

出國報告（出國類別：其他）

「赴美國 **FAA** 觀摩飛航作業情形」
出國報告書

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：鄒慧蒂 主任管制員

派赴國家：美國

出國期間：自 104 年 11 月 30 日至 12 月 6 日

報告日期：105 年 2 月 23 日

「赴美國 FAA 觀摩飛航作業情形」出國報告書

目錄

| | |
|---------|----|
| 壹、前言與目的 | 2 |
| 貳、行程 | 3 |
| 參、參訪主題 | 4 |
| 肆、心得與建議 | 17 |

壹、前言與目的

近幾年，航空業之蓬勃發展，已不僅限於航行架次之持續增長，航空器的多樣化，亦是讓空域結構更形複雜的因素之一。以臺北飛航情報區而言，近幾年興起旺之航空器分別有熱氣球、超輕型載具，以及無人飛行載具(以下簡稱無人機)，其中又以無人機活動最不易掌控。由於航空器的多樣化，對本區狹隘的空域，無異提高管理困難度。

鑒於國際民航組織對於無人機尚無明確管理規範可茲遵循，且其規範多為概略性之宣示文件，故本次赴美國聯邦航空管理局(**FAA, Federal Aviation Administration**)參考其對無人機之管理及管制員之遴選等項目，進行參訪及意見交流，以做為我方後續對相關政策訂定或作業之借鏡。

貳、行程

一、行程

11月30日：搭乘長榮航空公司航班，由桃園國際機場至紐約甘迺迪機場。

12月1日：由紐約搭車至華盛頓特區。

12月2日至3日：參訪行程。

12月4日：由華盛頓特區返回紐約。

12月5日：搭乘長榮航空班機，由紐約甘乃迪機場返回桃園國際機場。

參、參訪主題：

一、 美國對無人飛行載具之法規規範及空域規劃：

雖然美國運用無人機於戰場上執行軍事任務，已是眾所周知，然而如何規範非軍事無人機於空域活動，以確保與其他航空器取得安全隔離，仍是一大考驗。訪美期間，**FAA** 人員表示近期將公布相關規範，而 **FAA** 在決定無人機決策前，曾設立無人機特別實驗空域，劃設一特定空域供無人機作業，另亦成立專案小組以蒐集相關資料，專案小組評估各項因素後，提交評估報告予 **FAA**，以為後續決策之參考。**FAA** 參考評估報告結果後，於 12 月 8 日發布無人機規範。我方取得其評估報告資料，因該評估報告之決策因素及過程十分詳盡，足供我方借鏡，爰將該評估報告內容略述如后。

(一) 評估報告背景：針對包含商業用途之小型無人機，其登記應要求項目，提出相關建議。

(二) 專案小組應達成之目標：專案小組成員包含航空業製造者、飛行協會、普通航空業製造業者，及小型無人機通路商等各類別之業者，**FAA** 要求該小組應達成下列目標：

1. 建立及建議無人機登記所需基本資料。
2. 建立及建議無人機登記程序。
3. 對於已完成登記之無人機，建立及建議識別方式。

為達成上述目標，專案小組需考量 14 項因素：

1. 如何建立識別個別無人機產品之方法？已售出之無人機是否均有個別製造號碼？對已售出且無個別製造號碼之無人機，是否有其他識別方法？

2. 登記程序應於何時完成(是否應為售出時點，或為無人機操作前)?當無人機之所有權移轉時，該如何與登記程序結合?
3. 若訂於售出時應登記，由何人提送登記資訊?若相關管理部門確立售出時應登記，賣方應被賦予何責任?採售出時完成登記或無人機操作完成登記，兩者效益之比較?
4. 為考量與過往慣例之一致性，登記制度是否應依無人機之性能或其他特質(安全風險、重量、速度、高度操作限制，及續航力)，將特定無人機排除於登記制度之外?
5. 如何設計登記程序，以使產業減少負擔、確保研發，及促進產業成長?
6. 登記應採電子化作業，或以網路作業?現有工具是否能達到前述要求?
7. 登記時應登記哪些資訊，以識別無人機之所有權人及無人機?
8. 如何儲存無人機登記資訊?何人可被授權進入資料庫取得資訊?該資料庫應如何運用?
9. 登記資料主要是用以約束登記者，於不當使用或造成安全事件時，登記者應擔負責任?若是，此資料對消費者之影響為何?該如何強制執行?
10. 此登記步驟是否應納入無人機之操作法規中?
11. 無人機登記時應收取費用?若採用售出時登記政策，該如何收取費用?費用之支付方式為何?
12. 登記制度對零售商、未來研發，及對經濟發展之影響?

13. 實施登記制度對政府、消費者、生產業，及登記者將產生成本，此成本是否遠超過航空安全效益？

14. 是否有強化無人機操作責任和安全職責的補充手段？

(三) 經由與各方產業與專家討論後，為免過份增加使用者之負擔，專案小組建議小型無人機之登記確立以下幾項原則：

1. 採取網頁或 APP 程式之電子登記方式。
2. 應讓無人機所有人立即取得電子登記認證及取得完整的個人登記號碼。
3. 在無人機開始操作前，應在機身標明登記號碼。

專案小組並建議 FAA 對於登記，應採不收取行政規費之方式，重量 250 公克以上之無人機應強制登記，完成登記程序之無人機方可操作，而登記者應在網頁或 APP 登記無人機所有人之姓名和住址，且登記者之年齡下限為 13 歲，完成登記者可取得一組登記號碼，使用者必須在操作無人機之前，將該組號碼標示於無人機上，無人機方可運作；該標示需位於無人機顯著位置以便辨識，且必須清晰可供目測。同時，專案小組建議登記程序，應包含相關之教育課程，以教育無人機操作者應具備之知識。

(四) 專案小組的評估決策介紹：由於是否要求無人機進行登記程序，不僅耗費行政資源，亦勢必對無人機所有者造成一定的負擔，另由於缺乏無人機間碰撞、引擎吸入無人機，或無人機對旋翼機造成影的相關數據，故專案小組排除無人機對噴射機或旋翼機之安全因素，僅以小型無人機對地

面人員之安全影響為主要考量要素，另專案小組對於無人機之相關安全議題進行分析，該安全議題包括無人機裝備性能、操作性能、尺寸、重量、速度、載重、滯空時間、操作者年齡，以及其他因素。由於無人機操作可能對地面人員之安危產生衝擊，故專案小組以其發生機率做為評估決策之主要因素，相關因素之評估公式介紹如下：

1. 速度：以 500 呎做為小型無人機之飛行高度，若其下墜時，應符合自由落體定律之速度，從而決定其飛行速度因素。

$$V = \sqrt{2 * g * h} = (2gh)^{\frac{1}{2}} = \left(2 * 9.81 \frac{m}{s^2} * 152m\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 54.6 \frac{m}{s} (\sim 122 \frac{mi}{hr})$$

2. 阻力係數與受風面積：無人機之速度除考量其若下墜之自由落體速度外，尚須考量無人機有效受風面積與阻力，為方便相關管理作業，專案小組強力建議在特定門檻以下之小型無人機不須強制登記，為定義此特定門檻，就需考量阻力、受風面積，以及空氣密度，其公式如下：

Drag coefficient: $C_d = 0.3$

Projected area: $S = 0.1m * 0.2m = 0.02m^2$

Air Density at Sea Level: $\rho = 1.225 \frac{kg}{m^3}$

3. 阻力：以海平面穩定氣候條件之前提下，計算阻力。

$$\text{Drag Force (m * g)} \quad F_D = \frac{1}{2} \rho S C_d V^2$$

$$\text{Drag Force (m * 9.81 \frac{m}{s^2})} = F_D = \frac{1}{2} * \left(1.225 \frac{kg}{m^3}\right) * (0.02m^2) * (0.3) * V^2$$

4. 動能：以焦耳公式計算無人機動能

$$KE = \frac{1}{2} m v^2$$

5. 依據 2012 年顧問公司所提之報告(該資料係引述英國國防部於 2010 年所做之研究)，當無人機之動能達 80 焦耳，其下墜若撞擊地面人員之頭部時，可能對該人員造成致命傷害的可能性為百分之三十。據以下公合理推演，可估算每個無人機飛行度引發致命事故之機率，以重量 250 公克的無人機來說，其終端速度達每秒 25 公尺(或每小時 57 哩，或每小時 50 哩)時，即可能於下墜時對地面人員造成致命傷害；再合併計算特地地區之人口密度，就可推算在特定區域活動時，若無人機失去控制時，可能對多少人員產生危害。
6. 無人機之事故風險機率：由上述公式可推出一架重量為 250 公克之無人機事故風險發生機率為 $4.7 * 10^{-7}$ ，較普通航空業的 $5 * 10^{-7}$ 為低，故專案小組建議對 250 公克以下之無人機，無需強制其登記，惟此處所指之 250 公克，係包含機身重量與所有裝載重量。

$$P_{event} = MTBF^{-1} * \left(\frac{S_{UAS}}{S_h} \right) * (n * \frac{S_h}{S_s}) * EF * P_l$$

S_{UAS} = Area of UAS,
 S_h = Area of human,
 S_s = Area of surface,
 n = Number of humans

$$P_{event} = \frac{S_{UAS} * \left(\frac{n}{S_s} \right) * EF * P_l}{MTBF}$$

Where:

$$\text{Population Density} = \frac{n}{S_s}$$

MTBF = mean time between failures (of the sUAS in hours).

Exposed fraction (EF) = fraction of people outdoors and directly exposed to the falling object at any one time.

MTBF = 100 hours

$$\text{Population Density} = 10,000 \frac{n}{mi^2} \sim 0.0039 \frac{n}{m^2}$$

$$S_{UAS} = 0.1 * 0.2 = 0.02 m^2 \text{ Note: as above}$$

$$EF = \text{Exposed Fraction} = 0.2$$

$$P_l = \text{Probability of Lethality} = 0.3$$

Then, the likelihood (or probability, P) of a catastrophic event can be estimated as:

$$P_{event} = \frac{0.02 * 0.0039 * 0.2 * 0.3}{100}$$

$P_{event} = 4.7 \times 10^{-8}$, or less than 1 ground fatality for every 20,000,000 flight hours of an sUAS

7. 小結：對於為何以 250 公克為強制登記與否的門檻，專案小組成員意見分歧，其中一項主張是，FAA 針對鳥擊對飛航安全之影響，已蒐集相關數據長達 25 年，事實證明在飛行高度為低高度時，平均 4 磅(約 1800 公克)之鳥類被引擎吸入而造成飛航事故的機率

十分低，由於此次專案小組在評估無人機之登記門檻時間較短，無法蒐集其若捲入低空飛行航空器引擎之影響，故先行建議以 250 公克為登記門檻，專案小組同時亦督促 FAA 應儘速於此領域加強研究，以適度調整政策。

(五) 登記程序：為了落實登記制度可達到”以機追人”以令操作人擔負實質責任之目的，並鼓勵無人機所有者踐行登記，登記程序應盡量簡化，故登記程序的 5 項討論重點如下：

1. 蒐集必要資訊：

(1) 無人機登記人資訊：專案小組主張登記人之姓名與住址是必要資訊，其他資訊如電郵信箱或電話號碼則非必要資訊。由於美國對個人資訊有相關法規保護，故專案小組建議不要求過多個人資訊。

(2) 無人機資訊：專案小組建議 FAA 建立所有者登記制而非操作者登記制，故登記人於踐行登記程序時，不須再提供無人機註冊號碼，但可選擇性提供製造商序號，以滿足標識之目的。

(3) 登記者應否為公民：為鼓勵無人機產業發展及恪遵登記制度，無人機登記應異於其他航空器之登記制度，即所有人不以具備公民身份者為限。

2. 登記之時點：不以銷售時點為主：囿於美國相關法規規定，航空器須向 FAA 登記後，方得操作，故不宜將銷售時點設為登記時點。但是若於銷售時登記，確實最利於無人機之登記管理，故專案小組也建議 FAA 在

此議題上繼續研議最適策略。

3. 登記之介面與應具備功能：
 - (1) 登記之介面應為網頁，**FAA** 應設立一在線登記系統，以便利登記作業。
 - (2) 線上登記系統除具備一般資料編輯功能外，還要開放登記者直接於該系統選擇列印登記證書影本之功能。
 - (3) 為加強無人機操作之安全，專案小組強烈建議登記系統應嵌入必要的教育知識，登記者讀取該知識後，方可完成登記程序。
 4. 登記費用收取議題：為鼓勵登記，專案小組主張不應收取登記規費，若實在必需收取時，亦應收取象徵性金額即可。
 5. 登記者之年齡限制議題：雖然專案小組亦知小型無人機的操作者可能小於 **13** 歲，然而，為與美國法規對兒童線上隱私保護之年齡規定一致，故要求登記者年齡須達 **13** 歲以上，**13** 歲以下之操作者，須由其家長或註冊者監護下，方可操作無人機。
- (六) 登記證書之頒發與登記之識別：專案小組應 **FAA** 之要求，對於登記相關之兩項議題，須提出建議，一為如何頒發登記認證，其二為如何經由登記制度識別無人機之所有者。
1. 登記證書之頒發：專案小組建議 **FAA** 應於登記人在網頁或 **APP** 程式完成登記程序後，可運用自行設定之帳號和密碼，在網頁或 **APP** 程式上列印 **PDF** 格式之登

記證書，若其要求 FAA 寄發登記證書，則 FAA 可收取合理的費用。

2. 登記之識別，此部分尚可區分為 2 項小議題：

(1) 識別之標的：由於登記之主要目的是建立無人機與所有者之間的聯結，故專案小組建議登記標識可採用登記號碼，或無人機製造號碼，前述兩者擇一標示於無人機即可。惟若同意所有人標示製造號碼，則在登記程序中，必須要求登記無人機製造號碼，方可建立所有人與無人機之連結。

(2) 識別之定義：專案小組建議已完成登記之無人機，應註記登記號碼或製造號碼(視上一點之決策而定)，其標誌應達目視可辨識之程度，至於其標示之位置，則以不須工具拆卸無人機，即可目視之位置為宜。

(七) 罰責與其執行：因美國現行對航空器未登記的罰責較重，專案小組建議應重新審視量罰額度，FAA 應循修改法規之程序，以使罰責符合比例原則。

二、 飛航管制員之訓練議題：

由於航空領域科技不斷推陳出新，使得空域空間得以再壓縮，以取得更大之運用空間，在科技進步之同時，更重要的是科技如何輔助人員、人員如何運用科技，兩者間充分結合，方能取得實質效益。美國深知次世代航管自動化系統(NextGen)欲成功推動，必然與航管訓練息息相關，因而在訓練飛航管制員方面，就以下面向探討相關議題：

(一) 現行訓練模式面臨的難題：

1. 訓練成本高、訓練效率低，及過多訓練人力需求。
2. 訓練是否採取最先進之科技。
3. 訓練成果的考核是否主觀、而非標準化。
4. 訓練品質的缺乏一致性。

(二) 為了解決傳統訓練的困境，FAA 委託獨立審查小組評估飛航管制員之訓練，該審查小組針對「改善訓練流程」、「結合最新科技」、「改進訓練平臺」等面向，提出近 50 項建議，以提高訓練效率與品質，故其建置套訓練系統來達到訓練成效之目的，略述幾項重點如下：

1. 操作訓練系統需求：
 - (1) 訓練系統在操作方面，應具備標準化、一致性，且隨時可進行訓練操作等特性。
 - (2) 當以人工評估學習成效時，難免會有主觀意見，新一代訓練系統，除應可得知受訓者反饋意見外，對練成效之評估亦應有一致標準。
 - (3) 訓練系統應與新課程易於結合。
2. 提供受訓者自主學習功能
 - (1) 可獨立學習，不須其他人力支援，學員可自行在系統上操作、進行訓練，不需教官配合其訓練時段。
 - (2) 受訓者自己訂學習進度，可循序漸進，亦可在同一訓練難度之題組中選擇欲學習的項目。



圖 3.1 學員自行在訓練系統操作，學習基礎知識

3. 訓練內容

- (1) 智能訓練系統，得以減少人力資源投入。
- (2) 系統提供訓練者與受訓者互動功能，由系統給予受訓者指示。
- (3) 傳送具彈性的課程，使受訓者獲得水平一致的課程。



圖 3.2 階層式學習系統，學員依其進度學習

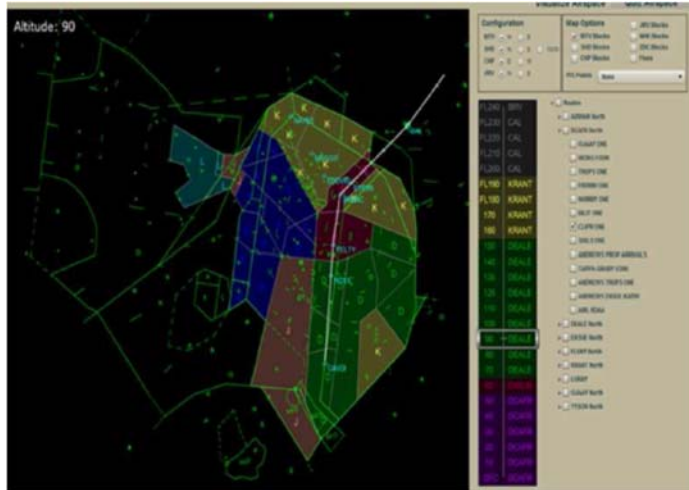


圖 3.3 圖像式學習，將空域結構以實際圖像呈現，利於學習

(三) 為滿足未來訓練系統之需求，FAA 委託顧問公司開發新訓練系統，審查小組建議開發新航管訓練系統，且應具備以下功能：

1. 具高擬真度與互動性之模擬訓練系統。
2. 結合語音識別功能。
3. 將遊戲科技中有關記憶、技能發展的功能，運用於訓練系統中。
4. 訓練系統可自動進行績效評估，且該評估具標準化功能。
5. 能自動在受訓者頒發許可後，及時給予回饋和教導正確做法。
6. 訓練機具多層次學習架構，可依受訓者程度選擇學習層級。

(四) 新一代訓練系統可獲致的益處：

1. 減少訓練時間。

2. 減少人力資源之投入。
3. 增進訓練靈活性。
4. 保留訓練紀錄。
5. 提高技能發展與操作理解度。

(五) 本次得以參觀該訓練系統，此套系統採電腦操作介面，受訓者須用其專屬之代號與密碼進入訓練系統，受訓者每次訓練，皆會留下訓練時數、評估結果等資料，該系統可分階段學習，受訓者完成初階訓練且評估合格後，方得進入下一階段學習，例如完成空域結構評估後，方可進入引導航機階段。該學習方式異於以往以文字學習為主，改採圖像式結合情境狀況，來測試受訓者面對不同情境之決斷，是否在引導航機之過程，亦符合規範要求。由於系統採語音互動功能，受訓者可依其時間自行學習，不須其他訓練教官配合，十分精簡人力，而系統接收受訓者口語指令後，航機會配合語音指示調整速度、航向或高度，是十分先進的互動學習系統。若此一學習模式成為航管訓練的主流方式，使新進之飛航管制員先在訓練系統確認具備應有之航管相關知識，並在訓練系統模擬引導航機，改進引導航機技能，俟進入管制室管制航機時，應較具基礎概念。

肆、心得與建議

一、由於無人飛行載具是新興之航空器，其用途甚廣，小至個人娛樂，大至軍事用途，確實難以界訂其定位，故各國對其管理，尚無明確而一致的標準，因國際民航組織向來只訂立原則性規範，故本次前往美國瞭解其對無人機是否有具體管理做法。本次獲知 **FAA** 決定無人機登記門檻之評估方法，其採科學化方式計算無人機對地面人員造成傷害之可能性、運用人口密度計算可能造成之危害程度，與現行其他航空器之風險比較後，取得一可接受之風險指數，對於其採科學化數據來說服大眾，感到十分佩服。雖然每一飛航情報區之空域結構及航情結構均不同，**FAA** 所採方案未必適用於本區，然而 **FAA** 在訂立此登記門檻的過程，仍有以下值得我方學習之處：

- (一)其委託專案小組評估登記門檻，專案小組納入各方利益團體，可在決策過程中，充分採納及協調各方意見，由於其並非以官方主導決策之做成，雖然決策不可能滿足各團體之需求，然亦不易落入「未採納民間團體意見」之口實。
- (二)美國與我國法規有諸多不同之處，以登記者年齡限制而言，專案小組係參採其兒童使用網路隱私保護法規之年齡限制，爾後我方若因業管業務而須訂定法規時，可比照此做法，由專責人員或聘法律專家，搜尋本國法規是否有相關者，以避免訂定規章時，與其他法規互有扞格。
- (三)由 **FAA** 近日公布之無人機登記制度可知，其對無人機並非採”掌控或管制”之手段來管理，無人機雖為航空器，但實無充足人力對其加以管制或取締，此狀況在我國及其他國家均同，故無人機登記制度雖無法遏止刻意違法的操作者，但採取登記制度可事後究責，

再輔以重罰，應是當前科技條件下，較有效之管理手段。

二、有關飛航管制員之訓練方式，各國均在研議新的訓練方式，此次參訪美方所見到之訓練系統已融入人工智能功能，可實境模擬管制作業線上狀況，若可廣泛推行，將可大量減少投注在訓練之人力，惟不論我方是否採購類似系統，我國均有以下問題可思考：

- (一) 可參考與我國情形相近之福岡飛航情報區做法，其自行建置訓練系統，該系統與我方模擬機操作方式較為類似，均需由一位人員操作指令，另一人員擔任教官，惟其操作人員及教官均由固定人員擔任，故其可將評估學員之誤差值縮小。我方因航管人力有限，而航行量持續增長，致短期內無充足人力，可任航訓所模擬機訓練之專責教官，日方延攬部分退休人員協助模擬機訓練業務，我方亦可比照辦理，惟對退休人員需更多的篩選機制，並確保其熟知單位空域結構之最新變化，以提供最正確觀念予學員。
- (二) 運用模擬機訓練雖可建立學員初步概念，使學員運用模擬機之學習機會增進管制技能，惟管制作業面臨之狀況層出不窮，非僅靠模擬機可涵蓋所有情境，故未來即便運用智能化之訓練系統，實務在職訓練之重要度，仍無法被完全取代，故對於飛航管制員訓練之相關改進作為，仍應持續進行。