

RMD-300 Rev.01-1

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)

次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト  
(ReAMo プロジェクト)



## 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン

### 安全基準セクション 300 耐久性及び信頼性

#### 解説書 第 1.1 版

---

2025 年 1 月

無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討  
300 サブ WG 耐久性及び信頼性

---

## 目次

---

1	目的.....	5
2	対象の基準「サーキュラー」(引用).....	5
3	「航空局ガイドライン」(引用).....	6
4	解説書 本解説書の適用範囲.....	13
	4.1 「セクション 300」の目的.....	14
	4.2 「セクション 300」基準の概要.....	15
	4.3 飛行試験における飛行エンベロープについて.....	18
	4.4 飛行試験時間、機数.....	24
	4.5 不具合発生時の扱い.....	25
	4.6 試験方案の記載事項及び飛行準備段階から飛行試験報告までの流れ.....	26
	(1) はじめに.....	26
	(2) 飛行試験方案の準備から飛行試験実施まで.....	27
	(3) 検査者の飛行試験立会検査について.....	28
5	今後の課題(未議論項目).....	33
	5.1 飛行エンベロープ.....	33
	5.2 バッテリーの種類に関する解説.....	33
	Appendix 1 証明手順例など.....	34
	Appendix 2 各セクション特有の用語集.....	37
	Appendix 3 関連文書.....	38
	Appendix 4 サブ WG の構成員名簿.....	39
	Appendix 5 変更後の解説対象文書の全文.....	40
	Appendix 6 セクション 302 運用の実証.....	41

## 更新履歴

版	日付	内容
初版	2024年3月	
第 1.1 版	2025年1月	令和 6 年(2024 年)3 月 27 日「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手続き」及び令和 6 年(2024 年)3 月 29 日「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン」改訂に伴い更新。

---

## 図 目次

---

図 4.2-1	CONOPS から得られる代表的な飛行パターンの一例.....	17
図 4.2-2	代表的な飛行パターンを「セクション 300」飛行試験パターンに置き換えた一例.....	17
図 4.3-1	機体の重心位置と推力中心(参考例) .....	20
図 4.3-2	バッテリー劣化の一般的な解説.....	23
図 4.4-1	機器の故障率の一般的な解説 .....	25
図 4.6-1	飛行試験における全体の流れ.....	30

---

## 表 目次

---

表 4.1-1 区分に応じて適用される規定.....	14
表 4.6-1 飛行試験準備から実施までの流れ.....	31
表 5.2-1 「セクション 300」飛行試験ケース案(CONOPS で指定がない場合 40 ケース).....	35
表 A.1-2 試験条件案.....	36

## 1 目的

本解説書は「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」と呼ぶ)安全基準「セクション 300 耐久性及び信頼性(以降、「セクション300」と呼ぶ)」に対する解説書である。

なお、解説対象とする文書は国土交通省航空局から 2022 年(令和 4 年)12 月 2 日発行時点の航空局ガイドラインとする。解説対象に関する詳細は本冊(RMD Rev.01)1.2 を参照すること。

しかし、航空局ガイドラインが 2024 年(令和 6 年)3 月 29 日に改訂され、第二種においてはセクション 300 耐久性及び信頼性が廃止され、代わりに「セクション 302 運用の実証」(以降、「セクション302」と呼ぶ)が新設された。解説対象に関する詳細も本冊(RMD Rev.01-1)1.2 に参照先を修正する。変更後の解説対象文書の全文を Appendix 5 に、新設されたセクション 302 の内容を Appendix 6 に掲載する。

## 2 対象の基準「サーキュラー」(引用)

「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”(以降、「サーキュラーNo.8-001」と呼ぶ)」の「300 耐久性及び信頼性」を以下に引用する。

### ・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) ルートの複雑性
  - (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) 天候
  - (11) 夜間運用(夜間運用を行う場合)
  - (12) エネルギー貯蔵システムの容量
  - (13) 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(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。

### 3「航空局ガイドライン」(引用)

「航空局ガイドライン」安全基準「300 耐久性及び信頼性」の「基準の概要」、「適合性証明方法(MoC)」、「その他参考となる情報」を以下に引用する。

#### ・300 耐久性及び信頼性

##### 基準の概要

本基準は、D&R の要となる設計基準と試験実証となります。セクション 300 では、意図した運用ができるような耐久性と信頼性を持つよう設計し、それを実証することが要求されます。適切な設計であることを確認するために設計基準チェックリストを活用することを推奨します。また、実証は飛行試験で行います。セクション 300 の一番の目的は、機体レベルで無人航空機全体の信頼性を実証することです。加えて、無人航空機飛行規程及び ICA もセクション 300 の試験において評価されます。そのほかに飛行実証において、機体の構造が十分な強度を持ち、耐久性があることも併せて評価されます。設計基準評価書により、機体の安全な制限寿命の算出に必要なデータが蓄積されます。セクション 300 の飛行時間を蓄積し、それを制限寿命の算出に活用することで証明活動がスムーズに進む可能性があります。

なお、本試験は可能な限り実際に運用する環境で行うことが望ましいものの、その実施が合理的でない場合は代替の手段が認められます。例えば、夏場における最低温度環境など実環境での飛行試験実施が合理的でない場合、恒温室等の使用などによる模擬環境での飛行試験が許容されます。模擬環境の妥当性等については、事前に検査者とよく相談することを推奨します。

##### 適合性証明方法(MoC):6

##### (a)～(j): セクション 300 飛行試験方案 (MoC 6)

無人航空機の耐久性及び信頼性を実証するため、運用エンベロープ及び運用制限における全範囲に渡って、飛行フェーズ(離陸、巡航、着陸など)も考慮した上で、制御不能、計画外飛行などの事象がなく、必要な時間の試験を完了させることが求められます:

- (1) 複数の代表的な運用の仕方(ミッション)及び飛行ルートをできるだけ満遍なく飛行させるこ

と。この際、最大の飛行距離及び時間並びに複雑性も考慮すること。もし C2 リンクの送信機と受信機の距離がクリティカルなファクターである場合、考えられる最大距離での実証も行うこと。

全範囲に渡って実証が必要となるパラメータは以下のとおり：

- ① 重量(最大及び最小)
- ② 重心(最も厳しい重心における最も厳しい縦横方向)
- ③ 密度高度(最高及び最低)
- ④ 温度(最高及び最低)
- ⑤ 速度(フライトフェーズごとの値)
- ⑥ 風速(最大、最も厳しい方向、最も厳しいフライトフェーズ及びモード並びに突風)
- ⑦ 気象状態(運用を想定するすべて)
- ⑧ 昼夜
- ⑨ バッテリー容量(最高及び最低気温における最も厳しい SOC(state of charge)、SOH(state of health)、放電状態(depth of discharge))
- ⑩ 操縦者と機体の比率(1操縦者が同時に操縦する無人航空機の最大の数)
- ⑪ バージョン又は機体の能力が運用に応じて変化する場合、各々のフライトモード、機体のセッティング及び自動・自律状態
- ⑫ 地形、場所、環境、障害物、電波反射、ノイズ及び交通状態(例えば、高層物件の谷間や都市環境は、電波のマルチパス及び乱反射並びに局所的な風及び天候変化などから、証明活動がより困難になることが想定されます。)
- ⑬ 以下の組合せ状態における操縦性及び運用評価
  - a. 最小重量、最も厳しい重心、最大風速(最大の突風及び横風状態を含む)
  - b. 最大重量、最も厳しい重心、最高温度及び密度高度、最大の飛行距離・時間
  - c. 最大重量、最も厳しい重心、最高温度及び密度高度、最大のエネルギー消費率(運用で考えられる空中待機または上昇など)
  - d. 最高温度及び飛行前の最大地上運用

(2) 貨物輸送を行う場合

運用エンベロープにおける貨物を考慮した最も厳しい重量重心で、無人航空機及び貨物が安全に制御、操作、輸送及び格納できることを実証する(もし想定されるのであれば側方変化及び急激な停止も考慮すること。貨物の回転、よじれ又は飛行中におけるその他の反応について無人航空機が耐えうることを実証すること。クリティカルな負荷及び速度のすべての組合せを考慮すること。さらにカーゴの横ずれなどの影響評価を行うこと。

(a)~(j): セクション 300 飛行試験報告書 (MoC 6)

試験結果を報告書としてまとめます。

※「検査のポイント」および「検査者の関与度(LOI)」については引用記載しない

その他参考となる情報

● 第一種型式認証の実証飛行試験の時間について

人口密度		運用場所の目安 (米国の例)	基本形態 (FLT HR)	危害軽減を行う場合 (FLT HR)
1 マイル四方 あたりの数	1 キロ四方 あたりの数			
258 以下	390 以下	田舎	375	150
3,000	1,159	郊外	1,100	540
7,000	2,703	米国の 95%	2,500	1,300
10,000	3,863	ワシントン DC	3,600	1,800
14,000	5,408	ボストン	5,000	2,500
20,000	7,725	ニューヨーク以外 の都市	7,200	3,600



上記を参考に、実際に飛行する経路、想定飛行範囲、昼夜の別等を考慮しプロジェクトごとに必要となる実証飛行試験の時間を計算します。

基本式:

$$\text{安全目標値}(5E-7) = \frac{\text{致命傷発生率}(1) \times \text{外出率}(9\%) \times \text{クラッシュエリア}(1.72\text{m}^2) \times (\text{人口密度 人}/\text{km}^2 \div 1,000,000) \div \text{必要となる飛行時間}(\text{HR}) \times 3(\text{統計処理})}{}$$

※:人口密度については、統計データとして公表されている最新の国勢調査による市町村単位のデータを基本的に使用することとしますが、関係する自治体等から更に詳細な区分のデータの提供を受けている場合等は、当該データを使用することも可能です。

なお、一番右の欄に記載される危害軽減とは、一例として、ASTM F3322-18 に適合したパラシュートの搭載により危害軽減を行ったもの等が該当しますが、具体的な取扱いについては、第一種型式認証の審査において航空局と調整いただくこととなります。

● 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。

● 試験方案の記載事項について

試験方案には、試験実施に必要なすべての情報、条件、仕様等を記載するとともに、後から見返した時にどのような試験が行われたか明確に分かるように、必要であれば将来同じ試験をそのまま再現できるような精度で情報を記入する必要があります。

以下は試験方案に最低限記載すべき事項です:

- 試験供試体の説明
- 試験を行うのに必要な計測器等のリスト
- 必要な計測器類の校正内容
- 校正状況の確認方法
- 試験前に確認すべき事項(供試体及びセットアップ)
- 証明する基準のリスト(セクション 300(b)項(1)等)及びそれをどのように証明するのかの説明
- ステップバイステップで記載する試験手順及び各々の試験の Pass/Fail Criteria

上記の他、日付、試験場所、試験開始時間、試験終了時間、試験時間、離陸時間、着陸時間、飛行時間、試験管理番号、供試体の型式、部品番号(Part Number:P/N)、製造番号(Serial Number: S/N)、天候、視程、気温、湿度、高度、速度、風向き、風速、距離、試験実施者、試験管理者、試験責任者等の設定又は記録に関する事項が含まれること。

● 試験の条件

試験を開始するには、無人航空機の形態(ソフトウェア、ハードウェア、構造及び推進系統などを含む)が型式認証を取得する最終形態と同等といえるまで十分に成熟した上で、形態を確定、さらに供試体、セットアップの適合性について報告される必要があります。試験開始後の形態変更は、セクション 300 の飛行試験時間を 0 時間にリセットし、すべての試験の再実施が要求される場合があります。無人航空機は、実運用で行われる点検、整備及び交換作業のみを行い、運

用維持される必要があります。無人航空機飛行規程又は ICA に設定されていない、点検、整備及び交換作業はいかなる場合も許容されません。

また、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、それを無人航空機に課さなければなりません。さらに、試験を行う操縦者及び整備者は、運用において要求される最低限の訓練を受けた者であり、熟練者であってはなりません。

セクション 300 試験の意図は、妥当なサンプル量により初期故障及び摩耗故障の発見に寄与させることも考慮しています。そのため、膨大な数の機体を一齐に飛行させる実証、余りに少ない(例えば一機)機体での実証は行うべきではありません。セクション 300 の実証を行うのに必要な最少機体数は原則三機です。

● 不具合発生時の扱い

セクション 300 試験中に計画外飛行、制御不能、想定飛行範囲からの逸脱又はリカバーゾーン外への非常着陸が発生した場合は根本原因解析(Root cause analysis)を行い、再発を防止するために、必要に応じて、設計変更又は運用手順の変更が必要になります。その上で追加のセクション 300 の飛行試験が必要になります。追加の飛行時間量は、不具合の種類及び影響度並びに根本原因解析とその是正処置の精度及び網羅性に依存します。そのほか、是正処置の範囲、厳密さ、変更を評価するための試験又は解析の深度、変更がその他の事項に悪影響がないことの裏付けされた確証度合いが影響します。もし根本原因が明確に分からなかった場合又は最悪のケースでは、セクション 300 の飛行時間を 0 時間にリセットし、すべての試験の再実施が必要になります。一方で、試験及び解析が完遂しており、変更による悪影響が防止され、不具合自体が無害、封じ込めが十分、原因が明確、是正処置が包括的である場合には、再試験の飛行時間が少なくなる場合があります。不具合が発生した場合、再試験について申請者は検査者と十分に協議する必要があります。

● セクション 300 設計基準評価書

セクション 300 の基準における「設計されなければならない」に対し、設計基準評価書の活用を推奨します。この設計基準は、無人航空機が適切な設計であり、最低限の安全が確保されていることを確認するのに有益です。無人航空機の設計が適切であることを設計基準評価書に照らし合わせて確認し、その結果を適合性証明計画書(Certification Plan)とともに検査者へ提示します。

この設計基準評価書は、無人航空機に関連する安全性基準から、無人航空機の運用リスクを考慮した上で抽出されたもので、セクション 300 以外の基準も含まれますが、いずれもセクション 300 の試験を開始する上で必要な要件となります。本チェックリストが満たせない場合は、安全基準を満足していない可能性があるため、もし満たせない基準がある場合は、設計の見直しや同等の安全性が確保できる代替策を検討する必要があります。設計の見直しや代替策の検討が必要となる場合は、検査者と協議することを推奨します。

設計基準評価書			
型式認証の手續			
型式設計データ、試験結果及び解析結果は、無人航空機が適用基準に適合していることを示すために必要となります。型式設計データとは、形態及び設計の特徴を定義する図面及び仕様書であり、寸法、材料、構造強度のための工作法、ICA の制限事項及びその他必要となるデータが含まれます。			□
安全基準に係る事項			
	ハザード	期待される軽減策	✓
1	適切な設計特性又は運用制限がされ	無人航空機飛行規程に要求される制限事項及	□

	ず、厳しい環状態又は降雨状態が計画外飛行を引き起こす。	び適切な手順が設定されること。※1	
2	振動及び繰り返し荷重が疲労破壊の原因となる。	ICA どおりに厳密に維持管理され、実運用又は最も厳しい環境及び状態を模擬した飛行結果に基づき構造の制限寿命を設定すること。※2	<input type="checkbox"/>
3	無人航空機が非想定又は非安全なエリアに入るかもしれない。飛行中断機能が意図せず働かかもしれない。	無人航空機が飛行中断、非常着陸又は非常帰還機能を有すること。もし飛行中断機能を有する場合、それが意図せず機能しないこと。	<input type="checkbox"/>
4	もし操縦者が無人航空機の位置及び進路が分からない場合、無人航空機が非想定又は非安全なエリアに入るかもしれない。	無人航空機の数値、進路、方位、方向、高度及び位置情報が操縦者に提供されること。	<input type="checkbox"/>
5	もし操縦者に必要な情報が提供されない場合、無人航空機が非安全なエリアに入るか若しくは制御不能になるかもしれない。	CS は安全な飛行の継続及び制限内での運用に必要なすべての情報を操縦者へ提供すること。すべての必須電源系統又はバッテリー管理系統における残飛行時間、SOC(State Of Charge)、残量又は必要な同様の情報を含む数量が操縦者に提供されること。飛行中のモニタリング及び/又はバッテリー及びモーターの不具合センシングを導入する。	<input type="checkbox"/>
6	ソフトウェアのエラーが計画外飛行を引き起こす。	ソフトウェアがテストされ又は許容可能な信頼水準となっていることが実証されること(セクション 110)	<input type="checkbox"/>
7	無人航空機が予期しない又は好ましくない性能/振る舞いにより、事故が発生するかもしれない。通信の喪失が状況認識を失わせる不安全な状態を引き起こす可能性がある。問題の根本原因が不明となるかもしれない。その結果、型式認証等保有者による安全基準への適合を維持させることができない可能性がある。	型式認証等保有者の安全基準への適合における報告要件を満たすために必要な場合、無人航空機/CS はログファイルとして回収可能な機体のテレメトリデータを保存する能力を持つべきである。データログファイルは、システムの性能及び不具合/異常事態の根本原因を解析するために必要十分なパラメータを含むべきである。	<input type="checkbox"/>
8	もし C2 リンクの通信品質が低下しそれが操縦者に知らされなかった場合、無人航空機が不安全な状態になるかもしれない。	無人航空機が操縦者に対し C2 リンクの通信強度、品質又は状態を知らせる手段を提供すること。	<input type="checkbox"/>
9	もし C2 リンクが喪失するか、コマンド & コントロールができなくなり、それが操縦者に知らされなかった場合、無人航空機が不安全な状態になるかもしれない。	コマンド & コントロール機能が完全に喪失した場合又は C2 リンクの性能低下により無人航空機の即時の遠隔操作が保証できなくなる場合、操縦者に対しアラートを提供すること。	<input type="checkbox"/>
10	予想されるリンク切れのための緊急時の対応計画がない場合、リンク切れが不安全又は予期しない無人航空機の挙動を引き起こすかもしれない。	無人航空機には予想されるリンク切れのための緊急時の対応計画が設定されており、リンクの再構築、指定エリア/パターンでのロイター飛行、ベース地点へのリターン及び着陸、代替着陸地点への着陸又は安全な方法による飛行の	<input type="checkbox"/>

		中断がある。	
11	無人航空機が非想定又は非安全なエリアを避けるための呼び戻し又はルートの変更能力なしに出発及び運用されるかもしれない。	無人航空機飛行規程には C2 リンクの使用状況又はサービス品質における最低要件を含み、使用状況又はサービス品質が計画する運用に十分かどうか判断するための手順を設定すること。無人航空機飛行規程の規定又は無人航空機の設計により、C2 リンクが使用不可の際に離陸/発射を許可しないこと。	□
12	無人航空機が EMI/HIRF によりシステム及び機器の故障につながる意図しない影響を受けるかもしれない。	無人航空機飛行規程には、無人航空機が評価(実証)を行った EMI/HIRF の環境を説明すること。もし無人航空機が EMI/HIRF 要件への適合を評価していない場合、無人航空機飛行規程には以下の事項を記載し、注意喚起を行うこと: この無人航空機は無線周波数における感受性について、すべての環境適合性を得るための十分な試験を行っていない。そのため、この無人航空機が無線周波数にさらされた場合、確実に機能しない可能性がある。  ”This UAS has not undergone sufficient testing to obtain full environmental qualification for RF susceptibility, and the UAS may not operate reliably when exposed to RF power.”	□
13	無人航空機が雷撃により喪失するかもしれない。	無人航空機飛行規程には、雷雲を避けるための適切な制限を設けること。もし無人航空機が耐雷性能を持たない場合、無人航空機飛行規程には以下の制限を行うこと: 雷活動のエリアへ無人航空機が入る運用は禁止。雷撃により無人航空機が喪失する可能性がある。  ”Operation of the aircraft into areas of lightning activity is prohibited. A lightning strike could cause loss of aircraft.”	□
14	無人航空機が文書化された手順なしに運航された場合、計画外飛行につながる誤った運用がされるかもしれない。	セクション 200 に従った無人航空機飛行規程を作成すること。無人航空機飛行規程は可能な限り最大限に検証/確認がされること。	□
15	無人航空機が文書化された手順なしに整備された場合、計画外飛行につながる誤った維持がされるかもしれない。	セクション 205 に従った ICA を作成すること。そして ICA に無人航空機並びに装備品、部品及び落下傘等並びに関連システム ( AE ) に対して、適切に点検及び整備を行うための手順として、必要十分な情報が含まれ	□

		ていることを保証すること。	
16	無線機器が有害な妨害につながる、法令に抵触する又は人体にばく露される電波の許容値を超える電波を放射するかもしれない。	放射電波のスペクトラムが許容される範囲内であること。	<input type="checkbox"/>
17	電子的なサイバー攻撃が安全な飛行に影響を与えるかもしれない。	電子的なサイバー攻撃が安全な飛行に影響を与える 可能性について考慮され、可能な限り最大限防護すること。コントロールステーション、航法システム(GNSS)及びC2リンクは許可されないアクセス、侵入、データ抽出又はその他の攻撃に耐性があること。	<input type="checkbox"/>
18	セキュアでないITシステムが電子サイバー攻撃に対し脆弱性を生ずる。	無人航空機及びその関連システムに対し、最低でもスタンダードに従った、セキュリティ対策を行うこと。例えば、分離されたネットワークの使用、ファイアーウォール、ウィルス対策ソフトウェア、OSの維持管理及び最新化、プラットフォームに応じた適切なセッティング又はフィーチャの選択。	<input type="checkbox"/>
19	セキュアでないITシステムが電子サイバー攻撃に対し脆弱性を生ずる。	無人航空機の運用に専用のプラットフォーム/機器を使用する。無人航空機の運用に使用するスマートフォン、タブレット又はコンピュータ等はほかの関係ない一般的な事務等の目的に使用しないこと(第一種型式認証の場合)。	<input type="checkbox"/>
20	暗号化されないデータ及びC2リンクは搾取される傾向がある。	C2リンク、保存又は送信データなど、実現可能なものは暗号化する。	<input type="checkbox"/>

※1 無人航空機に記載すべき事項は以下のとおり:

無人航空機のローター及びプロペラを含むあらゆる表面におけるいかなる霜、雪又は着氷がある状態での離陸は禁止する。

以下の場合における離陸及び着陸を含む運用は禁止:

- あらゆる降水状態(霧雨、雨、雪、凍雨を含む)
- 潜在的な着氷状態(+5°C以下の外気温における雲、降雨、もや、霧を含むあらゆる湿気)

*Takeoff is prohibited with any frost, snow, or ice on any surface of the UAS, including rotors and propellers.*

*Operations, including takeoff and landing, are prohibited in:*

- *Any precipitation (including drizzle, rain, snow, ice pellets); and*
- *Potential icing conditions (any moisture including clouds, precipitation, mist, fog, below an ambient temperature of +5°C)*

※2 構造の制限寿命の設定方法は以下のとおり:

構造の制限寿命は、一機又は複数の長時間を飛行した機体で実証された最大サイクル及び時間に基づく。申請者は、典型的なミッションを飛行した典型的な無人航空機で実証した値以下で制限寿命を設定すべきである。長時間を飛行する機体は、ICAに基づく整備だけを受け、典型的又は最悪な環境及び状態において行った典型的なミッションの時間を蓄積すべきである。

## 4 解説書

### 本解説書の適用範囲

「航空局ガイドライン:安全基準について【適用】の再掲」

ここで解説する安全基準および適合性証明方法の一例は、「サーキュラーNo.8-001」の第2章に規定しているものを対象としている。

*D&R (Durability & Reliability)* を土台とするこの安全基準は、具体的には以下の仕様および *CONOPS* に該当する無人航空機に適用される。以下に該当しない無人航空機に対しては、特別要件などの要否について、航空局または登録検査機関(以降、「検査者」と呼ぶ)と追加の調整が必要となる。

- 無人航空機が C2 リンクを有し、操縦者が緊急時の対応を取ることができるもの
- 着氷気象状態での運用を行わないもの
- 操縦者と無人航空機の数の比率が 1:20 以下のもの
- 電動推進の無人航空機であること(内燃機関または燃料電池を除く)

本解説書は上記に加え下記「サーキュラーNo.8-001 安全基準 第一章 1-1」に定める区分のうち、第二種/最大離陸重量4kg以上25kg未満に当てはまる機体を主に対象とし、同時に操縦者と無人航空機の比率を1:1としている。

表 4.1-1 区分に応じて適用される規定

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

区分	第二種				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				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 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 <sup>*2</sup>	その他のもの <sup>*3</sup>	特定空域を含まない空域を飛行するもの
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	✓ <sup>*4</sup>	✓	✓	✓	✓
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	✓ <sup>*5</sup>	✓ <sup>*5</sup>	✓ <sup>*5</sup>	✓	✓
115 サイバーセキュリティ	✓	✓	✓	✓	✓
120 緊急時の対応計画	✓✓ <sup>*6</sup>	✓	✓	✓	✓
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	✓ <sup>*7</sup>	✓ <sup>*7</sup>	✓ <sup>*7</sup>	✓ <sup>*7</sup>	✓ <sup>*7</sup>
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	✓✓ <sup>*8</sup>	✓✓ <sup>*8</sup>	✓	✓	✓
310 能力及び機能	✓ <sup>*9</sup>	✓	✓	✓	✓
315 疲労試験	N/A	N/A	✓	✓	✓
320 制限の検証	N/A	N/A	✓	✓	✓

出所)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

#### 4.1 「セクション 300」の目的

「航空局ガイドライン 冒頭」

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。

[引用:航空局ガイドライン]

#### 【解説】

- 飛行試験は無人航空機飛行規程に則った飛行試験方案に従い、ICA に則った点検・整備された機体を使用して行われる。メーカーは自信をもってユーザーに使ってもらえる機体を提供するために、この飛行試験にて耐久性と信頼性を証明する。

- 設計に関しては、ガイドラインに記載されている「設計基準評価書」を参考にすることが可能である。
- セクション300の目的は、4.2 項、4.3 項の「基準の概要」にあるように、意図した運用ができるような耐久性と信頼性を飛行試験により証明することにある。CONOPS から導かれる運用に即した試験方案がそれぞれ設定され、それぞれ PASS 要件が設定される必要があり、それを達成することが求められる。

例えば、意図した運用から外れた飛行試験途中での故障によるリカバリーエリアやリカバリーゾーンへの着陸などは安全性の観点からは認められる。飛行試験途中での中断が発生したときは、その原因の解析と飛行試験継続の可否やデータの有効性につき、検査員との十分な相談が必要となる。詳細については4.5項に記述する。

試験は、計画外飛行、制御不能、想定飛行範囲からの逸脱また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することを求められます。

※各用語については「本冊 2.2.1(3)セクション 005「定義の解釈」を参照のこと。

## 4.2 「セクション 300」基準の概要

「航空局ガイドライン 基準の概要」

### ・300 耐久性及び信頼性

#### 基準の概要

本基準は、D&R の要となる設計基準と試験実証となります。セクション 300 では、意図した運用ができるような耐久性と信頼性を持つよう設計し、それを実証することが要求されます。適切な設計であることを確認するために設計基準チェックリストを活用することを推奨します。また、実証は飛行試験で行います。セクション 300 の一番の目的は、機体レベルで無人航空機全体の信頼性を実証することです。加えて、無人航空機飛行規程及び ICA もセクション 300 の試験において評価されます。そのほかに飛行実証において、機体の構造が十分な強度を持ち、耐久性があることも併せて評価されます。設計基準評価書により、機体の安全な制限寿命の算出に必要なデータが蓄積されます。セクション 300 の飛行時間を蓄積し、それを制限寿命の算出に活用することで証明活動がスムーズに進む可能性があります。

なお、本試験は可能な限り実際に運用する環境で行うことが望ましいものの、その実施が合理的でない場合は代替の手段が認められます。例えば、夏場における最低温度環境など実環境での飛行試験実施が合理的でない場合、恒温室等の使用などによる模擬環境での飛行試験が許容されます。模擬環境の妥当性等については、事前に検査者とよく相談することを推奨します。

[引用:航空局ガイドライン]

#### 【解説】

- 無人航空機飛行規程、ICA も同時に評価されることに注意  
飛行エンベロープの規定が正確にされているかを確認することが大事である。  
次項以下の飛行条件の導出の基準となる。
- 環境条件について  
夏～冬にわたって、実環境での飛行試験を実施することが望ましい。



例えば環境模擬試験として、夏場の低温試験、冬場の高温試験など実環境での飛行試験実施が合理的でない場合、恒温室などの模擬試験環境での飛行試験が許容され得る。ただし、模擬環境の妥当性や証明すべき項目を試験方案において明確にし、事前に検査者とよく相談することを推奨する。

環境模擬飛行が不可能な機体については、特殊ケースとして扱い、検査者と相談が必要である。

- 図 4.2-1 に CONOPS から得られた飛行パターンの一例を、図 4.2-2 に代表的な飛行パターンを「セクション 300」飛行試験パターンに置き換えた一例を示す。

セクション 300 の飛行試験パターンは代表的な飛行パターンの飛行要素を満遍なく網羅できるように設定する必要があり、機体荷重や機動などに対する耐久性を証明できるような飛行パターンの設定が求められる。また、耐久性や信頼性を証明するために・4.3 に示すような飛行エンベロープの評価ができるような飛行パターンでなくてはならない。機体ごとの飛行試験パターンは、飛行試験方案としての検討と検査者との事前の相談が必要である。

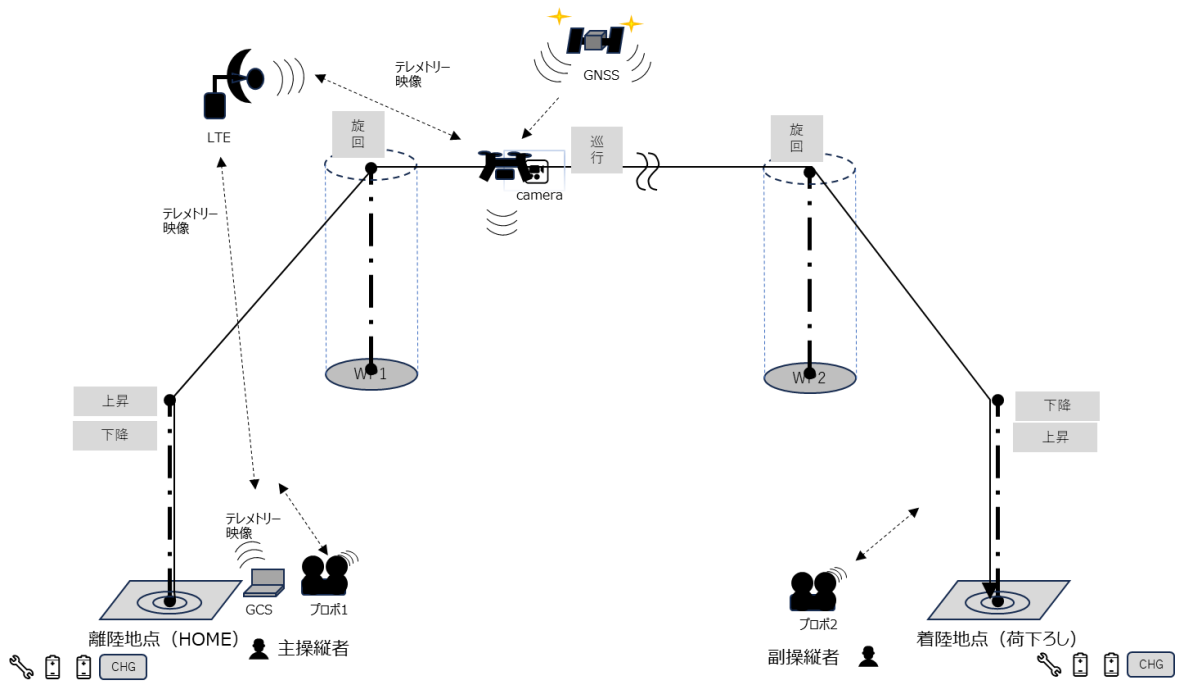


図 4.2-1 CONOPS から得られる代表的な飛行パターンの一例

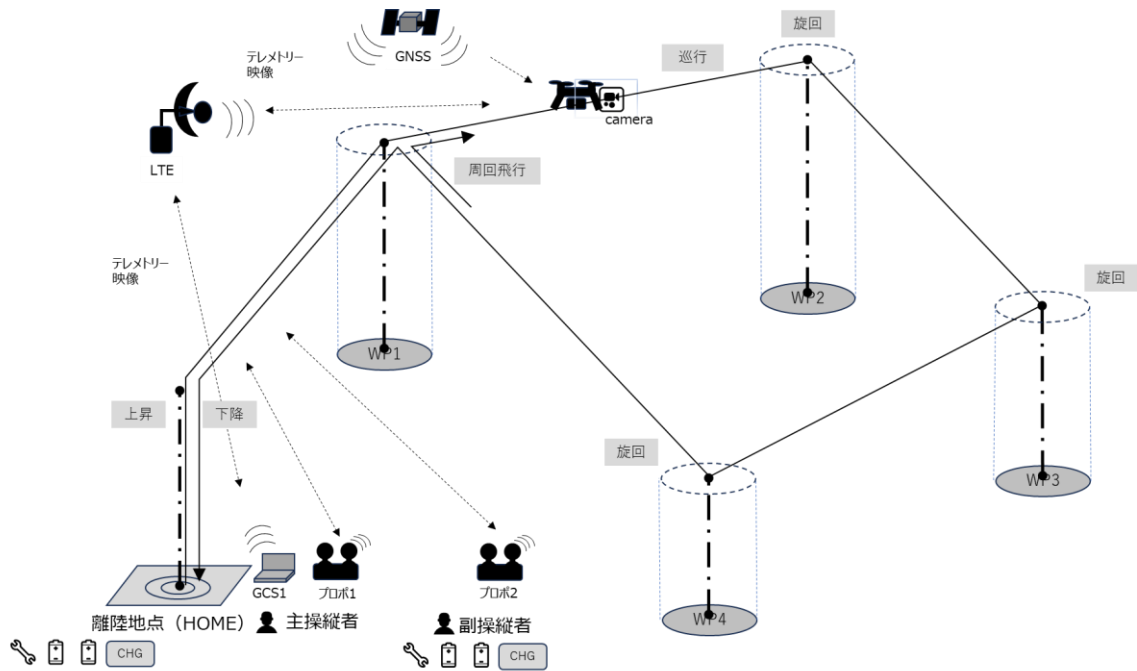


図 4.2-2 代表的な飛行パターンを「セクション 300」飛行試験パターンに置き換えた一例

### 4.3 飛行試験における飛行エンベロープについて

「サーキュラーNo8-001 セクション 300(b)」

(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) ルートの複雑性
- (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) 天候
- (11) 夜間運用(夜間運用を行う場合)
- (12) エネルギー貯蔵システムの容量
- (13) 操縦者に対する機体の数 (1 対 1, 1 対複数等)

[引用:サーキュラーNo.8-001]

#### 【解説】

飛行試験は、すべての飛行エンベロープを評価できるように速度や高度、荷重を生じる機動などを考慮し、かつ(b)-(1)～(13)を組み合わせることで、合理的な飛行試験を計画することができる。

また、(c)には「試験には上記 (b) 項のうち最も厳しい条件の組合せおよび形態を含まなければならない。」とあるが、本解説書「4.4 飛行試験時間、機数」にあるような複数機体による飛行試験を実施する場合においては、各機体の均一性が保たれている前提において、全試験機において(c)の組み合わせ試験を要求されるものではなく、一機にて厳しい組み合わせ条件で試験することも可能である。

飛行試験の条件の組み合わせには本解説書の Appendix 1 に示すような、飛行試験ケースマトリックスを参考にしてもよい。

本解説書で例示している飛行試験マトリックスは、飛行試験条件を以下の2条件に大きく分類し、それぞれを組み合わせるマトリックスを整理している。

- 環境依存条件:意図的に設定不可能なもの(外的環境に合わせて計画が必要なもの)
- 機体形態:意図的に設定可能なもの
- (b)(1)飛行距離:CONOPS に示されている運用上の最大飛行距離
- (b)(2)飛行時間:CONOPS に示されている運用上の最大飛行時間
- (b)(3)ルートの複雑性:  
本解説書4.2に例示するような、CONOPS に示されている運用フライトの飛行要素をすべて網羅した飛行試験パターンを作成する。
- (b)(4)重量、(5)重心  
重心位置については、図 4.3-1 に機体内部に荷物を搭載した機体の例を簡略化した例として示す。図(a)は、機体を垂直方向から見た図、他方図(b)は上から見た図を示す。機体に荷物を搭載した場合、機体全体の重心位置は、機体の重心と荷物の重心の合成されたものとなり、図では左側のようになる。機体が安定して飛行するためには、各図の右側の図のように各ロー

ターの推力の合計値がこの合成された重量と釣り合わねばならない。また機体が回転しないためには機体を作り出す各方向に回ろうとする力とローターの合成された回転しようとする力が釣り合わねばならない。各図の右側には、ローター全体の合力を模式的に示してある。

機体の飛行安定性を確保するために、機体重量中心/荷物重量中心/推力中心の合力が機体の安定性を確保できる範囲内に入っていることが求められる。飛行試験では積載荷物による重心位置のずれがこの安定性を確保できる範囲に入っているという条件で、実施されねばならない。例えば荷物の搭載位置ずれなどを運用上最悪な条件を再現して試験することが求められている

また運用の特性上で、例えば液体物の運搬やホイスによる荷物運搬、荷物投下など、飛行中に荷物の重心ずれや重量の急変などが発生することが計画されているときは、その時の重心ずれや重量変動を考慮した飛行試験にて飛行安定性を示すことが望ましい。

- (b)(6)密度高度

密度高度は、最初に圧力高度を捕捉してから、非標準の温度変動に対してこの高度を修正することによって決定される高度である。空気密度は、高度、温度、湿度の変化の影響を受ける。高い密度高度は薄い空気を指し、低い密度高度は濃い空気を指す。高い密度高度をもたらす条件は、高高度、低気圧、高温、高湿度、またはこれらの要因の組み合わせである。標高が低い、大気圧が高い、温度が低い、湿度が低いほど、密度高度は低くなる。

詳しくは Appendix 3(3)を参照のこと。

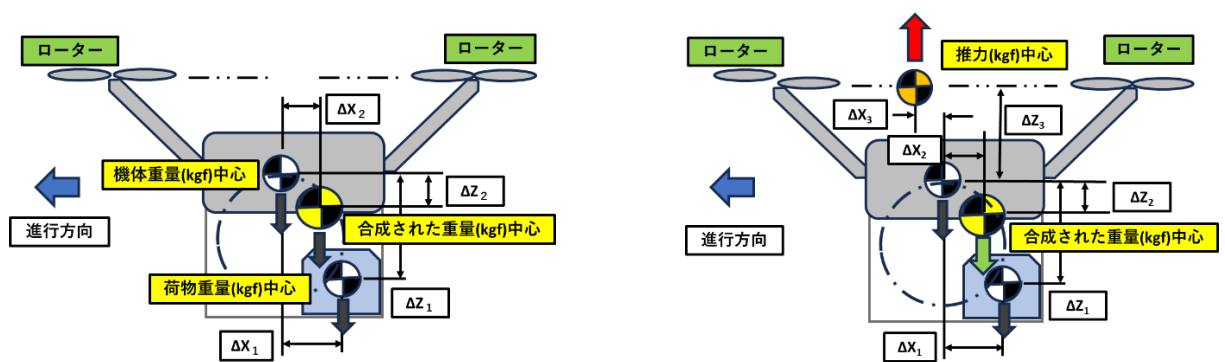
CONOPS で示される最高高度での試験飛行による証明が求められる。

- (b)(7)外気温度:最高/最低

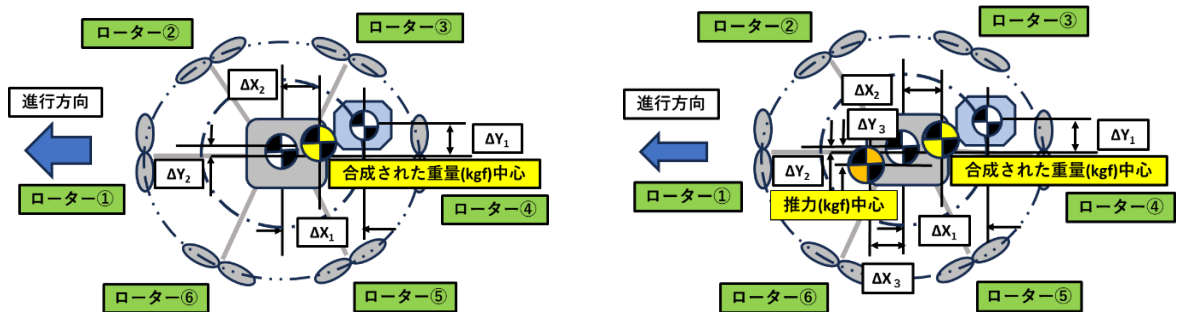
基準の概要にあるように、セクション300の飛行試験では最高温度/最低温度の中で飛行することが求められている。一方で、試験環境によってはこの条件を達成できないことがある。この場合は飛行試験環境を模擬できるような恒温室等の利用が許されており、同時に要求に正確に合わせた試験条件が得られない場合もあるので、これらの場合は試験の有意性を事前検討し、検査員との事前調整をすること。

- (b)(8)対気速度または対地速度:

マルチロータ無人航空機は一般的に対気速度の測定が難しい。マルチロータ無人航空機は対気速度の計測機能を持たないものも多い。外部風速・風向と対地速度から推定することは可能であるが、そのためには飛行高度の外部風速・風向をある程度の精度で計測する必要がある。申請者は最大対気速度での試験の必要性、必要な場合は外部風速・風向の計測方法について検査者と事前調整し、合意された方案を得ること。



(a)垂直方向の重心位置と推力中心位置



(b) 平面方向の重心位置と推力中心位置

図 4.3-1 機体の重心位置と推力中心(参考例)

- (b)(9)風速: 自然環境での試験を基本とする。

風速や気象状況は試験当日の状況に依存する。したがって試験当日の気象環境の中で、突風を定義して試験をすることが大変難しいと考えられる。突風の定義は、有人の航空機に関しては明確に定義されているものの、無人航空機に対して今まで突風を定義したものは存在しない。また、たとえ突風が定義されても無人航空機がどのような反応をすればよしとするかはこれまた定義が難しい。このため、試験においては校正された風速計などを用いて試験期間における風速を計測し、後処理として統計的な処理を行いどの程度の風速の変化があったかを検討することが望ましい。このような情報をもとに当該無人航空機の突風応答について、機体が耐えうる風速の範囲を機体メーカーサイドの見解として提示することが可能である。この情報に関しては機体メーカーの考え方によって異なるため、検査者とよく相談することを推奨する。

突風応答に対する機体の安全性は、突然の突風が機体に作用したとしても計画外飛行、制御不能、想定飛行範囲からの逸脱また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飛行が可能であることである。

- 風速の計測

飛行試験エリアの複数場所に校正済みの風速計を設置し、風速を計測することを推奨する。この風速の時系列は試験後の風速の解析に使われるので、時間や試験ケースなど必要な記録をしっかりつけることが推奨される

上空の風速の計測手段としてドップラーレーダーなどの計測機器も存在し使用することは可能である。入手性において一般的な機器ではないが、福島 RTF などの設備を使用することも可能である。

- 風洞の利用

風洞を目的に応じて利用することも1つの考え方である。風洞では基本的に乱れの少ない気流を発生させ、その中で機体の空力性能などを計測するために用いられる。このため通常は模型などを風洞内に固定し定常風を当てながら空力的な特性を計測するのが通常である。他方気流に上下左右の速度変動を畳重させた突風風洞も存在する(例えば JAXA 所有の突風風洞)。無人航空機のサイズによってはこのような突風風洞を用いることが可能であるがあくまで機体を拘束させて空気力を測定することが基本である。他方 JAXA の大型低速風洞(縦6.5 m、横 5.5m)では過去において機体を固定せずにフリーフライトをさせた例もある。このような、風洞施設内での限界飛行試験、フライトフェーズごとの試験は、実現性と墜落などのトラブルに対する十分な配慮と、試験の有意性の説明が必要である。

JAXA の風洞については民間の方も利用可能である。また、福島ロボットテストフィールドにも風洞棟が整備されており、対象とする機体の使用法を十分吟味して利用することも可能である。風洞の使用にあたっては、申請者の考え方について検査員との事前相談が必要である。

CFD やそのほかの数値解析手法は、マルチロータ無人航空機の運動を解析するのに有効である。運動解析には各ローターの計算精度を向上させることが重要である。しかしながら、今までこの種の解析手法は確立されておらず、また飛行試験との比較検証も十分なされていないというのが現状である。今後この種の解析手法が発展することで、飛行試験に代わりうる手段として確立する可能性がある。

- (b)(10)天候:飛行試験において天候は非常に重要な要素である。各飛行試験においては、試験ごとの記録を残すことが義務付けられている。したがって、試験当日の天候についてもできる限り情報を集め、その日の飛行試験に反映することが求められる。飛行試験は CONOPS において定義された、運航形態および運用限界に近い環境で実施することが望ましい。記録として残す情報は、試験当日の気温、湿度、大気圧はもちろんのこと視程、雲量、できれば高度を確認する。
- (b)(11)夜間運用:

ガイドラインの安全基準 140-2 において無人航空機の灯火、表示等において次のように規定されている。

夜間運用を行う無人航空機にあつては、無人航空機の位置・姿勢及び方向が正確に視認できるよう灯火を有していなければならない。

現時点においては、灯火の具体的な明るさ、照光範囲、色について明確な基準は存在しない。このため検査者は、その都度運用形態に応じた判断をすることになる。

有人航空機の業界基準として、ASTM F3298-19(Standard Specification for Design, Construction, and Verification of Lightweight UAS)がある。無人航空機メーカーはこれらを参考にして設計に考慮することが望ましい。

ちなみに、ASTM F3298-19に灯火が適合していることを証明する場合には以下のようなになる。

衝突防止灯：昼間は1.609km(1mile)、夜間および目視外は4.828km(3miles)離れた場所から視認可能なこと。

航空灯：夜間、目視外および小雨や霧など視認距離が低下する環境で運用する場合、左側(左灯)が赤色、右側(右灯)が緑色、後ろ側(尾灯)が白色であること。

飛行試験において検査者は、無人航空機メーカーの設計に基づいた灯火が離れた場所から視認できることを実物で検査する。

- (b)(12)エネルギー貯蔵システムの容量：

本解説書では、無人航空機によく使用されるリチウムイオンバッテリーについての概要を解説する。その他の種類のエネルギー貯蔵手段については、次回以降の解説書にて対応を検討する。

リチウムイオンバッテリーは、充放電の繰り返しや使用負荷の激しさ、使用温度環境などにより、出力と貯蔵エネルギー量に劣化が生じる。

出力に関しては、プロペラ推力の元になるため、その低下は機体の安定性の低下につながる可能性がある。

図 4.3-2a に簡易的な出力特性の例を示す。

劣化は主に繰り返し充放電により発生し、高負荷での使用や、低温あるいは高温での使用が劣化を促進することもある。

セクション300の飛行試験では、ICAに記載されたバッテリー交換時期の最後にあたる出力劣化状態を模擬しながら高温と低温の条件下での飛行試験により飛行安定性を示すことが求められている。

貯蔵エネルギー量は無人航空機の飛行距離、飛行時間を決めているパラメータである。貯蔵エネルギー量も、繰り返し充放電などや使用条件などにより劣化する。

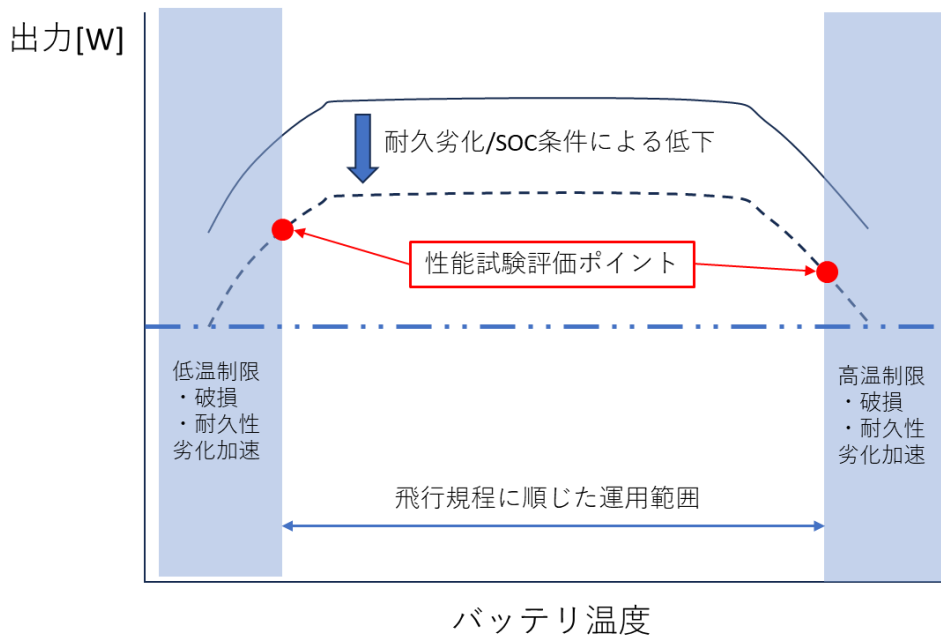
本解説書図 4.3-2b に簡易的なエネルギー貯蔵量の例を示す。

エネルギー量については、過放電時の劣化や飛行中の非常時の必要エネルギー、残存エネルギー量の計測誤差などを考慮して実効的に使えるエネルギー量を余裕をもってあらかじめ設定する必要がある。実際的には一例としてバッテリー下限電圧の設定が考えられる。

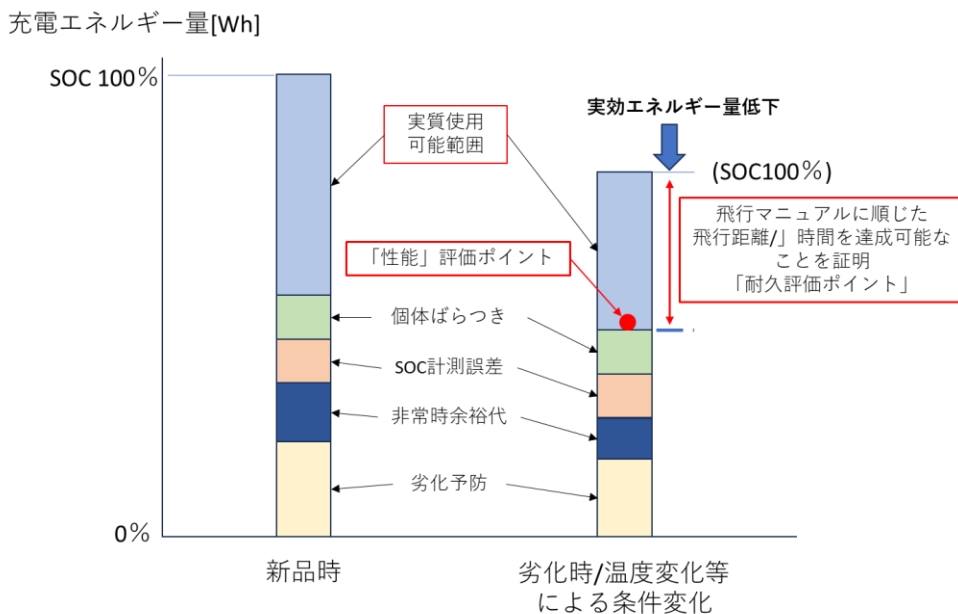
劣化によって貯蔵できるエネルギー量は低下するが、余裕代はその時でも安全な飛行に必要なだけ確保することが重要で、これにより劣化時に実質の飛行に使用可能なエネルギー量が規定される。

飛行試験では劣化状態のバッテリーにより、CONOPS に規定された飛行距離や飛行時間が達成できることを飛行試験により示すことが求められる。

試験環境によりすべての条件を達成できないときは、代替の地上試験等につきその方法を検査員とよく相談の上実施することも可能である。



(a)出力の劣化



(b)エネルギー容量の劣化

図 4.3-2 バッテリー劣化の一般的な解説

- (b)(13)操縦者に対する機体の数:今回の検討対象外
- (c)表 5.2-1 に試験ケースの組み合わせ例を提示する。試験は複数の試験機全機で全ケースを行う必要はなく、各ケース一機での飛行試験が可能である。
- (d)別々の飛行プロファイルおよびルート 未議論
- (e)電磁干渉 EMI 高強度放射電界 HIRF は当面对象外とする。



- 必要に応じて、来期以降の検討項目とする
- (f)一般的な二等操縦士ライセンスパイロットのイメージ  
最低限の技量のパイロットの技量を判別することは難しいため、複数人の技量の異なるパイロットによる操縦も可とする。
  - (g)例えば、トラックでの輸送時の振動や衝撃、アームの先端を持つハンドリングなど、運用時に考えられる機体への入力を考慮することが求められている。また、運用現場での炎天下放置、保管条件なども考慮する必要がある。
  - (j)試験飛行ケースに取り込み。重量、重心の変動に含める

#### 4.4 飛行試験時間、機数

その他参考となる情報 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未満の型式は、50時間の実証飛行試験が必要となる。

[引用:航空局ガイドライン]

##### 試験の条件

セクション300 試験の意図は、妥当なサンプル量により初期故障及び摩耗故障の発見に寄与させることも考慮している。そのため、膨大な数の機体を一斉に飛行させる実証や、余りに少ない機体数(例えば一機)での実証は行うべきではない。セクション300の実証を行うのに必要な最少機体数は原則三機である。

[引用:航空局ガイドライン]

##### 【解説】

航空局ガイドラインでは25kg未満の機体は、飛行時間は50時間、機数は原則最小三機と規定されている。この時間設定と機数設定は、初期故障と摩耗故障の発見のためとされている。図4.4-1に故障率の一般的説明としてバスタブカーブの例を示す。

一方、二種25kg未満の機体には「セクション315 疲労試験(以降、「セクション315」と呼ぶ)」による耐久寿命の証明と寿命のICAへの記載を求められていない。

二種25kg未満の機体については、運用する機体の寿命に関して機体メーカーがICAおよび無人航空機飛行規程に記載し運用者に周知すること。

上記の点から、申請者は例えば初期故障の発見を飛行試験の目的として設定し、総飛行時間を50時間以上、機数を三機と設定し、各機の飛行時間を $50 \text{ 時間} \div 3 \text{ 機} = 16.7 \text{ 時間}$ として適合性を証明することも可能であると考えられる。

※構造寿命については「航空局ガイドライン」「セクション315」を参照(二種25kg未満は適用なし)。

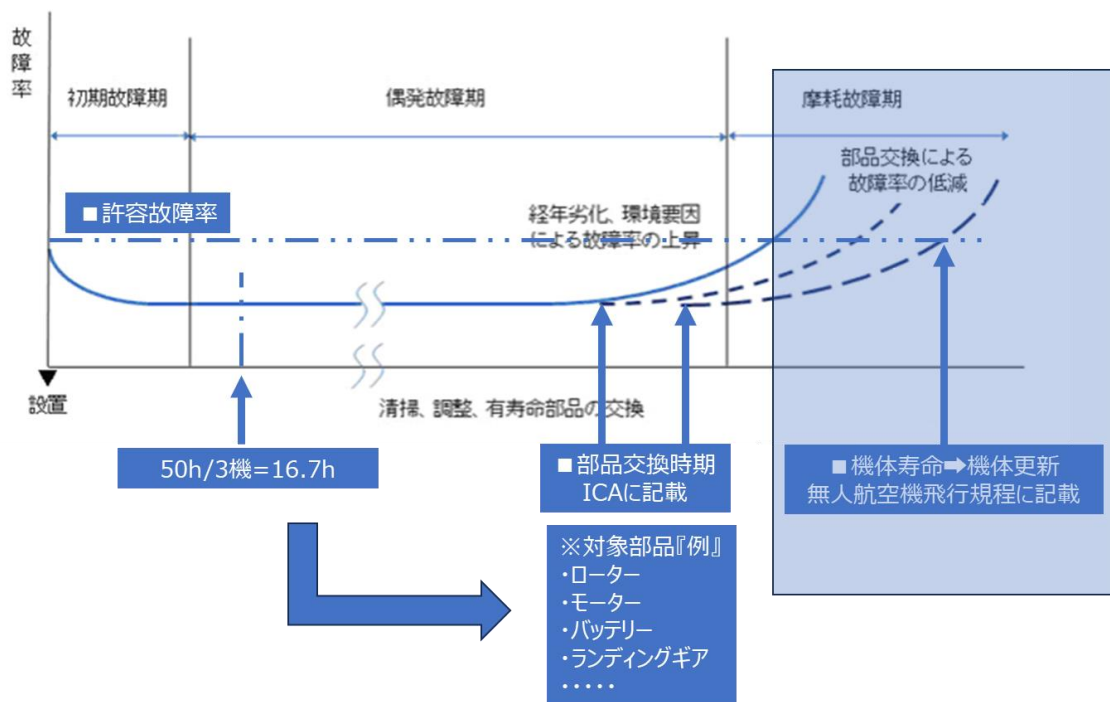


図 4.4-1 機器の故障率の一般的な解説

出所)厚生労働省、職場のあんぜんサイト、バスタブ曲線(故障率曲線)  
 ([https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo59\\_1.html](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo59_1.html))を引用し、青枠記載部分を加筆

#### 4.5 不具合発生時の扱い

セクション 300 試験中に計画外飛行、制御不能、想定飛行範囲からの逸脱又はリカバリーゾーン外への非常着陸が発生した場合は根本原因解析(Root cause analysis)を行い、再発を防止するために、必要に応じて、設計変更又は運用手順の変更が必要になります。

[引用:航空局ガイドライン]

##### 【解説】

セクション 300 での飛行試験中に何らかの不具合が発生した場合、申請者は直ちに飛行試験を中断しなければならない。(ガイドライン第二部 39/72)

飛行試験中の不具合としてガイドラインでは

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ゾーン外への非常着陸が挙げられている。

これらの不具合が発生した場合、申請者は直ちに飛行試験を中断する。

次に不具合が発生するに至った”根本原因解析(Root cause analysis)”を行う。

フライトログの確認、機体の目視検査、テストフライトなどを行って原因を解析する。  
根本原因解析により原因が判明した場合は、“再発を防止するために、必要に応じて、設計変更又は運用手順の変更を行う。”

その上で追加のセクション 300 の飛行試験が必要になります。追加の飛行時間量は、不具合の種類及び影響度並びに根本原因解析とその是正処置の精度及び網羅性に依存します。そのほか、是正処置の範囲、厳密さ、変更を評価するための試験又は解析の深度、変更がその他の事項に悪影響がないことの裏付けされた確証度合いが影響します。

[引用:航空局ガイドライン]

#### 【解説】

試験案に基づいた飛行中に、飛行試験が中断された場合、追加の飛行試験が必要となる。

根本原因解析により判明した不具合の種類や影響の大きさなどにより行ったその対策などに応じて、中断した飛行試験の飛行時間の計上および飛行試験の継続を判断する。

例:

想定飛行範囲からの逸脱が発生したため試験を中断した。フライトログを確認したところ、試験開始直後から方位センサの計測値にノイズがのり、これが影響したことが判明した。対処策として設計変更し方位センサを交換した。この場合総飛行時間はゼロリセットする。

例:

飛行試験中に天候が悪化し、想定以上の風速の強風により飛行試験を中断し、安全に機体を着陸させた。これは機体の不具合による飛行中断ではないので当該飛行試験の飛行時間は計上しないが、ゼロリセットもしない。

## 4.6 試験方案の記載事項及び飛行準備段階から飛行試験報告までの流れ

### (1) はじめに

セクション300においては、機体の耐久性および信頼性を飛行試験によって実証することが求められる。飛行試験に当たっては、前述したとおり原則最低三機の機体を用いること、そして想定される運用形態に基づいた飛行プロファイルをすべて実証しなければならない。その際、形態によっては最も厳しい条件で飛行試験をしなければならない。申請者は、CONOPS において規定した機体の運用形態、適応する基準などを検査者と協議し合意を得なければならない。その結果を適合性見解書(G-1)としてまとめる必要がある。

(注)第二種型式認証において、最新の検査要領における基準のすべてを適用する場合、適合性見解書(G-1)の発行手続きを省略できる。

(注)運用する機体に適用される特別要件、適用除外、同等安全性などがある場合においては G-1 の発行が必要である。

飛行試験の飛行プロファイルをすべて飛行実証するというのは申請者にとって大きな負担となるため、実証に用いる飛行プロファイルは、想定される条件を満足しつつその中で適度に捨取選択をして想定される運用形態をカバーする方法が推奨される。しかしながら、環境によっては飛行試験だけで実証することのできない項目も含まれるため、飛行試験に代わる代替手段として、例えば温度環境を作り出す恒温槽の使用や風速などの変化を模擬できる風洞などを使用して、最終的には飛行試験との合わせ技を使って飛行実証とみなす方法も可能である。このような手法を用いようとする場合、事前に検査者とよく打ち合わせを行い、合意することが必要である。

次にセクション 300 における安全基準(MOC6)の実証へと進みます。申請者は、検査を受ける機体を用いて CONOPS に記述される運用形態および特定要件などの条件を踏まえつつ、まず初めにリカバリーエリアなどを含む飛行試験をどのように行うのかを記述した“飛行試験方案”を策定し、検査者と合意しなければならない。この合意を受けて、申請者は方案通りに飛行試験を実施しそれらをすべて飛行記録として残す必要がある。

検査者は、型式認証試験における試験供試体、試験装置および試験セットアップなどが、原則として事前に承認された飛行試験方案に適合しているかの確認のため立会検査を少なくとも 1 度は実施する。特に、無人航空機の限界事項を飛行試験により確認する試験ケースは立会が想定される。検査者は飛行試験が方案どおり正しく行われ、方案で規定したとおりの結果が得られた場合、立会日のうちに最終的に試験立会記録書 TWR(Test Witnessing Record)を発行し、申請者および検査者の双方が保有する。

なお、本解説を記述するにあたり、参考とした資料は Appendix 3 関連文書(4)から(9)である。本試験方案の手順は、他のセクションで行う飛行試験に対しても同様に適用される。

次の項では、飛行試験法案の作成の流れおよび検査者の飛行試験立ち合い検査の流れについて解説する。

## (2) 飛行試験方案の準備から飛行試験実施まで

### 1) 飛行試験方案の作成について

無人航空機は、CONOPS において記載され、また型式認証データシート(TCDS)および無人航空機飛行規程(フライトマニュアル)および無人航空機運用限界(ICA)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。まず航空機の設計基準への適合性を確認するために設計基準チェックリストの利用が推奨される。このチェックリストを活用することで各セクションにおける安全基準等の対応が網羅されることとなる。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。

本基準(MOC6)は、先に述べた各安全基準を満足し CONOPS で定義される運用形態を満足することを飛行試験で実証するためにまず飛行試験方案を示し、その形態で所要の飛行時間を全うすることで機体の信頼性及び耐久性を証明するものである。この飛行試験法案には、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。飛行エンベロープはサーキュラー 8-001 に記載されている(a)~(j)の各項目を網羅し、そのうえで想定される飛行パターンを決定する必要がある。(Appendix 1 の飛行試験ケース(案)を参照)

飛行試験方案は、前述の項目の記載の見ならず、以下の項目も含まれなければならない。

- 試験供試体の説明
- 試験を行うのに必要な計測器等のリスト
- 必要な計測器類の校正内容
- 校正状況の確認方法
- 試験前に確認すべき事項(供試体及びセットアップ)
- 証明する基準のリスト(セクション 300(b)項(1)等)及びそれをどのように証明するのかの説明
- ステップバイステップで記載する試験手順及び各々の試験の Pass/Fail Criteria

これらの項目は飛行試験を実施するうえでの手順や準備を示すもので必須の条件である。特に最後の項目である試験に対する Pass/Fail Criteria は飛行試験の評価をするうえで非常に重要な基準であり、飛行試験法案作成時に検査者とよく議論し合意を得る必要がある。また、飛行試験で使用する各種計測装置に関しては毎年義務付けられている校正試験を受けたものでなければならない。

また、飛行試験実施体制においては、責任者を明確にし様々な場面において最終判断を下せる体制を構築し、安全性を確保したうえで試験を実施する。

## 2) 飛行試験方案に基づく飛行試験の実施

飛行試験方案が策定された後、申請者は飛行試験に移行する。一連の飛行試験は、飛行試験方案に則り機体メーカーが基本的に行いますが、その一連の飛行試験において検査者は現場にて飛行試験が適切な手順や方法によって行われているかを調べるために立会検査を実施する。立会検査においては、申請者は検査者に飛行試験前に十分な説明を行い検査者はその説明が正しいか検査する。飛行試験においては、決められた飛行エンベロープを飛行しているかなどを検査する。飛行試験は試験ケースごとに飛行試験報告書に記録される必要があります。この記録は、後に飛行試験が Pass か Fail かの判定にも使われる。

## 3) 飛行試験における注意点

すべての飛行試験結果は、検査者による機体の信頼性や耐久性を証明したものと判定する資料となる。そのために重要なのが、飛行試験結果報告書 TWR です。これらは、検査者は各試験が方案通りに実行され、その結果が Pass かどうかの判定に使用される。他方、飛行試験の最中に発生した機体などの不具合に関して、検査者と十分協議したうえで飛行試験継続か否かを検査者から判定をもらう必要がある。これらの事項は、飛行時間の積算の影響し、場合によっては設計までの手直しを迫られる場合もある。

### (3) 検査者の飛行試験立会検査について

検査者が飛行試験の立会検査を行う前に、申請者は事前に対象となる供試体、試験装置および試験セットアップが試験方案に適合していることについての検査(適合検査)を検査者から受ける必要がある。当該実地検査は、すべての試験に対して実施されるものではなく、検査者が申請者と協議の上、試験内容

を考慮し、検査者の試験立合が行われる試験に対して実施する。一例として、無人航空機の限界事項を飛行試験により確認する試験ケースは、検査者による試験立合が想定される。また、試験立会においては、試験の実施に当たり、適合検査によって適合性が確認された状態の試験供試体、試験セットアップを用いて、試験方案から逸脱するような不具合や損傷などがなく試験方案で定められた手順や取得すべきデータが取得されたことを確認することが検査者に求められる。上記の通知は、検査者から適合検査／試験立合要求書 RFC/W (Request for Conformity / Test Witnessing) をもって行われる。申請者は、RFC/W 案を作成し、適合検査実施前に十分な余裕をもって検査者に提出し、合意を得る必要がある。

(注)第二種型式認証を受けようとする無人航空機であって最大離陸重量が25kg 未満のものにあつては、適合性証明計画等で検査者が実施する検査および試験立合が明確になっている場合に限り RFC/W 発行にかかる手続きを不要とすることができる。

申請者は、当該検査を受けようとする場合、事前に対象となる供試体、試験装置および試験セットアップが試験方案に合致していることを点検し、合致していることについて適合報告書 SOC (Statement of Conformity) を発行しなければならない。検査者は当該報告書の内容を確認の上、当該供試体等の作成・準備状況について、試験方案で指示する仕様の通りであることを実地にて確認する。検査者は、当該検査の結果について適合検査記録書 CIR (Conformity Inspection Report) にその内容を記録し、本紙は検査書が保管し、写しを申請者に交付する。

(注)第二種型式認証を受けようとする無人航空機であつて最大離陸重量が25kg 未満のものにあつては、最終的な記録として TWR (Test Witnessing Record) に集約できる場合 CIR 発行に係る手続きを不要とすることができる。

特に供試体については、確認後に同供試体が(遠隔の試験場へ)移動し、または試験までに時間を要する場合も想定されることから、申請者の希望があれば、検査者の指示により適合検査票 CIT (Conformity Inspection Tag) を発行し現物に添付させることにより、当該供試体が検査者による適合検査がすでに行われていることを示すことができる。

試験方案から少しでも異なるものが認められる場合、また供試体や試験装置等が破損する、あるいは試験方案の求める設定条件での試験ができないなどの不具合が発生した場合は、原則として直ちに試験を中断する必要がある。当該不具合があるときは、その修正または試験方案の変更の承認を受けることを原則とするが、再度の試験の実施または正規の承認手続きに要する間の試験の中断が困難であるとき、当該修正または試験方案の変更に関し責任を有する者へ連絡することにより当該変更の承認を得ずに申請者の責により試験を継続し、試験の成立性を事後に評価することも可能である。この場合、試験の継続による影響を明確にした上で、申請者による成立性の判定を記載した Deviation シートを作成し、検査者の了解を得て可能となる。

(注)第二種型式認証を受けようとする無人航空機であつて最大離陸重量 25kg 未満のものにあつては、申請者の責により試験を継続し最終的に Deviation シートを作成し検査者の了解を得る必要がある。

Deviation シートは、申請者の任意の様式でよいが、以下の項目を含まなければならない。

- (i) Deviation シートの管理番号(改訂番号を含む)
- (ii) 対応する設計データまたは試験方案等の管理番号(改訂番号を含む)
- (iii) Deviation の概要
- (iv) 当該 Deviation の設計データへ及ぼす影響
- (v) その他必要と思われる情報
- (vi) Deviation シートの発行日(vii) Deviation シートの発行責任者の署名
- (viii) 検査者の了解と了解日の記載欄

なお、申請者のみによる検査および試験に関しては、適合性証明のために試験結果を使うものにあつては、申請者は、試験方案の通りに実施されたことおよび試験で得られたデータが適切に記録されていることを確認し、そのすべての試験に対して検査および試験の記録を作成することが求められる。記録は任意の様式でよいが、TWR と同等の内容が含まれていることが求められる。

図 4.6-1 飛行試験における全体の流れは、今まで述べてきた飛行試験に関する一連の流れを図示したものである。

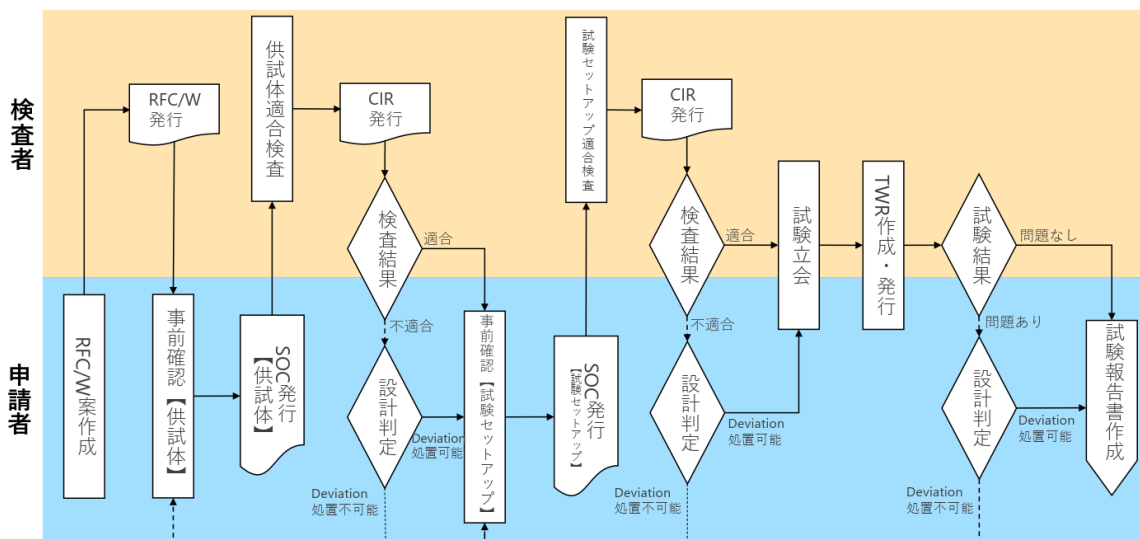


図 4.6-1 飛行試験における全体の流れ

飛行試験における全体の流れをまとめて以下に記す。

表 4.6-1 飛行試験準備から実施までの流れ

セクション 300 において、信頼性及び耐久性を評価するための飛行試験の準備

- まず初めに無人航空機的设计基準の適合性の審査を行う。適切な设计であることを確認するために设计基準チェックリスト(设计基準評価書)を活用することを推奨する。その後、飛行試験方案の策定にあつては、無人航空機飛行規程や無人航空機運用限界(ICA)を加味したうえで、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ップを含まなければならない。なお、この飛行エンベロップの作成に当たっては、本セクションで解説したような考え方で代表的な飛行エンベロップを用いて飛行試験法案を作成することが推奨される。
- CONOPS で定義された「適用基準」「特別要件」「適用除外」「同等の安全性」に関する考え方を整理して飛行試験方案に取り込むことが必要である。
- 使用する機体の数は、最低三機とする。
- セクション 300 における飛行試験は、決められた計画で制御不能に陥らず、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などの不具合なく完了されること。この中でリカバリーエリアに対する考え方としては、あくまで飛行試験中に目的地まで飛行の継続が不可避となったときに計画的に着陸を許すエリアとして定義すべきである。
- 計画された飛行は、すべて飛行試験報告書に網羅しその結果を余すことなく記載する必要がある。
- 試験を行う操縦者及び整備者は、運用において要求される最低限の訓練を受けた者であり、熟練者であってはならない。



飛行試験方案の作成のポイント

- 飛行試験方案は、先の準備で指摘した項目をすべてクリアしたのちに策定される。その記載内容は、以下に示すすべての項目が含まなければならない。
  - 試験供試体の説明
  - 試験を行うのに必要な計測器等のリスト
  - 必要な計測器類の校正内容
  - 校正状況の確認方法
  - 試験前に確認すべき事項(供試体及びセットアップ)
  - 証明する基準のリスト(セクション 300(b)項(1)等)及びそれをどのように証明するのかの説明
  - ステップバイステップで記載する試験手順及び各々の試験の Pass/Fail Criteria
- これらのリストの中で、最後の項目にある Pass/Fail Criteria の作成に当たっては検査者と十分議論をしたのち合意を得ることが求められます。
- 飛行試験方案に基づいて行われる一連の試験は、基本的には機体製造メーカーが一連の手順に則って行うものであるが、その試験の最中に検査者は試験が方案通りに行われているか現場にて立会検査を行うこととされている。立会検査においては、申請者は、試験を行う手順等を試験前に検査者に説明し、各種質問に的確にこたえる必要があります。





### 飛行試験を遂行するときの注意点

- すべての飛行試験の詳細は、証拠として飛行試験記録として残され最終的な飛行試験の Pass/Fail の判定に資する必要があります。
- 試験の最中に飛行に不具合が発生したときは、直ちに飛行試験を中止し善後策を検査者と審議することが求められます。検査者の判定に関しては、素直に従い善後策の実行に移る必要がある。



### 立会検査の要領

- 検査者は、型式認証試験における試験供試体、試験装置及び試験セットアップ等が、原則として事前に承認された飛行試験方案に適合しているかの確認のため立会検査を少なくとも1度は実施します。
- 申請者は、飛行試験を行う前に十分検査者と協議し適用する基準などを決定し検査者かと合意しなければならない。その際に発行される数種の書類があり、それが飛行試験を実施する場合の手続きとなる。各種書類の中には、第二種型式認証を得ようとする機体で、機体重量が25 kg未満の場合には、省略可能な書類も含まれる。
- 試験の最中に飛行に不具合が発生したときは、直ちに飛行試験を中止し善後策を検査者と審議することが求められます。検査者の判定に関しては、素直に従い善後策の実行に移る必要があります。
- 型式認証を申請するために行う社内飛行試験の最中に、不具合などの理由で飛行試験を中断する場合もあり得ます。当該不具合があるときは、その修正または試験方案の変更の承認を受けることが原則とするが、再度の試験の実施または正規の手続きに要する間の試験の中断が困難であるとき、当該修正または試験方案の変更に責任を有する者へ連絡することにより当該変更の承認を得ずに申請者の責により試験を継続し、試験の成立性を事後に評価することも可能です。
- この場合、試験の継続する理由を明確にした上で、申請者による成立性の判定を記載した Deviation シートを作成し、検査者の了解を得て試験の有効性が認められる。
- 検査者は、飛行試験が方案通りに実施されたこと、また、不具合が発生しても Deviation シートにより検査者の了解が与えられ、すべての試験データが適切に記録されていることを確認した後、その日のうちに試験立会記録書(TWR)を発行します。この際、本紙は同試験の報告書に添付し、写しを検査者において保管する。

## 5 今後の課題(未議論項目)

WG 活動で議論があったが未対応(今後対応予定) 項目は以下の通り。

### 5.1 飛行エンベロープ

- (d)別々の飛行プロファイルおよびルート 未議論
- (e)電磁干渉 EMI、高強度放射電界 HIRF は対象外とし、必要に応じて来期以降の検討項目とする

### 5.2 バッテリーの種類に関する解説

- リチウムイオンバッテリー以外のバッテリー種類についての解説

## Appendix 1 証明手順例など

---

### D&R.300 試験ケース検討表

- 試験ケースは、試験地域/場所および/または試験季節/時間などに依存する条件ごと、など、機体形態に依存する条件ごとに設定する。  
(b) (13)機体対操縦者比、(e)電磁干渉 EMI および/または高強度放射電界 HIRF は当面对象外とした。
- 試験地域/場所および/または試験季節/時間などに依存する条件：
  - 条件を組み合わせた証明は最小限とすることとする。
  - (b)-(6)密度高度
  - (b)-(7)外気温度
  - (b)-(9)風速
  - (b)-(10)天候
  - (b)-(11)夜間運用(CONOPS に指定される場合)
- 機体形態に依存する条件：
  - (b)-(4)重量
  - (b)-(5)重心
  - (b)-(12)エネルギー貯蔵システムの容量(劣化バッテリー搭載)
  - (j)貨物搭載
  - (b)-(1)飛行距離、(b)-(2)飛行時間、(b)-(3)ルートの複雑性：
- 高負荷形態のみで実施する。
- 試験条件の刻み：
- 重量、重心および風速は、最小、中間、最大の 3 形態を基本とする。
- (b)-(8)速度および飛行フェーズ(離陸、上昇、水平飛行、旋回、降下、着陸)など、ケース中で変化させることができる条件は、飛行試験方案/飛行試験手順書作成時に設定する。(試験すべき速度は表 A.1-2 に示す。)

表 5.2-1 「セクション 300」飛行試験ケース案(CONOPS で指定がない場合 40 ケース)

D&R.300 番号	変化させる条件	条件(整数値は実施する飛行回数=ケース数)						備考	特記事項
		重量 密度高度	+0% (最小)	+25%	+50% (中間)	+75%	+100% (最大)		
(b)-(6)	密度高度(3 ケース)	最大	1	-	-	-	2		最大密度高度においては高負荷(最大重量、最後方重心) 最小高度、地上高度における試験で証明
		中間	-	-	-	-	-	密度が中間	
		最小	-	-	-	-	-		
(b)-(7)	外気温度(5 ケース)	最高	-	-	-	-	2		最高温度では高負荷(推力係数大)、最低温度では低負荷(推力係数小)を重点実施。
		中間	-	-	-	-	-		
		最低	2	-	-	-	1		
(b)-(4) (b)-(5)	重量・重心の組み合わせ (15 ケース)	重量 重心	50% (最前方)	-25%	0% (中間)	+25%	+50% (最後方)		設計者/製造者が指定する方向、または、操縦者が前進操縦時に飛行する方向を前方とする。  特記の他、重心は左右中央。 左右の対称性から、左方または右方重心を中心に実施し、逆側は最小限のみ実施する。 重心の上下の変化(荷物やパイロードカメラの機体下部搭載などによる)は、(i)において試験する。 前後重心、左右重心とも、試験条件には、重量・重心エンベロープが形成する多角形の全頂点を含むことを基本とする。 許容誤差: 重量 設定値の-1%から+5% 重心 中間から±7%
		+100%(最大)	1	-	1	-	1		
		同上	1	-	1	-	1	最左方	
		同上	-	-	1	-	-	最右方	
		75%	-	-	-	-	-		
		同上	-	-	-	-	-	最左方	
		+50%(中間)	-	-	1	-	-		
		同上	-	-	-	-	-	最左方	
		+25%	-	-	-	-	-		
		同上	-	-	-	-	-	最左方	
		+0%(最小)	1	-	1	-	1		
		同上	1	-	1	-	1	最左方	
		同上	-	-	1	-	-	最右方	
(b)-(9)	風速(6 ケース)	重量 重心	50% (最前/左)	-25%	0% (中間)	+25%	+50% (最後/右)		前方風最大*(向風) 重心は、風向の最逆側(前方風の場合は最後方、後方風は最前方、右/左横風は最左/右方(対称性から片側のみ実施)。 許容誤差: 2 m/s *定常風の値  (右)横風最大*
		+100%(最大)	-	-	-	-	-	前方風最大*(向風)	
		+0%(最小)	2	-	-	-	-		
		+100%(最大)	-	-	-	-	-	後方風最大*(背風)	
		+0%(最小)	-	-	-	-	2		
		+100%(最大)	-	-	-	-	-	(右)横風最大*	
		+0%(最小)	2	-	-	-	-		
(b)-(10)	天候(6 ケース)	重量 重心			適宜				降雨 (XX mm/h) 他 (TBD) CONOPS で指定される天候
		適宜	-	-	3	-	-		
			-	-	3	-	-		
(b)-(11)	夜間運用(5 ケース)	重量 重心			適宜				CONOPS で指定される場合。
		適宜	-	-	5	-	-		
(b)-(12)	エネルギー貯蔵システムの容量 (5 ケース)	重量 重心			適宜				劣化した電池が部分充電された状態で実施する。
		最高	-	-	2	-	-		
		最低	-	-	3	-	-		
(j)	機外下部に荷物格納箱、カメラなどを搭載する運用(10 ケース)	重量 重心	50% (最前方)	-25%	0% (中間)	+25%	+50% (最後方)		最大速度まで実施 **搭載状態で実現できる最小重量。 ***スリング搭載場合。
		最大重量	1***	-	1***	-	2+1***		
		最小重量**	1***	-	1***	-	2+1***		
		重量****	+0% (最小)	+25%	+50% (中間)	+75%	+100% (最大)		****重心は最後方を基本とする。
		密度高度							

(b)-(1) (b)-(2) (b)-(3)	航続距離、航続時間、ルートの複雑さ(6 ケース)	適宜	-	-	-	-	2	最大航続距離	最大航続距離速度で実施。
			-	-	-	-	2	最大航続時間	最大航続時間速度で実施。
			-	-	-	-	2	ルートの複雑さ	

表 A.1-2 試験条件案

	飛行フェーズ	速度*					備考	*各許容飛行フェーズにおける許容速度。 **ノミナル速度(最小パワー速度近傍)
		最小	1/4	中間**	3/4	最大		
密度高度、外気温度、重量・重心の各ケースで実施すべき飛行条件(飛行フェーズおよび速度)  ***当該条件において2倍または3倍の時間飛行することでよいのか?	離陸	-	-	1	-	2***		離陸上昇を含む。
	ホバリング	-	-	2***	-	-		地面効果外。
	上昇	1	-	2***	-	2***		
	巡航	1	-	1	-	3***		
	旋回	1	-	1	-	2***		
	降下	1	-	1	-	2***		
	着陸	-	-	1	-	2***		着陸アプローチを含む。

## Appendix 2 各セクション特有の用語集

---

セクション 300 特有の用語はないため省略

## Appendix 3 関連文書

---

- (1) 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、令和4年(2022年)12月2日 一部改正(国空機第645号)  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001739381.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)  
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、令和6年(2024年)3月27日 一部改正(国空機第724号)  
<https://www1.mlit.go.jp/koku/content/001739385.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)
- (2) 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン、令和4年(2022年)12月2日  
※ 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン 解説書(本冊) 別紙3 参照  
[https://reamo.nedo.go.jp/library/2024/04/1\\_4\\_Appendix3.pdf](https://reamo.nedo.go.jp/library/2024/04/1_4_Appendix3.pdf)  
無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン、令和6年(2024年)3月29日  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001739913.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)
- (3) 国土交通省 HP PHAK Chapter 4  
<https://www.mlit.go.jp/common/001480704.pdf>
- (4) サーキュラーNo.8-002 無人航空機の型式認証等の手続き、令和4年(2022年)12月2日(国空機第656号)  
※ 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン 解説書(本冊) 別紙2 参照  
[https://reamo.nedo.go.jp/library/2024/04/1\\_3\\_Appendix2.pdf](https://reamo.nedo.go.jp/library/2024/04/1_3_Appendix2.pdf)  
サーキュラーNo.8-002 無人航空機の型式認証等の手続き、令和6年(2024年)3月27日 一部改正(国空機第725号)  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001739398.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)
- (5) 無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討 WG:「無人航空機の型式認証等に関する手続きの概要」第1回インストラクション(2023年1月)および第2回インストラクション(2023年6月)
- (6) 無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討 WG:「セクション300 耐久性及び信頼性」第5回インストラクション(2023年11月)
- (7) 無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討 WG:「無人航空機の型式認証プロセス概要」第6回インストラクション(2023年12月)
- (8) 試験実施要領書:4.1.4 d)運用制限 最大飛行可能時間(最大航続時間)、RTF-TR-0007、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)、2022年1月
- (9) 試験実施結果報告書:4.1.4 d)運用制限 最大飛行可能時間(最大航続時間)、RTF-TR-0009、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)、2022年1月

## Appendix 4 サブ WG の構成員名簿

---

無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討 WG におけるサブ WG セクション 300 耐久性と信頼性の構成員名簿(サブ WG 主査およびライター)を以下に示す。なお、レビューアの構成員名簿は本冊(RMD、Rev.01-1)Appendix3を参照すること。

役割	氏名	所属
主査	森下 尚久	イームズ・ロボティクス株式会社
ライター	三輪 昌史	国立大学法人 徳島大学
ライター	齊藤 茂	一般財団法人日本海事協会



## Appendix 5 変更後の解説対象文書の全文

---

- (1) 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、令和6年(2024年)3月27日 一部改正(国空機第724号)  
<https://www1.mlit.go.jp/koku/content/001739385.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)
- (2) サーキュラーNo.8-002 無人航空機の型式認証等の手続き、令和6年(2024年)3月27日 一部改正(国空機第725号)  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001739398.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)
- (3) 無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン、令和6年(2024年)3月29日  
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001739913.pdf> (閲覧日 2024年10月10日)

## Appendix 6 セクション 302 運用の実証

- 運用の実証

無人航空機は、CONOPS に記載され、また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できるように設計されなければならない。その運用ができることは、ここに記載する要件に従い、試験により実証されなければならない。

(a) 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が可能な限り網羅されるよう、以下を考慮すること。

- (1) 飛行距離
- (2) 飛行時間
- (3) ルートの複雑性
- (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) 天候
- (11) 夜間運用(夜間運用を行う場合)
- (12) エネルギー貯蔵システムの容量
- (13) 操縦者に対する機体の数(1 対 1, 1 対複数等)

(b) 試験には上記(a)項の条件及び形態のうち最も厳しい組合せから代表的なものを選定すること。

(c) 試験は、CONOPS に記載された運用環境のうち代表的な環境下で行わなければならない。(d) 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。

(e) 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を使用しなければならない。

(f) 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。

### 基準の概要

本基準は、意図した運用ができるような耐久性と信頼性を持つよう設計し、それを試験で実証するセクション 300 の基準に代わる要求です。CONOPS に記載され、また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ができることを、代表的な試験ケースにより、試験で実証します。

この運用の実証では、機体の安全な制限寿命の算出に必要なデータは蓄積されません。制限寿命は実施された飛行試験時間によることなく、申請者が一定の考え方を示して設定することが可能です。

なお、本試験は可能な限り実際に運用する環境で行うことが望ましいものの、夏場における最低温度環境など実環境での試験実施が合理的でない場合、恒温室等の使用などによる模擬環境での試験が許容されます。模擬環境の妥当性等については、事前に検査者とよく相談することを推奨します。

適合性証明方法(MoC):4、5、6、8

(a)~(f): セクション 302 試験方案 (MoC 4、5、6、8)

無人航空機の運用を実証するため、運用エンベロープ及び運用制限における全範囲に渡って、飛行フェーズ(離陸、巡航、着陸など)も考慮した上で、制御不能、計画外飛行などの事象がなく試験を完了させることが求められます。

申請者は、一例として、以下の試験条件の試験を全て実施することにより、次の(1)~(13)項の考慮事項を満足できます。

安全基準	適合性証明方法となる試験ケース
302 運用の実証 (a)(1)(2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各機体形態における飛行エンベロープに基づき、飛行距離/時間にて安定した飛行が継続できることを飛行試験で実証する。               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 最小離陸重量</li> <li>② 最大離陸重量 100%</li> </ol> </li> </ul>
302 運用の実証 (a)(3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運用時の飛行プロファイルを基にルートを計画し、実際のルートと一致することを飛行試験で実証する。</li> </ul>
302 運用の実証 (a)(4)(5)(6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各機体形態における飛行エンベロープに基づき、安定した飛行が継続できることを飛行試験で実証する。               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 最小離陸重量</li> <li>② 最大離陸重量 100% + 重心位置(最大前方の左右方向)</li> <li>③ 空気密度の最小値と最大値</li> </ol> </li> </ul>
302 運用の実証 (a)(7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作動環境温度下(-□℃~ □℃)において、飛行継続に必要なエネルギーが供給できることを、飛行試験で実証する。なお、環境槽において、試験で実証する方法もある。</li> </ul>
302 運用の実証 (a)(8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最大対地速度(□m/s)において、飛行エンベロープの範囲内で安定して飛行継続できることを飛行試験で実証する。</li> </ul>
302 運用の実証 (a)(9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 風速□m/s の定常風/突風環境下において安定して飛行継続できることを飛行試験で実証する。なお、無人航空機飛行規程に記載する最大の定常風/突風環境について、実証された条件よりも大きな設計値に設定できる合理的な根拠が示されれば、これを記載することも可能である。</li> </ul>
302 運用の実証 (a)(10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一例として、CONOPS で降雨環境の飛行について明記がある場合、雨量□mm/h の降雨環境下において安定して飛行継続できることを飛行試験で実証する。なお、環境槽において、試験で実証する方法もある。なお、無人航空</li> </ul>

	機飛行規程に記載する最大の降雨量環境について、実証された条件よりも大きな設計値に設
302 運用の実証 (a)(11)	● 夜間飛行を飛行試験で実証する。
302 運用の実証 (a)(12)	● 作動環境温度下(-□℃～ □℃)において、バッテリー耐用回数まで充放電を繰返されたバッテリーを用いて、飛行継続に必要なエネルギーが供給できることを、飛行試験で実証する。なお、環境槽において、試験で実証する方法もある。
302 運用の実証 (a)(13)	● 無人航空機飛行規程に記載された 1 名の操縦者が操縦できる最大機数の運用を飛行試験で実証する。
302 運用の実証 (b)	● (a)項(1)～(13)の条件及び形態をそれぞれ考慮して実施される上記の試験の他にも、(a)項(1)～(13)の条件及び形態の組合せによっては、より厳しい試験条件が考えられる。 ● 申請者は、(a)項(1)～(13)の条件及び形態の組合せから、厳しい試験ケースを1つ選定して実証する。
302 運用の実証 (c)	● 申請者は、CONOPS で指定される環境条件について、(7)～(11)に規定された環境要件及び(12)で考慮すべき環境条件以外の条件がある場合、代表的なものを選定し、安定して飛行継続できることを、飛行試験で実証する。なお、環境槽において、試験で実証する方法もある。
302 運用の実証 (d)	● 無人航空機飛行規程に基づき、複数の一定の飛行経験を有する者により、安全に飛行できることを試験で実証する。
302 運用の実証 (e)	● 最低限の仕様以外の操作ができない関連システムであることを試験で実証する。
302 運用の実証 (f)(1)(2)	● 重量・重心の組合せが最も厳しい貨物の搭載状態を含む各機体形態における飛行エンベロープに基づき、安定した飛行が継続できることを飛行試験で実証する。 (1) 最大前/後方向重心 (2) 最大離陸重量(MTOW100%)

(a)～(f): セクション 302 試験報告書 (MoC 4、5、6、8)

試験結果を報告書としてまとめます。

#### 検査のポイント

各証明文書に対して、以下を確認します。

試験方案・報告書について、方案では試験で代表的な試験ケースが選定され、再現性のある試験方法が設定された観点で、報告書では方案どおりの試験が行われて想定された運用が実証されたことを確認します。

また、試験がエースパイロットのような熟練の操縦者ではなく、最低限の要件を満たした操縦者によって評価されていることも確認します。

### 検査者の関与度(LOI)

証明文書の書類検査を基本とします。

302 の試験の一部は検査者による試験立会い候補です。

無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン解説書 第 1.1 版

---

初版発行日:2024 年 3 月

改訂日:2025 年 1 月

この成果は、NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託業務(JPNP22002)の結果得られたものです。

---