

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト/
性能評価基準等の研究開発/無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発

「無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討WG」

活動報告

～証明手法の論点整理と今後の課題～

2023年7月

国立大学法人東京大学
公立大学法人会津大学(再委託)
一般財団法人日本海事協会(再委託)
国立研究開発法人産業技術総合研究所

まえがき

本報告書は、東京大学らが中心となって実施した、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／性能評価基準等の研究開発／無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発」の実施内容の成果の一部を公開用として作成したものである。

無人航空機は、「空の産業革命」とも言われ、既に空撮、農薬散布、測量、インフラの点検等広く活用されている。今後、都市部も含む物流への活用等、さらに多様な分野の幅広い用途に利用され、多くの人々がその利便性を享受し、産業、経済、社会に変革をもたらすことが期待されるが、その実現には有人地帯における補助者なし目視外飛行(レベル4飛行)の実現が不可欠である。

このことから「空の産業革命に向けたロードマップ 2021」(小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会)や「成長戦略実行計画」(令和3(2021)年6月18日閣議決定)においては、安全上の観点からこれまでは飛行を認めていなかった、レベル4飛行というリスクの高い飛行を、2022(令和4)年度を目途に実現することが目標とされ、これに向けて官民において検討を進められてきた状況である。この検討を踏まえた航空法等の一部を改正する法律(令和3年法律第65号。以下、改正航空法)が第204回通常国会において成立し、2021年6月に公布され、令和4年12月5日に同法の施行がなされた。

このような背景を踏まえ、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO)では、2020年度から2022年度まで「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／ロボット・ドローン機体の性能評価基準等の開発／性能評価基準等の研究開発／無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発」を実施してきた。本研究開発の目的は、無人航空機の目視外及び第三者上空等での安全かつ環境に配慮した飛行の実現に向け、ユースケース毎(機体規模や運用方法等)のリスクレベルに応じて無人航空機に求められる安全性を満足するため、機体の信頼性を向上させる方法及び第三者、航空機に対する危害を抑制する方法を検討し、それらの方法を講じることで確保される信頼性及び安全性を評価する手法等について研究開発を実施し、第二種機体認証/型式認証の適合性証明手段として活用可能な証明方法(試験方法を含む)を検討することである。

これらの目的を達成するため、本事例検討では「無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討WG」を設置し、無人航空機の第二種の認証を対象にした、設計検査の安全基準に対する適合性証明手段として活用可能な証明方法(試験方法を含む)及び、証明手法の検討、それらの文書(証明手順書や事例集等)化等を目指した検討を行った。具体的な検討を行うため、国土交通省航空局から2022年9月7日に発行された「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」から優先的に検討すべき項目を抜粋し、本WGの下に当該項目毎にサブWGを設置し検討を行った。

本文書の主要部(第2章)の主執筆者は下表の通り。

担当節	主執筆者
2.1	五十嵐 広希(国立大学法人 東京大学)
2.2	山崎 まりか(株式会社電通国際情報サービス)
2.3	各務 博之(株式会社 SClabAir) 矢口 勇一(公立大学法人 会津大学)
2.4	各務 博之(株式会社 SClabAir) 矢口 勇一(公立大学法人 会津大学)
2.5	中田 博精(AeroVXR 合同会社)
2.6	村田 光生(有人宇宙システム株式会社)
2.7	大坪 弘(サイバネットシステム株式会社)

目次

1.	本文書の概要	1
1.1	目的	1
1.2	型式／機体認証制度の概要	1
1.3	本文書の位置づけ	4
1.4	検討体制	6
2.	各安全基準に対する証明手順の検討例	9
2.1	セクション 001 設計概念書 (CONOPS)	9
2.1.1	検討概要	9
2.1.2	証明手順事例	10
2.1.3	論点整理	10
2.1.4	現時点の課題	11
2.2	セクション 105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム	14
2.2.1	検討概要	14
2.2.2	証明手順事例	20
2.2.3	論点整理	20
2.2.4	現時点の課題	23
2.3	セクション 110 ソフトウェア	25
2.3.1	検討概要	25
2.3.2	証明手順事例	25
2.3.3	論点整理	27
2.3.4	現時点の課題	31
2.4	セクション 115 サイバーセキュリティ	33
2.4.1	検討概要	33
2.4.2	証明手順事例	33
2.4.3	論点整理	35
2.4.4	現時点の課題	39
2.5	セクション 300 耐久性と信頼性	41
2.5.1	検討概要	41
2.5.2	証明手順事例	41
2.5.3	論点整理	41
2.5.4	現時点の課題	47
2.6	セクション 305 起こり得る故障	50
2.6.1	検討概要	50
2.6.2	証明手順事例	50

2.6.3	論点整理.....	58
2.6.4	現時点の課題	59
2.7	模擬試験	60
2.7.1	検討概要.....	60
2.7.2	証明手順事例	62
2.7.3	論点整理.....	67
2.7.4	現時点の課題	77
3.	各安全基準セクションに共通の論点.....	79
3.1	議論の前提としての CONOPS.....	79
3.2	許容できるリスクレベル.....	79
3.3	第二種機体における制御不能.....	79
3.4	機体と運用	80
3.5	登録検査機関の裁量範囲.....	80
4.	まとめと今後の課題.....	81
	付録 1 CONOPS のテンプレート案	83
	参考文献.....	100

図 目次

図 1-1 飛行のリスクの程度に応じた各カテゴリーの飛行形態と主な規制内容のイメージ.....	2
図 1-2 飛行形態毎のカテゴリー分類の詳細.....	2
図 1-3 カテゴリーの決定フローのイメージ.....	3
図 1-4 無人航空機の機体認証制度の概要.....	3
図 1-5 無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討体制.....	7
図 2-1 CONOPS の「テンプレート案」の抜粋.....	10
図 2-2 安全基準に示された「001 設計概念書(CONOPS)」.....	11
図 2-3 「航空局ガイドライン」に示された第二種型式認証の範囲.....	12
図 2-4 一般的な V&V における CONOPS 案の位置づけイメージ.....	12
図 2-5 機体メーカーと運航事業者(または操縦者)の CONOPS の関係性のイメージ図.....	13
図 2-6 105 安全基準証明の申請ワークフローの概念イメージ例.....	16
図 2-7 C2 リンクの影響評価(FTA)例.....	17
図 2-8 AIR600-21-AR-600-PM01 における無人航空機の TC の道筋.....	19
図 2-9 AIR600-21-AR-600-PM01 における無人航空機の AE 範囲.....	20
図 2-10 飛行規程の違いによる安全性の保証範囲が異なる場合分けの例.....	21
図 2-11 第二種認証の「セクション 300」の飛行試験経路とリカバリーゾーン.....	44
図 2-12 「セクション 300」の飛行試験項目(飛行試験条件)設定の考え方.....	46
図 2-13 305 FC CONOPS.....	55
図 2-14 FTA による操縦系統故障識別例(FC).....	56
図 2-15 305 GNSS CONOPS.....	57
図 2-16 FTA による操縦系統故障識別例(GNSS).....	57
図 2-17 今後継続議論が必要な課題.....	58
図 2-18 認証試験実施プロセスの「あるべき姿」.....	61
図 2-19 認証試験実施プロセスのうち、今回の実施プロセス.....	61

表 目次

表 1-1 機体認証及び型式認証の区分.....	3
表 1-2 「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」の「第Ⅱ部 安全基準 表 1 区分に応じて適用される規定」.....	5
表 1-3 無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討 WG 構成員.....	8
表 1-4 各サブ WG の検討対象安全基準と検討体制	8
表 2-1 C2リンクに関わる故障の識別結果と検証方法.....	54
表 2-2 FHA による識別例.....	56
表 2-3 福島 RTF における模擬認証試験.....	62
表 2-4 C2リンクに関わる故障の証明手法	63
表 2-5 GNSS に関わる故障の証明手法 ①.....	64
表 2-6 GNSS に関わる故障の証明手法 ②.....	65
表 2-7 コントロールステーションに関わる故障の証明手法	66
表 2-8 C2 リンク試験デブリーフィング_グループ A	68
表 2-9 GNSS 喪失試験デブリーフィング_グループ B	69
表 2-10 GNSS 喪失試験デブリーフィング_グループ A	71
表 2-11 コントロールステーション喪失試験デブリーフィング_グループ B	74
表 2-12 全体デブリーフィング.....	75
表 4-1 各サブ WG 検討成果(2022 年 11 月時点).....	82

1. 本文書の概要

1.1 目的

第二種型式認証／機体認証の無人航空機に求められる機体の安全性を証明する際に活用可能な文書(設計検査の証明手順書や事例集等)の作成を目的とする。この際、本制度を所管する国土交通省航空局から発行された「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」(以降、「航空局検査要領」という)及び「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン」(以降、「航空局ガイドライン」という)にもとづき検討を行う。なおレベル4飛行の実現に向けては、リスクに応じて機体認証や操縦ライセンス、運用ルールの遵守の審査を行う必要があるが、本文書では型式認証／機体認証を取り扱う。

1.2 型式／機体認証制度の概要

レベル4の実現に向けた新たな制度では、飛行のリスクの程度に応じた3つのカテゴリー(リスクの高いものからカテゴリーⅢ、Ⅱ、Ⅰ)が設定され、カテゴリーに応じた規制が適用されている。具体的には以下のように分類される。

- ・ カテゴリーⅢ:特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じないで行う飛行(=第三者の上空で特定飛行を行う)
- ・ カテゴリーⅡ:特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行(=第三者の上空を飛行しない)
- ・ カテゴリーⅠ:特定飛行に該当しない飛行。航空法上の飛行許可・承認手続きは不要

第三者の上空を飛行することができるよう飛行の安全を厳格に担保しつつ、利用者利便の向上のためその他の飛行について規制を合理化・簡略化する仕組みが整備されつつある。その一環として無人航空機の安全基準への適合性について検査する機体認証制度が創設され、また型式認証を受けた量産機の機体は、同じ型式のものであれば機体毎に行う機体認証の検査の全部又は一部を省略できることとなる。

これらの機体に対する機体認証及び型式認証は、認証の対象となる無人航空機の飛行形態に応じて、機体に求められる安全性のレベルが異なることから、第三者上空を飛行する機体であるかどうかの観点から区分され、カテゴリーⅢまでの飛行を行うことを目的とする機体に対する第一種認証、カテゴリーⅡの飛行を行うことを目的とする機体に対する第二種認証に区分される。

飛行のリスクの程度に応じた各カテゴリーの飛行形態と飛行にあたっての主な要件・条件のイメージを図 1-1 に示す。また、飛行形態毎のカテゴリー分類の詳細と、カテゴリーの決定フローのイメージについて、それぞれ図 1-2、図 1-3 に示し、機体認証及び型式認証の区分表 1-1 に、機体認証制度の概要を図 1-4 に示す。

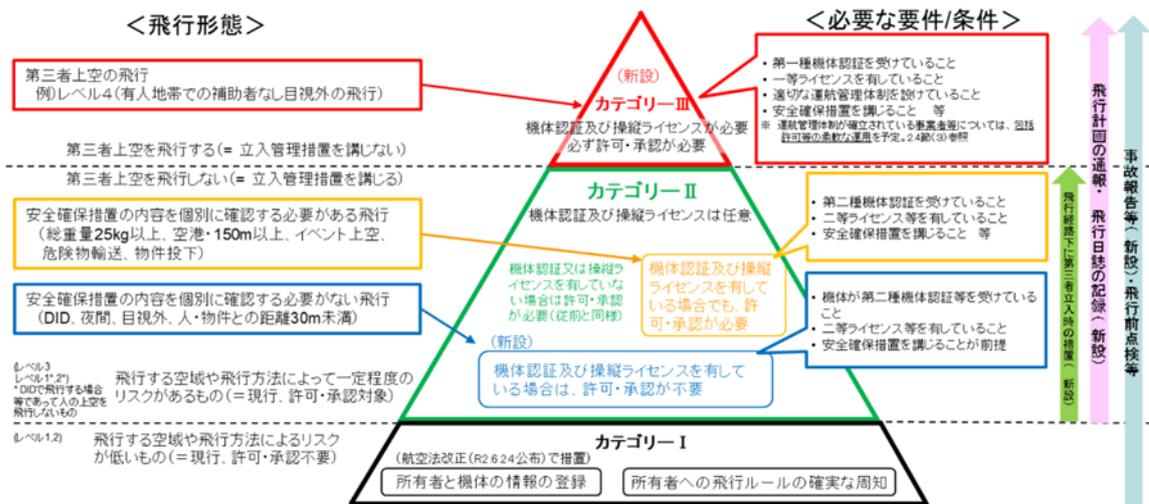


図 1-1 飛行のリスクの程度に応じた各カテゴリーの飛行形態と主な規制内容のイメージ

出所)国土交通省 HP 無人航空機の有人地帯における目視外飛行(レベル4)の実現に向けた検討 小委員会 中間とりまとめ
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001389494.pdf> (閲覧日 2022年11月16日)

	飛行の空域		飛行の方法					
	132条第1項		132条の2第1項					
	第1号	第2号	第5号	第6号	第7号	第8号	第9号	第10号
	空港周辺・150m以上	DID	夜間	目視外	人・物件30m未満	イベント上空	危険物輸送	物件投下
第三者上空以外の飛行 (= 立入管理措置を講じる飛行)		カテゴリIIのうち、機体認証、操縦ライセンスを有する場合に個別審査不要なもの			カテゴリIIのうち、機体認証、操縦ライセンスを有する場合であっても個別審査を要するもの			
第三者上空の飛行 (= 立入管理措置を講じない飛行)	カテゴリIII							

図 1-2 飛行形態毎のカテゴリー分類の詳細

出所)国土交通省 HP 無人航空機の有人地帯における目視外飛行(レベル4)の実現に向けた検討 小委員会 中間とりまとめ
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001389494.pdf> (閲覧日 2022年11月16日)

YES ▶ NO ▶



図 1-3 カテゴリの決定フローのイメージ

出所)国土交通省 HP 無人航空機の飛行許可・承認手続

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html (閲覧日 2022年11月16日)

表 1-1 機体認証及び型式認証の区分

	カテゴリⅢまでの飛行	カテゴリⅡまでの飛行
型式認証	第一種型式認証	第二種型式認証
機体認証	第一種機体認証	第二種機体認証

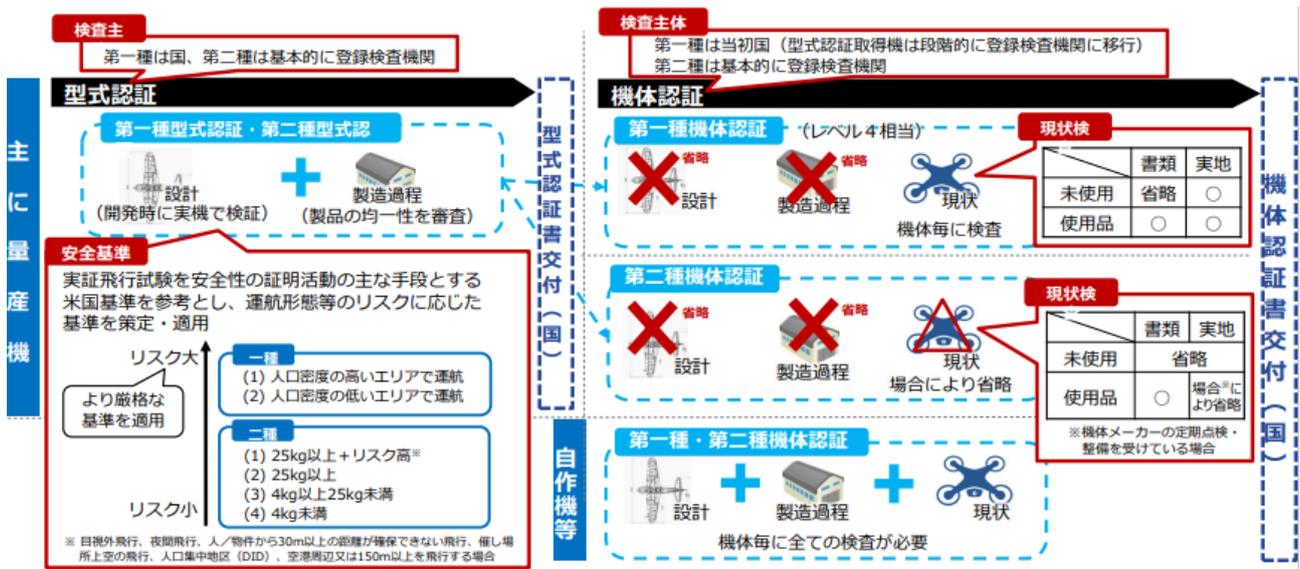


図 1-4 無人航空機の機体認証制度の概要

出所) <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyoudi.dai17/siryoul.pdf> (閲覧日 2022年11月16日)

第一種の型式認証／機体認証は、立入管理措置(補助者の配置やその代替として看板の設置等により第三者の立入りを管理する措置)を講じることなく行う特定飛行を目的とする型式に対する認証制度であり、第二種型式認証は、特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで飛行を行うことを目的とする型式認証／機体認証に対する認証制度である。

このうち第二種の型式認証／機体認証は、第一種の型式認証／機体認証ほどの厳格さは必要ないものの、個別の許可・承認を必要とせず一部の特定飛行を可能とする機体に求められる基準であり、一定レベル以上の飛行の安全を担保する必要があるほか、第一種の型式認証／機体認証との連続性も必要とされる。加えて、立入管理措置を講じた上で行う特定飛行は、ホビー、農薬散布、物流等の事業まで多様な利用が見込まれ、また多くの機体の最大離陸重量が数キログラム未満と小型であることも十分に留意される必要がある。

このような背景から、国土交通省航空局では、無人航空機の型式認証等の検査要領(無人航空機及び装備品等に対する航空法施行規則第 236 条の 15 による「安全性を確保するための強度、構造及び性能についての基準」(以下、「安全基準」という)及び同令第 236 条の 24 による「均一性を確保するために必要なものとして定める基準」(以降、「均一性基準」という))を制定しており※、第一種機体認証を受けようとする無人航空機又は第一種型式認証を受けようとする型式の無人航空機で、人口密度が 1 平方キロメートル当たり 1.5 万人以上の区域の上空(以降、「特定空域」という)を含まない空域を飛行するもの及び第二種の機体認証を受けようとする無人航空機又は第二種の型式認証を受けようとする型式の無人航空機は、本「航空局検査要領」に従って基準へ適合していることを証明しなければならない。

認証の申請者は自ら、申請に係る無人航空機又は型式の無人航空機が安全基準の該当規定に適合することを証明する手段を検討し、国土交通省及び国土交通省が登録した無人航空機登録検査機関(登録検査機関)に対して証明しなければならない。しかしながら、本制度運用開始当初には認証取得の事例が存在しないため、申請者にとって適合性証明手段検討の負荷が重く、申請を躊躇う可能性が懸念された。そこで、安全基準に対する適合性証明手段として活用可能な証明方法(試験方法を含む)及びそれらの文書(証明手順書や事例集)化を活動の最終目標として設定し、安全基準の 18 項目の区分のうち優先的に検討が必要と判断した 6 項目を対象に検討を行うこととした。

1.3 本文書の位置づけ

国土交通省航空局から発行された「航空局検査要領」に記載された基準項目のうち優先的に検討が必要な 6 項目について、証明手順例と検討の際に生じた論点や課題を整理した。表 1-2 に国土交通省航空局から発行された安全基準区分に応じて適用される規定を示す。表中朱塗りしている区分(セクション)が本文書の検討対象である。

※ 「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」、整理番号 No.8-001、令和 4 年 9 月 7 日 制定(国空機第 456 号)、<https://www.mlit.go.jp/koku/certification.html>

表 1-2 「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」の
「第Ⅱ部 安全基準 表 1 区分に応じて適用される規定」

区分	第二種 機体認証を受けようとする無人航空機／型式認証を受けようとする型式の無人航空機				第一種 機体認証を受けようとする無人航空機／型式認証を受けようとする型式の無人航空機
	最大離陸重量4kg未満のもの	最大離陸重量4kg以上25kg未満のもの	最大離陸重量25kg以上のもの		特定空域を含まない空域を飛行するもの
			法第132条の85第1項各号に掲げる空域以外の空域を飛行し、かつ、法第132条の86第2項第1号から第4号までのいずれにも該当する方法により飛行するもの ^{※2}	その他のもの ^{※3}	
001 設計概念書 (CONOPS)	✓	✓	✓	✓	✓
005 定義	✓	✓	✓	✓	✓
100 無人航空機に係る信号の監視と送信	✓ ^{※4}	✓	✓	✓	✓
105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム	✓	✓	✓	✓	✓
110 ソフトウェア	✓ ^{※5}	✓ ^{※5}	✓ ^{※5}	✓	✓
115 サイバーセキュリティ	✓	✓	✓	✓	✓
120 緊急時の対応計画	✓ ^{※6}	✓	✓	✓	✓
125 雷	✓	✓	✓	✓	✓
130 悪天候	✓	✓	✓	✓	✓
135 重要な部品(フライトエッセンシャルパーツ)	✓	✓	✓	✓	✓
140 その他必要となる設計及び構成	✓ ^{※7}	✓ ^{※7}	✓ ^{※7}	✓ ^{※7}	✓ ^{※7}
200 無人航空機飛行規程	✓	✓	✓	✓	✓
205 ICA	✓	✓	✓	✓	✓
300 耐久性及び信頼性	✓	✓	✓	✓	✓
305 起こり得る故障	✓ ^{※8}	✓ ^{※8}	✓	✓	✓
310 能力及び機能	✓ ^{※9}	✓	✓	✓	✓
315 疲労試験	N/A	N/A	✓	✓	✓
320 制限の検証	N/A	N/A	✓	✓	✓

(凡例) ✓:適用されるもの、✓✓:該当する特定飛行※1に応じて適用されるもの、N/A:適用されないもの

※1:法第132条の85第1項各号に掲げる空域における飛行又は法第132条の86第2項各号に掲げる方法のいずれかによらない飛行

※2:危険物輸送又は物件投下を行う飛行が該当。ただし、いずれの飛行にあっても第三者上空を飛行しないものに限る。

※3:空港周辺、地表若しくは水面から高さ150m以上若しくは人口集中地区(DID)の上空を飛行するもの、夜間飛行、目視外飛行、人/物件から30m以上の距離が確保できない飛行又は催し場所上空を飛行するものが該当。ただし、いずれの飛行にあっても第三者上空を飛行しないものに限る。

※4:100(a)項は全ての無人航空機に適用。また、目視外飛行の場合は100(c)項及び(d)項も追加適用

※5:航空局又は登録検査機関による当該要件に対する適合性の検査は受けないものの、申請者自身が当該要件に対して適合していることを確認した上で、適合している旨を記載した宣言書を機体認証申請後又は型式認証申請後に提出することが必要

※6:目視外飛行の場合は120(a)項が適用。それ以外の飛行の場合は非適用

※7:140-1(a)項及び(b)項並びに140-2(a)項は全ての無人航空機に適用。また、140-1(c)項及び(d)項、140-2(b)項及び(c)項、140-3

項、140-4 項並びに 140-5 項は、該当する特定飛行や機体重量に応じて追加適用

※8:目視外飛行の場合は 305(a)項(2)、(3)及び(6)がそれぞれ適用。それ以外の飛行の場合は非適用

※9:310(a)項(3)～(6)は全ての無人航空機に適用。また、目視外飛行の場合は 310(a)項(1)が、物件投下の場合は 310(c)項がそれぞれ追加適用

出所:国土交通令和 4 年 12 月 2 日制定(国空機第 645 号)サーキュラー無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領より引用し三菱総合研究所にて作成

具体的な検討項目を以下に示す。これらの項目については欧米においても現状対応方針が定まっておらず日本が世界に先駆けて適合性証明手段を定めることになることから、優先的に検討すべき項目と判断し選定した。

- 001 設計概念書(CONOPS)
無人航空機の想定される運用(CONOPS)について、証明手順書用テンプレートの作成
- 105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム
無人航空機の安全性に影響を与え、又は無人航空機が安全基準を満たすために必要な無人航空機関連システム(AE)の範囲の整理
- 110 ソフトウェア
無人航空機の安全な運用に影響を与えるすべてのソフトウェアの証明手順
- 115 サイバーセキュリティ
他のシステムと連携する無人航空機の機器、システム及びネットワークに対するサイバーセキュリティの証明手順
- 300 耐久性と信頼性
型式認証データシート及び無人航空機飛行規程、CONOPS 等に規定された運用環境の制限下で運用された場合の耐久性と信頼性の証明手順
- 305 起こり得る故障
起こり得る故障によって機体の制御不能又は想定飛行範囲からの逸脱を生じさせない設計に対する証明手順

また飛行試験による証明が求められる規定が存在することから、安全基準セクション「305 起こりうる故障」(以下「セクション 305 という)を例として飛行試験を含む模擬認証活動を実施し、証明手段の事例検討を行った。

1.4 検討体制

本研究開発は、NEDO「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」(通称: DRESS プロジェクト)のうち「研究開発項目①「ロボット・ドローン機体の性能評価基準等の開発」(1)「性能評価基準等の研究開発」(国立大学東京大学ら)の一部を、2022 年度まで期間を延長し、無人航空機の機体の安全基準に対する証明方法や事例集などの関連文書について検討することを目的として実施されたものである。このため、実施体制としては 2020 年度から 2021 年度に設定した「産業規

格化 WG(ワーキンググループ)にて、実施していた機体の認証プロセスの手順書の JIS 化を目指した調査・検討に続き、2022 年度には新たに設定した「無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討 WG」にて、第二種無人航空機の設計検査の証明手段及びそれらの文書(設計検査の証明手順書や事例集)化について検討が行なわれた。

本検討においては、国土交通省航空局から発行された「航空局検査要領」に記載された準項目のうち優先的に検討が必要な6項目について具体的な内容について議論する「サブWG」を5つ設置し、登録検査機関候補及び機体メーカー、有識者等の協力のもと機体認証/型式認証に係る設計検査の安全基準に対する適合性証明手段として活用可能な証明方法(試験方法を含む)及び、証明手段の検討、それらの文書(設計検査の証明手順書や事例集)化等を行った。図 1-5 に無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討体制、表 1-3 に「無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討 WG」を構成する委員を、表 1-4 にサブ WG の検討事項・体制を示す。

本文書は、2022 年 8 月から 11 月にかけて実施したサブ WG における、第二種認証に対応する無人航空機の求められる安全基準に対する適合性証明手段に関する議論の成果をとりまとめたものである。以降の章に各サブ WG の具体的な議論成果を示す。

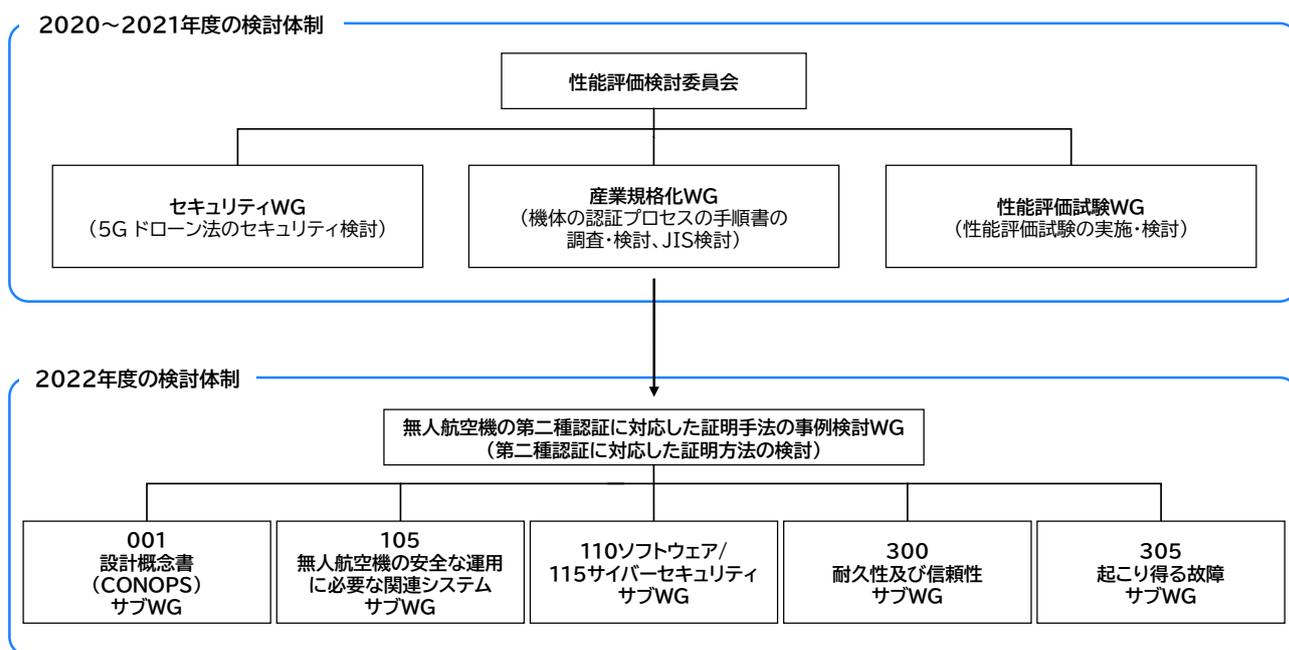


図 1-5 無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討体制

表 1-3 無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討 WG 構成員

構成員資格	所属	代表者氏名
委員長	国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター	鈴木 真二
委員	一般社団法人 日本ドローンコンソーシアム	野波 健蔵
委員	一般社団法人 日本産業用無人航空機工業会	佐藤 彰
委員	一般社団法人 農林水産航空協会 航空安全・技術室長	菊地 隆
委員	一般社団法人 日本航空宇宙工業会 技術部	佐々木 徹
委員	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 航空技術部門	藤原 健
委員	福島ロボットテストフィールド	細田 慶信
委員	一般財団法人 日本海事協会	平田 純一
委員	公立大学法人 会津大学 情報システム学部門	矢口 勇一

※研究開発関係機関として、イームズロボティクス株式会社、株式会社プロドローン、東京航空計器株式会社、ソニーグループ株式会社、AeroVXR 合同会社、株式会社 SClabAir、有人宇宙システム株式会社、株式会社電通国際情報サービス、サイバネットシステム株式会社に適宜参加いただいた。

※関係省庁として、内閣官房 小型無人機等対策推進室(ドローン室)、国土交通省 航空局 安全部 航空機安全課、国土交通省 総合政策局 技術政策課、警察庁 長官官房 技術企画課、警察庁 警備局 警備運用部 警備第一課、警察庁 警備局 警備運用部 警備第二課、総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課、農林水産省 大臣官房政策課 技術政策室 技術調査班、経済産業省 製造産業局 産業機械課 次世代空モビリティ政策室に適宜参加いただいた。

※オブザーバとして、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構、国立研究開発法人 産業技術総合研究所、一般財団法人 日本規格協会 産業基盤系規格開発ユニット、IPA デジタルアーキテクチャ・デザインセンターに加え各団体(一般社団法人 航空インベーション推進協議会 航空機装備品認証技術コンソーシアム、一般社団法人 日本航空宇宙工業会、一般社団法人 日本産業用無人航空機工業会、一般社団法人 日本ドローンコンソーシアム)所属の企業に適宜参加いただいた。

表 1-4 各サブ WG の検討対象安全基準と検討体制

サブWG	検討対象安全基準の基準区分	サブ WG の主査・副査
001 設計概念書(CONOPS) サブWG	001 設計概念書 (CONOPS)	主査:五十嵐広希(国立大学法人 東京大学) 副査: 2022年10月まで 刈田修(一般財団法人 日本海事協会) 2022年11月から 堀越文樹(一般財団法人 日本海事協会)
105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム サブWG	105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム	主査:山崎まりか(株式会社電通国際情報サービス) 副査:村田光生(有人宇宙システム株式会社)
110 ソフトウェア/ 115 サイバーセキュリティ サブWG	110 ソフトウェア 115 サイバーセキュリティ	主査:各務博之(株式会社 SClabAir) 副査:矢口勇一(公立大学法人 会津大学)
300 耐久性と信頼性 サブWG	300 耐久性と信頼性	主査:中田博精(AeroVXR 合同会社) 副査:岩倉淳(シーメンス株式会社) 副査:三輪昌史(国立大学法人 徳島大学)
305 起こり得る故障 サブWG	305 起こり得る故障	主査:村田光生(有人宇宙システム株式会社) 副査:中田博精(AeroVXR 合同会社)
305 起こり得る故障 模擬検査	305 起こり得る故障	主査:大坪 弘(サイバネットシステム株式会社) 副査:五十嵐広希(国立大学法人 東京大学)

2. 各安全基準に対する証明手順の検討例

国土交通省航空局から発行された「航空局検査要領」に記載された基準項目のうち、優先的に検討が必要な6項目について、各安全基準の解釈及び安全基準を満たすための証明手順の検討等を行った。その際の検討概要、証明手順事例、検討の際の論点整理及び本検討に引き続き継続的に検討が必要な課題等を以降に示す。

2.1 セクション 001 設計概念書(CONOPS)

2.1.1 検討概要

安全基準セクション「001 設計概念書(CONOPS)」(以下「セクション001」という)に記載すべき内容やその粒度について議論し、共通認識を持つための活動を、「001 設計概念書(CONOPS)サブWG」(以下、本項においては「001 サブ WG」)実施した。記載すべき内容についての素案は、DRESS プロジェクトの実施者である、国立大学法人東京大学と一般財団法人日本海事協会らが中心となって素案を検討した「CONOPS のテンプレート案」(以下、「テンプレート案」という)を元に議論を始めた。

CONOPS※は、「Concept of Operations)」の略で、航空・宇宙などの分野で、包括的な運用概念として、運用のビジョンを提示するとともに、機体の仕様や、運航条件などの運用および技術要件を記述したものである。主に「利害関係者の期待」を CONOPS にシステムの運用の見通しとして示し、ユーザーに関連する要求や機能を明確化するために用いられる。「運用コンセプト」などのように訳される場合もあり、航空局から示された安全基準では「設計概念書」とされている。

「テンプレート案」は、EASA(European Aviation Safety Agency、欧州安全航空機構)の文章※を元に検討をスタートした。日本語化の際には、航空局の各種文書などとも照らし合わせ、テンプレートの「素案」の作業を実施した。テンプレートの素案は、素案の精度向上のために、本文章の2.7節の「模擬検査」の際などに、各機体メーカーの協力の元で、テンプレートの素案を元に CONOPS 作成を実施した。素案を元に各社で CONOPS 作成を実施した結果、航空先進国である EASA の原文をそのまま日本語訳にただけでは、国内の無人航空機の産業界には意図が伝わらないという課題があった。このため、全面的に記述を修正するなど、国内の事情に配慮し「テンプレート案」として、「無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討 WG」で配布し、001 サブ WG にて議論を始めた。

001 サブ WG での議論では、「CONOPS のテンプレート案」に示すような安全基準全体への前提として示すべき内容を CONOPS として記載すべきという意見と、型式認証での証明する範囲は「セクション001」の記述された項目に対応する文書に留めた CONOPS を作成すべきという意見の 2 つの

※ 「CONOPS」「ConOps」「Conops」のように各種表記されるが、定まったルールは確認されていない。日本語の読みは「コンプス」「コノップス」などと表現されるが、これも定まった読みは確認されていない。

※ EASA Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, Annex A to AMC1 to Article 11, CONOPS: GUIDELINES ON COLLECTING AND PRESENTING SYSTEM AND OPERATIONAL INFORMATION FOR SPECIFIC UAS OPERATIONS

<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulations-eu>

意見に分かれた。001 サブ WG は、スタートが遅れたため、十分は議論には達しなかったため、「どちらの考え方もある」という結論で終了した。

2.1.2 証明手順事例

「安全基準全体への前提として示すべき内容を CONOPS」とした「テンプレート案」を付録 1 に示す。図 2-1 に「テンプレート案」の抜粋を添付する。「テンプレート案」は表(元はエクセル)となっており、左から「原文の EASA の CONOPS の説明文章の章節項番号」「日本の安全基準の項目(表 1-2 参照)」「機体の設計者や運航者が検討すべき内容」「検討した結果を記載すべき内容」となっている。「検討した結果を記載すべき内容」を埋めることで、安全基準にすべて対応するという考え方を示した。

A.1.1	リザーブ		
A.1.2	運用体制 ・001(d) ・300	認証を取得する無人航空機を安全に運用する際に最低限運用者に求める又は推奨する管理体制と、管理体制を規定する文書について記載すること。(運用体制を構成する運用要員については、A.1.2.5に記載すること。)	
A.1.2.1	安全管理	(a) リスクが高い運用の場合の運用者に求める又は推奨する、安全管理について記載することが望ましい。 (b) その他、安全を確保するための活動や体制等があれば記載することが望ましい。	

図 2-1 CONOPS の「テンプレート案」の抜粋

2.1.3 論点整理

上記 CONOPS テンプレート案について議論が行われた。議論の概要は以下の通り。

- 「2.1.2. 証明手順事例」で示した表(CONOPS 案)を埋めることで、安全基準の CONOPS の条件を満たすという考え方と、「セクション 001」に示された項目(図 2-2)のみを満たすという 2 つの考え方があった。
- 第一種の機体に対する要求時や、CONOPS 案の内容の重要性については理解しつつも、第二種の型式認証/機体認証の検査においては、「001 設計概念書(CONOPS)」で示した内容と比較すると、要求として過剰である。型式認証/機体認証の検査においては「001 設計概念書(CONOPS)」に示された内容を中心とすべきという考え方が、機体メーカーから多かった。

- 立場によって CONOPS に記載すべき事柄・粒度が異なり、十分な議論の時間もなかったことから、「両方の考え方がある」というところで一旦終了した。

001 設計概念書 (CONOPS)
申請者は、型式認証を希望する無人航空機の我が国の空域における想定される運用 (Concept of Operations: CONOPS) を定義し、航空局又は登録検査機関 (以下「検査者」という。) に提出すること。CONOPS には、試験及び運用限界の値と範囲を決定するために十分に詳細な以下の説明を少なくとも含むこと。
(a)意図する運用のタイプ
(b)無人航空機の仕様
(c)気象状態
(d)使用者、無人航空機を飛行させる者及び関係者の責任
(e)コントロールステーション (Control Station: CS)、補助機器及びその他安全基準に適合するために必要な関連システム (Associated Elements: AE)
(f)無人航空機の運用のために使用される無線通信機能 (コマンド、コントロール及びコミュニケーション)
(g)人口密度、運用 (地理的) の境界、空域、離着陸エリア、運用エリアの混雑度、航空交通管制 (Air Traffic Control: ATC) との連絡、目視内飛行又は目視外飛行の種別 (目視内の場合は最大通信距離、目視外の場合は利用する無線システムの種類及び最大通信距離)、航空機との間隔等の運用パラメータ
(h)認証に必要な場合、衝突回避装置

図 2-2 安全基準に示された「001 設計概念書(CONOPS)」

2.1.4 現時点の課題

これまでの取組みでは議論参加者で「001 設計概念書(CONOPS)」に記載すべき内容について共通認識を持つには至らなかった。今後はテンプレート案等の具体的な事例をベースに、議論を継続する必要がある。

テンプレート案の課題は、第一種の機体の検査においては「十分に詳細な説明」が必要だとしても、そもそも第一種の機体の検査における「十分に詳細な説明」をどのように定義し、第二種の機体の検査においては、どの程度まで省略可能か、そもそも「第二種において省略可能なのか？」などについて、議論が必要である。「どちらの考え方もある」に至った一因には、「十分に詳細な説明」が「少なくとも含む」とあり、必要十分ではない。しかし、説明の“落としどころ”が不明瞭であることが課題であった。

また、安全基準の(a)～(h)の項目の情報量だけで、機体の検査は困難である。機体の検査のため CONOPS と、機体の認証(検査)を取得するための文章としての CONOPS が一致しなくて良いのかや、第二種の機体の認証においては、機体メーカーは運航側をどこまでを想定、定義、把握する必要があるのかなども踏まえた議論が必要と思われる。「航空局ガイドライン」の「001 設計概念書 (CONOPS)」の説明項目においても、第一種と第二種の違いは明示されておらず、「航空局ガイドライン」においては第一種と第二種の違いは、図 2-3 に示す内容しか確認されておらず、これをどのように解釈するか議論も必要である。

3. 定義
3.1 第二種型式認証の範囲
第二種型式認証の範囲には、次のものが含まれます。
(1) 適用基準への適合性が示された無人航空機等の形態及び設計を定義するために必要な図面、仕様書及びそれらの一覧
(2) 定義された無人航空機の形態への一致を実現するために必要な、材料、加工及び製造工程/検査手順
(3) その他、安全性、均一性を保証するために必要な全ての事項

図 2-3 「航空局ガイドライン」に示された第二種型式認証の範囲

<補足>

テンプレート案は、航空機などのシステム開発で一般的な「V&V(Verification & Validation)」における、「要求の分析」や「要件定義」を一覧化させた構成になっている(図 2-4)。Verification は「仕様通りに作っているか?」、Validation は「顧客要求を満たしているか?」という解釈が出来る。つまり、機体の「要件定義(仕様の定義)」のためには「要求分析(運航条件の定義)」が必要となる。

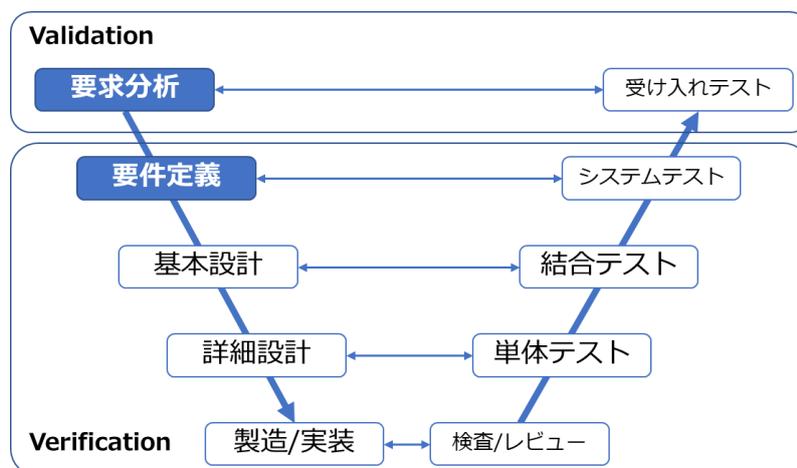


図 2-4 一般的な V&V における CONOPS 案の位置づけイメージ

(※ 航空業界における V&V は、SAE ARP4754A Fig.5 に示されたプロセスが一般的である。図 2-4 と差異はあるが、説明の容易性を優先し、自動車や産業機器のイメージ図にて説明する)

安全基準にも「想定される運用を定義」とあり、運航者が想定する運用の定義も機体メーカー側が作成する CONOPS でも求められる。このため、テンプレート案には「運航条件」の項目もあるが、いくつかのメーカーから「うちは機体メーカーだから運航は考えない」と意見があった。しかし、いくつかの無人航空機メーカーに、テンプレート案をベースに機体側の CONOPS の作成を頂いた結果、「要求の分析/要件定義」のためには、機体メーカー側で運航(運用)の定義が必要であるという共有認識となるなどがあった。一方で、多くの機体メーカーは、Validation の項目を「暗黙知」的に検討・実施していることが多いと推察される。このため、CONOPS 案を埋めることで、「顧客の要求」を「形式知」化をすることが

出来ると期待している。

また、CONOPS 案は、無人航空機システムの製造業者及び供給者が満たすべき安全要求事項として、無人航空機の工業会が中心となって、2021 年に発行された JIS 規格(JIS W 0711:2021 無人航空機システム設計管理基準)にも示されている、「JIS B 9700:2000 機械類の安全性—リスクアセスメントの原則リスクアセスメント」の「5.3 機械類の制限の決定」に示された内容とも同義とも考えられる。JIS B9700 は、産業機械や一般製品のリスクアセスメントの原則を示した文書であり、無人航空機の安全基準としては、図 2-2 に示した内容であるが、仮に無人航空機を一般的な機械として捉えた場合、CONOPS 案の内容は、仮に機体の検査では不要だったとしても、機体メーカーとしては、必須の検討項目と推察される。

運航者側でも CONOPS を検討し定める必要がある。運航側の CONOPS についても国内外で議論がされている。国内では、公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構 福島ロボットテストフィールドらが中心となってまとめた「安全確保措置検討のための無人航空機の運航リスク評価ガイドライン」(初版 2022 年 12 月発行)などもあり、運航側と機体側の CONOPS のテンプレートなどのすり合わせなど必要である。なお、運航側が必要とする運用条件が、機体メーカーの CONOPS 以上での運航を実施してしまった場合には、航空法違反となる場合がある(図 2-5)。一方で、多くの運航事業者の条件に当てはまるように、範囲を広めた機体の CONOPS を検討すると、機体の安全性の証明活動が広がり、コストや検査の時間の増加が発生するなどの課題があり、CONOPS の範囲をどのように定義するかは、機体メーカーにとっても重要なポイントである。

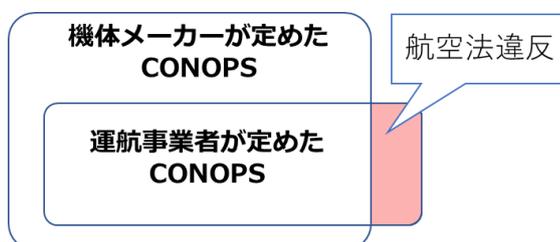


図 2-5 機体メーカーと運航事業者(または操縦者)の CONOPS の関係性のイメージ図

2.2 セクション 105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム

2.2.1 検討概要

安全基準セクション「105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム」(以下「セクション 105」という)は、型式認証に求められる安全基準の中で、運用に必要な関連システム(AE: Associated Element)を取り扱う。関連システムの抽出においては関連システムが機体の安全性に与える影響評価が必須だが、その影響度合いは機体設計(CONOPS)や運用範囲(飛行規程、飛行計画等に示される想定)によっても変化するため一律の取り扱いが困難である。

本サブ WG 活動では、無人航空機関連システム(AE)の範囲の整理とともに、安全基準 105 の具体的な証明手順方法について議論し、その考え方や指針、事例を検討し、申請のためのガイドラインを作成することを目標とし活動開始した。

その目標達成に向け、まずは 105 の記載内容の解釈について疑問点や不明点を抽出し、その意図について優先順位を決めて議論した。また関連システムは申請者ごとにその範囲が異なることや申請の対象となる関連システムの対象範囲をどのように判定するかについて深掘りした。具体的には、対象であることの根拠を示すために、故障の解析手法のFTA(Fault Tree Analysis)やハザード解析などを事例にリスク分析手法を試行したり、代表的な関連システムを例にその対象が安全性に影響するかどうかを評価したり、その評価までのワークフロー検討などを行った。

105サブ WG 活動は、当初証明手順の事例提示をゴールに開始したが、議論の前提条件の認識共有や事例としてあるべき形の議論に時間を要し、本期間の議論の成果(まとめ要点)は主に下記となった。

- 105 の対象範囲(線引き)については航空局、登録検査機関、申請者の間で見解の認識合わせが必要
- 「第二種無人航空機の安全性とは意図する飛行(制御下におけるキルスイッチなどの安全措置による墜落含む)を逸脱しないこと」とする論調(議論)があった。“無人航空機の安全性”の定義と定量化について安全基準全体の統一解が必要(ただし「意図する飛行」が「制御不能ではない」、「計画外飛行ではない」のいずれか、または両方を指すかどうかの議論は未解決。さらに、「制御不能ではない」や「計画外飛行ではない」についても解釈に不明瞭さが残されている)
- 関連システムを要する機体の認証において、関係性の深いその他の安全基準セクションとの境界や前提の協調(ハーモナイズ)が必要(関連性の深いその他の基準とは、本書ではセクション 001、110、115、300、305 が相当する)

2.2 では、2.2.3 及び 2.2.4 に記述する105で実施した議論及び調査の各成果(中間報告)とそこまですた経緯と途中過程で明確化された課題や論点をまとめる。本節では以下の通りサブ WG における議論の概要と目標を示す。

(1) 議論の概要

以下の「セクション105」に適合させるため実施すべきことを検討した。

安全基準 105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム

(a) 申請者は、無人航空機の安全性に影響を与え、又は無人航空機が安全基準を満たすために必要な無人航空機システムのすべての関連システム(AE)及びインターフェース条件を特定し、検査者に提出しなければならない。この要件の一部として、以下のものが含まれる。

(1) 申請者は、特定の関連システム(AE)又は関連システム(AE)の最低限の仕様のいずれかを特定すること。

(i) 最低限の仕様が特定されている場合、性能、互換性、機能、信頼性、インターフェース、パイロットアラート、環境要件等、関連システム(AE)の重要な項目を含める必要がある。

(ii) 重要な項目とは、それが満足できない場合に、無人航空機を安全かつ円滑に運用する能力に影響を与えるものを指す。

(2) 申請者は、無人航空機とのインターフェースとなる関連システム(AE)として明確に指定された旨が表示されたインターフェース管理図面、要求文書、その他文書を使用することができる。

(b) 申請者は、上記(a)項で特定された関連システム(AE)又は最低限の仕様が以下を満足することを示さなければならない。

(1) 関連システム(AE)は、関連システム以外の設計と組み合わせて無人航空機の安全性を保証するための機能、性能、信頼性及び情報を提供すること。

(2) 関連システム(AE)は、無人航空機的能力及びインターフェースと互換性があること。

(3) 関連システム(AE)は、安全な飛行と運用に必要なすべての情報(セクション 100 で特定されたものを含むが、これに限定されない。)を監視し、無人航空機を飛行させる者に送信する必要がある。

(4) 最低限の仕様が特定されている場合、それらは無人航空機の安全性を保証するために、正しく、完全で、一貫性があり、検証可能であること。

(c) 航空局は、承認された関連システム(AE)又は関連システム(AE)の最低限の仕様を運用限界として設定し、それらを 無人航空機型式認証データシート及び申請者により作成される無人航空機飛行規程に含める。

(d) 申請者は、無人航空機の安全性に対する関連システム(AE)からの影響に対処するために必要な整備手順を作成しなければならない。これらの手順は、セクション 205 として要求される、無人航空機等に対する点検及び整備を行うための手順書(以下「ICA」という)に含まれる。

後述のとおり事例検討を目標とする 105 サブ WG では、まず安全基準「セクション 105」“無人航空機の安全な運用に必要な関連システム”における各要求の不明確点や課題の洗い出しを以下の手順で実施した。

1. 安全基準の証明に対する各要求内容の意図や解釈の明確化
2. 関連システム(AE)の定義の明確化
3. 対象関連システム(AE)のリスト化とそれらのインターフェース定義(境界定義)
 - 上記 1 の意図や解釈の不明点リストからテーマを絞り、協議
 - 関連システム(AE)のリストから対象を選定し、具体的な証明方法を検討(未完了)
 - 具体例検討の知見を活用し、証明方針案を作成(未完了)
4. 将来の課題の明確化/未議論点の明確化

(2) 活動目標

105 サブ WG の活動目標は、関連システム(AE)の識別とそれらが要求事項を満たしていることを証明する手順の事例表示である。その前提として「セクション 105」への適合性証明のためのワークフローを検討した(図 2-6)。

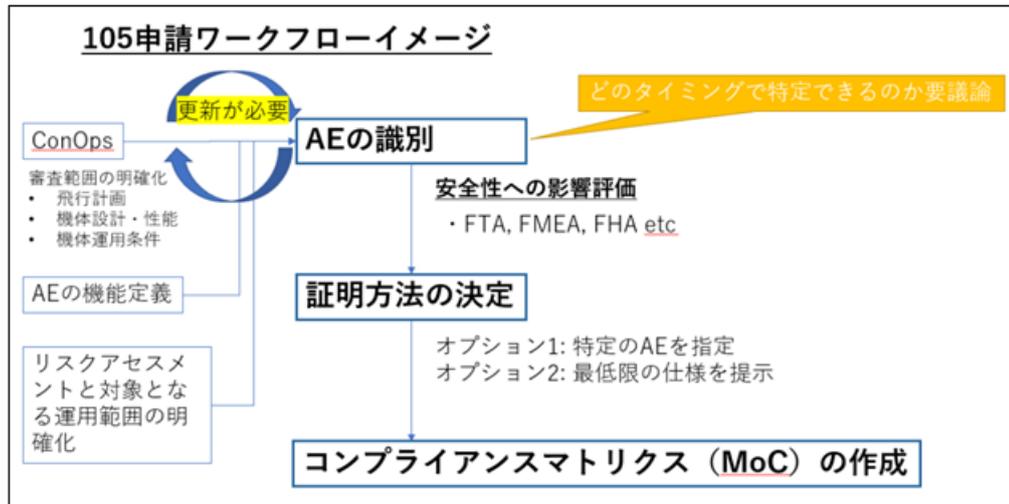


図 2-6 105 安全基準証明の申請ワークフローの概念イメージ例

参考までに、関連システムの識別プロセスにおいて C2 リンク(Command and Control link)が安全基準の審査対象かどうかを識別するために実施した安全性影響評価(FTA を試行)を実施した例を図 2-7 に示す。

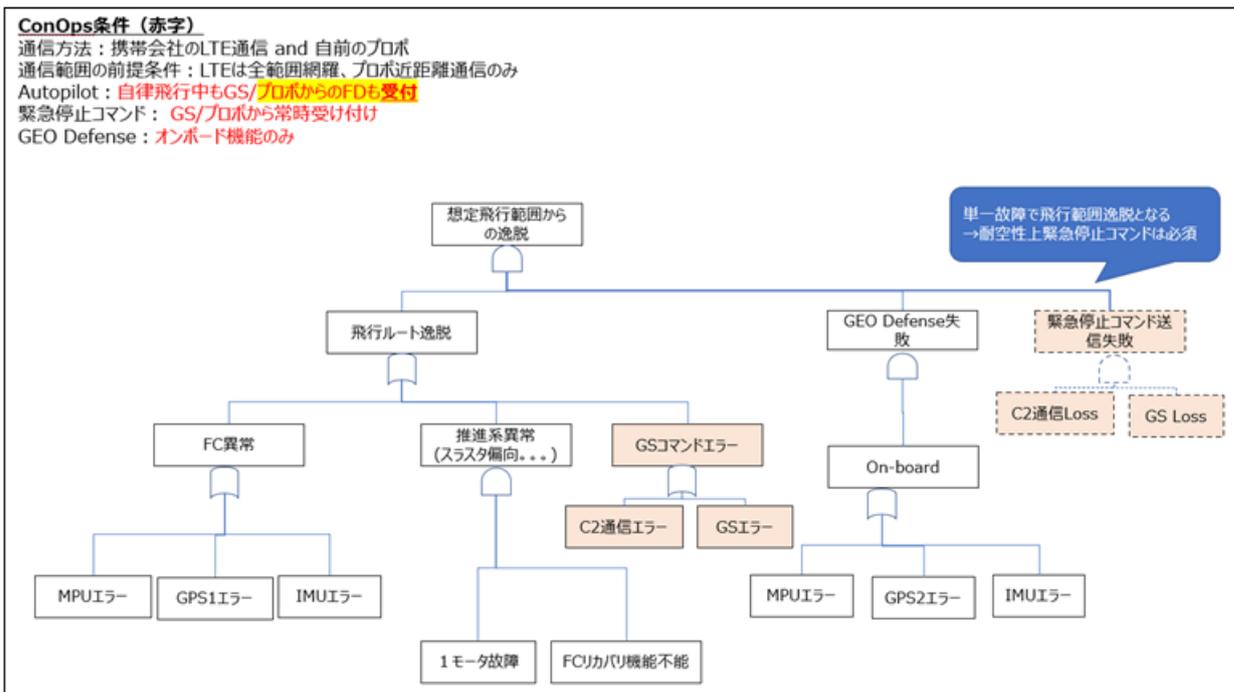
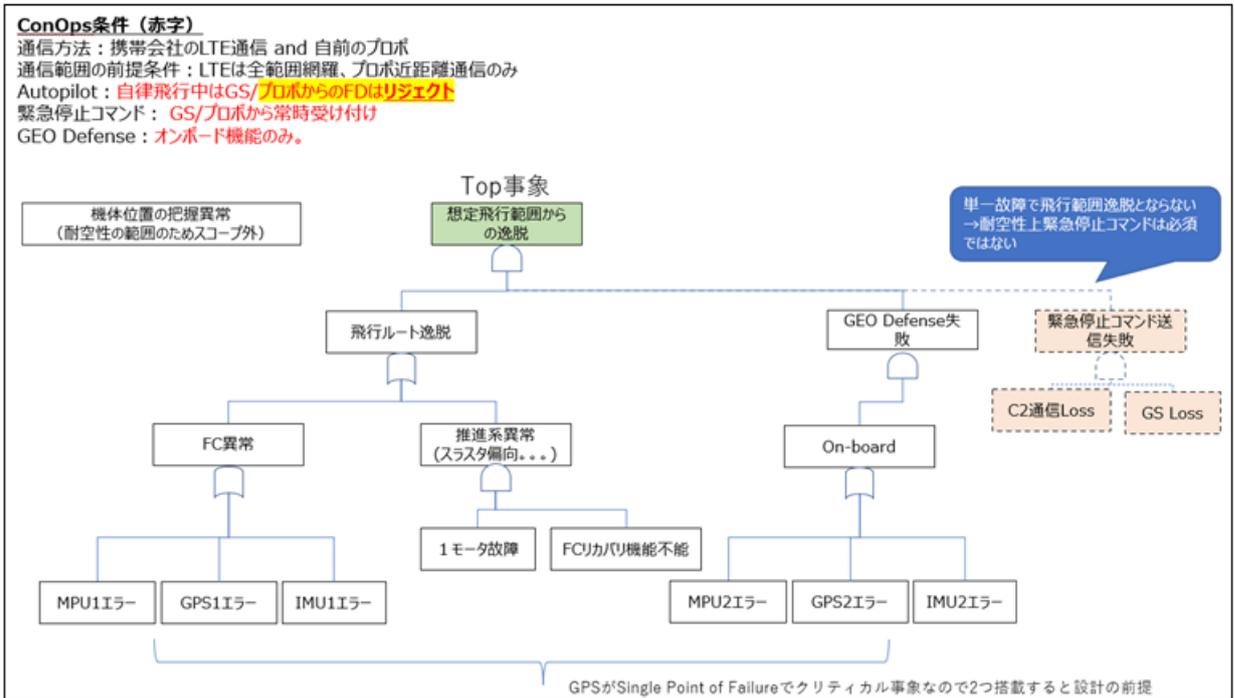


図 2-7 C2 リンクの影響評価(FTA)例

図上.自立飛行時にプロポからの信号は受信不可のため C2 リンクを介した緊急停止コマンドの影響はなし
 図下.自立飛行時にプロポからの信号で応答するため C2 リンクの異常が機体の安全性に影響あり

後述の 2.2.3 でも触れるが、図 2-7 の結果からは、機体の性能・仕様によって安全性への影響が異なるため同じ C2 リンクであっても関連システム(AE)の証明対象かどうかは機体によって異なることがわかる。

(3) 米国 FAA における AE の取り扱いについて

参考として米国連邦航空局(FAA:Federal Aviation Administration)における UA(無人航空機)の Type Certificate(TC)プロセスの AE の取り扱い例を調査した結果を以下にまとめる。

まず言葉の定義について、米国 FAA では以下の識別になっており、AE は無人航空機(UA: Unmanned Aircraft)ではなく、無人航空機システム(UAS:Unmanned Aircraft System)の一部とされる*。

- Unmanned Aircraft – The term “unmanned aircraft” means an aircraft and that is operated without the possibility of direct human intervention from within or on the aircraft.
- Unmanned Aircraft System – The term “unmanned aircraft system” means an unmanned aircraft and associated elements (including communication links and the components that control the unmanned aircraft) that are required for the operator to operate safely and efficiently in the national airspace system.

上述の通り、「Unmanned Aircraft System とは、操縦者が National airspace system 内で、安全かつ Efficiently(円滑)に Unmanned Aircraft(無人航空機)を操縦するために要求する “Unmanned Aircraft (無人航空機)と Associated Elements(関連システム)(コミュニケーションリンクと無人航空機を制御するコンポーネントを含む)” の統合システムを意味する」とある。

このことから、米国内では下記 2 点が既に「セクション 105」に記された解釈における取扱いが異なっていると読み取れる。

- 関連システムは機体とは異なるシステムの位置づけ(機体の証明範囲とは別)
- 関連システムは、コミュニケーションリンクと無人航空機を制御するコンポーネントを指している

* 出所: 49 U.S.C 44801 Definitions
<https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title49/subtitle7/partA/subpart3/chapter448&edition=prelim>

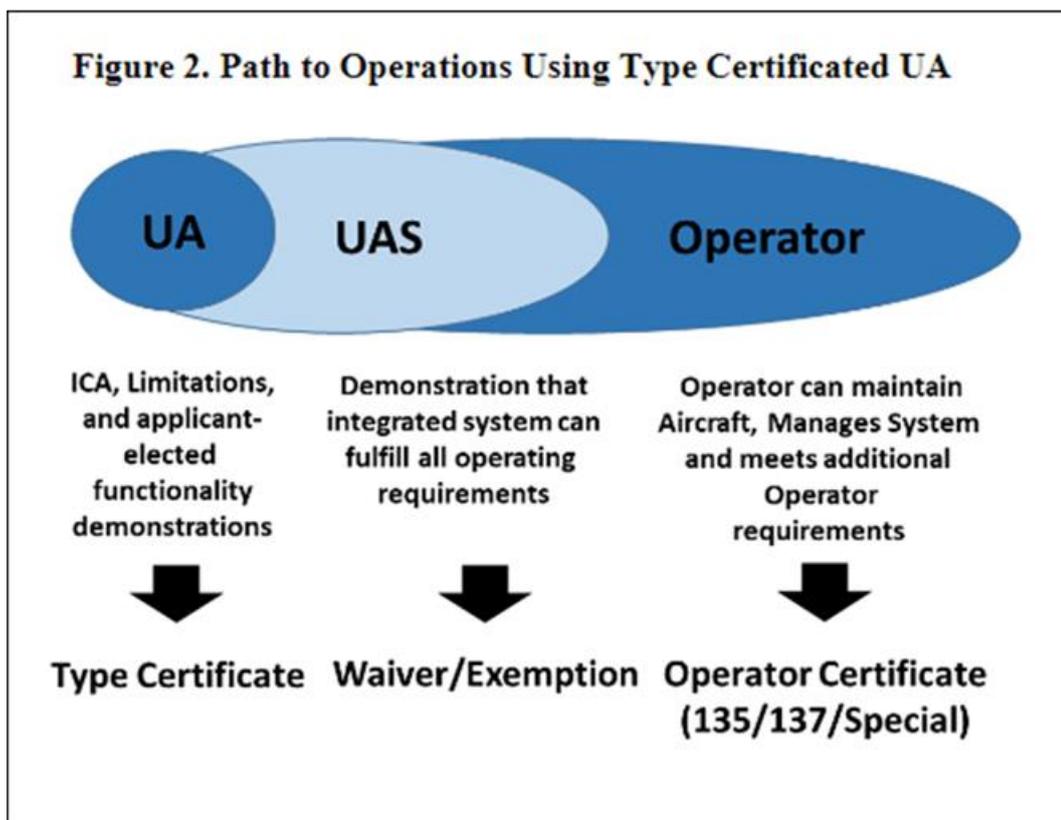


図 2-8 AIR600-21-AR-600-PM01^{*}における無人航空機の TC の道筋

図 2-8 の通り、米国では UA、UAS、Operator の観点から安全要求が満足されるかの証明活動を実施する道筋がとられている。他方で日本では UA と UAS をひとまとめとし、AE を機体(UA) 認証の一部と位置付けている。

^{*} FAA Approval of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Special Class UA Projects and their Associated Elements, FAA, AIR600-21-AIR-600-PM01, 2021
<https://drs.faa.gov/browse/excelExternalWindow/115a6df8-5440-438c-ac3b-f31c6797409a?modalOpened=tru>

Figure 1. UAS Approval Boundary

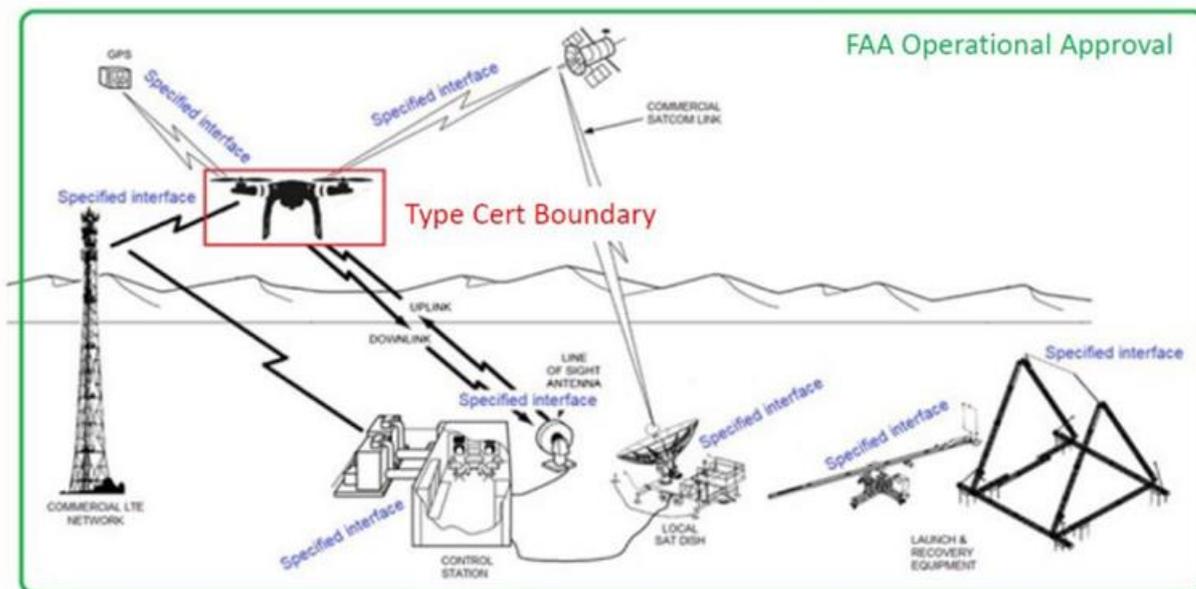


Figure 1: The red box illustrates that FAA will issue the TC on the UA plus AE specifications necessary to meet airworthiness criteria. The green box illustrates the remaining UAS AE, which will be addressed in the FAA approval to operate. Appendix C: UA/AE Approval Process Flow Chart further illustrates the approval process outlined in this memo.

図 2-9 AIR600-21-AR-600-PM01 における無人航空機の AE 範囲

図 2-9 の通り、米国では UA の耐空性基準に影響する AE は以下であり、Operational Approval にて安全性評価をすることとしている。

- GPS(Global Positioning System) (主に GPS 信号の受信側 I/F:Interface)
- Communication Link(LTE Network, Satellite Link etc.)
- Control Station (Antenna etc.)

2.2.2 証明手順事例

本検討では、現時点で証明手順事例の検討までは至っていない。

2.2.3 論点整理

2.2.3 では「セクション105」の証明の難しさの根本原因と思われる論点をまとめた。

安全基準に対する無人航空機認証には設計(CONOPS)に基づく安全性証明が必要である。関連シ

システム(AE)の証明にはこれに加えて、運用の安全性の保証範囲を特定するための飛行規程が必要であり、機体と運用条件を併せて証明することが求められているとも考えられる。これが「セクション105」の難しさの原因の1つである。

具体例で言えば、図 2-10 に示される通り、直接操縦のみが規定範囲の場合、C2 リンクの証明は不要である。一方で公共設備や目視外操縦が飛行規程に含まれる場合 C2リンクの証明は必須である。直接操縦のみか目視外操縦が可能かは、飛行規程に記載される。飛行規程の記述によっては、運用者やオペレーターによって条件が変化する場合も考えられる。

関連システム(AE)としての証明が、必要かどうかは運用会社やオペレーター、ユースケースなどによって変化することを考慮すると、一律に関連システム(AE)を指定したり、証明すべきシステムの重要度を一定とすることは全機体に対して最も厳しい要求をすることとなる可能性が高く、現実的ではない。

このことから関連システム(AE)の証明手順については、証明手段の結論でなく、証明手段検討の思考プロセスと結論に至るロジックについて関係者で共通認識を持つことが重要と考えるが、今後も議論が必要である。

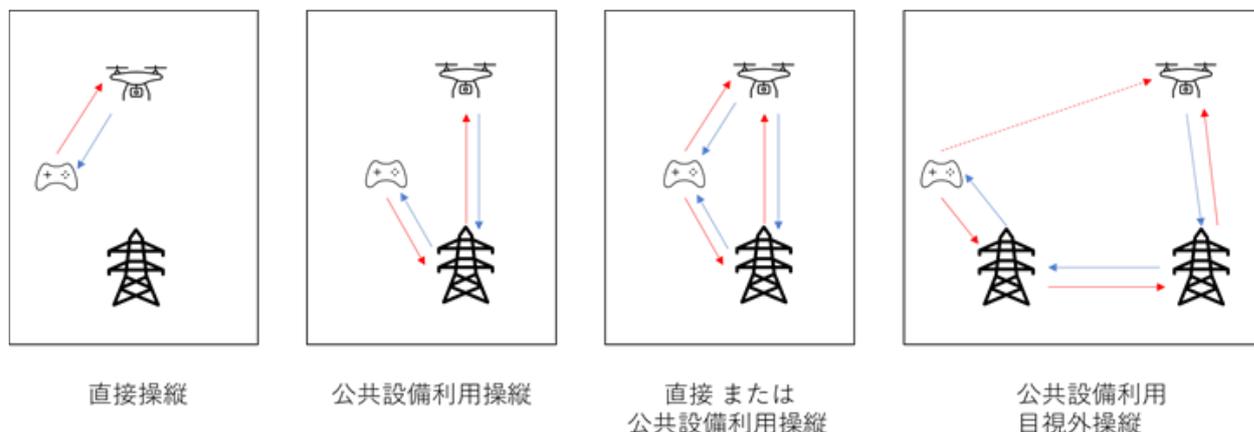


図 2-10 飛行規程の違いによる安全性の保証範囲が異なる場合分けの例

さらに、「セクション 105」の証明を難しくしている原因に、どこまでが第二種型式認証に関わる関連システム(AE)と見なせるのかが、安全基準からは読み取ることが難しいことが根本課題となっている。105 としては、関連システム(AE)はどこまでが型式認証に関わるのか航空局の見解をお聞きしたいという結果となった。

このような「セクション 105」の証明の難しさを解決するために必要な論点を下記にまとめた。ここに記載した内容は継続ディスカッションが必要で、結論には至っていない。一部はその他のセクションも巻き込んだディスカッションが必要と認識している。

(1) 安全基準全般に対する課題について

1) 用語の定義に関する課題

下記にあげる用語例については安全基準の解釈において重要と考えるが、その定義が曖昧であり、

また有人航空機か無人航空機かで、その違いが不明確で解釈の齟齬が発生するリスクが高いと予想する。

- 安全性
- 信頼性
- 証明と認証
- 飛行規程
- 計画外飛行
- 運用限界
- 飛行経路逸脱
- 制御不能状態

2) 安全意識の統一に関する課題

経済性と社会受容可能リスク(安全性)のバランスを考慮したとき、安全性に対する意識は機体メーカー、オペレーター、パイロット、サービサ、審査者などステークホルダーによって異なる。これを共通化するための工夫が必要で、安全性を定量評価する方法論が必要である。

(2) 有人航空機にはない無人航空機特有の関連システム(AE)という概念について

有人航空機の考え方や安全基準(要求)の読み替えに関する課題としてそもそも、無人航空機と有人航空機を全くの別ものとして取り扱うべきという考え方や第一種に求める安全基準の背景にある概念は有人航空機と同等であり第二種は第一種規制を緩和したものという考え方もあり、改正航空法の捉え方や解釈における関係者の揺らぎが大きい。

もともと日本国内には有人航空機での知見のみ存在することから、ここでは有人航空機を比較対象の例に無人航空機に対する考えを記載するが、無人航空機における結論として全くの別ものとなる可能性があることはご留意頂きたい。

1) 耐空証明に相当する概念として設けられた「制御可能下の運用範囲(飛行規程に定義)遂行能力」を明示する方法について

- リスクの定量化方法：現時点で検討まで至っていない
- 遂行能力の計量方法：現時点で検討まで至っていない
- 証明のための飛行試験方法：現時点で検討まで至っていない

2) 機体の型式証明に相当する概念として設けられた「型式認証」の具体的なプロセスと判定方法について

- 1)に対する AE の認証の範囲とその判定閾値の決定方法：現時点で検討まで至っていない
- 1)に対する AE の安全性の計量(認証)方法：現時点で検討まで至っていない

(3) 「無人航空機の安全性」に影響を与えるかどうかに対する解釈

- 第二種の耐空性証明を目的としたとき、AE の証明には無人航空機以外で必要となる関連システム(設備やハードウェア)を使って飛行規程の妥当性とその安全性を証明する必要がある
- 「無人航空機の安全性」を“リスクが許容範囲に制御できていること”とした場合、機体と AE とのインターフェース、および AE 自体の異常が安全性を脅かす場合、その条件とセットで機体の安全性証明が必要となる
- 許容範囲に制御しなければならないリスクを決定するためには最終影響(FTA のトップ事象、故障モード影響解析(FMEA:Failure Mode and Effect Analysis)の End Effect を何とすべきかを明確にする必要がある(例:飛行規程に示される「運用限界」の逸脱など)

(4) 型式認証において、如何に運用範囲や運用者を縛るべきかという議論

- 無人航空機の型式認証の飛行試験において、無人航空機以外の機器が機体安全性に影響する場合、それらは AE として試験に供することが必要になるが、飛行試験に供された AE だけが証明されると解釈される可能性がある
- AE、特にコントロールステーションの証明において、型式認証段階で作成する飛行規程には、最低限の仕様しか記載できない。特定の型式又はモデルの使用法については運用者が作成する”運用規定”に記載することが必要になるなど、運用や運用者を縛る枠組みが必要になる可能性がある

2.2.4 現時点の課題

最後に「セクション 105」で継続ディスカッションが必要な具体的な項目についてまとめる。各要求の不明確な点や課題の洗い出しにおいて明らかとなった課題は下記で、後続プロジェクト等で引き続き検討を進めることとする。

(1) 言葉の定義 認識の統一

- 「安全性」をはじめとした言葉の指し示す意味が安全基準セクション毎に異なることで、異なるセクション間での矛盾や認証の抜け穴、意図しないギャップなどが発生する可能性がある。全体を通して使用される用語などは認識の統一が必要となる。
- 特に AE に関わりの深い安全基準セクション「110 ソフトウェア」(以下「セクション 110」という)、安全基準セクション「115 サイバーセキュリティ」(以下「セクション 115」という)、安全基準セクション「300 耐久性と信頼性」(以下「セクション 300」という)、安全基準セクション「305 起こり得る故障」(以下「セクション 305」という)とのハーモナイズと証明範囲の棲み分け方針は明確に定義することが求められる。

(2) 機体設計 CONOPS に依ること

- 「セクション 105」の対象となる AE の識別結果は、「セクション 001」CONOPS(設計概念書)に示される条件次第で変化する。CONOPS は機体メーカー及び用途、目的毎に異なるため、AE の証明範囲を決定するロジックが必要となる
- 「安全性」の定義、と同義ととれる許容可能なりスクを定義することが必要となる

(3) AE の証明

- 105 が申請者に求める要求は、AE の識別と指定方法の具体的イメージ化(「特定」もしくは「最低限の仕様」)である。これにより「セクション 300」耐久性と信頼性の試験において、「セクション 105」で指定された AE を使って飛行試験する必要がある。
- 基本的に AE 単体での安全性証明は不可能である。また「セクション 110、115、300、305」との連携が常に必須となる。
- 上記の通り、「セクション300」飛行試験における AE の位置付けと「セクション 105」との棲み分け明確化が必要。
- また「セクション 110」ソフトウェア/「セクション 115」サイバーセキュリティにおいて、AE に搭載されるソフトウェアの位置付けと証明責任範囲の明確化が必要である。
- さらに「セクション 305」起こり得る故障においては、AE 故障時でも安全性への影響を最小化するための機体性能に求められる設計とその実証が明確に指示されている。「セクション 305」における AE の位置付け明確化と、「セクション 105」での証明と「セクション305」での証明の棲み分けが必要である。

(4) AE の証明範囲の決定方法

- 安全基準は機体の証明を目的としながらも“AE と機体”を証明するには運用条件の制約と同条件での飛行試験が必要と解釈できる
- 機体メーカーが運用者に対し AE に選択肢を持たせる場合、すべての組合せを飛行試験で証明することが必要かどうかの検討が必要となる

今後は、安全基準の各項目に対し、解釈を明確化した後、証明手順の事例を作成する計画である。

上記課題の(1)(2)は証明手順を開始する以前の前提条件であるため、事例作成までの解決が必要である。また「セクション105」のみの課題ではなく、他のセクションにも共通する課題であるため各セクションと協調して解決を図る。(3)(4)は申請者にとっての具体的な課題であるため、(1)(2)の前提条件を設定したうえで、具体的な機体や飛行規程を想定した解決を図り、その上で横展開や応用を検討していく予定である。

2.3 セクション 110 ソフトウェア

2.3.1 検討概要

安全基準セクション「110 ソフトウェア」(以下「セクション 110」という)に関しては、2021 年度に実施された「無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会」(主催:国土交通省航空局)のうち「機体の安全性確保 WG」において、具体的な適合方法について議論されており、その考え方や指針が示されていたため、事例を検討する 110 サブ WG の目標としては、適合性判定文書として求められているソフトウェア適合性証明計画書のテンプレートを作成することとした。

その目標を達成するために、まずは「セクション 110」の記載内容の解釈について議論し、その意図について共通認識を持つ活動を実施した。そこでは、「セクション 110」に加えて、2022 年 9 月 23 日に航空局がパブリックコメントを求めた「航空局ガイドライン」及び、前出の「機体の安全性確保 WG」における事例を含めて議論を進めた。加えて、「機体の安全性確保 WG」で MoC (Means of Compliance)の一つとして挙げられていた RTCA DO-178C (Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification) DAL-D 及び ASTM F3153-15 (Standard Specification for Verification of Aircraft Systems and Equipment)を読み解き、参考とした。

この活動を通して分かったことは、110 サブ WG の参加者間で、言葉の解釈に差異があるということだった。そこで、まずは基礎となる共通認識を作り上げることに注力した。この議論の過程は 2.3.3 項に記載した。

110 サブ WG の活動を終了した時点で、当初目標としていたソフトウェア適合性証明計画書のテンプレートの作成には至らなかったが、概ね、「セクション 110 ソフトウェア」に適合するために実施すべき活動については、合意を得ることができた。その内容を 2.3.2 項に記載した。

一定の共通認識はできたものの、参加者からは具体的なイメージを掴むために事例を挙げての紹介を望む声が多くあり、2.3.4 項に挙げた現時点の課題には、このような要望に応えるために今後実施すべき活動についてまとめた。今後は、2.3.4 項に挙げた活動を実施するとともに、その集大成として、当初の目標であったソフトウェア適合性証明計画書のテンプレートを作成する活動を実施することとする。

2.3.2 証明手順事例

以下の「セクション 110」ソフトウェアに適合させるため実施すべきこととして、4 項目を確認した。

安全基準セクション 110 ソフトウェア

残存するソフトウェアエラーを最小化するために、申請者は以下を行わなければならない。

- (a) 無人航空機の安全な運用に影響を与えるすべてのソフトウェアに対して試験による検証*
- (b) ソフトウェアの全ライフサイクルを通じた変更に対する追跡、管理及び保存を行うための形態管理システムの使用*
- (c) ソフトウェアの修正及び欠陥を捕捉し記録するための PR (Problem Report) システムの導入及び活用*

「セクション110」ソフトウェアに適合させるため実施すべきこととして、以下を確認した。

(1) ソフトウェア試験

- 要求を設定し、その要求を満足していることをテストにより示す(要求ベーステスト)
- ソフトウェアレベルだけでなく、システムレベルでのテストでも可能である
- 設定すべき要求は、テストがソフトウェアレベル、システムレベルにより、ソフトウェア要求、もしくはシステム要求となる
- 適合性判定文書は、ソフトウェア適合性証明計画書とソフトウェア適合性証明完了報告書となる

(2) 形態管理システム

- 形態管理対象は以下とする
 - 要求書(ソフトウェア or システム)
 - ソースコード
 - ビルド手順書
 - ロード手順書
 - ソフトウェア or システムテスト手順書(要協議事項)
 - ソフトウェア or システムテスト結果
 - トレースデータ(要求⇒テストケース⇒テスト手順)
 - ビルド・ロード環境
 - ソフトウェア or システムテスト環境
- 形態管理対象は文章番号、改訂符号、部品番号、バージョン番号等により一意に識別可能とする
- 遅くとも(1)ソフトウェア or システムテストの段階で形態を特定する(ベースライン化)
- ソフトウェア or システムテスト以降の各テスト段階、実運用時もベースラインにより形態を特定する

サブ WG において、「形態管理」という言葉と、一般のソフトウェア開発の用語における「構成管理」との違いについて議論した。英語では両方とも同じ Configuration Management であり、ソフトウェアに限定すると、その内容もほぼ同じであることを確認した。その上で、航空業界で機体レベルの形態も含めて「形態管理」と呼んでおり、ここでも航空業界で一般的に使われている「形態管理」という言葉を使うこととした。

(3) PR システム(不具合管理システム)

- 不具合管理の対象はベースライン化した形態管理対象とする
- ベースライン化した形態管理対象に不具合が見つかった場合は、不具合管理票 (PR:

Problem Report)を作成し、その修正内容を記録する

- 不具合管理の開始時期は(a)ソフトウェア or システムテストからとする

(4) 適合性判定文書

「セクション 110」には記載がないが、「航空局ガイドライン」には以下の 2 文書が適合性判定文書として要求されていることを確認した。

- ソフトウェア適合性証明計画書
- ソフトウェア適合性証明完了報告書

2.3.3 論点整理

「セクション 110」ソフトウェアに示された(a)から(c)の各項目の解釈について議論を実施した。また、適合性証明手順についても事例を挙げて議論し、各項目の解釈、適合性証明手順について理解の共通化を図った。一部、共通理解に至らず要協議事項となった項目があり、これは今後の課題とした。

なお、議論に当たり、参考とした資料は以下である。

- サーキュラー「No.8-001 無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」(国土交通省航空局安全部長、令和4年9月7日制定)
- 「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン(案)」*
- 「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」の制定に関する意見募集の結果**
- 機体の安全性確保 WG 第 7 回会合資料

(1) ソフトウェアエラー

「セクション 110」の前文に書かれている「残存するソフトウェアエラーを最小化する」という記述に対して、そもそもソフトウェアエラーとは何か、最小化するために配慮すべきことは何かについて議論した。

- 「セクション 110」の前文に書かれている「残存するソフトウェアエラーを最小化する」という記述に対して、そもそもソフトウェアエラーとは何か、最小化するために配慮すべきことは何かについて議論した
- ガイドラインでは、ソフトウェア要求に基づいた要求ベーステスト(試験)を求めており、テストにより見つかったソフトウェア要求との差異をソフトウェアエラーと定義すべきである
- 要求との差異がエラーである、という考え方に基づけば、ソフトウェアエラーを最小化するためには、適切な詳細度(一般的には、異常入力に対する振る舞いなど、一段掘り下げた粒度)で要

* 「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン」の発行に関する意見募集の結果について
案件番号 155221229、案件番号 155221245

** 「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」の制定に関する意見募集の結果について
案件番号 155221215

求が記載されることと、試験の精度をどれだけ上げることができるかがポイントとなる

- ハードウェアのエラーに対して、ソフトウェアがガードする場合は、その仕組みをソフトウェアの要求として定義し、異常系の試験を実施すべきである。本件は、「セクション 305」における異常時の試験との整合を調整する必要がある

(2) 安全な運用に影響を与えるソフトウェア

「セクション 110」(a)にある「安全な運用に影響を与えるソフトウェア」をどのようにして抽出すべきか、そもそもここで言う「安全」とは何かについて議論した。

- 「安全でない状態」とはセクション 005 の定義にある「制御不能」と「計画外飛行」と捉えてよい
- そのソフトウェアが「機能喪失」や「誤った振る舞い」をした際に、「安全でない状態」に陥る場合は、「安全な運用に影響を与えるソフトウェア」と言うことができる
- 安全な運用に影響を与えるソフトウェアの抽出方法として、「航空局ガイドライン」には「135 フライトエッセンシャルパーツ」に指定された機器に搭載されたソフトウェア、もしくは FHA (Function Hazard Assessment)、SSA(System Safety Assessment、FTA を含む)、FMEA 等により抽出するとあるが、どのように抽出するかの指針を定める必要がある
- FTA を用いて安全な運用に影響を与えるソフトウェアを抽出する方法について事例を示して議論した。今後も引き続き議論が必要である

(3) システムレベルのテスト

「セクション 110」(a)では、ソフトウェアのテストを求めている一方で、「航空局ガイドライン」では、システムレベルのテストでも可能であると記載している。この航空局の意図について議論し、そもそもここで言う「システム」とは何を示しているのかについて明確にした。

- FAA が Part23*に対する Policy Statement(PS-AIR-23-09)を公開しており、6 人乗り以下の機体においては、ソフトウェアのテストに対して、システムレベルのテストで良いとしており、これが無人航空機にも適用され D&R に採用されたと考えられている。サーキュラー No.8-001 は FAA の D&R ベースで考えられているため、「セクション 110」ソフトウェアの適方法としても同様にシステムレベルのテストが採用された
- ここでシステムとは、無人航空機を構成するコンポーネント(例えば、フライトコントロールシステム、衛星測位システム(GNSS:Global Navigation Satellite System)などと捉えるべきであるとした。従って、システムレベルのテストとはソフトウェアを内在したコンポーネントレベルのテストであると明確化した
- システムレベルのテストについて、「航空局ガイドライン」では ASTM F3153-15(Standard Specification for Verification of Aircraft Systems and Equipment)が挙げられているが、2022 年に改訂された ASTM F3153-22(Standard Specification for

* FAA, PART 23 - AIRWORTHINESS STANDARDS: NORMAL CATEGORY AIRPLANES
<https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-23>

Verification of Aircraft Systems and Equipment)の方が推奨される。記載内容が詳細化しており、テスト以外に、解析(Analysis)や検査(Inspection)による手法も記載されている。「航空局ガイドライン」でも、テストに加えて、これらの手法が挙げられている。

(4) AE に搭載されるソフトウェア

「セクション 110」の適用対象を考える上で、AE に搭載されるソフトウェアも対象とすべきかについて議論した。

- 「航空局検査要領」に対するパブリックコメントの回答によると、航空局としては、AE に搭載されるソフトウェアも「安全な運用に影響を与える」のであれば「セクション 110」が適用されるとしている
- 一方で、「セクション 105」には、AE として、①AE を特定する、もしくは、②最低限の仕様を定める、とあり、②の最低限の仕様を定めた場合、そこに搭載されるソフトウェアはどのようにして「セクション 110」に適合させるのが課題として挙げられ、今後の検討を要することとなった

(5) ソフトウェア適合性証明計画書の単位

実際に、無人航空機の型式認証を取得するに当たり、「セクション 110」に対してはソフトウェア適合性証明計画書を作成することになるが、どの単位で作成すべきかについて議論した。すなわち、対象となるソフトウェアが組み込まれたシステム単位か、無人航空機で一つのソフトウェア適合性証明計画書を作成し、その中に対象となるソフトウェア/システムを列挙するのかのいずれかということである。

これに対しては、民間航空機の PSAC(Plan for Software Aspects of Certification)がそれに相当するものであることを考えるとシステム単位である。一方で、ガイドラインには、ソフトウェア一覧、安全な運用に影響を与えるソフトウェア抽出方法とその結果をソフトウェア適合性証明計画書に記載することを求めており、無人航空機単位であることを示唆している。どちらが正しいと結論づけることはできず、航空局と相談してやり易い方を採用すれば良いのではないかとした。

(6) オープンソースソフトウェア、COTS ソフトウェア

現状の無人航空機には、オープンソースソフトウェアや COTS(Commercial Off-The-Shelf:市販されている既製品)ソフトウェアが多く使われている。このようなソフトウェアに対してどのように「セクション 110」を適用するべきかについて議論した。

- オープンソースソフトウェア、COTS ソフトウェアのシステムレベルの試験を実施するためには、CONOPS の範囲でソフトウェアレベル、もしくはシステムレベルの要求を定義して、その要求に基づいて試験を行い、自らの設定した要求を満足していることを示せば良いとの結論となった。「セクション 110」が求めているのは、ソフトウェアがどのように作られているか(how)ではないため、オープンソースソフトウェアや COTS ソフトウェアのようにブラックボックスでも適用することが可能である。
- 考え方としては実現可能となるが、一方で、具体的な事例を用いて、実証して実現可能である

ことを示す必要がある。

(7) 形態管理システム

「セクション 110」(b)に示されている形態管理システムについて、具体的に実施する上で、不明確な点を議論した。

- 「航空局ガイドライン」では、形態管理対象として EOC(実行可能モジュール)を含んでいないが、COTS ソフトウェアなどはソースコードが提供されない場合があるので、少なくともオブジェクトコードレベルの形態管理が必要ではないか、と問題提起があった。これは理解できる問題提起であり、今後、航空局と調整をしていく必要がある。
- そもそも形態管理が求められる理由を考えた場合、機体メーカーは、機体が特定できればそこに搭載されているソフトウェアの形態(どのバージョン)が特定できる仕組みが求められていると考えるべきである。そのため、ユーザーがソフトウェアをアップデートできる仕組みがある場合は、ユーザーがアップデートしたことをメーカーが知る仕組み(機体を手元にある場合バイナリーコードを読む、リアルタイムに通知など)が必要となる。もしくはユーザーがアップデートできないような仕組みを設ける必要がある。

(8) 不具合管理システム

「セクション 110」(c)に求められている不具合管理システムについて、具体的に実施する上で、不明確な点を議論した。

- 「セクション 110」ソフトウェア(c)に適合させるために「不具合管理手順書」を作成し、具体的な不具合管理の手順を明確にすることが必要である。また、これは適合性判定文書であるソフトウェア適合性証明計画書とともに航空局に説明し、適合していることを示すことが推奨される。
- 不具合管理システムを実現する手段(不具合の捕捉、記録など)として市販ツール(Tracking System)を用いることも効率的である。
- 「セクション 300」のテストにおいてソフトウェアの不具合が発見された場合、飛行時間をゼロリセットすべきかどうかの判断基準を定める必要があり、これは共通の課題として「セクション 300」の議論と歩調を合わせる必要がある。
- 不具合管理の必要性を理解した上で、既存の機体で、これまでのソフトウェアの不具合記録が残っていない機体の扱いはどうなるのかが議論となった。これに関しては、不具合管理の開始時期がソフトウェア or システムテストであり、機体メーカー側でそれ以降の不具合管理を実施すればよい、と言う結論になった。

(9) 第二種型式認証の適合性証明計画の合意タイミング

第二種に該当する機体の場合、既に関発された機体もあり、どの段階で適合性証明計画を合意すべきかを明確にする必要がある、と問題提起があり、議論した。

- 前提として、既に開発された機体の型式認証であったとしても、「セクション 110」は適用され、要求ベースのテストを実施する必要がある。

(10) 宣言書

安全基準に定められた宣言書の扱いについて、再確認も含めて議論した。

- 第二種型式認証の場合、25kg 未満の機体、及び 25kg 以上であっても条件により、110 ソフトウェアに適合していることを自ら確認し、その旨を記載した宣言書を提出するのみであることを再確認した
- 一方で、航空局、検査機関から問われた場合は、その適合を示すエビデンス(例えば、要求書、試験手順書、試験結果、形態管理記録、不具合管理記録など)を見せるようにしておくべきであることを確認した

(11) 安全とは

第二種にとって「安全」とは何かについて議論し、以下の意見が出たが、110/115 サブ WG だけの課題ではなく、全体として(サブ WG の横通し)で議論すべき課題となった。

- 無人地帯から逸脱させない(キルスイッチ、kill switch) で対応
- 範囲逸脱の可能性があることを検知して、制御できる機能があれば「安全」と定義してもよい。
- 安全の定義は運用者の意図した飛行ができること、および、飛行状態を正しく把握できることである
- 想定飛行範囲の逸脱防止が大事で、その手段が一つ以上残っていることが必要である。また、操縦者が判断して安全に着陸することも手段の一つである

2.3.4 現時点の課題

今回の議論の中で抽出された要協議事項、引き続き議論が必要な課題を以下に示す。

- 安全な運用に影響を与えるソフトウェアを抽出する方法
- 他のセクションとの関連
 - 105 AE に搭載されるソフトウェアの扱い
 - 300 耐久性及び信頼性におけるソフトウェアの形態とゼロリセットの関係
 - 305 起こり得る故障とソフトウェアエラーの関係など
- オープンソースソフトウェア、購入部品等の既に機器に搭載されたソフトウェアの扱い
- 自己宣言書の事例、統一フォーマット
- 「セクション 110」ソフトウェアに適合させるための具体的な事例の提示
 - ソフトウェア or システムテスト

- 形態管理システム
- 不具合管理システム
- 型式認証後、運用中の形態管理、ソフトウェアアップデートと型式の変更認証

2.4 セクション 115 サイバーセキュリティ

2.4.1 検討概要

安全基準セクション「115 サイバーセキュリティ」(以下「セクション 115」という)に関しては、適合性判定文書として求められているサイバーセキュリティ適合性証明計画書、及び「セクション 115」(b)で求められているセキュリティ維持ガイドラインのテンプレートを作成することを目標として活動を開始した。115 サブ WG の開始時点で、サイバーセキュリティと言う機体メーカーにとって不慣れな分野であり、また、「セクション 115」に適合させるための具体的な活動が不明確であったため、これらの目標を達成する過程で、今後実施すべき具体的な活動を明確にすることを旨としたものである。

まずは、「セクション 115」、及び 2022 年 9 月 23 日に航空局がパブリックコメントを求めた「航空局ガイドライン」を読み解くところから議論を開始した。加えて、「航空局ガイドライン」に MOC の一つとして挙げられている RTCA DO-326A(Airworthiness Security Process Specification) /RTCA DO-356A(Airworthiness Security Methods and Considerations)も参考とした。その結果、「セクション 115」に適合するために実施すべきこと、すなわち「セクション 115」で求めている活動については一定の共通理解を得ることができた。その内容を 2.4.2 項に示す。一方で、2.4.2 項を見てもわかるように、その内容は具体性に欠けるものであり、115 サブ WG の参加者、特に今後、型式認証を申請する機体メーカーにとっては、何をすべきか、まだ理解できない状況にあった。

従って、「セクション 115」に適合するための手法について、複数の参加者からそれぞれの考える適合性証明の提案を受け、議論した。これらの案は、産業界、大学などの研究機関、自動車産業における手法などバラエティに富んだものであり、さまざまな観点から「セクション 115」の適合方法について議論を展開することができた。ここでの議論内容については、前述の「セクション 115」と「航空局ガイドライン」の読み解きにおける議論内容と併せて 2.4.3 項に示す。

これらの議論を通して、「セクション 115」に適合するために実施すべき事項について議論を深めることができたが、一方で、115 サブ WG を終了した段階では、一部議論が発散した状況にあり、最終的な適合事例として取りまとめるところまでには至らなかった。また、当初目標とした 2 種類のテンプレート作成にも至っていない。

議論を通して、出てきた現時点の課題を 2.4.4 項に示したが、これらの課題解決のための活動を今後実施して、当初の目標である 2 種類のテンプレートの作成を目指す中で、機体メーカーが具体的な適合方法について理解を深める必要がある。また、今回の反省点として、議論の中心が学術的な内容になり過ぎ、実際に今後、適合性証明を実施する機体メーカーからの発言が少なかったこともあり、これまでにセキュリティリスクアセスメントの経験がない機体メーカーにとっては非常に高いハードルとして捉えられていることが挙げられる。この課題解決のためには、具体的な事例を示すこと、またはワークショップなどにより実際に、機体メーカーがセキュリティリスクアセスメントを体感してみる機会を作りたい。この機会を通して機体メーカーにとって型式認証のハードルを下げる如果能够できれば、今回の活動の大きな成果とすることができる。

2.4.2 証明手順事例

以下の安全基準「セクション 115 サイバーセキュリティ」に適合させるため実施すべきこととして、3 項目を確認した。

安全基準セクション 115 サイバーセキュリティ

(a) 別のシステムと連携する無人航空機の機器、システム及びネットワークは、無人航空機の安全性に悪影響を及ぼす意図的で許可されていない電子的な干渉から守られなくてはならない。セキュリティ対策は、セキュリティリスクが特定され、評価され、かつ、必要により緩和されていることを示すことによって確実になされなければならない。

(b) 上記(a)項により必要とされる場合、セキュリティ対策が維持されるような手順及び指示が ICA に含まれなければならない。

(1) セキュリティリスクアセスメント

「セクション 115」(a)を読み解くと以下の手順でセキュリティリスクアセスメントを実施することが求められている。このプロセスは航空業界で採用されている RTCA DO-326A や、自動車業界のサーバーセキュリティの規格として採用されている ISO/SAE 21434:2021 (Road vehicles - Cybersecurity engineering)においても同様なプロセスが定義されており、セキュリティリスクアセスメントでは標準的なプロセスである。

- セキュリティリスクを特定する
- そのリスクを評価する
- 受け入れ可能かを判断する
- 受け入れ可能でない場合は、セキュリティ対策を実施する

(2) ICA(セキュリティ維持ガイドライン)

セキュリティ対策は、機体の開発段階で実施すれば終わりではなく、運用段階においてもセキュリティ対策を維持させる必要がある。「セクション 115」(b)では、そのためのセキュリティ維持ガイドラインを作成し、それを ICA に記載することを求めており、115 サブ WG の当初の目標においてもセキュリティ維持ガイドラインのテンプレートを作成することを設定していた。しかしながら、セキュリティリスクアセスメントの議論に多くに時間を要してしまい、詳細な議論はできなかった。

(3) 適合性証明文書

「セクション 115」には記載がないが、「航空局ガイドライン」には以下の 2 文書が適合性判定文書として要求されていることを確認した。

- セキュリティ適合性証明計画書
- セキュリティ適合性証明完了報告書

2.4.3 論点整理

「セクション 115」、「航空局ガイドライン」の読み合わせ、及び複数の参加者から提案された適合性証明の案の議論の中で出てきた論点を以下にまとめた。

(1) 「セクション 115」の対象について

「セクション 115」(a)の前半部分の読み合わせの中で、「セクション 115」の対象、すなわち何を対象としてセキュリティリスクアセスメントを実施すべきか、について議論した。この議論では、「航空局ガイドライン」や RTCA DO-326A における記載などを参考にして対象を特定した。

- 自動車業界などでは安全、金銭、運用、プライバシーなどの観点で評価するが、「航空局ガイドライン」、RTCA DO-326A で求められているのは「安全」の観点のみである。すなわち、例えば、物流用の無人航空機でセキュリティ攻撃により離陸できなくなったとしても、社会的信頼性は失墜するが、安全に影響を与えていないので、「セクション 115」の対象とする必要はない。一方で、これは機体メーカーとしては、安全基準とは関係なくセキュリティリスクアセスメントを実施し、対策を講じるべきものである。
- 「セクション 115」(a)で「電子的な干渉」としているが、悪意のある第三者がソフトウェアを悪意のあるソフトウェアに更新するものは対象となるのか、と言う疑問提起があった。これに対しては、悪意のある第三者がソフトウェアを更新することは 115 サイバーセキュリティの対象であり、無人航空機のサイバーセキュリティとして最も考えなければならないリスクの一つであると言う結論に至った。また、機体上のソフトウェアのみではなく、地上局のソフトウェアの更新も対象として考えるべきであることも確認した。
- ジャミングは「セクション 115」の対象なのか。もしくは物理的攻撃であり、「セクション 115」の対象外なのか、と言う疑問提起があった。これに対しては、RTCA DO-326A では、ジャミングはセキュリティの対象外になっているが、パブコメに対する航空局の回答では、GNSS のジャミングは対象と書かれている。従って、GNSS 信号の「遮断」、「なりすまし」は「セクション 115」の対象として考えると言う結論となった。
- 「セクション 115」(a)にある守るべき「ネットワーク」については、「ネットワークを流れるデータ」を守ると解釈することで合意した。
- AE(関連するシステム)や各種サービスのセキュリティは誰が対処すべきかが議論となった。これに関しては型式認証を申請する機体メーカーが対応することには限界があるだろうと言うことになり、今後、セクション 105 の議論と足並みを揃えて議論を展開する必要があると言う結論となった。

(2) 緩和されていることを示すための指針

「セクション 115」(a)に「緩和されていることを示す」とあるが、确实、完全なセキュリティ対策は無理であり、どの程度リスクを下げれば受け入れ可能なリスクとなるのか議論する必要があった。115 サブ WG で参考とした RTCA DO-326A/356A、ISO/SAE 21434:2021 においても受け入れ可能を

示すマトリクスが示されているが、いずれも定性的な表現であり、具体性に欠けている。このようなマトリクスを、第二種型式認証を目指す機体のセキュリティリスクアセスメントに適用するには、もっと具体的、定量的なマトリクスとすべきである、という課題が挙げられた。

(3) リバースエンジニアリングへの対応

墜落機に対してリバースエンジニアリングされないようにすることが大事ではないかという提案があり、議論した結果、以下のように賛否両論の意見があった。

- リバースエンジニアリング対策の必要性は、機体によるものであり、例えば、オープンソースソフトウェアは既に公開されているので、その部分に対してリバースエンジニアリングされても脅威にはならないのではないかと。
- リバースエンジニアリングがなされることによってそのソフトウェアに内在している脆弱性が第三者に発見され、次のステップとして悪意のある第三者から攻撃を受けることがある。その意味で、リバースエンジニアリングは直接的な脅威ではないが、予防的なリバースエンジニアリング対策が有用な場面があるのではないかと。
- リバースエンジニアリングされても大丈夫なように脆弱性がないソフトウェアを設計するべきであり、隠ぺい／難読化によるセキュリティ対策は、本質的な対策にはならないのではないかと。

これらの議論を総括すると、リバースエンジニアリングへの対策が必要か否かは、セキュリティリスクアセスメントを実施して決定する必要があり、リスクアセスメントの結果、リバースエンジニアリング対策が必要という結果になった場合は、対策すればよいのではないかと結論となった。

(4) 「セクション 115」適合の困難さ

「航空局ガイドライン」の読み合わせや、複数の参加者から「セクション 115」に適合性証明提案に基づき、議論を重ねたが、機体メーカーから「セクション 115」に適合させることが非常に困難であることを実感させる発言が多くあった(以下)。

- 機体メーカーとしては、「セクション 115」の考え方や対処しなければならない範囲が広く、対応するのに大変な印象を受けた。具体的に何をしなければならないのかこの安全基準ではわかりにくい。
- 「航空局ガイドライン」の記載内容や使われている言葉(Asset 等)については、DO-326A や他の同様のスタンダードに馴染みがある者には理解できるかもしれないが、馴染みのない機体メーカーには理解することが難しい。
- 無人航空機の機体認証／型式認証への関係者が「航空局ガイドライン」を守らなければならないのであれば、無人航空機の関係者に分かりやすいようにして記載して欲しい。例えば、Entry Point とか Environment といった専門用語が、無人航空機のセキュリティを考える上で具体的に何に当たるのか等について、分かるよう記載して欲しい。

これらの意見に対しては、今後の活動の中で、具体的な事例を示すなどの機体メーカー視点での活

動を進めることにより、ハードルを下げる必要がある。今回の活動の最後に、具体的な Threat Tree を示したが、初見では膨大な Tree に圧倒され、作成が困難に思えるが、実際に作成する機会を与えることによりそのハードルも下がると思われる。

(5) 航空局が示したガイドラインについて

「航空局ガイドライン」の読み合わせの活動の中で、記載内容について幾つかの意見が出された。「航空局ガイドライン」も今後、ブラッシュアップの機会があると思われるので、今後の活動の中で航空局と連携して、これらの意見を吸い上げ、記載内容のブラッシュアップに繋げていきたい。

- セキュリティリスクアセスメントの過程で、セキュリティ攻撃により資産の持つ CIA (Confidentiality, Integrity, Availability) が損なわれることによる安全に対するインパクトを分析することになっているが、C、I、A が横並びで強調されていることに違和感がある。一番重要なのは、安全(Safety)であるからであるという意見があった。これに対しては、航空局としては、RTCA DO-326A/DO-356A の内容に沿った記述としており、RTCA DO-326A/DO-356A では、CIA が損なわれることによって安全にどう影響するかを評価することを求めているからではないか、と解釈した。
- 前項の議論に追加して、機密性(Confidentiality)についての言及があるが、安全性に関して機密性が問題になることはあるのか、という疑問が出された。これに対しては、機密性が安全性に影響することは考え難く、安全性に影響を与えるのは可用性(Availability)と完全性(Integrity)であり、機密性(Confidentiality)はセキュリティリスクアセスメントの対象外としてもよいのではないかと同調する意見が出された。一方で、RTCA DO-326A/DO-356A は機密性に関するアセスメントも実施して安全性に影響があるかどうかを評価することを求めており、評価の結果、影響がないのであれば対象外(※追加の対策は不要)とすれば良いのではないかと同調する結論となった。
- 「航空局ガイドライン」に従う場合、無駄な作業が出てきてしまうのではないかと。例えば、「全ての Asset」を抽出するよう解釈できるが、やり過ぎではないかと、という意見があり、それに対して以下の案が出された。
 - Assetとしては、重要な機能を列挙するのみでよい。
 - 「航空局ガイドライン」では、最初に Threat Condition を定義すると述べており、その分析を進める時に Asset を抽出するのが良い。
 - アセスメントでは、様々な起点(例えば、太陽黒点の影響や政治犯等)を考慮する必要がある。現象(すなわち、Threat Condition)だけを見ては、的を射ない分析になる。
 - 全ての Asset を網羅的に羅列することには反対である。エントリーポイントをきっちり守って、それだけを考えればよい。

(6) セキュリティ観点のテスト

「セクション115」では、セキュリティリスクアセスメントを実施し、必要に応じてセキュリティ対策を実施

することを求めているが、セキュリティ対策が正しく機能し、セキュリティ攻撃から機体が守られていることをテストにより示す活動について述べられていない。この観点でのテストの必要性について議論した。本件に関しては結論が出ておらず、引き続き議論を要する課題である。

- RTCA DO-356A では、セキュリティ観点のテストである反駁テスト(Refutation test)やファジング(Fuzzing)について述べられている。どこまで実施すべきかの議論が必要である。
- 第三者機関のペネトレーションテストについて
 - 第三者機関が高い水準でペネトレーションテストを行うのであれば、依頼しても良い。
 - 第三者機関によるペネトレーションテストで導出されるのは脆弱性である。脆弱性が発見された場合、設計がきちんとできていれば、ここを修正しよう、という流れとなる。そのような流れを実現するためには、きちんとした設計が必要となる。

(7) セキュリティリスクアセスメント

「セクション 115」(a)で求められるセキュリティリスクアセスメントに関しては、複数の参加者から提案された適合性証明案を見てもそれぞれに考え方が異なり、どのように、どこまでアセスメントを実施すれば良いのか議論が分かれた。以下に示すように考え方の相違があり、今後、これらの考え方を調整し、統一のとれたセキュリティリスクアセスメントのやり方を作り出していく必要がある。

- 非常に軽くリスクの低い無人航空機もあるが、そのようなものに対しても同じレベルでセキュリティリスクアセスメントをしなければならないのかと言う疑問に対しては、無人航空機の重量／リスク等により、受け入れ可能性を示す指標にグラデーションをかけられるとよいのではないかと提案があった。
- 一方で、リスクアセスメントは、脅威が防げるか／防げないかのイチ／ゼロ(二値)であり、脅威に対してセキュリティ対策があれば、対策はできていることになる。グラデーションを持ったリスクアセスメントというものは、あまりイメージできない、と言う反論があった。これに対しては、以下のように同調する意見があった。
 - リスクアセスメントが大変・複雑になり、大事な開発部分にエネルギーをかけられなくなってしまう本末転倒である。従って、グラデーションを持ったリスクアセスメントよりは、セキュリティ対策が必要／不要を確認する方が、良いのではないかと。
 - セキュリティ対策の必要／不要を確認する方法の場合、セキュリティ対策の十分性をどのように評価するのか。その評価方法を検討する必要がある。
- セキュリティリスクアセスメントを実施するにあたっては、ある程度の指標、または数値化をすべきではないか、と言う問題提起があった。これに対しては、以下の議論があったが、結論を出すには至らず、定量的評価、定性的評価のどちらの評価基準とするのかを、今後、議論する必要がある。(これは、前述の「(2)緩和されていることを示すための指針」と同類の議論である)
 - 情報セキュリティでは数値化のような方法は採っていない
 - 相対評価する上で高、中、低でよいと思う。数値化による絶対評価は難しいのではないかと。

- 定量的にするのは難しいが、正当に評価するためのガイドラインは必要である
- 無人航空機の安全に関し、乗っ取り、妨害はそれほど多くないと考えられ、アタックベクターと脅威事象を元に対策を練ればある程度セキュリティリスクアセスメントが可能なのではないか。
- 第二種の機体が、受け入れ可能性を判断するマトリクス(重大度×発生可能性)のどこに当たるかを、今後、協議して決めなければならない。

(8) 第二種に対して過剰では？

115 サブ WG での議論を通して、「セクション 115」に適合するための活動が第二種型式認証を目指す機体にとって過剰ではないか、という意見が多く出された。

- ホームページ掲載機が、どれくらい第二種型式認証に耐えるのか気になっている。現時点でのホームページ掲載機が全て第二種型式認証を取得することができなかつたとすれば、現在の「セクション 115」は、第二種型式認証の在り方として疑問である。ホームページ掲載機でもクリアできるような「セクション 115」とするべきではないか、という意見が出された。これに対しては、ホームページ掲載機には 2022 年 12 月の施行から 3 年の猶予があり、それまでに、業界、メーカーとしてどう対応するのかを考えていく必要があるのではないかと、との反対意見があった。
- 「セクション 115」が想定しているリスク環境が厳し過ぎるのではないかと意見があった。これまでに民生における実際のセキュリティ被害少数しか認識されておらず、その意味でリスクはほぼゼロである、と考えることもできる。ほとんど起こりもしないことに対して労力をかけて評価することになってしまうのは避けるべきではないか、という意見があった。これに対しては、過去に起こった被害／事象ベースで進め、後から事故が多発してしまうのはよくないのではないかと、という反対意見もあった。
- セキュリティリスクアセスメントを行うのは、機体メーカーにとってはかなりの負担である。一方で、いろいろな事例が提示されれば、機体メーカーとしては非常に助かるという意見もあり、今後、このような事例を示す活動を進めたい。

(9) 用語の統一

「セクション 115」では、馴染みのない専門用語が多く使われており、ともすると使い方を誤ってしまう場合がある。例えば、「脅威レベル」と言う言葉は、RTCA DO-326A では「セキュリティリスクの実現可能性」のことであるが、「脅威レベル」と言う言葉の印象としてセキュリティリスクの重大度と混同しやすい。「セクション 115」を正しく理解し、伝えるためにセキュリティ関連の用語の統一を今後検討すべきである。

2.4.4 現時点の課題

今回の議論の中で抽出された要協議事項、引き続き議論が必要な課題を以下に示す。

- 責任の所在
 - 機体メーカーが負うべきセキュリティに対する瑕疵担保責任範囲
 - AE、外部サービス、COTS 等のセキュリティアセスメント実施の責任
- 具体性のあるガイドラインとリスクの受け入れ可能性マトリクスの作成
 - 具体的なリスクの定義及び脅威事象の定義
 - 受け入れ可能性マトリクスの定性的/定量的表現
 - リスク受け入れ可能性のグラデーション化
 - 具体的なテンプレート及びサンプル
 - リスク受け入れ不可となった場合の可能な対策
 - クローズド・オープンに関わる考察
- 継続的なセキュリティ活動
 - ICA の記述の方法
 - 機体メーカー側の理解、周知の方法
 - 当局及び第三者を含む開発後・運用後の継続的なサイバーセキュリティ管理(セキュリティアラート等)

2.5 セクション 300 耐久性と信頼性

2.5.1 検討概要

第二種型式認証で主に最大離陸重量が 4-25kg にあたるマルチコプタータイプの無人航空機を念頭に置いた上で、安全基準セクション「300 耐久性と信頼性」(以下「セクション 300」という)の各項目の基準に対しての証明方針の検討を実施した。本検討にあたり、第一ステップとして、各基準が要求している内容及び解釈の明確化を実施した。本明確化の実施に当たり、以下の手順で検討を実施した。

1. 不明確点や課題点の洗い出し
2. 議論すべき課題の優先順位決定
3. 優先順位の高い課題に対する解決策等の検討と議論の実施

「セクション 300」は現在の安全基準において基盤となっている基準であり、機体の設計の安全証明にあたり特に重要な位置づけの基準であることから、本基準の項目に対して慎重に検討を実施した。各項目に対する不明確点や課題点は洗い出すことができた。また優先順位の高い課題項目に関して、要求の意図や解釈の明確化のために議論を実施し、各課題に対する対応案を検討した。本議論を通して、いくつかの課題の対応にあたっては、安全基準を制定した国(航空局)の判断が必要なものがあることが判明した。これらについては、今後本検討事項を発端として、安全基準の解釈の指針が明確にされる必要がある。

本検討では最終的には証明手順事例を明確にすることであったが、現時点では具体的な証明手順の事例までは検討できていない。また、不明確点や課題点として抽出された全てに対しても十分な検討ができていない状況であり、引き続き、継続した議論を実施し、対応案の検討及び証明手順事例の検討を実施していく必要がある。

2.5.2 証明手順事例

本検討では、現時点で証明手順事例の検討までは至っていない。

2.5.3 論点整理

以下の安全基準「セクション 300」耐久性及び信頼性に適合させるため実施すべきことを検討した。

安全基準セクション 300 耐久性及び信頼性

無人航空機は、CONOPS に記載され、また型式認証データシート及び無人航空機飛行規程に無人航空機運用限界として含まれる、運用環境の制限下で運用された場合に耐久性と信頼性を持つように設計されなければならない。その耐久性及び信頼性はここに記載する要件に従い、飛行試験で実証しなければならない。試験は、計画外飛行、制御不能、想定飛行範囲からの逸脱又はリカバリーエリア外での非常着陸につながる不具合なく完了しなければならない。

(a)このセクションへの適合を証明するために試験を開始した後は、その機体の全ての飛行を飛行試験報告書に含むこと。

(b)試験には運用のすべてのフェーズにおけるすべての飛行エンベロープの評価を含まなければならない。さらに、少なくとも以下を考慮すること。

- (1)飛行距離
- (2)飛行時間
- (3)ルート複雑性
- (4)重量
- (5)重心
- (6)密度高度
- (7)外気温度
- (8)対気速度又は対地速度
- (9)風速
- (10)夜間運用(夜間運用を行う場合)
- (11)エネルギー貯蔵システムの容量
- (12)操縦者に対する機体の数(1対1、1対複数等)

(c)試験には上記(b)項のうち最も厳しい条件の組合せ及び形態を含まなければならない。

(d)試験では CONOPS で指定される運用タイプに応じた別々の飛行プロファイル及びルートの分布を示さなければならない。

(e)試験は、CONOPS で指定される想定環境下で行わなければならない。これには、電磁干渉(EMI)と高強度放射電界(HIRF)環境を含む。

(f)試験においては、特別な操縦者のスキルや注意力を要求してはならない。

(g)試験に使用する無人航空機は、運用中に想定される地上での機体取扱時(貨物の積み込みを含む。)及び輸送時における取扱いによる負荷の最悪値を考慮したものでなければならない。

(h)試験に使用する無人航空機は、セクション 105 で特定された最低限の仕様を満足するが、それを超えない関連システム(AE)を使用しなければならない。複数の関連システム(AE)が特定された場合、申請者は各形態を実証しなければならない。

(i)試験に使用する無人航空機は、ICA 及び無人航空機飛行規程に基づいた運用及び維持がされなければならない。このセクションへの適合性を示すに当たり、ICA に設定された整備間隔よりも短い間隔で整備を行うことは許容されない。

(j)機体の内部に搭載し、又は外部に固定すること等によって貨物を輸送する運用を行う場合、重量・重心の組合せが最も厳しい貨物の搭載状態における飛行エンベロープに対して以下の試験を行わなければならない。

- (1)機体が安全に制御・操縦できること。
- (2)機体の内部に搭載し、又は外部に固定すること等によって貨物を輸送できること。

各項目(a)～(j)に対して、各項目の解釈について議論を実施した。本議論の実施にあたり、以下の資

料の情報を参考情報として必要に応じて適宜参照した。

- サーキュラー No.8-001 無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領
- 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン(案)

各項目の解釈に関する議論の中で、「セクション300」の証明活動実施にあたり、「セクション300」全般に対して共通する課題も明確になったため、当該課題点に関する議論を実施した。なお、各項目に対する課題点に対しては深い議論は出来ていないため、それらについては今後の検討事項として 2.5.4 項に示す。

(1) 「計画外飛行」の解釈

「セクション 300」では、運用環境の制限下で運用された場合に耐久性と信頼性をもつ設計がされていることとそれを飛行試験で実施することが求められている。また、飛行試験では、「計画外飛行、制御不能、想定飛行範囲からの逸脱又はリカバリーエリア外での非常着陸につながる不具合」を生じることなく完了することを求めている。「計画外飛行」の定義はセクション 005 に記載されているが、第二種型式認証、つまりカテゴリーII 飛行(特定飛行のうち、無人航空機の飛行経路下において立入管理措置を講じたうえで行う飛行。)においての具体的な解釈が不明確であったため、明確化のために検討をした。以下は、検討した結果からの提案である。

参考:安全基準 セクション005 “定義”

(a) 制御不能:(省略)

(b) 計画外飛行:計画外飛行とは、無人航空機が当初計画された着陸地点まで、計画どおりに飛行を完了できないことを意味する。これには、無人航空機の制御下における地表面、障害物等への衝突又は深刻若しくは回復不可能な高度の喪失が含まれる。計画外飛行には、パラシュート等の回収系統の展開による運用者が指定したリカバリーゾーン外の計画外の着陸も含まれる。

1) 「計画内飛行」

以下の全ての条件を満たしていれば、「計画内飛行」と解釈できる。言い換えれば、以下の条件をひとつでも条件を満たさない場合は「計画外飛行」となる。

【提案】「計画内飛行」の解釈

以下の全ての条件を満たしていれば「計画内飛行」と解釈でき、飛行試験の結果を実証飛行試験時間として加算することが可能である。

- 飛行試験方案(計画)に許容する飛行パターンを記載してある
- CONOPS で示している「条件(環境条件含む)」下での飛行ができている
- 無人航空機の機体と関連システム(AE)に不具合がない
- リカバリーゾーンに着陸ができています

※ リカバリーゾーンに関して、「出発地/目的地」以外のリカバリーゾーンに着陸した場合に実証飛行試験時間として加算可能かどうかは要検討である。以下に 2 つの提案を示す。

【案 1】

飛行試験で当初予定した出発地から目的地までの飛行が完了した場合の飛行試験結果のみが実証飛行試験時間として加算可能である。この場合、「出発地/目的地」以外のリカバリーゾーンに着陸した場合は、試験不成立として取り扱い、実証飛行試験時間としても加算できない。

例: 図 2-11 で示す当初予定していた出発地 A 点から目的地 B 点までの飛行が完了した試験結果のみが実証飛行試験結果として加算可能。

【案 2】

飛行試験で当初予定したリカバリーゾーン(代替の回収場所を含む)に計画通りに着陸できた飛行試験結果は全て実証飛行試験時間として加算可能である。この場合においても、代替の回収場所であるリカバリーゾーンに着陸した飛行試験結果の時間の加算には上限※を設ける必要がある。

※加算可能である飛行試験時間に関しては別途検討が必要である。

例: 図 2-11 で示す当初予定していた出発地 A 点から目的地 B 点までの飛行が完了した試験結果と何かしらの要因(無人航空機の機体や関連システム(AE)に生じた不具合を除く)で代替回収場所であるリカバリーゾーン(C 点や D 点)に着陸した試験結果も実証飛行試験結果として加算可能。

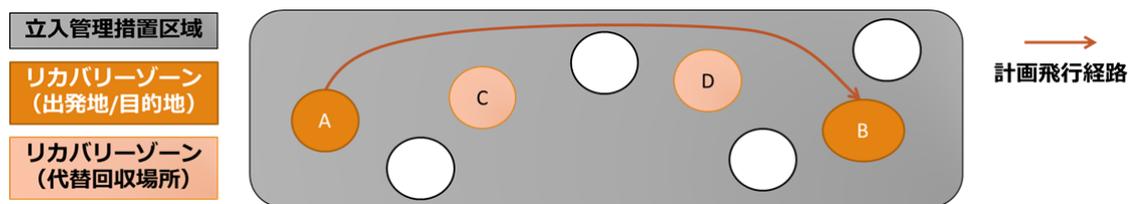


図 2-11 第二種認証の「セクション 300」の飛行試験経路とリカバリーゾーン

参考:「航空局ガイドライン」に示されている「リカバリーゾーン」の定義は以下の通り

定義:「リカバリーゾーン」

無人航空機の運用において、第三者及び第三者物件に危害を与えることなく、無人航空機を回収するために予め設定する地表の範囲のこと。

(2) 証明に必要な飛行試験項目や飛行試験条件

「セクション 300」では制限された運用環境で運用する場合の無人航空機に対して、耐久性と信頼性

を有することの証明を要求されており、それを飛行試験によって実証しなければならない。「航空局ガイドライン」は、第二種型式認証の実証飛行試験の時間に関して以下の記載があるが、詳細な要求が不明確であるため飛行試験に用いる供試機体や飛行試験項目の考え方について、検討した。以下は、検討した結果からの提案である。

- 第二種型式認証の実証飛行試験の時間について

- ・最大離陸重量が 25kg 以上の型式は、150 時間の実証飛行試験が必要となります
- ・最大離陸重量が 25kg 未満の型式は、50 時間の実証飛行試験が必要となります

1) 必要な供試機体数

飛行試験での実証に関して、必要となる供試機体数は以下の通り。

【提案】「セクション 300」の実証飛行試験に必要な供試機体数

- 全体の飛行試験を実施するために必要な最低供試機体数

試験に使用する機体による大きなバラツキや極端に性能が良い機体を排除して試験を実施するために、最低でも「3機」の供試機体を使用して飛行試験を実施する必要がある。

ただし、全ての試験項目において、3 機の供試機体を用いた試験を実施する必要はなく、機体の性能(機能)を確認することを目的とした飛行試験においては、3 機の機体の性能や機能性に差が無いと示すことができれば 1 機の供試機体での試験実施で証明は可能である(※本件に関しては“2)飛行試験項目に関する考え方”にも示す)。

2) 飛行試験項目に関する考え方

「セクション 300」の証明のために実施する飛行試験の試験項目を設定するあたり飛行試験項目の設定に対する考え方は以下の通り。

【提案】「セクション 300」の飛行試験項目に関する考え方

「セクション 300」の飛行試験には以下の 3 つの観点から試験項目を設定する必要がある。各観点において必要となる飛行試験項目を明確にした後に、各申請者において効率的に試験を実施するために飛行試験項目の整理を実施した後に、飛行試験を実施する。試験項目を整理せずに飛行試験を実施することも可能であるが、似たような試験を繰り返し実施する可能性もあり、証明活動に必要以上に時間を要する結果となってしまうことがあり得ることに注意が必要である。

- 機体性能(機能性)

飛行試験を実施して、機体が飛行できることを確認

- 信頼性
機体全体のシステムがある程度の信頼性のあるシステムであることを確認
- 耐久性
機体全体のシステムに耐久性があることを確認

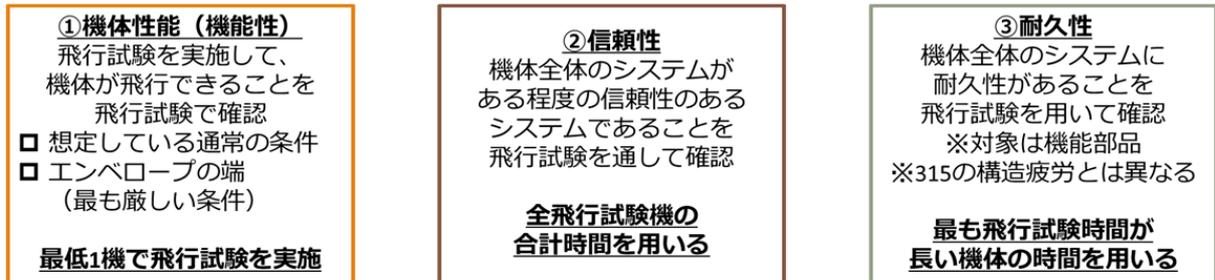


図 2-12 「セクション 300」の飛行試験項目(飛行試験条件)設定の考え方

各観点での試験ケースや飛行パターンなどは以下のように考えることが可能である。

- 機体性能(機能性)
 - 通常の運用条件や飛行パターンでの試験
 - 最酷の運用条件や飛行パターンでの試験
 - 複数機の供試機体を用いる場合、供試機体の機体性能(機能性)が本試験開始前に同等と示せば、供試機体 1 機での証明も可能

※各供試機体の機体性能(機能性)が同等と示す考え方や具体的な方法については、別途検討が必要

- 信頼性
 - 申請者が想定している基本的な想定飛行パターンでの繰り返し試験
 - 機体性能で実施した試験ケースも飛行試験時間として加算可能
 - 3 機以上の供試機体を用いた試験の実施
- 耐久性
 - 申請者が想定している基本的な想定飛行パターンでの繰り返し試験
 - 機能部品の交換時間などの証明のため、申請者は各部品の交換時間を考慮して必要試験時間を設定

3) 各供試機体の飛行試験時間

信頼性の証明の観点から、実証飛行試験で求められている総飛行時間は複数の供試機体の飛行試験時間の合算で良いとされている。飛行試験を複数機で実施するため、基本的には各供試機体の総飛行時間が均一になるように試験をするのが良いと考えられる。一方で、各供試機体における総飛行時間が均一でない場合も考えられることから、1機あたりに求められる最低飛行時間の考え方を以下に示す。

【提案】各供試機体に対して要求される1機あたりの最低飛行時間の考え方

各供試機体に対して、1機あたりに求められる最低飛行時間に関して、安全基準などには明確な設定要求はないものの、極端に少ない飛行試験時間の供試機体の飛行試験データのみによる証明(例えば、3機の供試機体があり、実証飛行試験時間が50時間必要な場合、1機で48時間の飛行試験を実施し、残りの2機では各機1時間の飛行試験実施で証明するケース)を避けるためには、基本的には最低飛行時間の設定が必要である。

最低飛行時間の設定の考え方に関しては、ひとつの提案にまともっていないが以下のような考え方が適用できる。本件については、継続的な検討が必要である。

- セクション135“重要な部品(フライトエッセンシャルパーツ)”で選定された部品に対する点検間隔時間の最低時間を適用
- 上記に加えて、第二種認証を取得した機体が飛行する際に生じる安全リスクを考慮するとその最低時間に対してファクタ0.3※を乗じた時間

※ファクタの値についても継続的な議論が必要

参考:安全基準セクション135 重要な部品(フライトエッセンシャルパーツ)

(a) フライトエッセンシャルパーツとは、その不具合により計画外飛行又は回復できない制御不能につながる部品である。

(b) もし型式設計がフライトエッセンシャルパーツを含む場合、申請者はフライトエッセンシャルパーツリストを作成しなければならない。申請者はフライトエッセンシャルパーツの不具合を防ぐために必須となる整備手順若しくは制限寿命又はその両方を設定し、定義しなければならない。その必須となる処置は、ICAの無人航空機等の安全性を確保するために必須となる点検及び整備の章に記載しなければならない。

2.5.4 現時点の課題

「セクション300」の各項目の解釈が不明確な点を洗い出した結果、各項目における課題が明確になった。これらの課題に対して深い議論はできていないため、今後議論していく必要がある。

(1) (b)項:各用語の解釈

1) 評価対象の項目の意図の明確化

(b)項では(1)～(13)に飛行試験を実施するにあたり考慮すべき条件が記載されているが、それぞれの用語が明確でない部分があり、何を意図しているのか明確にする必要がある。

例えば「(b)(3)ルートの複雑性」とあるが、「ルートの複雑性」が何を意図しているのかは不明確である。

(2) (d)項:「飛行プロファイル及びルートの分布」

1) 「飛行プロファイル及びルートの分布」が意図すること

(d)項で試験において CONOPS で示した運用タイプに応じた「飛行プロファイル及びルートの分布」を示さないといけないとあるが、当該基準に記載している「分布」が何を意図しているのか不明確である。CONOPS で示される各飛行プロファイルに対して、実際の運用で使用される際に想定される飛行の割合と解釈できるが、他の解釈もできる状況である。

(3) (e)項:電磁干渉(EMI)及び高強度放射電界(HIRF)環境証明

1) 電磁干渉(EMI)及び高強度放射電界(HIRF)環境の要求

特別に電磁干渉(EMI)や高強度放射電界(HIRF)環境の要求がされる飛行が明確になっておらず、EMI/HIRF に対して特化した試験が求められる飛行のパターンや方針を明確にする必要がある。また、各飛行において求められる EMI/HIRF の具体的な要求も明確にする必要がある。

2) 飛行試験による試験実行性

EMI/HIRF 試験を要求された場合に、本項では「飛行試験」による証明を求めている。EMI/HIRF の要求内容に依存するが、基本的には EMI/HIRF の証明試験を飛行試験で実施することは困難と考えられ、実施可能性に懸念がある。飛行試験で実施する場合においても、実施可能な方法を検討する必要がある。

3) システムレベルや機器レベルによる試験による証明の可能性

飛行試験で EMI/HIRF の証明試験を実施することの難易度が高いことから、システムレベルや機器レベルにおいて EMI/HIRF 試験を実施し、評価することで飛行試験に代わる証明方法になる可能性の有無に関して検討する必要がある。また、各レベルの試験を実施する場合の試験条件の要求についても明確にする必要がある。

(4) (f)項:操縦者に対する負荷の評価方法

1) 操縦者評価

(f)項では、各飛行試験において「特別な操縦者のスキルや注意力を要求してはならない」とあるが、具体的な操縦者による評価手法が無い状況であり、統一した評価手法を明確にする必要がある。特に本項は飛行試験を実施する操縦者の主観により評価することが必要になるため、操縦者により評価結果に大きな差が出る可能性がある。

(5) (g)項:試験時の輸送・配送時などの負荷考慮

1) 供試機体に求められる輸送・配送時の負荷条件

(g)項において、試験に用いる無人航空機(供試機体)に対して、運用時に生じる輸送や配送、また地上での取扱いで生じる最悪の取扱い環境及び条件を考慮することが求められている。しかし、具体的に考えなければならない要件や考え方が不明確である。特に「最悪値」を考慮する必要があるが、輸送や配送、また地上での取扱いは設計・製造者が実施する範囲ではないため、具体的に考慮すべき範囲(条件)を明確にする必要がある。

(6) (h)項:飛行試験時の関連システム(AE)の位置付け

1) 関連システム(AE)の取り扱いや具体的な要件

「セクション 105」において、型式認証で取り扱うべき関連システム(AE)の明確化を図っている。(h)項では、飛行試験においては「特定された最低限の仕様を満足するが、それを超えない関連システム(AE)」を用いた無人航空機システムの各形態で実施することを求められている。本項目は「セクション 105」とも関連が深い項目であり、「セクション 105」の AE 特定の議論とハーモナイズする必要がある。

2) 関連システム(AE)の安全性確認

「セクション 300」においては、無人航空機の機体に対する機体性能、耐久性や信頼性の証明を実施している。一方で、関連システム(AE)の機能性や信頼性などの証明も「セクション 300」の範囲としての取り扱いの有無が不明確であるため、明確にする必要がある。また AE を対象とする場合には、要求される証明内容についても具体的にすることが必要である。

2.6 セクション 305 起こり得る故障

2.6.1 検討概要

以下の機体を対象とした、安全基準セクション「305 起こり得る故障」(以下「セクション 305」という)の証明活動を行う際の事例を纏めるものである。

- 25kg を超える第二種無人航空機に対して
- 前提とした細部 CONOPS は各故障ケースに応じて設定

また、これまで並行して「セクション 105」(AE)に関わるサブ WG が同時に活動中であるため、コントロールステーション及び AE に関わる内容は含めていない。

本 WG では、以下の航空局発行のガイドラインを根拠として、適用基準について以下を前提とした。第二種機体の型式認証では「想定飛行範囲からの逸脱」を証明範囲とし、「制御不能」は除外する。

第 3 部 安全基準について 305 起こり得る故障

本基準では、原則として着陸場所以外でのパラシュートや制御下にある非常着陸は許容され、着陸場所以外での墜落は制御不能とみなされますが、第一種型式認証と第二種型式認証との違い、また CONOPS によって Pass/Fail Criteria の調整が必要になるため、検査者とよく話し合う必要があります。

上記に基づき、以下の手順に基づき事例案の検討を行った。

1. 故障の識別方法の議論
2. 故障の識別結果に基づく議論
3. 故障に対する証明方法の議論

2.6.2 証明手順事例

以下の安全基準「セクション 305」起こり得る故障に適合させるため実施すべきことを検討した。

安全基準セクション 305 起こり得る故障

(a)無人航空機は、単一の起こり得る故障 によって機体の制御不能又は想定飛行範囲からの逸脱を生じないように設計されなければならない。これは、試験により実証されなければならない。

起こり得る故障については、少なくとも以下の機器に関するものを考慮しなければならない。

- (1)推進系統
 - (2)C2リンク
 - (3)全球測位衛星システム(GNSS)
 - (4)単一障害点がある操縦系統の機器
 - (5)コントロールステーション
 - (6)申請者によって指定されるその他の関連システム(AE)
- (b)試験に使用する無人航空機は、無人航空機飛行規程に従って運用されること。
- (c)個々の試験は、飛行におけるクリティカルフェーズ及びモードに対し、最も厳しい操縦者と無人航空機数の比率で実施しなければならない。

(1) 証明手段

本基準の証明手順は以下の通り。

- 「起こりうる故障」識別
 - (体系的で)網羅的な説明が重要。リスト化して示すことも文書化の方法の一つ。
- その故障により「想定飛行範囲からの逸脱」とならない設計の説明
- その設計の試験による検証(試験による検証が適切である場合)

(2) 「起こり得る故障」の識別方法について

「起こり得る故障については、少なくとも以下の機器に関するものを考慮しなければならない」の証明手段として、網羅的な故障識別手法を用いていることを説明する。ただし識別手法は1つに特定しない。故障の識別手法、定義及び前提条件、除外する故障モード、機能部品以外の取り扱い等について議論し識別手法を選択することとした。全ての故障をカバーしているための定義や前提条件等について以下を議論した。

- 識別手法として、Top down(例:FTA)とBottom up(例:FMEA)の手法があり、いずれか一方に特定しないが、総合的に識別結果の妥当性を説明できなければならない。
- 航空業界の識別手法はFHAであり、活用可能(FHAの詳細はSAE ARP4754(Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems)/ARP4761(GUIDELINES AND METHODS FOR CONDUCTING THE SAFETY ASSESSMENT PROCESS ON CIVIL AIRBORNE SYSTEMS AND EQUIPMENT)参照)
 - 航空業界では故障は「loss or malfunction」と定義。
 - 誤動作も含めることを共通見解とする。

- FPGA(Field-Programmable Gate Array)は 305 で議論するか、110 サブ WG と同等な対応が必要と思われるが、110 または 305、どちらで示すかは協議の余地がある。
- FPGA はソフトウェアと同等な対応が必要となるが、簡易な機能を FPGA で実現する場合は、その証明に簡易な手法を適用できる場合もあるため、個別に協議が必要。(継続検討)
- 「セクション 305」では、故障モードとして以下を考慮する必要はない。
 - ソフトウェアエラー(セクション 110 でカバー)
 - 操縦者の操縦エラー/ヒューマンエラー(「セクション 300」(f)でカバー)
- 以下のような機能部品以外のアイテム(プロペラ、コネクタ等)の故障モードの取り扱いは、申請者により以下の対応を選択できる。
 - 「セクション 300」、315 等、他のセクションにより証明し、「セクション 305」の対象外とする
 - 「セクション 305」の証明対象に含める

(3) 各システムに対する証明手段の事例

基準に示される6つの故障ケースのうち、他サブ WG の検討と重なる AE 関連の2ケース((5)コントロールステーション、(6)申請者によって指定されるその他の関連システム(AE))を除く4ケースについて、証明事例は以下の通り。

1) 推進系

- 起こりうる故障の識別事例
本故障ケースでは、FTA と FMEA の組み合わせで該当する故障を識別した。FTA では故障の影響を示すことが難しい場合がある。FMEA により故障の影響を示すことを併用する。FTA の故障モードの細分化については、中間イベントの発生時の模擬試験で代表できるのであれば、細分化は不要と説明できる可能性あり。
- 試験計画の事例
サブ WG では識別された個別故障に対する「故障の影響」を明確にできなかった。そのため、1 モーター停止時に墜落しない機体の場合の試験方法(残りのモーターで Controlled Landing)を設定。
推進系については、以下のような考え方の基、CONOPS に応じて試験計画を検討する必要がある。
 - 全モーター停止
 - N/A (NSE(None Safety Effect)。飛行空域に適切なバッファがあることが前提)

- 1モーター停止
 - 試験供試体に回路追加
 - (墜落しない機体)FC capability の最悪条件で飛行試験
 - (墜落する機体)最悪の環境条件で直下に墜落することをデモ。
- 全モーター出力低下
 - 故障モードの有無を確認 ⇒それに応じて試験形態を検討
- 1モーター出力低下
 - 故障モードの有無を確認 ⇒それに応じて試験形態を検討
- 1モーター出力過多
 - 故障モードの有無を確認 ⇒それに応じて試験形態を検討

注:各試験ケースの評定は、安全化に使用する機能次第(「単一故障で想定飛行範囲に逸脱」しないこと)

2) C2リンク

- 起こりうる故障の識別事例
CONOPS に応じて C2 リンクに関わる故障の影響(想定飛行範囲の逸脱に至るかどうか)は左右される。以下の CONOPS を前提として故障の影響を識別した。
 - CONOPS
 - 目視外飛行・補助者なし
 - LTE&近距離通信(無線周波数 2.5/5GHz 帯域)
 - LTE Loss 時のバックアップとして近距離通信を活用。
 - 通常は Autopilot。通信断時は飛行継続の設定(RTH はオプション)
 - AE(遠隔)からの操縦コマンド:Autopilot に優先して受付

上記 CONOPS に基づき、FHA の手法に基づき C2 リンク故障を識別し、その影響を評価した。故障およびその影響を検証方法と共に下記に示す。

- 試験計画の事例
C2 リンクに関わる故障の識別結果と検証方法を下表にまとめる。なお、表中「検証方法」において識別された試験が基準で求められている「試験による実証」に活用可能な事例である。

表 2-1 C2 リンクに関わる故障の識別結果と検証方法

故障識別結果	影響	検証方法
Total loss	C2 リンク喪失で機体の挙動は変動しない。 自律飛行で目的地まで飛行。(Reduction of safety margin.) テレメトリ機能の喪失：Slight reduction of safety margin.	飛行試験(機体が墜落しない場合) ・GCS(Ground Control Station)などの電源を遮断、等 ・その評価は CONOPS による(成功裏に飛行継続) 参考:CONOPS に飛行継続以外(飛行中断し安全化の実行)を定義する場合 ・安全化処置(緊急着陸等)の形態に移行すること。 (地上試験によることもできるが、この場合に留意すべき気象条件などの考慮は 300 等で説明できる。基準間の証明内容を整理が必要。「航空局ガイドライン」P58/71 参照)
Partial Loss	自律飛行で目的地まで飛行。 (1) LTE Loss: 飛行ルート殆どは LTE 通信帯のため、Total Loss と同じ。CONOPS に応じて、近距離ではプロボで take-over する。 テレメ機能の喪失:Slight reduction of safety margin. (2) 近距離通信 Loss:NSE。着陸地付近では Loss of safety margin. テレメ機能の喪失:Slight reduction of safety margin.	設計の説明のみ。
Error	誤信号により安全上の問題となる信号を識別し、それに応じて対応を示す。対応はシステム的な要件による。 アプリケーション層での対応(FC:Flight Controller 等)は別に示すこととなるため、End-to-End を考慮したうえで影響を示す。 例えば、CRC、モードチェック、等によりエラーパケットリジェクト。パケット再送信または通信遮断。 (全ての erroneous 手動操縦コマンドをリジェクトできないと空域逸脱となり、基準不適合であるため、設計的な配慮を示す必要あり。) テレメ機能の一部喪失:Slight reduction of safety margin.	(飛行試験は困難) 飛行試験以外でも証明できる可能性あり。C2 リンクのエラーにより安全性が損なわれないことを示すことが重要。例えば、 ・エラー、モードチェック:SW 検証または地上試験 ・プロトコルスタック:SW 検証または地上試験 ・近距離通信:アンテナにアルミホイルでエラーを模擬。 ・アプリケーション層での対応。 *C2 リンクのシステムのスコープに応じて対応を説明する必要がある。対象とするプロトコル層を整理のうえ、対応を示す。 *ネットワーク層、物理層など低レベルの試験は不要で、通信チップの規格確認でも十分かもしれない。アプリケーション層は何らかの証明が必要と思われる。
電波強度	電波強度レベルが規定閾値を下回った場合、通信遮断する。(電波強度が復活した場合は再リンクする。)	上記に準じて必要な内容を示す。
通信遮断	(機体外部の要因による通信 Loss。Loss ケースと同じ)	
瞬断	XX msec 以下であればリンクを維持する。XX msec 超の場合はリンク喪失。再リンクをトライする。その間は通信 Loss と同等であり飛行を継続。	
パケ詰まり	(通信遅延と同等)	
通信遅延 (latency)	自律飛行に影響なし。飛行継続。 テレメ機能の遅延:Slight reduction of safety margin.	

3) 単一障害点がある操縦系統の機器

- 起こりうる故障の識別事例

CONOPS に応じて操縦系統に関わる故障の影響(想定飛行範囲の逸脱に至るかどうか)は左右される。以下の CONOPS を前提として故障の影響を識別した。

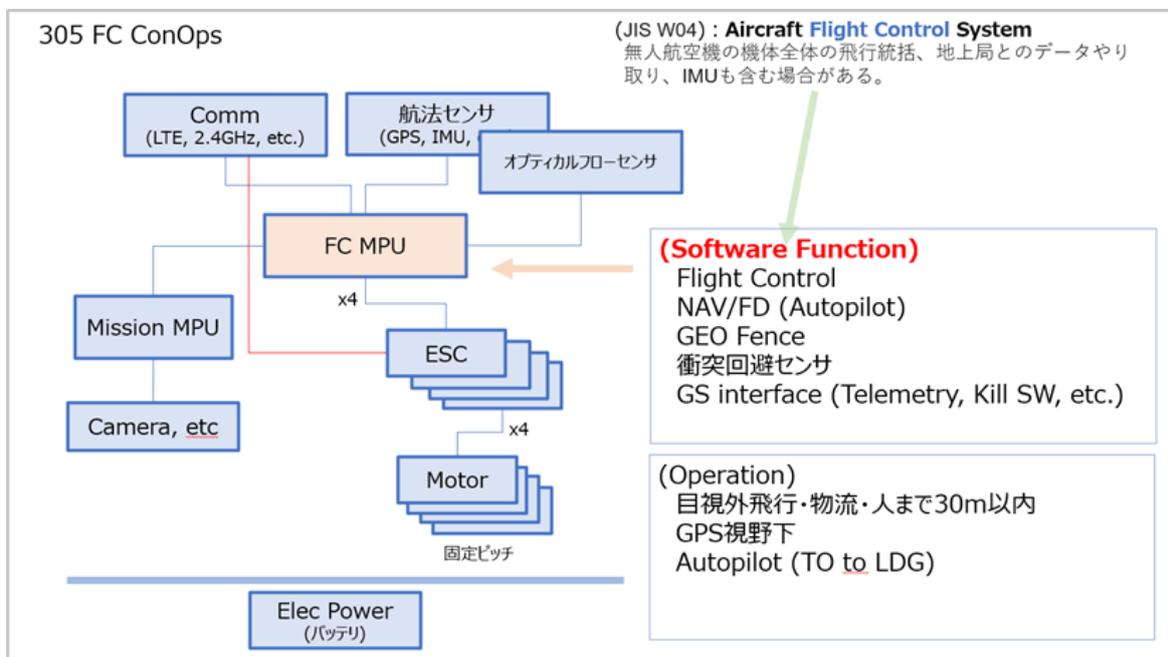


図 2-13 305 FC CONOPS

FC(Flight Control)の定義を JIS W0141:2019(無人航空機—用語)に基づいたため、実質 MPU(Micro Processing Unit)故障が評価対象である。そのため、アイテム故障を対象とする評価手法である FTA の手法に基づき操縦系統故障を識別した。本 FTA においては、故障の影響を Top 事象とし、それに至る故障を識別した。

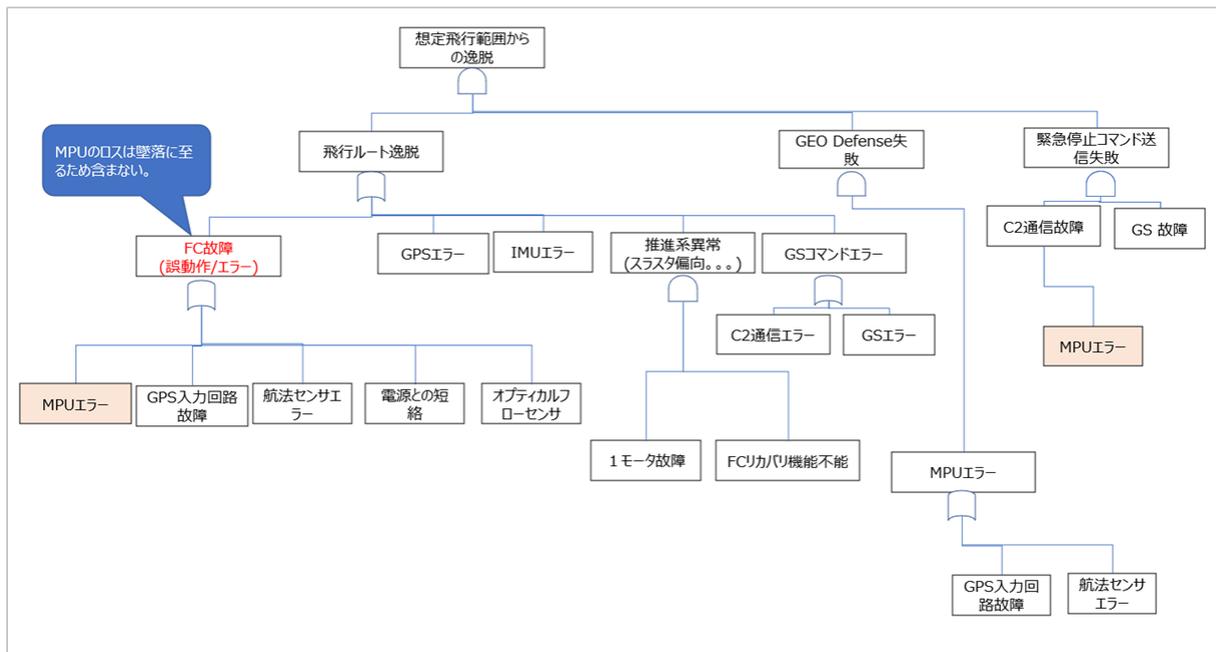


図 2-14 FTA による操縦系統故障識別例(FC)

FC (Flight Control) の定義を一般的な航空機で活用されている定義 (操舵コマンドを動翼角度に変換する機能。マルチコプタの場合は推進力への変換する機能。) とした場合の事例を以下に示す。機能を基にした評価手法である FHA を用いた。

表 2-2 FHA による識別例

Function	故障モード	影響	安全要求	備考	
Flight Control (Wikipediaベース)	Loss	unannunciated	FC機能とテレメが同時に喪失。ESCへの回転数コマンドが喪失するため、モータは停止し、墜落。リモートパイロットは即座に原因を把握できず、原因究明に時間を要する。 (空域逸脱に至らない。NSE (対人のみ。))	推力停止による墜落時に空域を逸脱しない飛行ルートを設定すること。	
		annunciated	FC機能が喪失。ESCへの回転数コマンドが喪失するため、モータは停止し、墜落。リモートパイロットは即座に原因を把握できる。 (空域逸脱に至らない。NSE (対人のみ。))	同上	
	Error	unannunciated	FC機能が誤動作。飛行ルートを逸脱し、リモートパイロットへの通知がないため、最悪空域を逸脱する。	単一故障で本故障に至らないこと。[基準305]	この証明のためにFTA/FMEAを併用する。今回のConOpsではFTAの結果として左記要求を満足しないため、設計変更のトリガとなる。⇒再度FHAを回す。
		annunciated	FC機能が誤動作。飛行ルートの逸脱するが、リモートパイロットが認知し、飛行停止コマンドを送信。安全な地点に着陸 (墜落) する。	FC機能と遠隔飛行停止機能 (含むテレメ機能) は独立していること。	同上

● 試験計画の事例

前述した故障識別の結果、単一の起こり得る故障によって想定飛行範囲からの逸脱する故障が識別された。前提とした CONOPS の見直し(運用シナリオの変更または設計の変更)が必要であることから、試験計画の事例の議論に至らなかった。

4) 全球測位衛星システム(GNSS)

- 起こりうる故障の識別事例

CONOPS に応じて GNSS に関わる故障の影響(想定飛行範囲の逸脱に至るかどうか)は左右される。以下の CONOPS を前提として故障の影響を識別した。

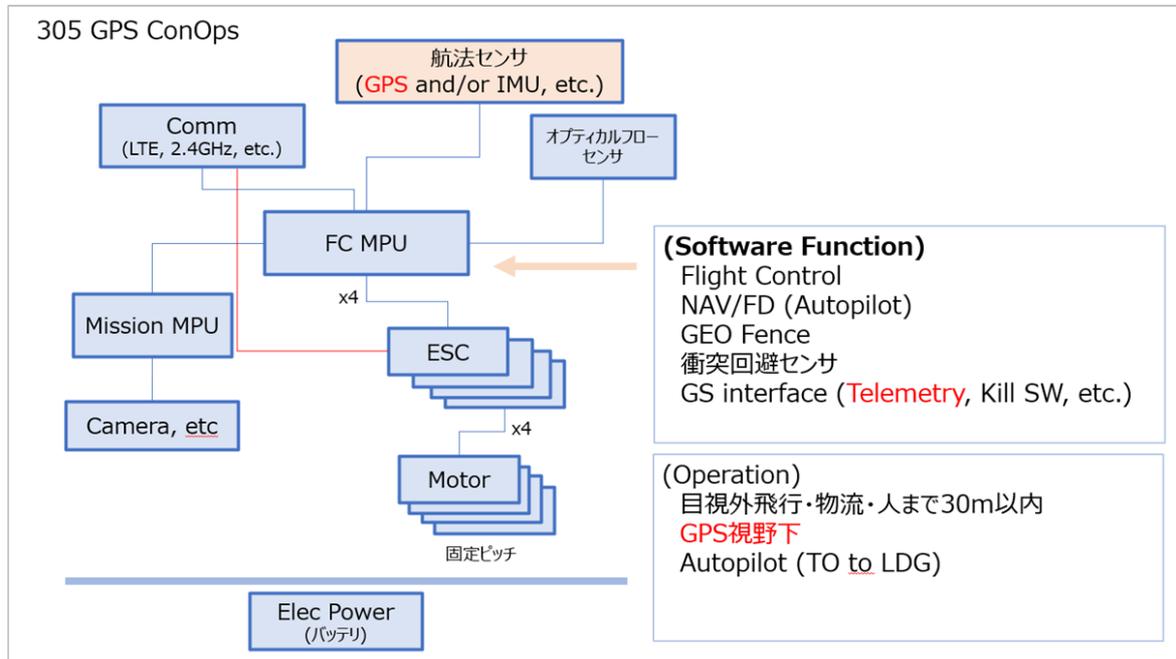


図 2-15 305 GNSS CONOPS

アイテム故障を対象とする評価手法である FTA の手法に基づき操縦系統故障を識別した。本 FTA においては、故障の影響を Top 事象とし、それに至る故障を識別した。

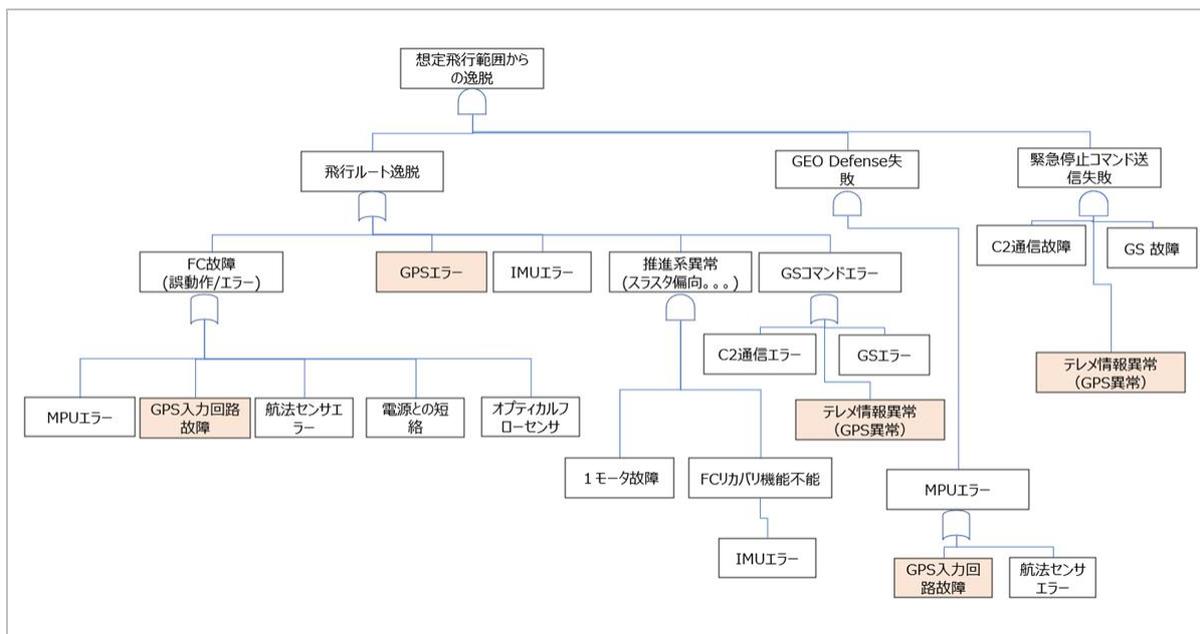


図 2-16 FTA による操縦系統故障識別例(GNSS)

された。適用する評価手法によるが、統一的理解を明確にすべきか継続議論が必要である

2.6.4 現時点の課題

- 2.6.3 項に示した事項
- 第一種機体を想定した事例案

2.7 模擬試験

2.7.1 検討概要

本検討は、305 サブ WG での議論に基づき、以下の機体を対象とした安全基準「セクション 305」起こり得る故障の認証活動(模擬試験)を行う際の事例をまとめたものである。

- 第二種無人航空機に対して
- 前提とした細部 CONOPS は各故障に応じて設定

《模擬試験の目的》

安全基準 305 において無人航空機の故障時の安全は試験により実証することを求められているが、国内において認証という観点で実機飛行試験を経験した申請者および検査機関がともに少ないため、将来検査方法や判断基準の均一性に問題が出てくる可能性がある。

今回は模擬認証試験を通じて、認証試験のプロセス、試験に必要な計測機材、試験方案、などから課題を洗い出し今後の検討項目を明確にすることを目的とする。

《模擬試験の模擬認証プロセスについて》

今回は有人機のプロセスを一部参考にし、無人航空機で想定されている認証体制(検査機関による認証試験立ち合い、および合否判定等)を踏まえ認証試験実施プロセスとして、まず図 2-18 の「あるべき姿」を検討した。あるべき姿を想定した後、3 週間という準備期間を考慮し図 2-19 の「今回の実施プロセス」をもとに方案説明会(一次説明会)と試験方案合意(最終説明会)の 2 度の打合せ、および福島 RTF での模擬認証試験を検査機関候補 1 機関と申請者 1 社を 1 グループとして、2 グループ(グループ A、B)を編成し実施した。

試験方案説明会(一時説明会)において模擬試験の基本方針・前提条件として以下 2 点の事項について合意がなされた。

- ① 守秘義務契約を締結していないため、開示可能範囲のみを対象とし守秘の範囲には踏み込まず模擬試験を実施することを合意
- ② 未合意部分(時間の関係上細部まで確認が取れていない部分)は合意しているものとして試験を実施することを合意

認証試験のプロセス、試験に必要な計測機材、試験方案、などから課題を洗い出し今後の検討項目を明確にすることを目的とし模擬試験を実施した。

認証試験プロセスは暫定的に作成したものであったが、申請者による方案準備→検査機関との試験方案の合意→検査実施、という基本的な流れは 2 グループともに理解され実施された。一方で試験機材、試験方案、等にはまだ 2 グループにバラツキがあり、今後の統制が必要になってくる。試験報告書の作成および審査にいたっては、今回は実施することができなかった。

福島 RTF での模擬認証試験日程として 2022 年 10/17(月)～10/20(木)の 4 日間準備し、表 2-3

の通り実施した。

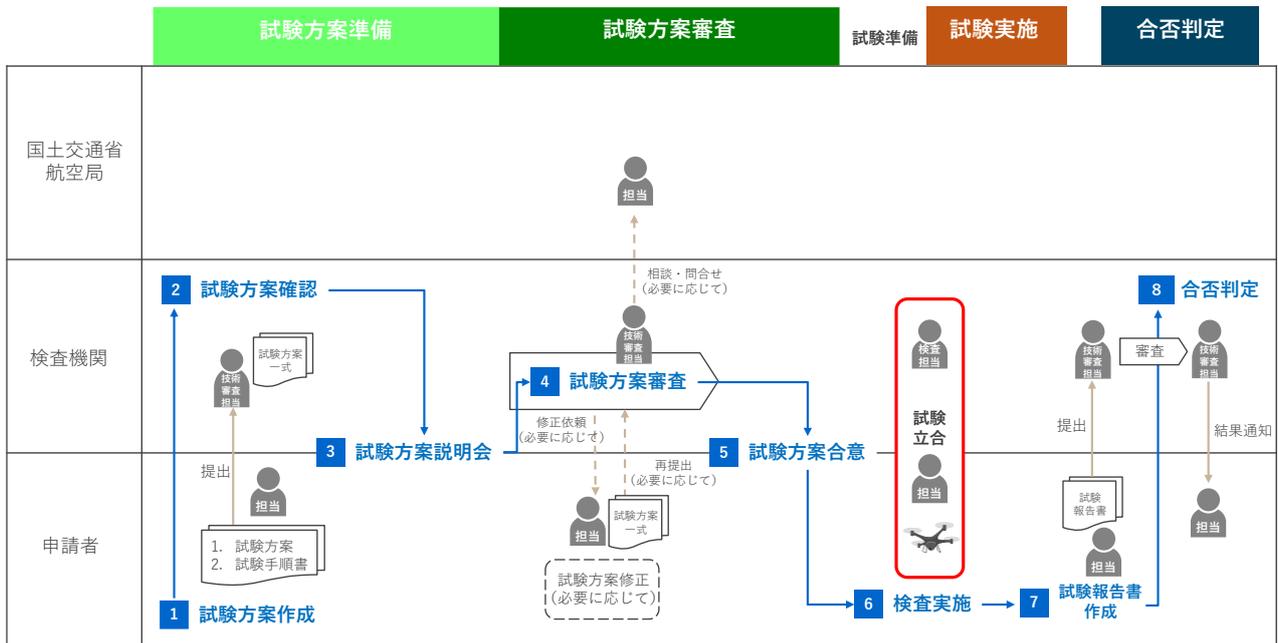


図 2-18 認証試験実施プロセスの「あるべき姿」

模擬認証試験プロセス(10月)

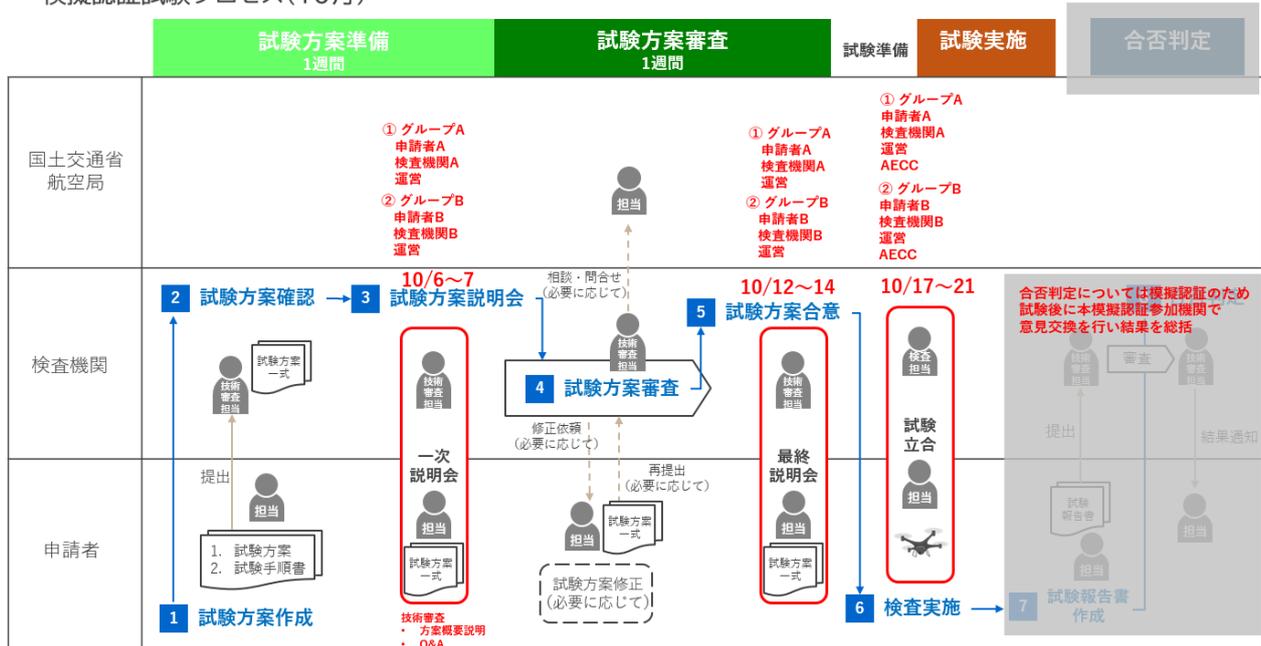


図 2-19 認証試験実施プロセスのうち、今回の実施プロセス

表 2-3 福島 RTF における模擬認証試験

	10/17(月)	10/18(火)	10/19(水)	10/20(木)
8:30				
9:00	準備日	RTFエントランス集合 機体準備 (各社)	RTFエントランス集合 機体準備 (各社)	機体準備 (各社)
		全体ブリーフィング	全体ブリーフィング	機体検査 (Sony) 最終セットアップ
10:00		ブリーフィング (1社目) 試験場へ移動 機体検査 最終セットアップ	ブリーフィング (1社目) 試験場へ移動 機体検査 最終セットアップ	飛行試験 GNSS 一日目の後ケース選定
11:00		飛行試験 C2Link 記録確認 撤収	地上試験 GNSS 記録確認 撤収	飛行試験 C2Link
12:00		デブリーフィング	デブリーフィング	デブリーフィング
13:00		お昼休み	お昼休み	試験結果振り返り、今後に向けた課題洗い出し
14:00		ブリーフィング (2社目) 試験場へ移動 機体検査 最終セットアップ	ブリーフィング (2社目) 試験場へ移動 機体検査 最終セットアップ	
15:00		飛行試験 GNSS	飛行試験 Control Station 記録確認	解散
16:00		記録確認 撤収	撤収	
17:00		デブリーフィング	デブリーフィング	
17:30		解散	解散	

2.7.2 証明手順事例

(1) C2リンク

C2リンクに関わる故障の証明手順事例を以下にまとめる。

1) 起こり得る故障の識別事例

CONOPS に応じて C2 リンクに関わる故障の影響(制御不能又は想定飛行範囲からの逸脱に至るかどうか)は左右される。以下の CONOPS を前提条件とし故障の影響を識別した。

< CONOPS >

- C2リンク故障によって機体の制御不能または想定飛行範囲からの逸脱を生じないように設計されていることの証明
- 目視内の各種点検業務のための固定ピッチ 4 発電動マルチコプタ
- 最大離陸重量 25kg 未満

- 補助者無し
- 無線周波数 2.4GHz 帯操縦用無線装置及びテレメトリ無線モジュールを通じた無線通信
- C2 リンク途絶後は 10 秒間ホバリングを行いその後、RTH
- 目視内の点検機が飛行中において、操縦装置(プロポ)と機体間の C2 リンク機能が失われた場合においても、機体を操作不能及び機体が飛行経路の逸脱を生じないことを証明する。

2) 試験計画および結果の事例

C2 リンクに関わる故障の検証方法および結果を下表に示す。

表 2-4 C2リンクに関わる故障の証明手法

故障内容	点検機が目視内の飛行中において、操縦装置(プロポ)と機体間の C2 リンク機能の喪失。
検証方法	<p>〈飛行試験〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・C2 リンクの部分故障をプロポの電源を切ることにより機体の制御コマンド途絶の模擬故障を発生させ、所定の動作に移ることを確認する。 ・テレメトリは GCS で確認。
模擬故障投入時に確認すべき機体の挙動	機体側で C2 リンク途絶を検知した後、10 秒間ホバリングを行い、その後所定の高度まで上昇し離陸地点上空まで水平移動し着陸すること(RTH)が自動で行われることを目視確認する。
結果	故障投入後も安定飛行を続け RTH できることを確認。 離陸地点と着陸地点の水平距離は 2.1[m]。

(2) 全球測位衛星システム(GNSS)

GNSS の模擬試験では 2 社それぞれ検証を実施。

2 パターンの検証を実施したため①、②それぞれ分けて書き示す。

1) 起こり得る故障の識別事例

CONOPS に応じて GNSS に関わる故障の影響(制御不能又は想定飛行範囲からの逸脱に至るかどうか)は左右される。以下の CONOPS を前提条件とし故障の影響を識別した。

< CONOPS・パターン① >

- GNSS 喪失に伴う制御不能、想定飛行範囲逸脱を引き起こさないことを証明する。
- 目視内飛行・補助者あり
- 低高度における GNSS 喪失(10m 程度)
- C2 リンク途絶後は 10 秒間ホバリングを行いその後、RTH
- 故障模擬を行うため専用ハードウェアとして外部制御装置の取り付け加工あり。
- 試験を通じてフライトログを取得し、確認結果に疑義がある場合は、自己位置を確認及び、姿勢・

速度と指令の姿勢や速度をその場で比較する

< CONOPS・パターン②>

- GNSS 故障によって機体が制御不能または想定範囲からの逸脱を生じないように設計されていることを証明
- 機体は目視内の各種点検業務のための固定ピッチ 4 発電動マルチコプタ
- 最大離陸重量 25kg 未満
- 機体は飛ばさずに、飛行状態を人工的に作る(プロペラの取り外し)
- GNSS 途絶後は墜落させる
- 目視内の点検機が飛行中において、GNSS からの信号が失われた場合に速やかにパイロットに通知し適切な回避行動を取れることを確認

2) 試験計画の事例

GNSS に関わる故障の検証方法および結果のパターン①～②について以下の表に示す。

表 2-5 GNSS に関わる故障の証明手法 ①

模擬故障内容	飛行中に外部制御装置で GPS を無効化することによる GNSS 喪失
検証方法	<p>飛行試験で以下のフェーズ・モードにおいて GNSS 喪失模擬を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. マニュアル操縦 離陸上昇時 2. マニュアル操縦 水平飛行時 3. 自律飛行 ミッション時 4. マニュアル操縦 着陸降下時 <p>それぞれにおいて、補助者が外部制御装置を操作し、これに伴う GNSS 喪失が想定範囲逸脱を引き起こさないこと、制御不能を引き起こさないことを確認する。GNSS 喪失確認は補助者が検査員と共に表示部の衛星数が「1」となっていることの確認を行う。</p>
模擬故障投入時に確認すべき機体の挙動	<ul style="list-style-type: none"> ・マニュアル飛行時においては予め設定した想定飛行範囲を逸脱しないこと。 ・自律飛行時においては自律飛行が中止されホバリングでその場にとどまること。 <p>その後、マニュアル操作で帰還させる際に模擬故障の影響を受けず、意図通りのマニュアル操縦ができることを確認する。</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・マニュアル飛行時 <p>予め設定した想定飛行範囲の逸脱をしていないことを確認。また制御不能を引き起こさないことを確認。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自律飛行時 <p>GPS 喪失後に自律飛行を中止し、その場でホバリングしその後マニュアル飛行で着陸したことを確認。操縦者の意図通りの操縦ができたことも確認。想定飛行範囲の逸脱が無いこと、制御不能を引き起こさないことを確認した。</p>

表 2-6 GNSS に関わる故障の証明手法 ②

故障内容	目視内の点検機が飛行中において、GNSS からの信号の喪失。 (GNSS アンテナと IMU 間の接続を切り GNSS 故障を起こす)
検証方法	飛行状態を人工的に作り、GNSS アンテナと IMU 間の接続を切るにより GNSS の故障を模擬発生させ、パイロットが速やかに機体を墜落させることを確認する。 空中でアンテナの切断試験ができないため、地上に置いて実施する。
模擬故障投入時に確認すべき機体の挙動	機体側では GNSS の衛星捕獲数等の情報を常に地上局へ送信しているため、GNSS 衛星獲得数で安定飛行が不可能と判断される数に減少した場合には地上局で GNSS アイコンが橙色に変化し地上局員が GNSS 異常を確認する。 パイロットは地上局員から情報を得た後、安定飛行が困難と判断した場合にはプロポから機体墜落命令を行う。 墜落はプロペラの回転を停止させることで実行されるため、全てのモーターが停止することを確認する。
結果	地上局員が GNSS 異常を確認後、パイロットに異常検知情報を伝達。 パイロットは地上局員から情報を得た後、安定飛行が困難と判断し、プロポから墜落命令を実施。 機体のモーターが全て停止していることが確認でき、ステータス表示も確認できた。

(3) コントロールステーション

コントロールステーションに関わる故障の証明手順事例を以下にまとめる。

1) 起こり得る故障

CONOPS に応じてコントロールステーションに関わる故障の影響(制御不能又は想定飛行範囲からの逸脱に至るかどうかが)は左右される。以下の CONOPS を前提条件とし故障の影響を識別した。

< CONOPS >

- 目視内飛行・補助者有り
- 設定航路を自律飛行時に補助者がコントローラとソフト間のケーブルを抜く
- 操縦者から困難をきたすレベルの操作性悪化の指摘が無く、設定地点に問題なく着陸する
- 別件の故障模擬のために外部制御装置が取り付けられているが本検証では不使用

2) 試験計画の事例

コントロールステーションに関わる故障の検証方法および結果を下表に示す。

表 2-7 コントロールステーションに関わる故障の証明手法

模擬故障内容	自律飛行中に送信機と CS とを接続するケーブルを抜きコントロールステーションの故障を模擬
検証方法	操縦者は予め作成した目的地点上空を目指し、到達後は RTH で帰還させるミッションを実行する。この往路において送信機と CS を接続するケーブルを補助者が引き抜くことにより、表示ディスプレイの(機能)喪失を実行。 その結果として、想定飛行範囲逸脱を引き起こさないこと、制御不能を引き起こさないことを確認する。 表示ディスプレイの(機能)喪失確認は、補助者が検査員と共に表示部に「送信機が接続されていません」と表示されることを確認する。 ・自律飛行(試験開始～模擬故障投入時、ホバリングまで) ・マニュアル飛行(ホバリング～帰還まで)
模擬故障投入時に確認すべき機体の挙動	・コントロールステーション喪失に伴う制御不能、想定飛行範囲の逸脱をしないこと。 ・自律飛行時には自律飛行が中止されホバリングでその場にとどまること。(その後マニュアル操作で帰還させる)
結果	・自律飛行時:模擬故障投入後に自律飛行を中止し、ホバリング、その後マニュアル飛行に移行したことを確認。 ※離陸の際に GPS のずれから右にずれて飛んだが想定飛行範囲の逸脱はしていない。 ・マニュアル飛行時:問題なくホバリングからマニュアル飛行に移行でき、想定飛行範囲の逸脱もせず、着陸地点に着陸したことを確認した。

2.7.3 論点整理

方案説明会各グループであがった主要な質疑を以下に挙げる。

1) 方案説明会

● グループ A

➤ 今回の模擬認証試験の位置づけ

- ◇ 時間も限られ様々なことが決まっていな中で実施するのに範例とされるのか？プロセスを一通りなぞるだけで方案の検証は行わないで良いのか？
- ◇ 検査機関の立ち位置：試験実施は申請者主導で検査機関はあくまで立ち会い
- ◇ 今回の方案審査で、守秘義務に触れる部分がでてきたらどうするのか？
- ◇ 福島の現場では方案の内容を開示しなければならないのか？

➤ 技術審査

- ◇ システムブロック図の説明(キルスイッチ、電源系統、システム系統、センサー系、など)
- ◇ C2 リンク試験の概要説明
- ◇ 地上試験による GNSS 試験の概要説明

● グループ B

➤ 試験方案

- ◇ 試験方案ドキュメント概要説明(機体概要、センサー系、試験条件、ノーマルプロシージャ、など)
- ◇ 機体データ確認方法、環境データ取得について
- ◇ 一般的な適合証明、サーキュラー 1-309 の紹介
- ◇ 試験はクリティカルコンディションを選定されているのか？
- ◇ 合否判定のクライテリアについて
- ◇ 供試体確認方法について
- ◇ 試験カード内容について

2) 模擬認証試験デブリーフィング質疑応答表

各模擬認証試験後のデブリーフィングでの議論内容をまとめた表を以下にそれぞれ示す。

- C2 リンク試験(グループ A)

表 2-8 C2 リンク試験デブリーフィング_グループ A

No.	確認内容(説明・質問・指摘内容)	対応内容、対応方針(回答・修正内容)
1	<p>今回の検査の内容で途中後戻りがあったが有意義な模擬試験ができたのではないかと考えている。</p> <p>今後、試験項目はまとめられるところはまとめ、細かくやるところは細かくやるといったことができるように濃淡をつけて精査を行っていきたい。</p>	-
2	<p>確認者は名前をしっかりと記載し、A,B,C等のアルファベットでの表記はやめた方が良い。</p>	-
3	<p>試験途中で後戻りがあったが、どこまで戻るのが不明確なため、後戻りが発生した際はプロシージャをどこまで戻すというのを予め明確しておくが良い。</p> <p>確認者、号令者をしっかりと判別しておく、試験を進める上で円滑になる。</p>	-
4	<p>どこをどう重点的にみるか、どこを細かく見るかを見極めると良い。</p> <p>実際の方案の際には、30～60分で1つの試験を終えられるようなスムーズさが必要なのではないかな。</p> <p>検査機関の立場としては厳しいところは厳しく、話し合う点についてメーカーさんの負担にならないレベルで会話等して行けたらいいのではないかと考える。</p> <p>無人航空機の検査では本当に有人機の試験を是とするのかについては引き続き議論が必要。</p>	-

6	手順書が細かすぎるのではないかと指摘が 検査機関側から入ったが、打合せでは議論して いないのか。	今回の試験を行う上で必要な手順のため、この 内容で合意したという認識。 準備いただいた内容を未合意部分も合意の上で 模擬試験を実施した形となる。 審議は合意した上で実施したということになるの で内容については今後の課題と考える。
7	必要な手順のため、この内容で実施したとのこと だが、記載過多ではないか？必要な手順であるの であれば今後フライトマニュアルに掲載するのか？	重要な部分は漏れなく記載した認識。 今後もフライトマニュアルに沿った内容を実施して いきたい。
8	フライトマニュアルの手順に沿った内容で行うともっ と短時間で済むと思う。 セットアップの確認等は実施しているのか？	セットアップ時間は昨日午後(10月17日)と今朝 (10月18日)のため時間は足りていないという のが正直なところ。
9	検査自体は申請者が主体となり、検査官は立会い というのが本来のスタイルだと思うが、今回実施し ているところを見ていると、検査員のための模擬 試験となっているように感じたため、申請者が主 体となってやるのが良いのではないかと。	-
10	計測箇所は何を計測すると明記したほうが良いの ではないか？ C2リンクの試験手順、結果として本当に必要な のか、通常の手順に沿って機体を起動するといっ たような文言で済む箇所もあるのでは？	今後、計測項目を明記する。 内容についても手短かにできるように修正していく。

● GNSS 喪失試験(グループ B)

表 2-9 GNSS 喪失試験デブリーフィング_グループ B

No.	確認内容(説明・質問・指摘内容)	対応内容、対応方針(回答・修正内容)
1	指摘事項は大きく分けて 2 個と考えている。 ①着陸後に機体を移動させる際、検査官の許可を 得ていなかった。 ②ファームウェア確認が 1 箇所抜けていた。 他については概ね良かったのではないと思う。	-
2	指示係に対する応答が適格な点は良かった。 何点か抜けた箇所があったが本番ではないように 気を付けたほうが良い。	-

	<p>監視員の位置を合意後に変更したのであれば事前に相談等したほうが良い。</p> <p>ログ確認の際に iPad 側はすぐに確認できたが、機体のログもすぐ出せるようにできると確認がスムーズになる。</p>	
3	<p>有人航空機に近い厳密な物を求めている部分もあるため</p> <p>お作法や書類が更に厳格になっていくと良いのでは。</p>	-
4	<p>コミュニケーションも密に取れ、事前確認についても明確にでき良い模擬試験ができたと思う。</p> <p>昨日(10/18)航空局がパブコメ出しているものを是非参考にしていきたい。</p> <p>申請者側がまず方案通りになっているか確認、その後、検査官が確認するというのが本来あるべき姿。</p>	-
5	<p>(方案の詳細が非公開のため質問)</p> <p>機体の形態について、外部操作装置は今回の試験の為の物なのか？ハードウェア的なものなのか？ソフトウェア的なものなのか？この試験のためだけに改修を行ったソフトだと別の物を試験していることにならないか？</p> <p>ミッションフライトしている際の機体の挙動が方案に記載されていない。GNSS 喪失した際の挙動の前に、GNSS の上昇中と下降中の元々の挙動は？</p>	<p>今回試験しているソフトウェアは改造部品を取り付けても、ソフトウェアの変更や更新をしないで良いものを使用している。そのため GNSS が操縦に影響を与えない設計になっている。上記の観点において、操縦者に操縦性の変化はあったかという聞き方をしている。</p> <p>情報を全員に開示はできないため開示部分を分けさせてもらっているということもありこのような記載をしている。</p> <p>挙動については記載するようにしていきたい。</p>
6	<p>検査中の意思疎通、声出しが非常に良かった。</p> <p>外的要因(風が強い、声が通らない)がある場所ではインカムやトランシーバーを使用すると良いのではないか。</p>	<p>今回は準備できていないが、今後は何か通信機器を使用することを検討する。</p>
7	<p>マニュアル操作されているが、GNSS を切るタイミングが操縦者にブラインドであるべきなのかどうなのか？(専門ではないため素朴な疑問)</p>	<p>本試験では一般的な操縦スキルをもった人が操縦することが前提なので、逸脱はしていないと考えている。</p> <p>また、操縦性評価の試験ではないため検査内容的にも逸脱しておらず、事前合意もなされている。</p>

8	<p>パブコメを是非ご覧いただきコメントを挙げて欲しい。</p> <p>型式認証全体で言うと証明しないといけなくなるかもしれないが、それはどこで行うのかとなってくる。証明方法も考えて行かないといけない、305に呼び込んで議論して行き、より良い安全な機体を作って行ければ良いのではないか。</p> <p>実際の試験でも様々な要因で飛ばしてしまうこともあるが、記録者や申請者内で声がしっかりあがっていたので良いのではないか。場数を踏み各種対応やノウハウを蓄積していき、リスクを最小限にして行けば良いのではないか。</p> <p>検査者側としても、用語の定義を大事にしていきたい。(メーカーによって同じ言葉でも微妙に意味合いが異なるため、双方でその辺もしっかり合意されているといのでは)</p> <p>今後はRCW(証明に基づいた録画)を活用も検討して欲しい。</p>	-
9	<p>検査中の呼びかけの際に、そちらこちらという伝達はやめた方が良い。誰に何を伝えているのか明確に、無線の世界ではあり得ない。</p>	<p>今後は名前で、何を伝えているのか明確にする。</p>

- GNSS 喪失試験(グループ A)

表 2-10 GNSS 喪失試験デブリーフィング グループ A

No.	確認内容(説明・質問・指摘内容)	対応内容、対応方針(回答・修正内容)
1	<p>今回の検査は昨日(10/18)と比較して概ね上手く実施できたと思う。一部リトライはあったが、手順の多さも影響していると思うので手順も見直したい。</p> <p>今後、どのような形で検査を行っていくか検討しながら効率化を図りたい。</p>	-

2	<p>試験自体は問題ないとする。進行に関してはもう少し声を出してほしい(どんだん声が小さくなっていた)どこで何をやっているのかわかりにくいため。</p> <p>今回の試験がワークフローの連続であたふたしている、シーケンシャルに起こっていることが全員にわかるように手順・項目を詰めた方が良いと思う。日々、そういった部分の検討がなされ自信をもって検査できると信頼感は増す。</p>	<p>手順の見直しや、自信を持って試験を遂行できるように、進行に慣れることも必要だと考える。</p>
3	<p>重要な部分以外は簡略化してもいいと思う。</p>	<p>手順については見直しを図りたいと思う。</p> <p>昨日(10/18)と今日(10/19)で試験を分けて行ったが、実際には連続で行うということを考えると改善が必要だと考える(時間を要するため)</p>
4	<p>方案の書き方の工夫が必要だと思う。</p> <p>事前合意はなされ、その後内容が訂正されていることは認識している、しかし、月曜日時点でわかっていたのであれば変更点等は相談があっても良かったのではないかな？</p> <p>両社で語句の認識合わせはやはり必要だと感じた。今回は墜落について認識が申請者その他の皆さんで認識がずれていると思う。</p> <p>また、昨日と比べ検査官が聞くやり方ではなく、申請者が主体でやりスムーズに進行できたので良かったのではないかな。</p>	<p>方案について社内で見直した際に変更した方が良いという結果になり月曜日に変更した。今後変更などがある場合は相談や事前報告する。</p> <p>用語は意識合わせができていないと、困る場合もあるため、意識合わせ含め協議できると良いのではないかなと思う。</p>
5	<p>本来の試験目的の、“飛行経路から逸脱しない”、“制御不能にならない”という点について該当していないと考えているが、そこは事前合意がなされていると理解をする。</p> <p>この部分については他の検査範囲の合わせ技で認証を取るという認識でよいか？</p>	<p>今回は安全性も考慮しこのような一部分に絞ったやり方をとらせてもらった。</p>
6	<p>310 を実施する前提での方案の作り方という認識でよいか？</p>	<p>試験をやるにあたり、安全性第一のため、実際に墜落させるのはどうなのかと考え、ターミネーション検証はまた別途実施することにした。</p>
7	<p>緊急停止コマンド送信は GNSS 途絶後何秒以内といった具体的な評価基準が無いがどのように考えている？</p>	<p>GNSS の信号が途絶するタイミングによって変わってくるため、現場責任者の判断でコードを打つということにしている。</p>

8	緊急停止コマンド送信は GNSS 途絶後何秒以内といった具体的な評価基準は決めないで良いのか？ 今後フライトマニュアルにも記載予定？	今は基準を決めていない。フライトマニュアルの掲載については掲載する方向だが検討の余地がある。
9	パイロットの意思に基づいてターミネーションできることを今回の検査で判断したと認識している。GNSS 故障が起きてから何秒以内でターミネーションができたというものは決めないで良いと考えている。ターミネーションは今回できているので全然問題ない考える。	見えている範囲(目視飛行)を前提としている機体のため、今回のやり方を選んでいる。
10	305 の B 項で反映されることを記載しないといけない。 2 等の技能証明のパブコメでは試験項目でも入っているので、技量がある前提としても定義できると考えている。 今後こういった部分も考慮し運行していくと良いのでは？	今回の機体は機体認証に向けたものではないため、今後はそういったものも取り込んでいく必要があると考えている。
11	パイロットが独立してやることは今後検討するのか？	パイロットと地上局員別々の構成のため、モニター等を配備すればパイロットが行うことができる。また前提として別々に役割を分けているため、このような形をとった。
12	試験を実施される方は試験実施に一生懸命だが、検査者に試験を行ってもらうため、検査者とのコミュニケーションも密に行うと良いのでは。但し、試験の流れを止めるのはいけないため、項目が切り替わるタイミング等で行うといいのではないか。実際の手元の状況を確認している検査者がいなかったため、そういったところも検査者にどう見せるのかという点も試験前に検査者とコミュニケーションを取るといいのではないか(どうしても今回仕方ない部分があるのは理解している)	試験のやり方、人の配置、地上局の位置の関係で、ネットの支柱が邪魔にならない視界を確保するために今回このような形をとったが今後は事前にそうするか確認していけたら良いと考える。
13	モーターがどの順番で全部ちゃんと回っているのか確認する際に検査官本当に見えていた？ 方案に回転順序を記載しているが順番は重要なのかといった点を明確にした方が良いのでは？ 実際の検査ではこの手順は必要なのかというような点を検査者、申請者ともによく検討されるとノウハ	モーターの回転については目印等も考える、また内容についても今後社内で議論を重ね精査していきたい。

	ウの蓄積にもなりよりより検査活動を行っていきけるようになるのではないか。	
14	方案審査の審査員、現場の検査員は常に同じなのか議論が必要。	-

- コントロールステーション喪失試験(グループ A)

表 2-11 コントロールステーション喪失試験デブリーフィング_グループ B

No.	確認内容(説明・質問・指摘内容)	対応内容、対応方針(回答・修正内容)
1	模擬試験結果報告:無事終了したと考える。	-
2	昨日(10/18)より良くなっていた。 風速は方角・方向、気圧も計測して欲しい。 機体設定は日が変わるのであれば、試験当日に設定し直した方が良いかもしれない、もしくは試験前に確認するなど。 ログは説明もあり理解しやすかった。	-
3	模擬試験として非常に良かった。	-
4	手順書中にプロペラ装着は記載が無いため、手順書に沿って試験を行うという観点でいうと記載したほうが良い。 ミッション飛行に入った際に横移動したが、GPSの誤差で動く可能性がある場合、こういう挙動があり得ると明確に記載したほうが良い。 着陸後の順番が手順通りになっていなかったの で、記載の順番で実施された方が良い。	ご指摘の通りです、ありがとうございます。 同時に行われるものに関しての記述については問題があると認識しているので、改善していきたい。
5	検査者とコミュニケーション取りながらスムーズに1日で検査終了できるようになるといいと思う。やり方の工夫も含め知見がついてくると思うので、逸脱したら試験を中止し、やり直すという対応をとっても良いと思う。	-
6	昨日(10/18)は横移動が発生せず、本日(10/19)は横移動したのが違和感だったが昨日と何か違う部分があった？	昨日(10/18)と同じデータで飛んでいるがGPSのずれで本日(10/19)のようなことが起きている。

		無人航空機としては昨日(10/18)と同じ経路を飛んでいるつもり。
7	<p>試験を連続した場合に、今回のことのような際に試験の記録以外にも、PWR、試験立ち合い記録というものを作成いただく予定。</p> <p>何かあった際の事実をレポートとして提出いただき、証明をしていただくというのも一つのやり方かなと考えている。</p> <p>使用方法も含めまたパブコメいただきたい。</p>	-

- 全体デブリーフィング

表 2-12 全体デブリーフィング

No.	確認内容(説明・質問・指摘内容)	対応内容、対応方針(回答・修正内容)
1	安全の基準含め、GNSS 模擬試験は試験方法が違ったわけだがなぜ 2 社で変わった?	<p>今回の証明方法というのが、車ではこういったものをやれば良いというものがある程度決まっている。しかし、無人航空機はまだ一律にこういう試験をやれば安全ですという判断はできない。</p> <p>CONOPS に予めどういうことを行いますと記載し、その飛行条件で試験を行うため内容が同じにはならず、それぞれ変わってくると思う。共通認識を目指していくのが今回のプロジェクトなのではないか。</p>
2	-	<p>CONOPS で何を想定し設計しているかということを示し書類審査を行うので、まずは示していただくのが重要だと考える。</p> <p>検査という言葉の意味についても、inspection ではなく示すという認証活動ということを理解頂ければ。</p>
3	ATTI モードやパイロットによって前提となるテストのやり方が変わってくると思っている、その点については?	二種で飛ばす場合には二等のライセンスが必要なため、ATTI モードで飛行ができることというのが項目に入っている

4	-	<p>ユーザーあつての機体の選定、商品があつての認証という認識。実際は無人航空機を使用して何をするのかで証明する内容は変わる。</p> <p>使用・運行を示していただき、CONOPS に書いてあるもので基準に適合しているかということになる。</p> <p>CONOPS に対する意見もメーカーさん含め議論していけるといいのでは？運行コンセプトをしっかりやっていただきたい。</p>
5	<p>GNSS 喪失の証明をするという点で、どう喪失させるか。</p> <p>昨日も話したが試験用にハードの改修や取り付け、ソフトの変更を行うと何を検査しているのかわからなくなる。どういうシステムで出来ているのかを踏まえて手順を作らなければいけない。</p> <p>起こり得ることを理解しながら行うことは非常に重要かなと思いました。</p>	-
6	<p>CONOPS、システム、構成、コンセプトが違う。</p> <p>強制落下を選んでいるのは、しばらく飛ばすことはできるが、それがどのくらい担保できるか証明することが今のところできない。全てを緩和していると、飛行できると言い切れない。最大の安全を確保するには強制落下しか無いとして選んだ。取組に対しての考え方は議論の余地がある。</p>	<p>人の支障、物件の損害、航空機との接触 落とすにしても安全が確保できた場所に落とすのか？</p> <p>今後議論していきたい。</p>
7	-	<p>実施しようとしている試験方法は認証に適合するのか、しないのか、ケーススタディになる</p> <p>今回の NEDO の活動で悩み考えていただき、試験をすることが目的ではなく、試験を使って証明することと認識している、運行に繋がる場所なので、活発な議論をしてほしい。</p>
8	<p>実際にお客様が使われるユースケースを考えることが重要だと考えた。</p>	-
9	<p>コントロールステーション喪失検査時の挙動について GPS の特性上、起動直後は精度が低い、本日はいきなり検査を行っている。</p>	-

10	試験実施前に機体のキャリブレーションはしているのか？	機体のキャリブレーションを、飛行規程に記載しておけばいいのではないかと。 予めキャリブレーションするのか、飛ばしておくのか、予め書いておくと良いと考える。
11	今回のように大人数が集まる場合スマホ携帯電話の電波を飛ばさないようにしていただけると助かる。	無線環境は試験環境によって変わってくると思うので、可視化すると良いかもしれない。 ただ、この環境では飛ばませんという意味合いになる。
12	9月のロボテス試験の際、精度(ミチビキを使用、cm単位)は良かったが、50人の団体客が来た途端に精度が悪くなり自動航行ができなかった。 スマホのテザリングをすると衛星の数を多く受信するということは確認できたため、大人数の携帯/スマホが影響しているのは間違いない。機内モードに変更行くと影響は無かった。	大人数の状況が集まる場合、無人航空機を飛ばさないでくださいということになるので CONOPS に記載するしかない。
13	実際のユーザーマニュアルでは現在どうなっている？	来場者が多く影響があった場合は Wi-Fi を切ってくださいと記載している。 一般ユーザーに配布する際にある程度原因が判明しているのであれば、試験の安全の為に対応しなければいけない。
14	CONOPS によって状況が大幅に変わると考えている。 今は山間部を飛ばしているので外からジャミングを起こすことは無いが、都市部で第三者の影響がない状況を作らないようにするなど電波強度を実際にどう保障していくかは考えていかないとけない。 将来に向けてうまく回っていかないと考える。	電波強度は電波法で決まっています、製品として設計によって変わってくる。 業界標準にするのかどうか。

2.7.4 現時点の課題

今回の模擬認証試験を通じて、認証試験のプロセス、試験に必要な計測機材、試験方案、における課題を洗い出した。以下に、模擬認証試験によって顕在化した課題を示す。

1) 用語の定義

メーカー独自の用語が存在する場合や、一般的な用語であってもメーカー独自の意味で使用されている場合がある。そのため、検査側、検査を受ける側共にコミュニケーションを取り認識の齟齬を少なく

することが非常に重要となる。

2) 認証試験プロセス

申請者による試験方案準備、検査機関との方案協議、試験計画・実施、試験レポート提出、という認証試験の基本的な一連の流れをプロセスとして決定しガイドライン等を準備する必要がある。

3) 環境条件の計測・記録

環境条件は飛行試験において重要な記録であるが、計測機器の要件・校正基準が現時点で不明である。また、試験方案においても試験環境条件は明記する必要がある。

4) 供試体のコンフィグレーション

認証試験に使用する機体は実際に使用する機体とどこまで同じコンフィグレーションでなくてはならないか議論が必要である。基本的には試験用に特別な付属品を取り付け、ソフトウェアの変更を行うべきではない。

5) 事前機体検査および試験実施後の検査

機体検査の手順および審査を通過した設計データに適合していることの証明方法等について今後議論が必要である。また、試験実施後には供試体に損傷がないか確認する必要がある。

6) 試験方案の妥当性

試験方案の妥当性や評価基準については各検査機関でバラツキがないようにある程度統制をとる必要がある。

3. 各安全基準セクションに共通の論点

サブ WG 活動は検討対象とする安全基準項目に注目して議論を行った。しかしながら安全基準項目全体に共通する事柄がありそれらについて共通した認識を持つ必要があることから、全てのサブ WG から参加者を募りサブ WG 横通しで議論を行った。本章では各安全基準に共通する論点として交わされた主な議論を整理し示す。

3.1 議論の前提としての CONOPS

サブ WG 活動開始当初は参加者それぞれが想定する機体の運用方法を前提に意見が述べられた。前提となる機体の性能や機能も様々であるため、第二種認証取得のために求められる適合性証明手段について共通的な認識に基づく議論を行うことが困難な状況が生まれた。このため議論の前提として参加者間で想定する機体の CONOPS を共通化することが、標準化活動において重要であることが指摘された。安全基準の各セクションの議論の前提条件として、CONOPS を簡易的に定め議論を行うことが重要と考えられる。

3.2 許容できるリスクレベル

「無人航空機の型式認証取得のためのガイドライン(案)」は「無人航空機のリスクレベルが許容できる範囲に収まっている状態のこと」と、「安全性」を定義している。第二種の無人航空機に対して求められる安全性について共通の認識を持つことが重要との観点から、「許容できるリスクレベル」について議論が行われた。示された主要なコメントは以下の通り。

- 「許容できる安全性やリスクレベル」の許容範囲が不明瞭である
- 個々の機体の設計によって「許容できる安全性やリスクレベル」が異なるため、許容範囲を安全基準において明確に定義することは困難である
- 安全性の定義においては、機体、運航、操縦、第三者が関与するためそれぞれと議論が必要である
- 安全性を機体(機体認証)に求めるか運用者に求めるかは責任比率や対象となる基準で異なる
- 想定範囲外の動きをすることがリスクである。過去に事例をみると落とさないことを注視しすぎることでかえって暴走飛行してしまうなどのパターンが存在した。想定範囲外の動きをすることがリスクである

3.3 第二種機体における制御不能

「無人航空機の型式認証取得のためのガイドライン(案)」は「制御不能」を以下のように定義している。

制御不能: 制御不能とは、無人航空機の制御された飛行状態からの意図しない逸脱を意味する。これには、逆効き又は縦、横若しくは方向の安定性及び操縦性の過度な喪失が含まれる。また、地表面への制御不可能な衝突の可能性が高い計画外又は命令外の姿勢への変化が含まれる。制御不能とは、きりもみ、制御権限の喪失、空力安定性の喪失、飛行

特性の発散又は同様な事象を意味し、一般的に墜落につながる状態である。

制御不能が指す状態について議論が行われた。示された主要なコメントは以下の通り。

- 機体を思い通り飛行させられない状態では飛行させてはならない
- キルスイッチで計画飛行範囲内の第三者や第三者の物件のいずれもない場所に機体を墜落させることは制御可能と言える

3.4 機体と運用

パイロットがキルスイッチを判断/操作できるスキルが必要であるとの議論から、機体、運航、パイロットスキルの三者が定義されそうすることで「安全」が担保されるとの考えが示され、安全性を議論する際の機体側と運用者側が負うべき責任について議論が行われた。示された主要なコメントは以下の通り。

- 認証を取得した機体を、規定された範囲内で飛ばすことが大前提となっている。規定された範囲外の事柄は運用側の責任である。
- CONOPS において機体を使う側の素養や使用するための条件が定義される。
- 安全基準セクション 200 の「無人航空機飛行規程」を逸脱する飛ばし方をした場合は運用者責任となる。
- 綿密な飛行計画方法まで飛行規程等に規程することが現実的でなく、規程しても手順が複雑なため運用側が遵守することが難しい。
- パイロットライセンスに守るべき運用の内容が定義される。
- 第二種の安全性について、機体側と運用側で解釈に差異がある場合、機体側のリスクアセスメントと運航側のリスクアセスメントが異なる場合が想定される。
- 機体側、インターフェース側、運用側それぞれが守るべき前提条件はどこからどこまでなのかという認識をそろえなくてはならない。全てを機体側の話としてしまうとあらゆる運用を想定しなくてはなくなり、機体メーカーにとって対応に無理がある。

3.5 登録検査機関の裁量範囲

型式認証は国土交通省のほか、国土交通省に登録された登録検査機関(第三者検査機関)に申請することができる。安全基準に基づく検査について登録検査機関ごとの裁量範囲について議論が行われた。示された主要なコメントは以下の通り。

- すべての登録検査機関での検査の基準が一定であることが理想である。
現実的には登録検査機関によって運用上の差が生じることが想定されるが、証明手段の考え方や裁量範囲については議論が必要である。

4. まとめと今後の課題

航空局より示された「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」及び2022年9月22日から同年10月21日まで意見募集が実施された「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン(案)」を主に参考として、第二種型式認証に対応した証明手法の検討を行った。安全基準のうち「001 設計概念書」、「105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム」、「110 ソフトウェア」、「115 サイバーセキュリティ」、「300 耐久性及び信頼性」、「305 起こり得る故障」の6つの基準項目を対象として、サブWGを設置して登録検査機関候補、機体メーカー、有識者の参加のもと検討を行った。

各サブWGにおいて初めに安全基準の解釈を行い、その上で基準を満たしていることを証明するための手順を検討した。証明事例の提示には至らなかったがその検討の土台として、安全基準への適合性証明を行うための論点、今後の課題を整理することができた。各サブWGにおける議論を通じて示された主な論点は表4-1の通り。単独の安全基準セクションに閉じず複数の安全基準セクションを横断的に議論すべき等、共通の課題認識も示された。

表 4-1 各サブWG 検討成果(2022年11月時点)

サブWG	主な論点	主な今後の課題
001 設計概念書 (CONOPS) サブWG	<ul style="list-style-type: none"> ・CONOPS に記載すべき事項についての複数の立場 	<ul style="list-style-type: none"> ・具体的な CONOPS 事例を用いた議論を通じた CONOPS のあり方についての共通認識醸成
105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム サブWG	<ul style="list-style-type: none"> ・型式認証に係る以下 2 つの視点からの型式認証に係る関連システムの範囲について議論 ①無人航空機の安全性に影響を与えるか ②無人航空機が安全基準を満たすか 	<ul style="list-style-type: none"> ・他の安全基準との関連・ハーモナイズ ・AE(関連システム)の証明範囲を決定するためのロジック(機体設計 CONOPS によって AE が異なる)
110 ソフトウェア サブWG	<ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアエラーと、その最小化する方法 ・システムレベルのテストの適用 ・AE に搭載されるソフトウェアの取り扱い ・適合性証明計画の合意のタイミング 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全な運用に影響を与えるソフトウェアを抽出する方法 ・他の安全基準セクションとの関連・ハーモナイズ ・オープンソースソフトウェア、購入部品等の既に機器に搭載されたソフトウェアの扱い ・自己宣言書の事例・統一フォーマット ・適合させるための具体的な事例提示 ・型式認証後の、運用中の形態管理やソフトウェアアップデートと型式の変更認証
115 サイバーセキュリティ サブWG	<ul style="list-style-type: none"> ・サイバーセキュリティの対象 ・リバースエンジニアリング対応 ・セキュリティリスクアセスメントの考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・責任の所在(機体メーカーが追うべき瑕疵担保責任範囲、AE・外部サービス・COTS 等のセキュリティアセスメント実施責任) ・具体性のある安全基準と受容性の検討 ・継続的なセキュリティ活動のあり方
300 耐久性及び信頼性 サブWG	<ul style="list-style-type: none"> ・計画外飛行の解釈 ・証明に必要な飛行試験項目や飛行試験条件 ・証明する飛行試験時間が 0 時間にリセットされない条件 	<ul style="list-style-type: none"> ・用語(「ルートの複雑性」等)の意味の明確化 ・電磁干渉(EMI)及び高強度放射電界(HIRF)環境証明方法 ・飛行試験を実施する操縦者の評価方法 ・飛行試験時の関連システム(AE)の位置付け
305 起こり得る故障 サブWG	<ul style="list-style-type: none"> ・「起こりうる故障」の識別方法 複数の識別方法(FTA、FMEA、FTH)としてトレードスタディーを実施 ・試験方法の検討 フライトコントロール、GNSS 等にて「起こりうる故障」への証明方針(試験方法)の事例を検討 ・305“ 起こり得る故障”の試験実証方法について具体的な試験を実施して検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・墜落を伴う試験の必要有無、解析手法による証明の許容可否 ・第三者の財産への影響 ・他の安全基準セクションとの関連・ハーモナイズ ・故障識別における構造・プロペラ等の取り扱い

付録 1 CONOPS のテンプレート案

A.0	一般的なガイドライン	設計者/製造者による記載
	設計者/製造者は、認証を受ける無人航空機の運用を十分理解したうえで、運用者により想定される運用に対する CONOPS を作成し、設計/製造者の立場で安全な運用に責任を持つ必要がある。	
A.0.1	文書管理	
	CONOPS の作成と変更(変更履歴を含む)を適切に管理、記録すること。	
	CONOPS は、検査機関による評価確認と承認を受ける必要がある。承認後の内容変更は、機体/型式認証の証明内容(D&R 飛行試験など)の追加や修正等が必要になる可能性があるため、検査機関に再度確認すること。	
A.0.2	参考文書	
	CONOPS に記載されているすべての文献(ドキュメント、URL、マニュアル、付録等)をリストアップする。	

A.1	運用に関連する情報の収集と提示のためのガイダンス	
	本 CONOPS ひな型は、認証を受ける無人航空機的设计/製造者が、安全な運用に必要な情報を抜け落ちなく記載することを目的としている。証明内容(特に、D&R 飛行試験の実施内容)は CONOPS の記載内容により定められるため、設計/製造者の立場から正確で詳細な情報を記載すること。また本 CONOPS ひな形に記載の無い項目であっても安全な運用に必要な情報は追加して記載すること。	
A.1.1	リザーブ	
A.1.2	運用体制 ・001(d) ・300	認証を取得する無人航空機を安全に運用する際に最低限運用者に求める又は推奨する管理体制と、管理体制を規定する文書について記載すること。(運用体制を構成する運用要員については、A.1.2.5 に記載すること。)
A.1.2.1	安全管理	(a) リスクが高い運用の場合の運用者に求める又は推奨する、安全管理について記載することが望ましい。

		(b) その他、安全を確保するための活動や体制等があれば記載することが望ましい。	
A.1.2.2	設計と製造	(a) 認証を受ける無人航空機の設計/製造者の設計/製造に関わる組織及び体制を記載すること。	
	同上	(b) 認証を受ける無人航空機の全体又は一部の製造を外注、もしくは購入している場合、外注製造者、購入先業者について記載すること。	
		(c) 必要に応じて、第三者機関の生産組織に関する情報を証拠として提出する。	
A.1.2.3	運用にかかわる要員の資格と教育・訓練 ・300	直接運用に関わる要員(以下運用要員)について、各運用要員に必要な資格要件と、技量維持及び/又は非常事態及び異常事態に対応するための教育及び訓練について、設計/製造者の立場から記載すること。	
A.1.2.4	整備 ・205 ・300	(a) 認証を受ける無人航空機の安全な運用に必要な点検・整備の考え方について、記載し、作成した整備手順書案を示すこと。	
	・205	(b) 整備を実施するにあたり整備体制や資格などが必要な場合は記載すること(例えば、運用者に特定の体制や資格が要求される場合や整備実施に当たり認められた外部機関に委託が必要な場合など)。	
A.1.2.5	運用要員 ・001(d)	(a) 運用者に求める又は推奨する運用体制の詳細について、最低限必要な運用要員と各要員の任務及び責任を、少なくとも以下の要否を含め具体的に記載すること。 ・運用責任者 ・操縦者 ・操縦補助者 ・監視者 ・安全管理者	
		(b) 運用要員の連携を円滑にするための手順、機材等を記載すること。	
		(c) VTOL 機等、操縦者が保有するライセンス対象の無人航空機と認証を受ける無人航空機の特長や機能が大きく異なることが予想される	

		場合、操縦者に必要な資格及び/又は追加の訓練等の要件を具体的に記載すること。	
		(d) 運用者に求める、又は推奨する、運用要員の健康状態の維持・管理について記載すること。	
A.1.2.6	無人航空機の形態管理 ・110(b)	運用者に求める又は推奨する、無人航空機の形態管理について以下に例を示すが、これに限られない。 ・許容される形態変更の範囲 ・管理方法	
A.1.2.7	その他の情報	その他、必要な関連情報を提供すること。	
A.1.3	運用	A.1.3 を通して、安全な運用に必要な情報を具体的に記載すること。運用は、設計/製造者の想定に基づくが、運用者による実運用に即したものであることが必要である。	
A.1.3.1	運用の概要 ・001(a) ・300	設計/製造者が想定する、認証を受ける無人航空機の運用の概要を記載すること。特に認証を受ける無人航空機が想定する標準的な飛行プロファイル(離陸から着陸までの飛行フェーズ、飛行速度、飛行高度等を記載した概略図)を記載すること。	
A.1.3.2	運用場所 ・001(g) ・300	(a) 設計/製造者が想定する、認証を受ける無人航空機の運用場所/運用方法等について記載すること。以下に例を示すが、これに限られない。 ・無人地帯、有人地帯の区別。有人地帯の場合は人口密度(人が集まる場所の可否を含む) ・空域及び/又は飛行高度 ・目視内(VLOS)、目視外(BVLOS)の区別、監視者の要否 ・夜間運用の可否	
	・200 ・300	(b) 操縦自動化のレベル及び操縦者の操縦への関与のレベルを飛行フェーズごとに記載すること。	
A.1.3.3	運用要領 ・200	運用要領は、認証を受ける無人航空機が実環境でどのように運用されるか運用者に作成が求	

	・300	められる運用手順書に記載すること。業務目的の運用に供する場合、運用手順書は、運用業務/任務ごとに各運用要員の手順を時系列に定めることが望ましい。機体と操縦者の対比状況の情報も含むこと。	
A.1.3.4	標準的運用手順 ・200(a)(2) ・300	標準的な運用手順を記載すること(運用手順書を参照してもよい)。	
A.1.3.4.1	通常運用手順 ・200(a)(2) ・300	通常の運用手順を標準的な運用手順に含むこと。	
A.1.3.4.2	緊急手順及び非常手順 ・200(a)(2) ・300	緊急手順及び非常手順を標準的な運用手順に含むこと。	
A.1.3.4.3	報告発生時の手順	運用手順書に事故及び重大インシデント発生時の対処手順を記載すること。対処手順には、被害者の救護、現場の安全確保及び現場の保全を含み、当局への報告には、以下に示す項目を含むが、これに限られない。 ・人的被害(死者、負傷者数) ・物的被害(第三者物件、運用関係者物件) ・他航空機との衝突及び異常接近(near midair collision)	
	・140-5	飛行諸元記録装置が搭載されている場合、飛行諸元記録装置に記録された情報の保管・管理及び関係機関への提供について、運用管理規程等に記載すること。	
A.1.3.5	運用制限 ・200(a)(1) ・300 ・315 ・320	対地高度、運用時間(夜間運用の可否)、空域、地上人口密度、気象条件、機体と操縦者の最大対比、機体運用寿命等、A.2.2.1.2に含まれない運用制限を記載すること。	
A.1.3.6	非常対応手順 ・200(a)(2) ・305	申請者は以下を行うべきである。 (a) 非常対応手順を記述する。なお以下に示す項目を含むが、これに限られない。運用手順書を参照してもよい。	

		<ul style="list-style-type: none"> ・運用が制御不能に陥った場合の対応手順 ・墜落による影響拡大を抑える手順 ・運用領域を逸脱した場合の手順 	
		(b) 事故による影響が大きくなるのを抑えるための手順を記述する。	
		(c) 事態に収拾がつかない場合に使用する手順を記載する。	
A.1.4	運用要員の訓練		
A.1.4.1	全般情報	<p>運用要員に必要な能力を向上又は維持するために必要な、もしくは推奨する手順を記載すること(運用管理規程等を参照してもよい)。記載項目について、以下に例を示すが、これに限られない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・初期訓練及び資格付与の手順 ・資格維持のための手順 ・種々の任務遂行に必要な最新状態の能力を獲得する手順 	
A.1.4.2	飛行訓練装置 ・300	<p>(a) 操縦者の実技技量の獲得・維持に飛行シミュレーター等の機器を使用する場合は、その機器が特定できるようにID、型番等を記載すること。(例えば、故障状態を模擬した訓練でシミュレーターを使用する場合)</p> <p>※このセクションで記述した内容を踏まえて、飛行試験における操縦者を選定する必要があるため、注意を要する。</p>	
		(b) 当該トレーニングに関連する条件および制限を記載する(該当する場合)。	
A.1.4.3	訓練プログラム	運用要員に適用されるトレーニングプログラムを提供する。	

A.2	技術に関連する情報の収集と提示のためのガイダンス	申請者による記述
	<p>このセクションの目的は、無人航空機システム UAS とその関連システムに関するすべての必要な技術情報を収集することである。</p> <p>以下は、関連する可能性のある項目案であるが、この CONOPS で使用される特定の無人航空機システム UAS によっては項目が異なる場合があることに留意が必要。</p>	
A.2.1	リザーブ	

A.2.2	無人航空機システムの解説		
A.2.2.1	無人航空機(機体)の部分		
A.2.2.1.1	機体 ・001(b) ・300 ・315 ・320	(a) 認証を受ける無人航空機について、以下に示す項目の情報を記載すること。ただし、記載する項目はこれに限られない。 ・分類/亜分類(固定翼機/プロペラ推進・ジェット推進、回転翼機/ヘリコプター・マルチローター、飛行船、他) ・主要寸法(機体全長、機体全幅/翼幅、機体全長、全高、胴体全長、胴体全幅及びプロペラ/ローター直径 等(例:マルチローター機の場合、正確に計測できる軸間距離(対角及び又は隣接)等を記載すること)) ・主要重量(最大離陸重量/最大全備重量、空虚重量/機体重量、最大有償搭載重量)及び重量重心包囲線図 ・運用寿命 ・その他(プロペラ/ローター数及び配置 等)	
	・140-1(a)	(b) 無人航空機に使用されている主要構造部材の材料と使用されている場所を記載すること。特に複合材等の新素材については重点的に説明すること。	
	・320	(c) 認証を受ける無人航空機の制限荷重倍数を記載すること。荷重計算書を参照して、構造設計に用いた荷重について説明することが望ましい。	
	・300	(d) 構造及び推進を除く系統(電源、アビオニクス、飛行制御、油圧、非常、灯火他)について説明すること。全機ブロック図を参照することが望ましい。	
A.2.2.1.2	性能 ・001(b)	(a) 無人航空機が認証を受ける運用可能な範囲を記載すること。運用可能な範囲としては、無人航空機が能力的に到達可能な限界値又はそれよりも安全側の値を採用すること。	
	・200(a)(1),(3)	・最大速度	

<ul style="list-style-type: none"> ・300 ・001(g) ・320 	<ul style="list-style-type: none"> ・最大巡航速度 ・失速速度(固定翼機) ・最大上昇率/最大降下率 ・安定した飛行が可能な最小速度(固定翼機) ・最大高度(上昇限度又は証明する最大高度) ・最大航続距離 ・最大航続時間 ・超過禁止速度 ・最大バンク角 ・最大旋回率 ・安全な離着陸に必要な離着陸場サイズ(滑走路長、離着陸エリアの直径又は縦横長等) ・高度-速度包囲線図(運用エンベロープ)を示すのが望ましい。 ・荷重倍数-速度包囲線図(飛行エンベロープ=荷重倍数と速度の関係)、又は、バンク角-速度包囲線図(最大バンク角と速度の関係)を示すのが望ましい。 ・運動包囲線図/運用エンベロープ(V-n 線図=運用が許容される最大速度及び失速速度(固定翼機の場合)と荷重倍数の関係)を示すのが望ましい。 	
<ul style="list-style-type: none"> ・001(c) ・12022年12月20日・130 ・200(a)(1) 	(b) 以下を含む、環境条件及び気象条件の制限を記載すること。	
<ul style="list-style-type: none"> ・300(9) 	(1) 離着陸及びホバリングの風速制限として、最大横風及び最大背風	
	(2) 後方乱気流区分(wake turbulence category)	
<ul style="list-style-type: none"> ・300(10) 	(3) 降雨、降雹、降霰、降雪及び降灰(火山灰)下の運用の可否及び/又は運用可能な閾値	
<ul style="list-style-type: none"> ・300(10) 	(4) 運用が許容される最小視程	
<ul style="list-style-type: none"> ・300(7) 	(5) 安全な運用が可能な外気温度範囲及び、保管・運搬に許容される温度範囲	
<ul style="list-style-type: none"> ・130 	(6) 着氷気象状態における運用の可否	

		運用が許容される場合は、着氷防及び/又は防氷装置について記載すること。 許容されない場合は、そのような気象に遭遇しないための機能及び/又は手順を記載すること。	
	・125	(7) 雷撃の可能性がある気象状態における運用の可否 運用が許容される場合は、雷撃に対する安全対策について記載すること。 許容されない場合は、そのような気象に遭遇しないための機能及び/又は手順を記載すること。	
	・300(e)	(8) 電磁干渉(EMI)と高強度放射電界(HIRF)環境下における運用の可否 運用が許容される場合は、電磁干渉(EMI)と高強度放射電界(HIRF)環境に対する安全対策について記載すること。 許容されない場合は、そのような環境に遭遇しないための手順や運用制限を記載すること。	
A.2.2.1. 3	推進システム ・001(b)	(a) 推進システムについて作動原理等を記載すること。以下に例を示すが、これに限られない: ・駆動方式(発動機又は電動モーター等) ・プロペラ/ローターの形式(ブレード数/固定ピッチ/可変ピッチ等) ・駆動装置の数と配置	
	燃料推進システム ・001(b)	(b) 燃料を使った推進システムの場合、以下を記載すること。	
		(1) 使用されているエンジンの種類(メーカー名と型式)	
		(2) 搭載されているエンジンの数	
		(3) 使用する燃料の種類と容量	
	・100(b)	(4) エンジン性能の監視方法及び状態/異常を操縦者に提供(表示等)/警報(警告、注意、助言等)する方法	
	・305	(6) 推進力に関連した最も重要な故障モード・状況とそのシステム運用への影響	

		(7) 以下について、無人航空機がエンジン出力低下のリスクを軽減するために設定している安全対策 (i)燃料枯渇 (ii)燃料の汚染 (iii) コントロールステーションからの信号入力の故障 (iv)エンジン制御装置の故障	
	・310(b)(1) ・305	(8) 飛行中のエンジン再始動機能がある場合は、再始動機能の詳細	
	・100(a)	(9) 以下を含む燃料系統の詳細 (i)燃料タンクからエンジンに至る燃料経路の機体内の配置、並びに燃料の流れ(ブロック図を参照するのが望ましい) (ii) 燃料供給の制御法 (iii) 操縦者に対する燃料残量情報の提供法	
	・305	(10) 火災検知・消火、衝撃時のリスク低減、漏洩防止を含む燃料系統の安全性設計	
	電動推進システム	(c) 電気を使った推進システムの場合、以下を記載すること。	
	・001(b)	(1) 以下を含む電源系統の詳細 (i)バッテリーからモーターに至る電力供給経路(ブロック図を参照するのが望ましい)	
		(2) 使用されているモーターの種類	
		(3) 設置されているモーターの数	
		(4) モーターの最大連続出力(W)。	
		(5)モーターの最大ピーク電力出力(W)。	
		(6) モーターの電流範囲(A)。	
	・310(a)(2)	(7) 他系統と電力源が共用されている場合、各系統間の電力管理	
	・310(a)(2)	(8) 推進システムが複数のモーターで構成される場合、各モーターへの電力配分法	
	・310(a)(2)	(9) 推進システム用電源(エンジン駆動発電機、バッテリー等)	
	・205 ・300(b)(12)	(10) バッテリーの劣化状況及び交換時期の把握手法	
	・100(a)	(11) 機体搭載バッテリーの残量及び状態の	

		検知方法、並びに低残量及び状態の以上を監視し、操縦者に提供する方法	
	・305 ・310(a)(2)	(12) 推進システム用電源喪失時にバックアップ電源が利用できる場合、以下を含むその作動 ・バックアップ電源から電力供給を受けるシステム ・バックアップ電源から電力供給を受けないシステム及びその負荷遮断法 ・バックアップ電源による運用可能時間とその算出根拠	
	・100(b)	(13) 推進システムの作動状態を監視し、操縦者に提供する方法 ・定量表示(アナログ、デジタル) ・警報(警告、注意、助言等) ・メッセージ、他	
	・305(a)(1)	(15) 推進システムに関わる最もクリティカルな故障モード/故障状態と、その故障の無人航空機の飛行・運用への影響	
	・300 ・305	(16) 以下を含む、推進システムの機能喪失リスク低減対策 ・バッテリーの充電不足 ・コントロールステーションからの誤った信号の送信(ヒューマンエラーを除く) ・モーターコントローラー(ESC等)の故障	
	・300 ・310((b)(1)	(17) 飛行中のモーターリセット機能がある場合は、リセット機能の詳細	
	その他の推進システム ・001(b)	(d) その他の推進システム(ハイブリッド推進システム等) 上記の燃料推進システムと電動気推進システムと同等の詳細レベルでシステムの説明を記載すること。	
A.2.2.1. 4	イフェクター ・001(b)	(a) 機体の姿勢や速度等を変化させる装置(イフェクター)および作動機構について説明すること。(装置:操縦舵面、ローター回転数等、作動機構:アクチュエーター、サーボ、モーター	

		コントローラー等)	
	・305	(b) 潜在的な故障モードと、それに対応する緩和策について説明すること。	
	・305	(c) サーボ/アクチュエーター等の故障を操縦者やウォッチドッグ(監視)システムにどのように知らせるか。	
A.2.2.1.5	センサー ・001(b)	無人航空機に搭載されているペイロード以外のセンサー機器とその役割を説明すること。	
A.2.2.1.6	ペイロード ・200(a)(4),(5) ・300 ・310(a)(2) ・001(b)	機体の重量と重心位置、電氣的負荷、飛行特性などに影響を与える可能性のあるペイロード機器に関する情報(重量や重心位置、大きさ、電氣的負荷などの情報を含む)を記載すること。	
A.2.3	UAS コントロール部分		
A.2.3.1	全般 ・300 ・001(b)	アビオニクスシステムについて、構成する航法機器、飛行制御機器(FCC/FMC)、通信(C2)機器、センサー機器の冗長性を含む機能について説明すること。説明には以下を含むが以下に限らない。ブロック図、機器搭載図を参照してもよい。	
A.2.3.2	航法 ・300 ・001(b)	(a) 無人航空機の位置検出センサー又は位置計測方法	
	・300 ・001(b)	(b) 無人航空機を目的地まで及び/又は計画された飛行経路に沿って誘導する方法の説明	
	・001(g) ・200	(c) 操縦者が、以下からの指示や情報を受ける方法 (1) 航空交通管制 (2) 監視者 (3) 運用責任者、安全責任者を含む他の運用要員	
	・300 ・200	(d) 高度・ナビゲーション・システム(位置、高度)のセットアップ手順	
	・305	(e) 主要な航法機能が失われた場合の(システム又は/及び操縦者による)識別方法と、失われた場合の対応	

	・305	(f) 主要な航法機能が失われた場合のバックアップ又は二次航法機能がある場合は、その機能	
	・305?	(g) 全ての航法機能が失われた場合の対応	
A.2.3.3	自動操縦システム ・110	(a) 自動操縦システムの開発方法(社内、外注、購入等)及び開発過程におけるソフトウェアを含むシステムの検証法について記載すること。	
	・001(b)	(b) 自動操縦システムの一部又は全部が市販品(COTS)で構成される場合は、メーカー、モデル/型式を記載すること。そのモデル/型式が準拠している基準/標準があれば記載すること。	
	・110 ・200 ・205	(c) 自動操縦システムソフトウェアのインストールについて、手順及び正しくインストールされていることの確認法を説明すること。手順が記載されている文書を参照してもよい。製造者によるインストールと、製造者が運用者にインストールを許容するものを区別して記載すること。	
	・300	(d) 自動操縦システムが、パラメーターを制限することにより、無人航空機を制限/限界内に収める機能を有する場合、制限パラメーターのリストと制限の設定法と設定が適正であることの確認法を記載すること。	
	・110	(e) 自動操縦システムの検証のために実施した試験(ソフトウェアインザループシミュレーション、ハードウェアインザループシミュレーション等)について、使用する場合は試験方法も含めて説明すること。	
A.2.3.4	飛行制御システム ・300 ・001(b)	(a) 無人航空機を安定に飛行させる飛行制御システムまたはA2.3.3の自動操縦システムからの指令に対するA.2.2.1.4のイフェクターの動作について具体的に説明すること。	
	・300 ・001(b)	(b) 飛行自動化のレベル(手動、姿勢制御、位置速度等飛行状態制御、自動などの飛行モード)及び操縦者による操縦への介入方法につい	

		て説明すること。要すれば、飛行フェーズ(離陸、上昇、巡航、旋回、降下、着陸など)及び/又は飛行モードごとに説明すること。	
	・001(b)	(c) 飛行制御システムについて、制御(姿勢制御、飛行状態制御、自動)と誘導の概要をシステムブロック図を用いて説明すること。説明には以下を含むが以下に限らない。 (1) 主飛行制御機能が失われた場合のバックアップ機能がある場合は、主システムとバックアップシステムのインターフェースと切り替え方法を含む機能(確実に切り替えが可能とする方法、意図しない切り替えを防止する方法を含む) (2) 自動操縦システムを含む無人航空機システムとのインターフェース、データの流れ及び機能	
	・001(b) ・110	(3) 飛行制御ソフトウェアが作動するオペレーティングシステム	
A.2.3.5	コントロールステーション ・001(e)	(a) コントロールステーションの構成と構成要素の機能を説明すること。システムブロック図を参照することが望ましい。	
	・100(c) ・001(e)	(b) 操縦者がコントロールステーションから把握できる、姿勢、位置、高度の精度を記載すること。	
	・100(c) ・001(e)	(c) SSR(Secondary Surveillance Radar)からの質問信号に対し自動応答するトランスポンダー等から、他の空域利用者/航空交通管制(ATC)に送信する情報(位置、高度等)の精度を記載すること。	
	・300 ・310(c)	(d) 重大な結果に至る指令を誤って入力しないための安全対策を具体的に記載すること。(重大な結果に至る指令は、例えば、「エンジンを切る」指令など。安全対策は、例えば、指令の入力に2段階のプロセスがあるなど)。	
	・001(e)	(e) コントロールステーションで同時に実行される他のプログラムがある場合は、飛行に不可欠な処理に悪影響を及ぼさないための予防措	

		置を説明すること。	
	・300	(f) コントロールステーションの表示またはインターフェースのフリーズに対する対策について説明すること。	
	・100	(g) システムが操縦者に提供する警報(燃料やバッテリーの残量不足、重要なシステムの故障、制御不能状態等の警告、注意、助言など)について説明すること。	
	・310(a)(2)	(h) コントロールステーションに電力を供給する手段を説明すること。冗長性がある場合はその説明も加えること。	
A.2.3.6	接近回避システム 通達(h) ・001(h) ・310(b)(5)	(a) 航空機の接近回避機能(装備されている場合) (1) 協調して接近回避するシステム*を搭載している場合、そのシステムや機器について説明すること。 *SSR (secondary surveillance radar)、ACAS (airborne collision avoidance system)、ADS-B (automatic dependent surveillance-broadcast)などのように、搭載機同士で位置や高度等の情報を交換することにより、協調して接近を回避するシステム)。	
	・310(b)(5)	(2) システム/機器が既存の規格/標準に従っている場合は、それぞれの規格/標準に対する適合性を詳細に説明すること。	
	・310(b)(5)	(3) システム/機器が既存の規格/標準に適合していない場合は、システム/機器を採用の指標について説明すること。	
	・310(b)(5)	(b) 協調しない輻輳回避システム*を搭載している場合、そのシステムや機器について説明すること。 *IR/EO 画像/映像、ミリ波等レーダー、LIDAR などによる検知機器/システム。	
	・310(b)(5)	(c) 障害物との衝突回避 障害物(地形、樹木及び地上構築物等)との衝突回避のために搭載されているシステムや機	

		器があれば、その機能について説明すること。	
	・130(c)(2)	(d) 運用が許容されない気象条件回避 運用が許容されない気象条件回避のために無人航空機システムに搭載設置されているシステムや機器があれば、その機能について説明すること。	
		(e) 接近回避システムと飛行制御コンピューターが連携している場合、回避システムにおける飛行制御コンピューターの役割を説明すること。	
		(f) 搭載されている接近/衝突回避システムに適用される原理を説明すること。	
		(g) 接近/衝突回避システムにおける操縦者及び他の運用要員者の役割を説明すること。	
		(h) 接近/衝突回避システムに(機能、性能、条件等の)制約がある場合、その制約を説明すること。	
A.2.4	運用領域/空域逸脱防止システム ・310(b)(2)	(a) 以下の機能のために使用するシステム又は機器の原理を説明すること。 (1) 領域又は空域逸脱防止 (2) 特定の領域又は空域の回避	
	・300	(b) 運用領域/空域逸脱防止システムの信頼性の実証状況について裏付け資料を用いて説明すること。	
A.2.5	地上支援機材部分(GSE) (コントロールステーションを除く) ・001(e) ・105	(a) (コントロールステーションを除く)発進及び/又は回収機材、電源装置/機材を含む地上支援機材で、安全な運用に直接影響し、かつ、運用者の責任において管理可能なものについて説明すること。説明にあたっては、通常運用において使用するものと、バックアップ又は非常/緊急時に使用するものを区別すること。	
	・300(g)	(b) 無人航空機システムが地上でどのように輸送されるかの説明。	
A.2.6	C2リンク ・001(f)	(a) C2 リンクの使用周波数及び帯域幅を記載すること。	
	・001(f)	(b) C2 リンクについて説明すること。説明には、情報/データの流れ、サブシステムの性能	

		及び、利用できる場合、データ伝送速度とデータ遅延を含むこと。システムアーキテクチャ図を参照してもよい。	
	・001(f)	(c) 無人航空機をコントロールステーション及び、該当する場合、その他の地上システム又は地上インフラに接続するC2リンクについて、以下を含め説明すること。 (1) 電波法等関連法規への適合性及び(必要な場合)コントロールステーションの無線局免許/登録	
	・115	(2) 信号処理及び/又はリンクセキュリティ(例:暗号化)が採用されている場合、その種類	
	・001(g) ・300	(3) 証明を受ける最大距離におけるリンクマージン(回線マージン)について(リンク帯域幅全体の観点等から)決定方法とともに記載すること。	
	・100(d)	(4) 操縦者に対し、C2リンクの信号強度及び/又は健全性を表示する機能がある場合、強度と健全性に係る表示の決定法値と危険なレベルの劣化と判断する閾値について説明すること。	
	・305	(5) 冗長及び/又は独立したC2リンクを採用している場合、これらの設計の違いと、これらに共通した故障モードについて説明すること。	
	・001(f)	(6) 衛星通信を用いている場合は、その衛星通信回線及び推定される伝送遅延で無人航空機の制御と航空交通管制との通信に支障がないことを説明すること。	
	・120 ・305	(7) 以下に起因するC2リンクの喪失を防止または低減する設計上の特徴を説明すること。 (i)無線周波数自体、又は他からの干渉 (ii)通信範囲外での飛行 (iii)アンテナ遮蔽(旋回時及び/又は大きな姿勢角変化時) (v)機体機能の喪失(例:電源供給機能等) (vi)降水や霧を含む大気による減衰	
A.2.7	C2リンク機能劣化	C2リンクの劣化を操縦者に注意喚起する機	

	<ul style="list-style-type: none"> ・100(d) ・120(c) ・305(a)(2) 	能を具体的に記載すること。また、その際の対応についても説明すること。	
A.2.8	<ul style="list-style-type: none"> C2リンク喪失 ・305(a)(2) 	(a) A.2.6 (c) (7)以外に C2 リンク喪失に至る条件があれば記載すること。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・120 ・200 	(b) C2 リンクを喪失した場合の対処について喪失を判断する条件及び対処手順に移行する条件を含め、対処手順が記載されている、飛行規程及び/又は運用規定を参照して説明すること。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・100(d) 	(c) C2 リンクの喪失を操縦者に警告する機能を具体的に説明すること。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・310(a)(1) 	(d) C2 リンク喪失に対処する自動帰還飛行について、領域/空域逸脱防止及び回避機能(運用領域/空域逸脱防止システム)、並びに地形認識機能(輻輳/衝突回避システム)があれば説明すること。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・310(a)(1) 	(e) C2 リンクを短時間で再接続するための機能がある場合、その機能を記載すること。	
A.2.9	<ul style="list-style-type: none"> 安全対策 ・120 ・305 	(a) 単一の故障モードとその回復モード(もしあれば)を説明すること。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・305 	(b) 一故障発生時の第三者に対するリスクの防止及び/又は低減する機能を説明すること。機能には、第三者無人地帯からの逸脱防止機能、逸脱防止のための飛行強制終了機能、運動エネルギー低減機能などが含まれる。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・305 	(c) 申請者は、関連する地上機器/インフラを含む無人航空機システム全体の機能図及び物理図を参照し、その構成機器を明確に説明し、該当する場合には、その特徴(独立電源、冗長性など)を示す必要がある。	

参考文献

- (1) 空の産業革命に向けたロードマップ 2021、2021年6月28日
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dail6/siryou4.pdf
- (2) 成長戦略実行計画、令和3年6月18日
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/pdf/ap2021.pdf>
- (3) 航空法等の一部を改正する法律(改正航空法)、令和3年法律第 65 号
- (4) サーキュラー No.8-001 無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領、2022 年 9 月 7 日(国空機第 456 号)
- (5) 「無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領」の制定に関する意見募集の結果について、2022 年 9 月 7 日
- (6) サーキュラー No.8-001 無人航空機の型式認証等における安全基準及び均一性基準に対する検査要領、2022 年 12 月 2 日(国空機第 645 号)
- (7) 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン(案)、2022 年 9 月 23 日パブリックコメント掲載版
- (8) ASTM F3153-15 Standard Specification for Verification of Avionics Systems、2015 年
- (9) ASTM F3153-22 Standard Specification for Verification of Aircraft Systems and Equipment、2022 年
- (10) RTCA DO-326A Airworthiness Security Process Specification、RTCA、2014 年
- (11) RTCA DO-356A Airworthiness Security Methods and Considerations、RTCA、2018 年
- (12) SAE ARP4754A Certification Considerations for Highly Integrated or Complex Aircraft systems、2010 年
- (13) SAE ARP4761 Guideline and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment、1996 年
- (14) JIS W0141:2019 無人航空機用語、2019年10月21日

無人航空機の第二種認証に対応した証明手法の事例検討 WG 活動報告
～証明手法の論点整理と今後の課題～

初版：2023年7月

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP17004)の結果得られたものです
