

出國報告（出國類別：實習）

航空產品適航驗證訓練
出國報告書

服務機關：民用航空局

姓名職稱：陳守義/約聘檢查員

派赴國家：荷蘭

出國期間：108年5月18日 – 5月23日

報告日期：108年7月16日

目 錄

	<u>頁次</u>
壹、目的 -----	2
貳、過程-----	3
參、訓練內容摘要 -----	4
肆、心得與建議 -----	28

壹、目的

本次課程係歐洲航空安全署訓練中心(Joint Aviation Authority- Training Organization (JAA-TO))主辦，於荷蘭阿姆斯特丹 JAA-TO 舉行。

課程主要目的在介紹歐盟無人機檢驗之政策、無人機及無人直昇機檢驗之適航標準、控制裝備、偵測及避讓裝備以及歐盟特殊規定，為配合我國無人機管理規則之發佈及檢驗符合性方法之規劃，故派遣本組檢查員參加旨述課程。

貳、過程

一、本次行程安排如下：

5 月	5 月	5 月
18~19 日	20~21 日	22~23 日
桃園－阿姆斯特丹	上課	阿姆斯特丹-桃園

二、訓練課程大綱：

May/20/2019

Day1

1. 課程介紹(Course Introduction and Objectives)
2. 無人機驗證流程概述(Overview of Certification Process for UAS)
3. International standards for putting small UAS on the EU market
4. 課堂練習: Applicable conformity assessment process
5. Certification process for RPAS
6. AMC-RPAS 1309
7. EASA 垂直起降特殊規定(EASA Special Condition SC-VTOL 01)
8. 課堂練習: 解釋特殊規定(Explain Special Conditions)

May/21/2015

Day 2

9. 驗證規定-輕型無人旋翼機(CS-LURS)
10. 驗證規定-輕型無人機(CS-LUAS)
11. 課堂練習: 建立驗證基礎(Build for certification)

basis)

12. Equipment for RPAS under IFR、DAA

13. Equipment for small UAS

參、訓練內容摘要

一、課程介紹(Course Introduction and Objectives)

課程由 EuroUSC 的 CEO，Marco Ducci 博士負責講授，課程涵蓋遙控無人機申請、檢驗基礎(certification basis)、符合性方式(Demonstration of Compliance)、核發證書。

歐盟目前檢驗程序尚未確定，但還是可以引用一些暫行檢驗規定(Certification Specification)、特殊規定(Special Condition)以及系統安全評估(System Safety Assessment)來執行檢驗。

目前歐盟發佈的遙控無人機檢驗標準有:

- CS-LURS(Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft)
- CS-LUAS(Certification Specification for Light Aeroplane)
- AMC UAS-1309

本課程假設參訓人員都有無人機基本知識、專業及操作，在歐盟系統需檢驗之無人機必需要經過初始及持續適航的程序，檢驗及發證不光針對載具本身，同時也針對無人機的系統。課程的主軸就是了解主要的檢驗過程、

檢驗標準、儀器飛行(IFR)所需之裝備。

本次參訓學員分別來自歐盟民航主管機關、德國、奧地利、西班牙以及東歐喬治亞等。

二、無人機驗證流程概述(Overview of Certification Process for UAS)

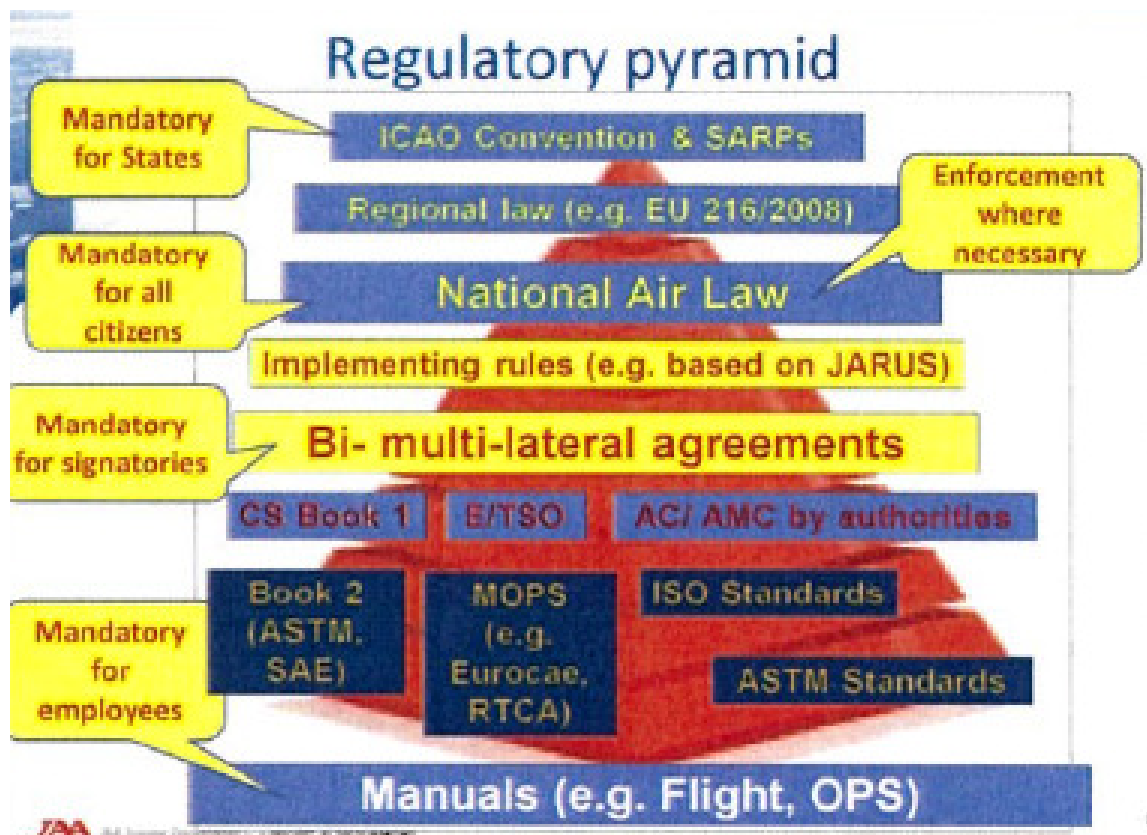
本課程單元在解釋風險及性能為導向之處理，說明在歐盟內 3 個操作類別無人機的檢驗獲認可的過程。

目前不管 FAA 或 EASA 都依賴自願性的工業標準作為法規的一部分，如 ASTM、EUROCAE、ISO、SAE 等，這些規定都不是綁死的，但一旦被使用，就可以當成可接受的符合性方式(Acceptable Means of Compliance, AMC)。當以性能基礎為導向發展一個新的或取代性規定時，執行規定的內容需限定於：

- 安全的議題
- 角色、程序、責任與義務
- 適用性
- 有效期
- 性能基礎和風險基礎
- “hook” for 非規定式的標準 (non-prescriptive standards)

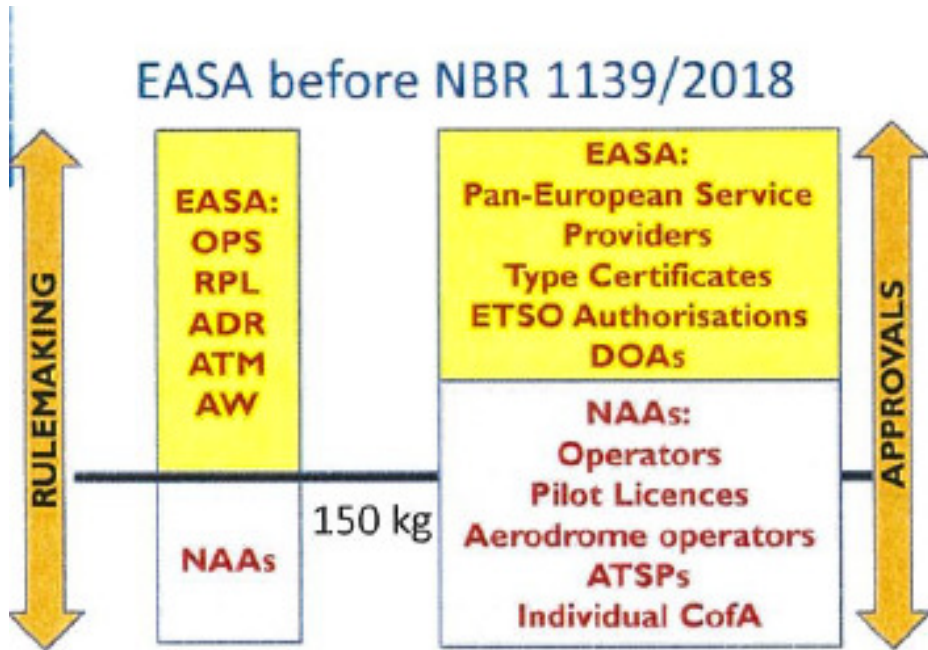
性能基礎法規架構分為 3 層：

- 第 1 層:以政治為目的包含飛安、保安、隱私及資料保護、環境
- 第 2 層:民航主管機關訂定飛安目標、性能要求等級、行政程序、責任及義務
- 第 3 層:制定標準的單位提供方法以達到目標及性能等級



目前 EUROCAE 尚未發佈任何遙控無人非機系統或 25 公斤以下無人飛機系統的最低操作性能標準(Minimum Operation Performance Specification, MOPS), 無線電協會(RTCA)目前有 C2 link 以及空對空雷達的 MOPS, ISO 前無 MOPS 相關規定, 但正在發展產品及維護、操作及服務、人員訓練的相關標準, 最完整的是 ASTM F38 委員會制定的小型 UAS 相關規定。

EASA 及其各國民航主管機關自 2018 年前、後對無人飛機分工如下圖所示:



其最大之差異是將 150 公斤的限制拿掉，EASA 底下民航局將不再制定相關規定，型式檢驗、製造許可及 ETSO 都由 EASA 負責，各國民航局授權給特定業者人員操作證，空域及適航證書。

歐盟對無人飛機的定義是任何飛機沒有飛行員在飛機上操控(unmanned aircraft means any aircraft operated or designed to be operated without a pilot on board)，包含 RPAS 及 autonomous UAS，重點來了，乘客在飛機上並未被排除。

目前歐盟 UAS 草案中針對聯合檢驗及監理部分有 5 條如下表所示:

Art.	EASA NBR 1139/2018 - Chapter IV
64	Possible delegation of safety oversight tasks from States to EASA or to other Member States
65.1	Possible election of EASA as competent authority by multinational organisations (e.g. Airbus)
67.1	Declarations, certificates and authorisations immediately valid and recognised in all Member States, without further requirements or evaluation
69	Qualified Entities (ref. Module 4.2)
74	Common repository of declarations, certificates and authorisations

草案畢竟是草案，委託安全監理部分不管是 EASA 對各民航局委託或民航局對民航局委託都是"possible 可能”，在歐盟 UAS 法規草案下 EASA 有以下工作需要執行:

Art.	EASA NBR 1139/2018 - Chapter V
76	Rulemaking for civil drones of any mass
77	Type Certification and environmental certification of UAS (certified category)
82	Authorisations to non-EU UAS operators (specific and certified category)
85	Inspection of national CAAs
88	Security (ref. Module 2.2)
97.3	Non-contractual liability

其主要部分還是針對檢驗程序及標準之制定、檢查民航主管機關等。EU 國家在 2002~2018 針對 UAS 操作法規缺少以下部分:

- 缺少對 UAS 之安全評估

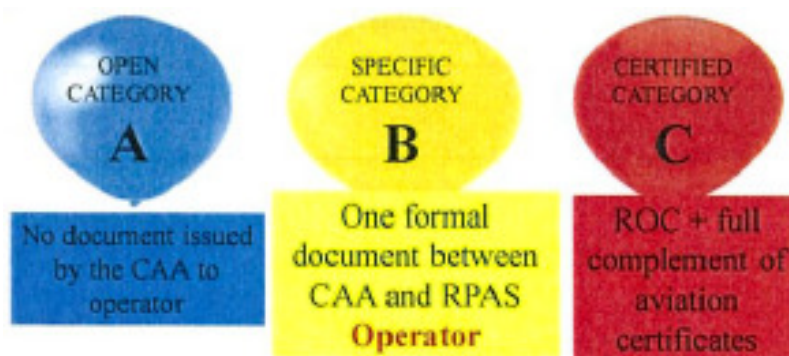
- 缺少適航證書中針對操作之限制
- 缺少責任、義務及操作限制的建立，沒有適航證、沒有檢驗合格證、沒有操作證或營運證
- 操作僅限於 500 呎以下
- 比例原則通常基於以下 4 要素：
 1. 重量或複雜度
 2. 操作的臨界
 3. 人口密度
 4. 空域特性

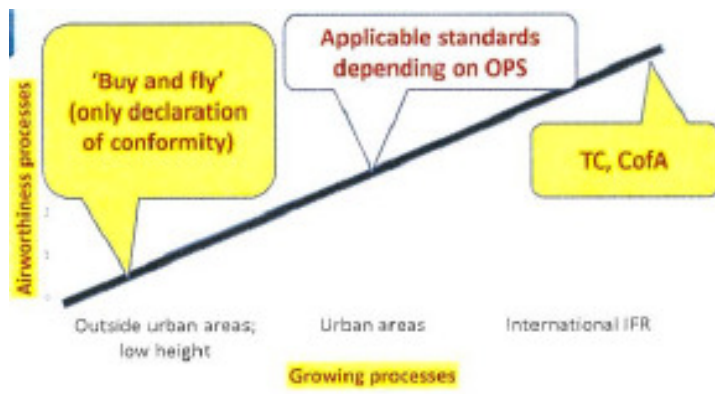
歐盟空域有已下劃分：

- 開放(Open)、特定(Specific)、檢定(certified)
- 開放空域裡又細分為 A1、A2 及 A3
- 無人機則有 5 個等級(C0~C4)

4 個規定的程序

- 註冊及電子標示
- 聲明或在特定類別的授權
- 檢定
- 進入空域的程序
- 自願性輕型無人機操作證書

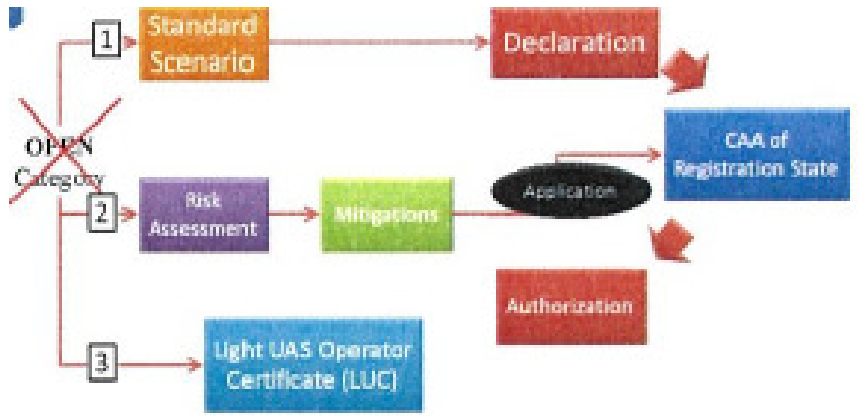




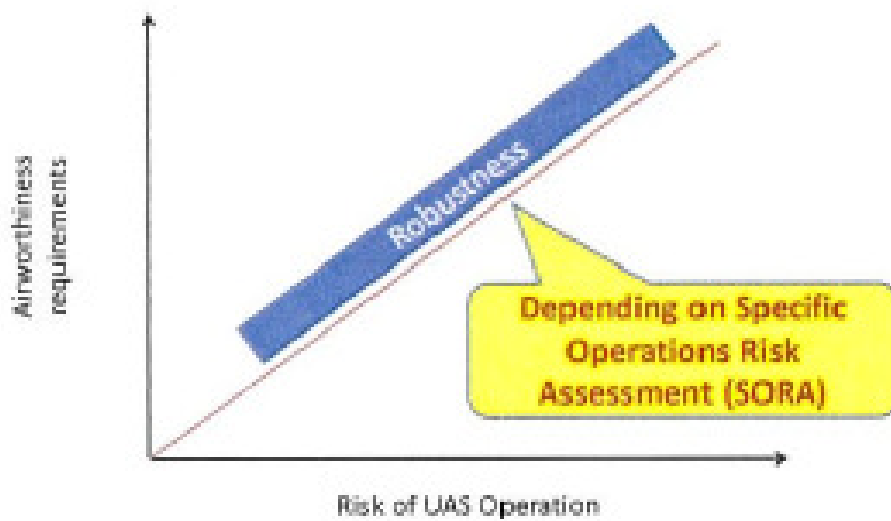
EASA UAS 執行規定

也就是說，城市外操作 UAS 的適航程序較簡化，至於飛到城市或要以儀器飛行(IFR)的適航程序就趨於嚴格，以 IFR 飛國際航路的 UAS 需取得行別檢定證(TC)及適航證書(CoA)。

要飛在開放空域的無人機只要靠市場的監理機制，特定區域則以風險基礎為導向的檢定，需檢定的區域則要看 EASA 的政策。



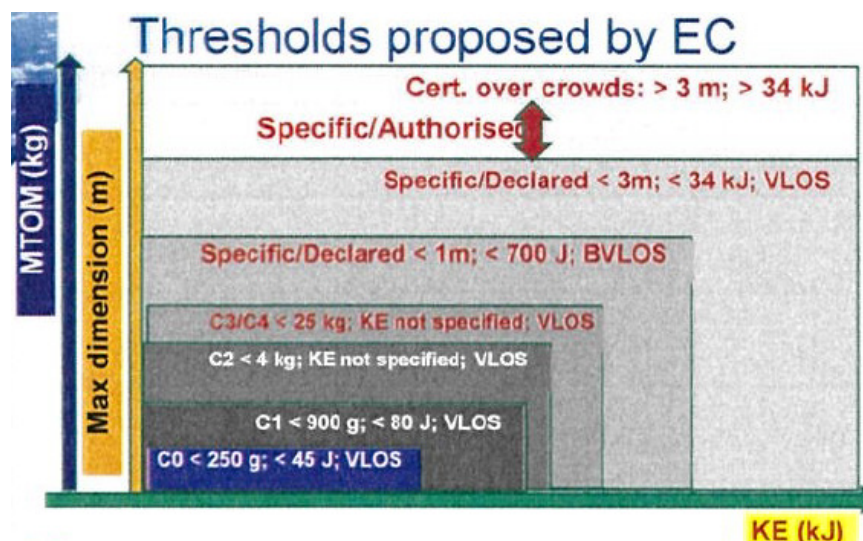
特定類檢定程序



特定類適航之要求

至於需要型別檢定的無人機檢定程序則跟一般航空產品一樣，當然，無人機不可能完全符合特定的適航標準如 CS-23 或 CS-27 等，這時就在操作證裡給于相關之性能限制。

EASA 定義尺寸超過 3 公尺或動能超過 34KJ，需飛越人群、運送人員、載運危險物品的無人機就需要型別檢定，但農業用的不需要(中國大陸也是有類似規定)。

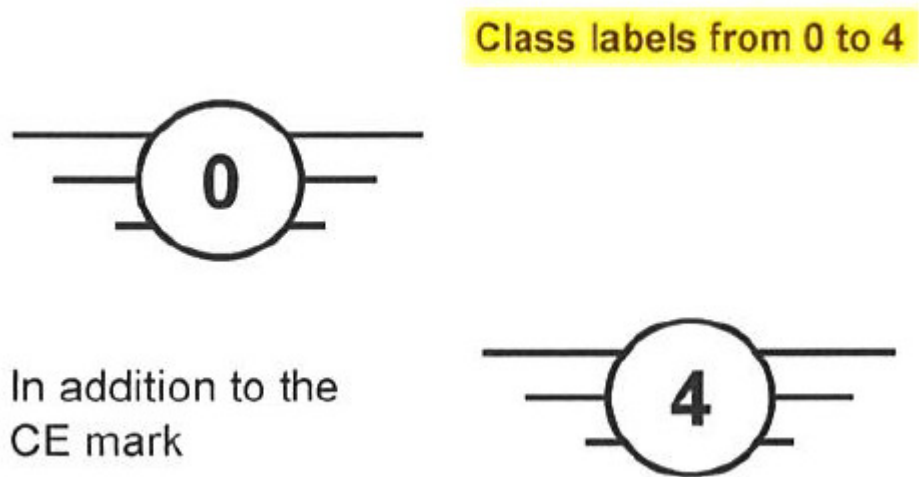


三、 International standards for putting small UAS on the EU market

該部份是在介紹 5 個在開放空域使用之無人機等級，解釋為何 C4 等級的迫切性沒有 C0/C1 等級高，同時說明等級及操作之差異。

C0 等級: 根據歐盟指令 2008/48/EC 之規定，玩具亦適用

- 最大起飛重量小於 250g
- 最大飛行速度 19m/s
- 最大操控距離為 120 公尺
- 設計要求無人機操作時不可傷害到人(如尖銳邊)
- 以電作為動力不可超過 24V
- 若有"follow-me"模式，操控距離不可超過 50 公尺
- 必須提供操作手冊，以及 EASA 相關之限制



等級標籤

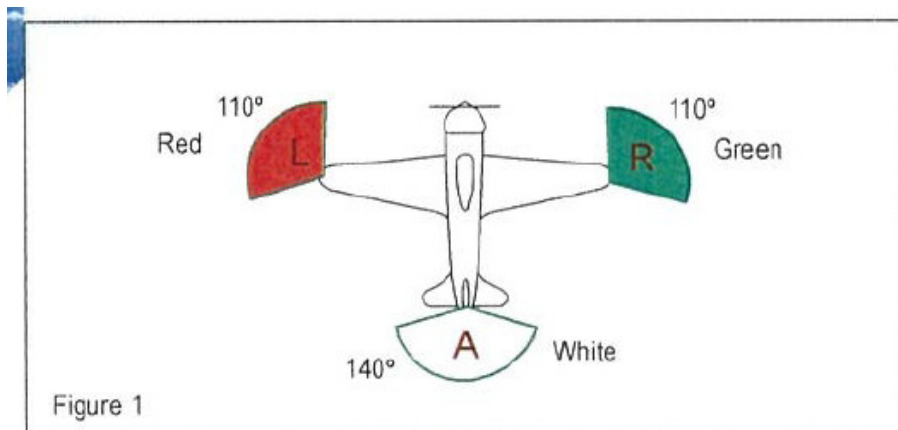
C1 等級:

- 假如撞到路人頭部傳遞之能量小於 80J
- 最大起飛重量小於 900g
- 最大飛行速度 19m/s

- 最大飛行高度為 120 公尺
- 要能夠安全飛行
- 依據製造者的手冊操作無人機
- 機械性能強度與氣動彈性的穩定度
- 設計要求無人機操作時不可傷害到人(如尖銳邊)
- 假如失去 C2 連結，無人機要有回復或中止飛行之功能
- 噪音不可超過 60 db(A)
- 以電作為動力不可超過 24V
- 要有電子標籤
- 要裝置電子圍籬(geo-awareness system)
- 燈光不可與有人機的導航燈混淆
- 要有無人機或操控系統電力過低顯示或警告
- 若有”follow-me”模式，操控距離不可超過 50 公尺
- 必須提供操作手冊，以及 EASA 相關之限制

C2 等級:

- 最大起飛重量小於 4kg
- 最大飛行高度為 120 公尺
- 要能夠安全飛行
- 依據製造者的手冊操作無人機
- 機械性能強度與氣動彈性的穩定度
- 設計要求無人機操作時不可傷害到人(如尖銳邊)
- 假如失去 C2 連結，無人機要有回復或中止飛行之功能
- C2 連結功能要有保護不受外部不當之連結



典型的航行燈

C3 等級:

除最大起飛重量小於 25kg 外，其他規定與 C2 一樣。

C4 等級:

- 最大起飛重量小於 25kg
- 要能夠安全飛行
- 不可有全自動功能
- 使用飛行手冊
- 必須提供 EASA 相關之限制

C0~C4 等級下還有次分類，如飛越人群、在市區接近人群或遠離人群等:

Subcategory of UAS operations	Where to fly	Eligible UA Classes
Illegal in open category	Over crowds	Any... but in specific or certified category
A1	Over people (urban areas)	<ul style="list-style-type: none"> Privately built C0 or C1
A2	Close to people (urban areas)	C0, C1 or C2
A3	Far from people (country side)	<ul style="list-style-type: none"> C0, C1 or C2 C3 or C4 Privately built
Model aircraft	In the frame of Clubs	<ul style="list-style-type: none"> No requirements >25 kg

歐盟的規定 765/2008 對以上等級的無人機需有一套市場評斷機制以確保公眾之利益及安全，這個架構式可以由第三公正單位來執行而非 EASA。這套規定最大之目的是保護大眾，而非無人機操作人。

Class	Module	Method
C0	A,	<ul style="list-style-type: none"> A (Internal production control): manufacturer fulfils its obligations and ensures and declares on his sole responsibility that the products ... B (EU-type examination): notified body examines technical design and verifies and attests conformity C (Conformity to type) based on internal production control by manufacturer H: manufacturer operates approved quality system for design, manufacture, final inspection and testing
C1	B + C, or H	
C2	B + C, or H	
C3	(not A)	
C4	A, B + C, or H	

符合性評估

四、 課堂練習: Applicable conformity assessment process

該項練習是以市場上販售的無人機，用符合性評估來確認無人機歸屬之等級。

五、 無人機檢定(Certification process for RPAS)

該主題是在說明 FAA 及 EASA 對需檢定無人機之驗證過程及特定之程序，指出哪些標準適用來發展無人機以及特殊規定。



一般的檢定流程

根據 FAA 的規定，FAA 是可以特別類別飛機檢定的方式來執行無人機檢定，並發給限制類型別檢定證(Restricted Category Type Certificate)，同時發給特殊飛行許可(Special Flight Permit)讓其飛行。

歐盟則建議(就是還沒有規定)建立一套技術規定讓無人機可以安全的操作，根據 ICAO 第 8 號附約來建立無人機的檢定規定。在未來，在相關

規定中訂定適航檢定程序，同時需要合格的設計核准組織(DOA)、製造核准組織(POA)來參與無人機的設計與製造。

歐盟目前對無人機檢驗的是標準有對旋翼機的 Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft Systems (CS-LURS)及對固定翼的 Certification Specification for Light Unmanned Systems (CS-UAS)，未來會以單一的 CS-UAS 取代目前的 Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft Systems (CS-LURS)及 Certification Specification for Light Unmanned Systems (CS-UAS)。

國際民航組織 ICAO 針對第 8 號的附約目前正研議無人機的部分，我國參加的「亞太地區無人機檢定工作小組會議」其一部份之目的就是要對 ICAO 作出建議，今年 ICAO 大會上就會討論但不會有結論。目前研議的部分分別有固定翼及旋翼無人機規定，同時在第 6 號附約也會訂持續適航相關規定。預計在 2024 年會生效。

ICAO 研議之無人規定是不可帶人及危險物品，因此：

- 不需決定無人機之存活性
- 不需考慮失壓
- 不需考慮無人機之乘載人員空間
- 不需考慮無人機之座艙耐燃性

因為不載人，因此無人機設計不以駕駛員為中心，所有考慮組員跟乘員的參考資料均移除，客艙安全及適隆性只考慮地上人員的安全。

ICAO 是規定飛航於國際航路的飛行器，因此，對於在自己國家境內飛行之無人機變由各個民航主管機關自己訂定規定管理。

歐盟目前無人機檢定係以 Certification Specification (CS)(如 CS-23、CS-27 等)加上 14 個特殊規定(Special Condition, SC)來執行檢定, SC 舉列如下:

- SC-RPAS1309-01 小型無人機裝備及系統之安裝
- SC-RPAS101-01 電子裝備失效偵測與隔離
- SC-RPAS 102-01 地面控制站電器裝備
- 另外還有如飛行控制、通信、導航、緊急回復能力等

Applicability SCs for design safety assessment of UAS

Rotorcraft and fixed-wing aeroplanes

Aircraft	CS 23 Level	Pax on board	Special Condition
Rotorcraft MTOM <600 kg	N.A.	NO	SC-RPAS.1309-01
Rotorcraft MTOM >600 kg	N.A.	NO	Undefined
Aeroplane MTOM < 750 kg	1 or 2	NO	SC-RPAS.1309-01
Aeroplane MTOM > 750 kg	3	NO	SC-RPAS.1309-03
Aeroplane MTOM > 750 kg	4	NO	Undefined
Passenger carrying small VTOL MTOM < 2000 kg	1 or 2	YES	SC-VTOL-01

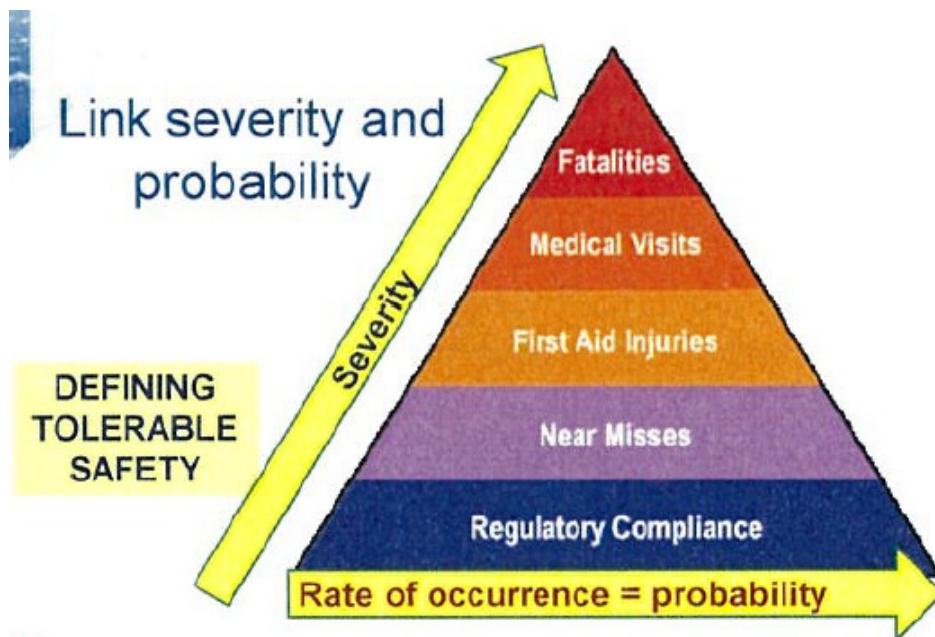
不同等級無人機適用之特殊規定

六、 AMC-RPAS 1309

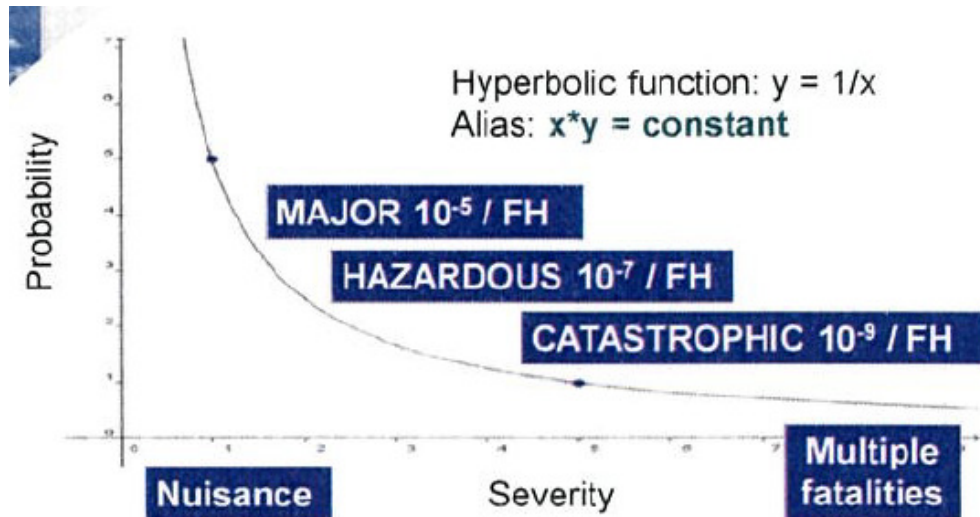
該部份係討論無人機的系統安全評估, 也就是可能性(probability)、嚴重性(severity)及風險(risk), 討論嚴重性分類, 同時列出不同等級無人機對應的 1309。



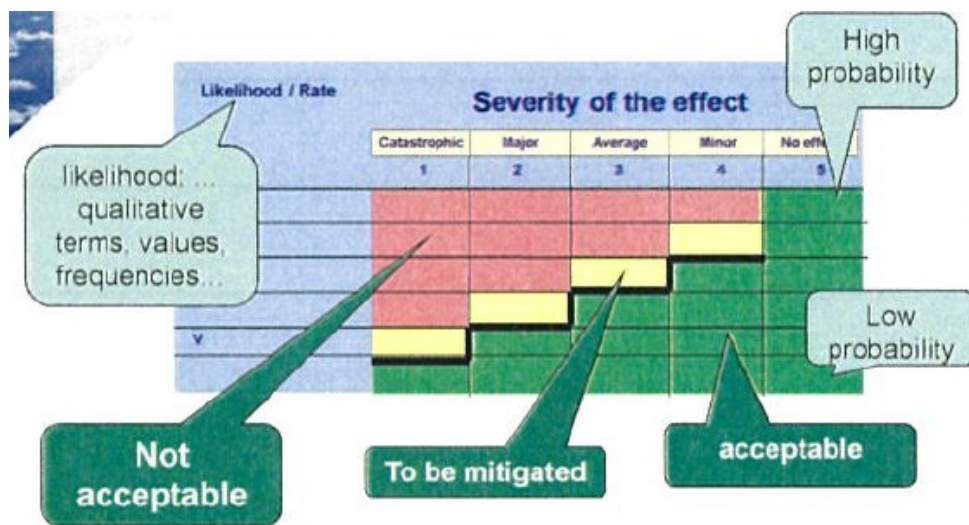
風險評估



可容忍之風險程度



可能性與嚴重性相對關係



Risk Matrix

如何降低風險呢?

- 降低可能性(如建置備份系統、軟體設計保證、維護計畫等)
- 降低嚴重性(如緊急系統:滅火裝備)
- 在設計時執行系統安全評估

不管是 JARUS AMC-RPAS.1309 或 EASA CS-25.1309 (a)都是在規定航空器設計時針對安裝於飛機上裝備系統安全評估之規定。

Severity	Description
Catastrophic	Multiple deaths (three and more) and aircraft destroyed (hull loss)
Hazardous	Large reduction of safety margins Maximum two fatalities or serious injury Major damage to aircraft
Major	Significant reduction of safety margins Serious incident Injury of persons
Minor	Operating limitations Use of contingency or emergency procedures
Negligible	Little consequences

傳統航空器嚴重程度之分類

		Severity				
		Catastr.	Hazardous	Major	Minor	No effect
		Accid.	Incidents			Occurrence
Probab.	Qual.	Extr. Improb.	Extremely remote	Remote	Prob.	No requir.
	DAL	B	C	C	D	No DAL
	Quant	10⁻⁶	10⁻⁵	<10⁻⁴	<10⁻³	//

The allowable quantitative probability relies on the assumption that the total number of potentially catastrophic failure conditions for the product is in the order of magnitude of 10. Early concurrence with the Agency is required if this assumption is not valid on a specific project

SC-RPAS 1309-01 規定的 可能性(Probability)

SC-RPAS 1309-01 是考慮到操作性，申請人在建立飛機及系統功能風險評估時申請人必須證明以操作為考量的失效狀況。緊急的回復能力也許可以做為降低危害等級之方法，當使用回復能力也許做為降低危害等級之方法時，必須執行安全分析以證明性能程度，緊急墜落的地點選擇也可以當成降低高度危險性的情況，但必須證明該項選擇不會造成不可接受之風險。

		Severity				
		Catastr.	Hazardous	Major	Minor	No safety effect
		Accid.	Incidents			Occurrence
	Serious	Major	Minor			
Probability	Qual.	Extr. Improb.	Extremely remote	Remote	Prob.	No requir.
	Quant.	10^{-9}	10^{-7}	10^{-5}	10^{-3}	//

EASA CS-25-1309 規定之安全標的
(適用於 5700kg 以上之飛機)

		Severity				
		Catastr.	Hazardous	Major	Minor	No effect
		Accid.	Incidents			Occurrence
	Serious	Major	Minor			
Probab.	Qual.	Extr. Improb.	Extremely remote	Remote	Prob.	No requir.
	DAL	A	B	C	D	No DAL
	Quant	10^{-8}	10^{-6}	$<10^{-4}$	$<10^{-3}$	//

The allowable quantitative probability relies on the assumption that the total number of potentially catastrophic failure conditions for the product is in the order of magnitude of 10. Early concurrence with the Agency is required if this assumption is not valid on a specific project

SC-RPAS 1309 -03 規定的可能性(Probabilities)

七、 EASA 垂直起降無人機特殊規定(EASA Special Condition SC-VTOL-01)

該部份細討論垂直起降無人機特殊規定，同時列舉與 CS-23(5700 公斤以下飛機適航標準)規定之差異，同時說明失效之可能性(Probabilities)及安全目標。

SC-VTOL-01 規定最大起飛重量小於 2000 公斤以下可戴人垂直起降無人機之技術規定，該分規定是要給空中計程車作為檢定使用。該規定係以 CS-23 為基礎，最大乘載人員 5 人，同時也可以有駕駛在飛機上或者遙控或某種程度之自動駕駛。

SC-VTOL-01 規定之架構就和一般的 CS 一樣，涵蓋飛行、結構、設計及建造、推進系統安裝、系統與裝備以及飛行組員介面等。

Small VTOL category	Max pax (non CAT)	Severity			
		Catastr.	Hazardous	Major	Minor
		Accid.	Incidents		
		Serious	Major	Minor	
Enhanced	N.A.	$<10^{-9}$ A	$<10^{-7}$ B	$<10^{-5}$ C	$<10^{-3}$ D
Basic	4-5	$<10^{-8}$ B	$<10^{-7}$ C	$<10^{-5}$ C	$<10^{-3}$ D
	2-3	$<10^{-7}$ C	$<10^{-6}$ C	$<10^{-5}$ C	$<10^{-3}$ D
	0-1	$<10^{-6}$ C	$<10^{-5}$ D	$<10^{-4}$ D	$<10^{-3}$ D

SC-VTOL-01 規定之可能性(Probabilities)

Max tolerable design probability	Aircraft
$<10^{-9}$	Small VTOL enhanced category (CAT) Large manned fixed wing aeroplanes
$<10^{-8}$	Unmanned Aeroplane MTOM >750 kg (KE comparable to CS-23 level 3) no pax Small VTOL enhanced category (max 5 pax)
$<10^{-7}$	Small VTOL enhanced category (max 3 pax)
$<10^{-6}$	Rotorcraft MTOM <600 kg (no pax) Aeroplane MTOM < 750 kg (no pax) Small VTOL enhanced category (max 1 pax)
$<10^{-5}$ or higher	Not applicable in the certified category

SC-VTOL-01 規定之安全指標

八、 驗證規定-輕型無人旋翼機(CS-LURS)

該部份討論與 FAA FAR 及 EASA CS 之差異，同時說明其規定之內容。目前該份規定我國已經引用且正做為無人旋翼機檢驗之規定。該份該定涵蓋：

- Subpart A 通則
- Subpart B 飛行
- Subpart C 強度要求
- Subpart D 設計及建造
- Subpart E 發動機
- Subpart F 裝備
- Subpart G 操作限制及相關訊息
- Subpart H 保留給偵測與避讓
- Subpart I 控制站

該份有些重點如緊急回復之能力以避免系統失效時危害到第 3 者，需要緊急應變萬一通訊連結失效，以及要求重要系統須有一定程度之安全標準。

一個控制站規定只能操控一架旋翼機，當然不是每架飛機都能符合適航標準，無法符合之部份可以在操作證中加註限制，歐盟係以 SORA 評估作為特定機型篩選適用之檢驗標準之條文，對於不是用之部分則以加註在操作限制部分於以排除。

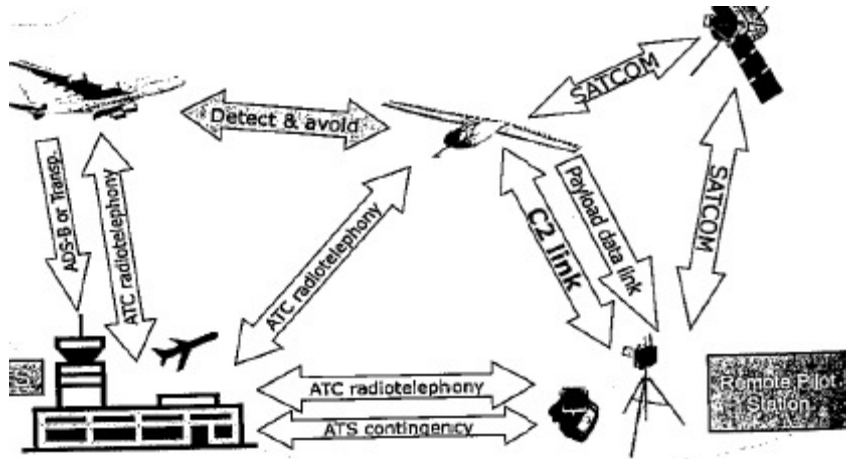
九、 驗證規定-輕型無人機(CS-LUAS)

CS-LUAS 架構與 CS-LURS 一樣，一個控制站規定只能操控一架無人機，如果是視距內飛行就不需安裝避讓系統，就算不在人群上頭飛，簡單的回復系統還是需要的。

CS-LUAS、CS-LURS 與 CS-UAS 最大差異是 CS-LUAS 及 CS-LURS 是用於最大起飛重量 750 公斤無人機，而 CS-UAS 最大起飛重量為 8618 公斤。

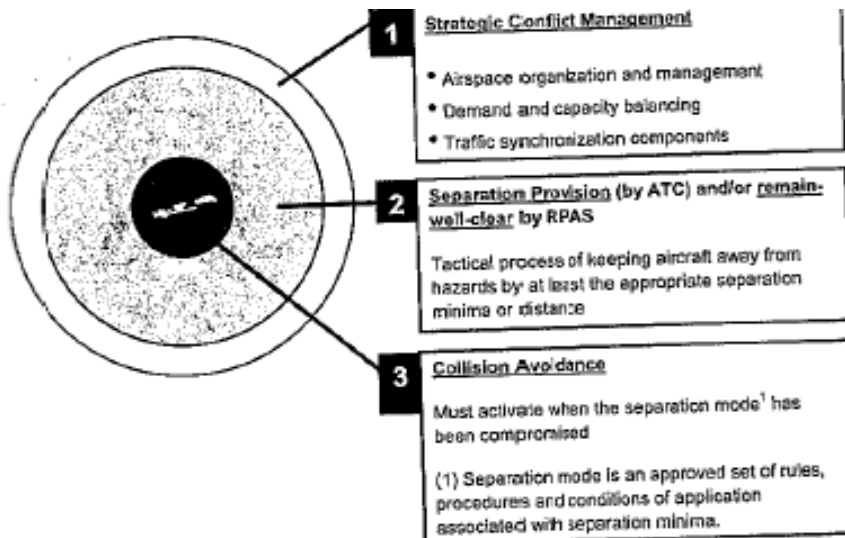
十、 Equipment for RPAS under IFR、DAA

其實目前在講偵測與避讓 Detected and Avoid(DAA)都是以有人機的觀念在設計，ICAO 對 DAA 之規定尚在研議，DAA 的 3 個主軸就是看得到、聽得到(To hear)及接觸的到(To touch)(To see)，ICAO 第 2 號附約對 DAA 就有定義，DAA 的目的就是要避免危險，保證安全；在隔離空域裡操作無人機是不需要 DAA 的。

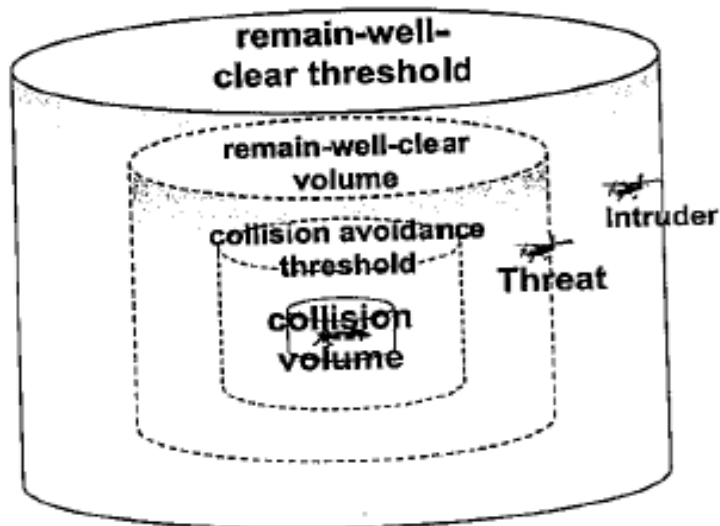


複雜的宇宙

ACAS 與 DAA 最大差異是 ACAS 只做建議部會自動作動，而 DAA 會自動作動。



DAA 3 個面向

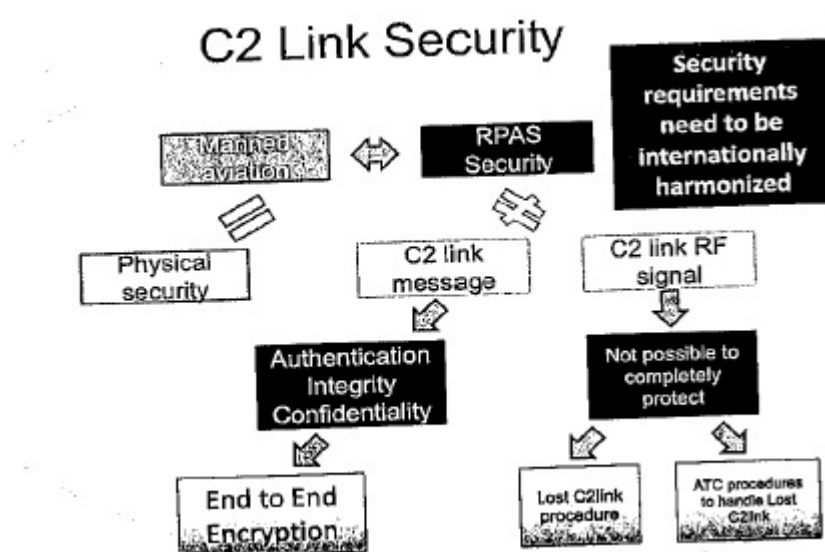


DAA 3D 視圖

ICAO 文件 10019 說明 RPAS 可以有以下 3 種之一的裝備:

- 偵測與避讓(Detect and Avoid)
- 偵測與建議(Detect and Advise)
- 偵測與通知(Detect and Inform)

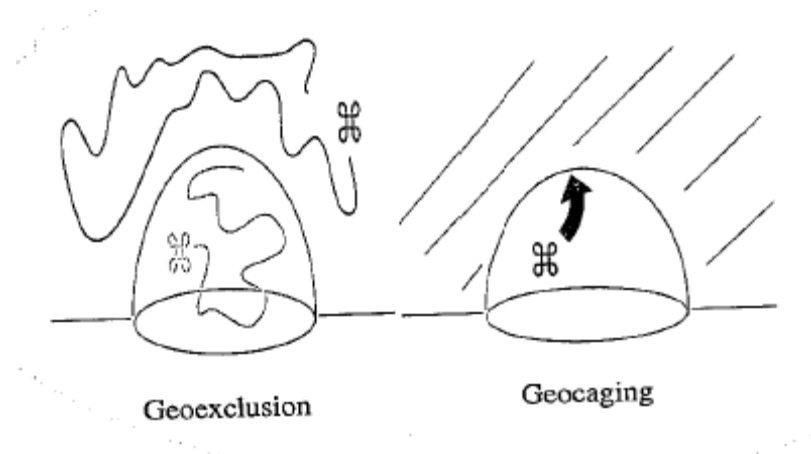
而如果無人機要飛 IFR，最重要的就是 C2(控制與命令)連結技術，另一個重點是 C2 連結的保安。



C2 Link Security

十一、Equipment for small UAS

小型無人機除本身系統外，唯一額外要加的是電子圍籬及電子標示，前這是避免無人機闖入限制飛行區域，而電子標示當然就是要能指認出無人機之歸屬。



電子圍籬概念

肆、心得與建議

1. 歐盟對無人飛機的定義是任何飛機沒有飛行員在飛機上操控(unmanned aircraft means any aircraft operated or designed to be operated without a pilot on board)，包含 RPAS 及 autonomous UAS，乘客在飛機上並未被排除。
2. 歐盟係以 SORA 評估作為特定機型篩選適用之檢驗標準之條文，對於不適用之部分則以加註在操作限制部分予以排除，這點對於我國執行特定任務如海巡署之無人直升機及農委會之無人飛機檢驗可作為執行參考。