402e9e22925e0af79f37>。
2. 日本小型無人機相關單位聯絡會議，首相官邸，<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/index.html>。
3. 消防白皮書，內政部消防署，2019 年。
4. 消防防災領域無人機應用手冊，日本總務省消防廳，2022 年 3 月。
5. 期待災害時大顯身手！「無人機 X 防災」的未來，ATCL 有限公司，2019 年 11 月 8 日記事。
6. 網路白皮書 2018：數位經濟新時代開幕，網路白皮書編輯委員會，一般財團法人，日本網路協會，2018 年 2 月 9 日。
7. 無人機災害時應用狀況調查，消防動態，總務省消防廳，2022 年 2 月。
8. 遙控無人機學科測驗規範（Remote Pilots License Written Test），交通部民用航空局，2022 年 7 月 13 日版本。