

RMD-105 Rev.01

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 105

無人航空機の安全な運用に必要な関連システム 解説書

2024年3月

無人航空機の認証に対応した証明手法の事例検討
105 サブ WG 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム

目次

1	目的	4
2	対象の基準「サーキュラー」(引用)	4
3	「航空局ガイドライン」(引用)	5
4	解説書	8
4.1	安全基準セクション 105(a)について	8
	(1) 関連システムの特定	8
	(2) 関連システムの識別	9
	(3) 関連システムを特定するか、関連システムの最低限の仕様を特定するかの判断	10
4.2	安全基準セクション 105(b)について	11
	(1) 関連システムの証明(b)(1)(2)	11
	(2) セクション100の証明に係る関連システムとその証明(b)(3)	12
	(3) 最低限の仕様の場合は、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を示す(b)(4)	13
4.3	安全基準セクション 105(c)について	15
	(1) 無人航空機飛行規程(MoC 1)	15
4.4	安全基準セクション 105(d)について	16
	(1) 関連システムの整備手順(MoC 1)	16
5	今後の課題(未議論項目)	17
5.1	関連システムにかかわる議論	17
	(1) 関連システムとは	17
	(2) 関連システムの包含関係	17
	(3) その他の議論	18
5.2	関連システムの認証が必要な範囲とその管理要求について	18
5.3	最低限の仕様の例示	18
5.4	関連システムの最低限の仕様が、「正しく、完全で、一貫性があり、検証可能である」について	18
	Appendix 1 証明手順例等	21

Appendix 2 各セクション特有の用語集.....	22
Appendix 3 関連文書	23
Appendix 4 サブ WG の構成員名簿.....	24

表 目次

表 5.4-1 正しく、完全で、一貫性があり、検証可能であること	20
--	----

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 105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム(以降、「セクション 105」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。

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「105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム」を以下に引用する。

・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) 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。

(2) 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。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、無人航空機の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。

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「105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム」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。

・105 無人航空機の安全な運用に必要な関連システム

基準の概要

本基準は、無人航空機の安全性に影響を与えるすべての関連システム及びインターフェース条件が適切であることを示すために、それらの特定、適切性及び関連書類への反映を要求しています。

具体的には以下を行う必要があります：

- 関連システムとインターフェース条件の特定
- 関連システムが無人航空機の安全な運用に適切なものとなっていることの検証
- 関連システムの運用限界の設定
- 関連システムの整備手順の設定

適合性証明方法(MoC):1, 6

(a),(b)(4): セクション105 関連システム設計図面 (MoC 1)

当該設計図面には、上記基準(a)及び(b)(4)を満足する関連システムとインターフェース条件を示します。満足すべき上記基準(a)及び(b)(4)の詳細は以下の表のとおりです。

満足すべき基準(a)、(b)(4)の詳細

基準	関連システム	インターフェース条件
(a)	<ul style="list-style-type: none"> ● 関連システムを特定することができる型式番号等で示すこと。または、関連システムを特定することができる最低限の仕様で示すこと。 ● 最低限の仕様で示す場合、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、環境要件等の重要な項目を含むこと。(重要な項目とは、それが満足できない場合に、無人航空機の安全と効率的に運用する能力に影響を与えるものを指します。) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 無人航空機の安全な運用に影響を与えるインターフェース条件を示すに当たって、インターフェース管理図面、インターフェース要求文書又その他参考資料を使用すること。
(b)(4)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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、完全に、一貫性があり、検証可能であることを示すこと。 	N/A

(b)(1), (b)(2): セクション 300 飛行試験方案 (MoC 6)

無人航空機の信頼性を検証するセクション 300 飛行試験をとおして、各関連システムが信頼性と安全性を保証するための情報を適切に提供していることを検証します。あわせて、関連システムが無人航空機の能力及びインターフェースと互換性があることを実証します。

(b)(1), (b)(2): 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。

(b)(1), (b)(2): セクション 310 飛行試験方案 (MoC 6)

無人航空機の性能及び機能を検証するセクション 310 飛行試験をとおして、各関連システムが性能、機能及び安全性を保証するための情報を適切に提供していることを検証します。あわせて、関連システムが無人航空機の能力及びインターフェースと互換性があることを実証します。

(b)(1), (b)(2): セクション 310 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。

(b)(3): セクション 100 飛行試験方案 (MoC 6)

上記基準(a)、(b)(4)に対して特定された関連システムが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、操縦者に送信することを検証するための飛行試験です。セクション 100 飛行試験方案に含めるか、またはセクション 105 飛行試験方案として別に設定するかは自由度があります。なお、運用エンベロップ及び運用制限内で各関連システムのクリティカルな運用環境を考慮して、飛行試験方案を作成する必要があります。

(b)(3): セクション 100 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。

(c): 無人航空機飛行規程 (MoC 1)

申請者は、承認された関連システムの型式番号等又は最低限の仕様を運用限界として設定し、その運用限界を無人航空機型式認証データシート(TCDS)及び無人航空機飛行規程に含めます。

なお、無人航空機飛行規程はセクション 200 に従い作成します。

(d): ICA (MoC 1)

無人航空機の安全性に影響を与える関連システムの整備手順を ICA に反映します。

※「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

関連システムとは、無人航空機を運用するために必要となる無人航空機本体とは別の周辺機器などを指します。具体的にはプロポ、コントロールステーション、地上施設などが該当します。

英語では *Associated* Element* といいます。FAA において関連システムは *Type Certification* ではなく、*Operational Approval* で認められます(当該システムが安全性を有するかどうかについては、*Type Certification* の審査においても確認されます)。一方で、日本において関連システムは型式認証の対象となります。

例えば、プロポの場合、スマートフォンにインストールされるアプリとしてサービスが提供される形態も存在します。そういった場合、アプリが適切に機能するための動作環境の指定は型式認証の対象となりますが、動作環境そのものは対象外となります。例えば、アプリが適切に機能するためのスマートフォンと OS を指定する必要がありますが、スマートフォン及び OS そのものは型式認証の対象外となります。

* “Associated”の誤記と思われるが原文通り記載する。

4 解説書

4.1 安全基準セクション 105(a)について

(1) 関連システムの特定

サーキュラーNo.8-001 のセクション 105 に、「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。」とある。これは、“無人空機の安全性に影響を与える”関連システムまたは“無人航空機が安全基準を満たすために必要な”関連システムの何かという意味ではない。“無人航空機の安全性に影響を与える”と“無人航空機が安全基準を満たすために必要な”関連システムの和集合を意味するので、“無人航空機の安全性に影響を与える”関連システムと、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な”関連システムの両方を特定することが求められている。なお、5.1 に関連システムについて解説したので参照されたい。

1) 無人航空機の安全性に影響を与える関連システム

本冊(RMD Rev.01)2.2.1(安全基準の各セクションにおける「安全」などの用語の解釈)においては、故障またはエラーが生じた場合に無人航空機が「制御不能」または「想定飛行範囲からの逸脱」のいずれかにつながる可能性があるものを、「無人航空機の安全性に影響を与える」ものと解釈されている。「セクション 005 定義(以降、「セクション005」と呼ぶ)」の「制御不能」と「計画外飛行」についても解説されているので参照されたい。

2) 無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム

地上運用を含む運用に用いられる関連システムはすべて、「セクション 001 設計概念書(CONOPS)(以降、「セクション 001」と呼ぶ)」から「セクション 320 制限の検証(以降、「セクション 320」と呼ぶ)」にいたる各安全基準への適合性証明(飛行試験や解析)に用いられる形態に含まれるので、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”であり、以下の観点も含め理解することが必要である：

- “無人航空機の安全性に影響を与える関連システム”は“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”に含まれ、且つ、いずれも関連システムとして特定が求められているので、安全性に影響を与えないものも関連システムとしては特定される。しかしながら、当セクション 105(d)には、「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」することが要求されており、関連システムについても、安全性に対する影響を評価し、評価結果に応じた整備手順の作成が必要である。
- 適合性証明飛行試験において、計測のために一時的に用いられる要素は“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”には含まれない。したがって、証明の対象外であるが、適合性証明飛行試験の実施に関連して、無人航空機の性能や特性に対する影響が少ないことについて説明が必要である。

- 運用／運航の任務のみに用いられるミッション・パイロードの機体に搭載／固定されていない要素も“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”に含まれない。FAA の Memorandum、AIR600-21-AIR-600-PM01 に、“A UAS is defined as a UA and its associated elements (AE), including communication links and the components that control the UA, that are required to operate the UAS safely and efficiently in the national airspace system.”とあるように、無人航空機の“安全(で効率的な)運用／運航に必要な要素に限定されているからである。ただし、ミッションに用いる通信リンクや情報などを、一時的にまたは補助的にでも、運用／運航に用いる場合は、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”には含まれるので注意が必要である。また、これらの要素は、運用／運航中に用いられるので、無人航空機の運用／運航に(電磁干渉などの)悪影響を与えないこと証明することが必要になる。
- 更なる議論は、5.1 を参照されたい。

・100 無人航空機に係る信号の監視と送信

無人航空機は、安全な飛行と運用の継続に必要なすべての情報を監視し、関連システム(AE)に送信するように設計しなければならない。その情報には少なくとも以下を含むこと

- (a) すべてのエネルギー貯蔵システムのすべてのクリティカルパラメータの状態
- (b) すべての推進システムのすべてのクリティカルパラメータの状態
- (c) 飛行及び航法の情報(例えば、対気速度、針路、高度、位置等)
- (d) 緊急時の情報や状態を含む通信及び航法信号の強度並びに品質

[引用: サーキュラーNo.8-001]

なお、「セクション100無人航空機に係る信号の監視と送信(以降、「セクション100」と呼ぶ)」には、「無人航空機は、安全な飛行と運用の継続に必要なすべての情報を監視し、関連システム(AE)に送信するように設計しなければならない。」と要求されているので、以下のような証明活動が必要である:

- 「安全な飛行と運用の継続に必要なすべての情報」は、セクション 100 に記載された情報に限らないので、無人航空機的设计と運用の観点から、もれなく抽出する。抽出された情報が、関連システムにより(操縦者が)監視できることを確認する試験ケースを適合性証明飛行試験方案に入れ、飛行試験において確認する。詳細は、4.2(2)の解説を参照されたい。

(2) 関連システムの識別

1) 「無人航空機の安全性に影響を与える関連システム」の識別

“無人航空機が安全基準を満たすために必要な”ものから“無人航空機の安全性に影響を与える”

ものを識別するには、安全性評価が必要である。

セクション 135 で要求される重要な部品の識別には、評価手法として、全部品について解析を実施する簡易 FMEA を中心に、無人航空機システムレベルのリスク評価が必要な場合は FTA の併用を推奨している。これは、有人航空機に比べ部品数が少ないので、全部品について解析を行う FMEA との親和性が高いからである。

関連システムについては、部品に比べさらに対象となる要素数は少ないので、簡易 FMEA だけで十分であるが、更なる安全性確保のために FTA の併用を阻むものではない。

なお、RMD-135 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 135 重要な部品(フライトエッセンスパーツ)解説書の Appendix 1 に示される簡易 FMEA の記載例において、プロポ送信機(地上側)、C2 リンク、コントロールステーションおよびコントロールステーション充電器が関連システムの例である。セクション 135 の“回復できない制御不能”と当セクションの“制御不能”は、記載例の解析では区別できないが、より詳細な解析においては区別されるので注意が必要である。

2) 「無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム」の識別

適合性証明のための飛行試験においてのみ一時的に用いられる要素を除き、地上運用を含む運用に用いられるものは“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”に含まれる。

(3) 関連システムを特定するか、関連システムの最低限の仕様を特定するかの判断

申請者は、具体的な関連システム、または、関連システムの最低限の仕様を特定することが求められている。

具体的な*関連システムを特定するのに比べ、関連システムの最低限の仕様を特定する方が、2)に解説するように、複雑になる。しかしながら、ライフサイクルが短い部品や製品で構成される要素などは、無人航空機のライフサイクル内に同じ部品や製品が入手／利用できなくなる可能性があるため、申請者が商品性の観点から、最低限の仕様で特定するとも予想される。

申請者は、以上に限らず、様々な条件を考慮した判断が必要になる。

*サーキュラーNo.8-001 においては、“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。”と、“特定の…”と“特定する…”が用いられているが、本セクションの解説書においては、“特定”が重なる／繰り返されることを避けるために、サーキュラーNo.8-001 の引用を除き、“特定の”の代わりに“具体的な”を用いる。

1) 具体的な関連システムの特定

証明に用いられた無人航空機の形態と同じ関連システムを運用者／使用者が調達できるレベルで特定する必要がある：

- 製品の場合、メーカーとモデル／型式(派生型の区別を含む)で特定すれば、同じ関連システムが購入できる。サービスの場合、プロバイダー名とプロバイダーのサービスの名称で特定す

れば、同じ関連システムのサービスが利用できる。

2) 関連システムを最低限の仕様で特定する場合

証明作業は、以下の観点から複雑になる：

- 最低限の仕様を満足する／超えることが安全側であることの説明／証明が必要になる。
- 証明飛行試験に用いる関連システムが、“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”を具現していることの説明／証明が必要になる。
- “正しく、完全で、一貫性があり、検証可能であること”の説明／証明が必要になる。(4.2(3)参照)
- 詳細な最低限の仕様が提示されれば、その仕様に基づき製造を調達することは可能である。しかしながら、その場合は使用者が、無人航空機と組み合わせた機能、性能、特性を検証し、調達した要素を用いて安全な運用／運航が可能であることを確認する責任を有するが、調達する要素が複雑になれば、使用者単独で検証／確認することが難しくなる可能性がある。
- 調達する要素の複雑さにかかわらず、申請者は、安全な運用／運航に必要な検証／確認作業を飛行規程に記載する必要がある。
- なお、セクション 135 においては、ソフトウェアは、ソフトウェアを含む部品ごとに安全性評価を行う方向である。本セクションにおいても、部品表に記載される要素に搭載されるものについては、ソフトウェアを含む部品ごとに安全性評価を行うが、ソフトウェアが適切に実装されていることの確認、変更を含む形態管理については、「セクション 110 ソフトウェア(以降、「セクション 110」と呼ぶ)」で証明することになる。ただし、C2 リンクや GNSS のようにサービスを利用する場合は、サービスプロバイダーが管理するソフトウェアは本セクションの対象外である。

4.2 安全基準セクション 105(b)について

(1) 関連システムの証明(b)(1)(2)

特定された関連システムまたはその最低限の仕様については、以下が要求されている。

- 仕様に含めるべき項目
仕様には、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、環境要件を含めることが必要である。これらの仕様は、無人航空機を安全かつ円滑に運用する操縦者の能力に影響を与えるものであり、これらに限らず、操縦者の能力に影響を与えるものを含めることが必要である。なお、パイロットアラート、(パイロット)インターフェースや環境要件は、ヒューマンファクターにも関わる要件である。証明には、設計データおよび／または社内試験のデータを示し、証明飛行試験において無人航空機システムレベルで確認することが必要である。
- 無人航空機の能力および機体と関連システム間のインターフェースと互換性
ここで言う“互換性”は、“interchangeability”ではなく“compatibility”である。無人航空機および他の関連システムと組み合わせた使用において、組み合わせ使用のインターフェー

スを含め、当該関連システムが問題なく接続し、必要な信号や情報の相通が可能であること、想定される運用範囲において正しく機能することが求められている。設計資料や社内試験の結果を用いて証明し、適合性証明飛行試験により確認する必要がある。

以上は、1)に解説するサーキュラーNo.8-001 のセクション 300 耐久性及び信頼性(以降、「セクション 300」と呼ぶ)、サーキュラーNo.8-001 のセクション 305 起こり得る故障(以降、「セクション 305」と呼ぶ)およびセクション100の飛行試験においても実証される。航空局ガイドラインに記載はないが、セクション 305 の飛行試験においても実証されると解釈すべきである。

1) セクション300/305/310飛行試験方案

サーキュラーNo.8-001 セクション105(a)で特定されたすべての関連システム(そのものが特定されたもの、およびまたは最低限の仕様として特定されたもの)に一致する関連システムを用いて、無人航空機の耐久性及び信頼性を検証するセクション 300、および能力及び機能を検証するセクション 310 および起こり得る故障について検証するセクション 305 の飛行試験を実施し、飛行試験の達成をもって関連システムが無人航空機の安全性を保証するための機能、性能、信頼性および情報を提供できること、また無人航空機および他の関連システムと問題なく接続できること、無人航空機の性能のすべての範囲において正しく機能することを実証することが必要である。

試験方案段階で、最低限の仕様で指示される関連システムについて、試験に供される実際の関連システムが申請者の提示する最低限の条件と整合することについて、検査者の確認を受ける必要がある。

(2) セクション100の証明に係る関連システムとその証明(b)(3)

サーキュラーNo.8-001 セクション 105(b)(3)では、セクション 100 に記載される(a)から(e)だけでなく、安全な飛行と運用に必要なすべての情報を監視し、操縦者に送信することが求められている。まず、安全な飛行と運用に必要な情報を、設計と運用の観点からすべて特定することが必要であり、それらの情報が操縦者に適切に提供されていることを、適合性証明飛行試験により確認する直接鵜口の中に不意医務いい要がある。適合性証明飛行試験方案についての補足を次項にまとめた。

なお、「安全な飛行と運用に必要なすべての情報」は、機体から関連システムに送信されるものに限らない。地上に配置されたカメラから送信される映像やインターネットで配信される気象などの情報も含まれる可能性がある。

1) セクション100飛行試験方案／飛行試験報告書(MoC6)

セクション 105(a)で特定されたすべての関連システム(具体的な関連システムが特定されたもの、およびまたは最低限の仕様として特定されたもの)に一致する関連システムを用いて、無人航空機に係る信号の監視と送信を検証するセクション 100 の飛行試験を実施し、飛行試験の達成をもって関連システムが無人航空機の安全な飛行と運用に必要なすべての情報を監視し、操縦者に送信する機能を実証することが必要である。

ガイドラインは、セクション 100 飛行試験に限らず、各関連システムのクリティカルな運用環境を考慮

することを要求している。セクション 100 飛行試験においては、送信機能は、設計にもよるが、例えば、C2 リンクの到達距離、マルチパス、アンテナの遮蔽効果などに影響されるので、距離、高度、姿勢角、地形、構築物などについて厳しい条件で試験して実証することが必要である。

2) セクション105飛行試験方案／飛行試験報告書(MoC6)オプション

サーキュラーNo.8-001 セクション 105(b)(3)の記載にある“セクション100に限定されない”の通り、セクション105飛行試験方案とすることも可。例えば、機体とのインターフェース以外で無人航空機の安全な飛行と運用に必要な情報があれば、セクション 100 またはセクション 105 試験方案にてそれらの情報が関連システムで操縦者が確認できることを実証する。機体とのインターフェース以外に関する詳細は 4.1(1)2)を参照。

セクション 105 飛行試験方案としてセクション 100 飛行試験方案と区別する場合でも、“運用エンベロープ及び運用制限内で各関連システムのクリティカルな運用環境を考慮して、飛行試験方案を作成する必要があります。”に対応する試験案を作成する。詳細は 1)を参照。

セクション 105 飛行試験報告書には、セクション 100 試験報告書が別途ある場合は関連システムに関する監視と受信、表示などの機能・性能確認結果をまとめるものとする。

(3) 最低限の仕様の場合は、安全性を保证するために、正しく、完全で、一貫性があり、検証可能であることを示す(b)(4)

EUROCAE ED-80/RTCA DO-254、EUROCAE ED-202/RTCA DO-326 および ISO/IEC/IEEE 29148 によれば、“正しく、完全で、一貫性があり、検証可能である”に厳密な定義があるわけではなく、対象や目的に応じて用いられているようである。これらの文書における用語の使用法を参考にすると、「最低限の仕様が、正確であり、抜けがなく、(仕様間等に)矛盾がなく、かつ、そのことが検証できる」ことが求められている。詳細を 5.4 に解説するので参照されたい。

1) セクション 105 関連システム設計図面(MoC1)

航空局ガイドラインには“当該設計図面(MoC1)には、上記基準(a)及び(b)(4)を満足する関連システムとインターフェース条件を示します。満足すべき上記基準(a)及び(b)(4)の詳細は以下(下記表)のとおりです。”とある。

基準	関連システム	インターフェース条件
(a)	<ul style="list-style-type: none"> ● 関連システムを特定することができる型式番号等で示すこと。または、関連システムを特定することができる最低限の仕様で示すこと。 ● 最低限の仕様で示す場合、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、環境要件等の重要な項目を含むこと。(重要な項目とは、それが満足できない場合に、無人航空機の安全と効率的に運用する能力に影響を与えるものを指します。) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 無人航空機の安全な運用に影響を与えるインターフェース条件を示すに当たって、インターフェース管理図面、インターフェース要求文書又はその他参考資料を使用すること。
(b)(4)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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を示すこと。 	N/A

[引用:サーキュラーNo.8-001]

- 4.1(3)2)に記載の通り、最低限の仕様で関連システムを指示する場合、その情報が正しく、完全で、一貫性があり、検証可能であることを示さなければならない。最低限の仕様については、設計図面や機体と関連システム間のインターフェース管理図面、インターフェース要求文書またはその他の参考資料に記載すると航空局ガイドラインにある。

MoC1とあるが、(設計段階または社内試験などにより)事前に設定された最低限の仕様の関連システムが、モデル変更などにより、認証飛行試験において同一仕様の要素が利用できない場合は注意が必要である。最低限の仕様より下回る仕様の要素を使用する場合は、その下回る仕様を最低限の仕様とすることの可否について検査者と調整し、飛行試験方案に反映することが必要になる。逆に、最低限の仕様より上回る仕様の要素を使用する場合は、試験に使用した要素の仕様が証明される最低限の仕様になる。試験に供される関連システムが、最低限の仕様に合致していること(より厳しい条件となっていることを含む)は、飛行試験前に飛行試験前に検査者に説明し、合意を得る必要がある。

2) 飛行試験方案(MoC6)オプション

セクション 105(b)(4)の証明は、飛行試験にて実証する場合、セクション100監視と送信、セクション 300 耐久性と信頼性、セクション305起こりうる故障、セクション310機体の能力及び機能の試験などの一環として証明する方法が考えられる。特にセクション 305 の飛行試験においては、非常対応など通常の運用／運航だけでは検証されない関連システム(AE)の機能、性能などが必要とされる

ケースがあるため、セクション 305 試験方案、試験報告書などの作成においても、セクション 105(b)(4)の検証を考慮することが有効である。

4.3 安全基準セクション 105(c)について

(1) 無人航空機飛行規程(MoC 1)

申請者は、承認された関連システムの型式番号などまたは最低限の仕様を運用限界として設定し、無人航空機飛行規程に含めなければならない。作成された飛行規程は航空局が審査する。この時、無人航空機飛行規程はサーキュラーNo.8-001の「セクション 200 無人航空機飛行規程(以降、「セクション 200」と呼ぶ)」に従い作成する。

・200 無人航空機飛行規程

申請者は、無人航空機飛行規程を無人航空機一機毎に提供しなければならない。

(a) 無人航空機飛行規程には、以下の情報を含むこと。

(1) 無人航空機運用限界

(2) 無人航空機の運用手順

(3) 性能情報

(4) 搭載情報

(5) 設計、運用又は取扱いによる安全な運用に必要なその他の情報

(b) 無人航空機飛行規程の上記(a)項(1)に関する箇所については、航空局の承認を受ける必要がある。

[引用: サーキュラーNo.8-001]

1) 関連システム情報の無人航空機飛行規程への記載

申請者は、セクション105(b)(1)(2)(3)(4)を飛行試験などにより証明された関連システム(型式番号/モデル名などおよび/または最低限の仕様)を、使用者が運用限界を超えた運用/運航することがないように、運用限界として設定することが求められる。設定した運用限界は、無人航空機飛行規程に記載し、その記載箇所はセクション200に要求されるように、航空局の承認を得る必要がある。

2) セクション200無人航空機飛行規程(MoC 1)(ご参考)

サーキュラーNo.8-001のセクション 200 では、参考資料(ASTM F2908-18)が引用されており、当該資料には飛行規程の構成や記載内容に関する仕様が標準化されている。

適合性証明は、セクション200の無人航空機飛行規程を参照しセクション 105(c)の証明とするのがよいと考える。

4.4 安全基準セクション 105(d)について

(1) 関連システムの整備手順(MoC 1)

本セクションにおいては、無人航空機の安全性に対する関連システムの影響(制御不能または想定飛行範囲からの逸脱に至る状態)に対処するために必要な整備手順を作成することが求められている。

また、セクション 135(b)にも“フライトエッセンシャルパーツに対し整備手順若しくは制限寿命又はその両方を設定”することが求められている。

一方、関連システムを分類すると、安全基準を満たすために必要な要素と、安全性に影響を与える要素があり、また、フライトエッセンシャルパーツである要素とない要素がある。5.3 に解説するように、これらの分類の包含関係についてはコンセンサスにはいたっていないが、何れの分類に仕分けられるかに応じ、点検や整備の頻度や深度に差が生じることが想定される。

整備手順の記載内容については十分な議論にいたらず、また、セクション 105 とも調整も未実施のため、次年度に議論のうえ作成することとする。

5 今後の課題(未議論項目)

WG 活動で議論があったが、必ずしもコンセンサスには至っていない事項を以下に解説する。

5.1 関連システムにかかわる議論

(1) 関連システムとは

関連システムは、無人航空機システムを構成する要素である。無人航空機の機体部分との和集合が無人航空機システム(無人航空機システム=無人航空機の機体部分+関連システム)であり、本セクションの証明には、関連システムについて十分に理解していることが必要である：

- 航空局ガイドラインのその他参考となる情報には、“関連システムとは、無人航空機を運用/運航するために必要となる無人航空機本体とは別の周辺機器などを指します。具体的にはプロポ、コントロールステーション、地上施設などが該当します。”と解説されている。
- 例示を除くと、これは、FAA の Memorandum、AIR600-21-AIR-600-PM01 の解説、“The AE discussed in this memo are those elements that are not airborne or directly affixed to the aircraft.”と符合する。

関連システムには、サービスのように目に見えない要素を含むなど、種々かつ広範に及ぶことから、これらの解説だけでは、もれが発生する可能性があり、以下の観点も念頭に理解することが必要である：

- FAA の解説では“those elements that are not airborne”とあるが、コントロールステーションを航空機に搭載して使用する場合や、航空機で中継する C2 リンクや航空機搭載の発進/回収装置などが関連システムに含まれないとは解釈できない。
- 地上牽引装置など、地上運用だけに用いられる機器は含まれないが、タキシング(自力地上移動)、離陸滑走、着陸滑走中に用いられる要素/機能などは含まれる。

以上から、関連システムは、“飛行中は無人航空機に固定されてなく、飛行中だけではなく、離陸滑走/発進、着陸滑走/回収、離陸滑走前/着陸滑走後のタキシングなどを含む運用/運航に用いられる要素であり、地上の発進/回収装置などのように、地上にいる間だけ(一時的に)固定されている要素も含む。”と解釈すべきである。

(2) 関連システムの包含関係

セクション 105 に規定される無人航空機の安全な運用に必要な関連システムは、セクションの標題の文字通りの解釈と、FAA の Memorandum、AIR600-21-AIR-600-PM01 の解説から、無人航空機の“安全な”運用/運航に必要な要素である。

- (運用/運航に用いられない要素は、“安全な”運用/運航に必要ではないと解釈できるので) “安全な”運用/運航に必要な要素は運用/運航に用いられるものであり、ミッション遂行のみに用いられる要素は、(運用に用いられないので)105 関連システムに含まれない。
- また、実運用/運航ではない、型式認証の飛行試験にのみ用いられる要素も 105 関連システムに含まれない。

- 一方、ミッションに用いられる要素は、一時的でも補助的にでも、運用に用いられるのであれば、105 関連システムとして証明が必要になるので注意が必要である。

以上および型式認証においては関連システムであるか否かについて曖昧さを残すべきではないという視点から、本解説書においては、“安全な”運用／運航に必要、即ち、“運用／運航に用いられる”要素を関連システムと解釈する。この一意的な(「正しく、完全で、一貫性があり、検証可能である」の「正しく」に相当する曖昧でない)解釈に基づけば、(1)の解説に該当する要素は関連システムであり、運用／運航に用いられる要素はすべてセクション 001 から 320 に至る安全基準への適合性証明の対象となるので、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”であり、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”に含まれない関連システムは存在し得ない。また、“無人航空機の安全性に影響を与える関連システム”は、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”を対象に安全性評価により識別するので、“無人航空機が安全基準を満たすために必要な関連システム”に含まれる。

(3) その他の議論

GNSS の計測精度向上に(必要時に)用いる RTK やバーチポート(パーティポート/V ポート/vertiport)は関連システムか否かという議論があったので、以下に解説する。

- RTK のように、必要時にだけ用いる要素は関連システムとしての証明が必要である。証明されていない要素は、無人航空機飛行規程に、その要素を使用することが記載できず、記載された範囲でしか運用／運航ができないことは明らかである。
- バーチポートも、離発着などの運用／運航に用いられる場合は、(2)の解釈に基づけば、関連システムである。C2 リンクや GNSS などのように、サービスプロバイダーのサービスを利用するのと同じ扱いになるが、型式認証の枠組における認証は困難であり、運用／運航のリスクが高くなれば、サービスプロバイダーを認証する枠組みが必要になる。

5.2 関連システムの認証が必要な範囲とその管理要求について

サーキュラーNo.8-001 セクション 105 におけるその他参考となる情報の“一方で、日本において関連システムは型式認証の対象となります。”の意味とその達成と維持に必要な管理に関する議論の深堀が未対応。特に下記の観点での解釈については重要課題との認識。

- 関連システムの形態管理
- 関連システムの品質管理

5.3 最低限の仕様の例示

4.1(3)に関し、特に最低限の仕様について例示を求める意見もあったが、十分な議論ができていないため、次年度に議論のうえ追加することとする。

5.4 関連システムの最低限の仕様が、「正しく、完全で、一貫性があり、検証可能である」について

“正しく、完全で、一貫性があり、検証可能である”について、EUROCAE ED-80/RTCA DO-

254、EUROCAE ED-202/RTCA DO-326 および ISO/IEC/IEEE 29148 を調べた。下表に整理したように、厳密な定義があるわけではなく、対象や目的に応じて用いられているようである。対象や目的に特有の説明／修飾語を取り除くと、「曖昧さや間違いがなく、一意的に解釈できる、重要かつ必須な情報が省略されることなく含まれており、(各仕様の中に)矛盾がなく、正しさが確認できる」と解釈できるが、技術的にまともな仕様であれば当然具備している条件であり、深刻に考える必要はない。

表 5.4-1 正しく、完全で、一貫性があり、検証可能であること

	EUROCAE ED-80 /RTCA DO-254¹⁾	EUROCAE ED-202 /RTCA DO-326²⁾	ISO/IEC/IEEE 29148³⁾	解 釈	備 考
正しい ／正しさ	直接的な説明はなし。 Unambiguous. Information/data is written in terms that allow only a single interpretation.	Correctness. Correctness of a requirement statement means the absence of ambiguity or error in its attributes.	Correct. The requirement is an accurate representation of the entity need from which it was transformed.	曖昧さや間違いがなく、(最低限の仕様が)一意的に解釈できる(こと)。	
完全な ／完全性	Complete. Information/data includes necessary and relevant requirements and descriptive material, labeled figures, and defined terms and units of measure.	Completeness. Completeness of a requirement statement means that no attributes have been omitted and that those stated are essential. Completeness with respect to another requirement statement means completeness within the scope and attributes of the other statement.	Complete. The requirement sufficiently describes the necessary capability, characteristic, constraint or quality factor to meet the entity need without needing other information to understand the requirement.	(最低限の仕様)に重要かつ必須な情報が省略されることなく含まれている(こと)。	
一貫した ／一貫性	Consistent. Information/data contains no conflict.	Consistent. Consistency between requirements statements means the attributes are in agreement within the scope of the intended purposes. A design specification is consistent with the requirements if neither contradicts the other. A power budget summary is consistent with a design specification if a quantity in the budget that refers to the design specification is equal to the quantity implied by the design specification.	直接的な説明はなし。	(最低限の仕様)の間に矛盾がない(こと)。	
検証可能 (である)	Verifiable. Information/data can be checked for correctness by a person or a tool.	直接的な説明はなし。	Verifiable. The requirement is structured and worded such that its realization can be proven (verified) to ensure the customer's satisfaction at the level the requirements ⁴⁾ exists. Verifiability is enhanced when the requirement is measurable.	(最低限の仕様)の正しさが確認できる(こと)。	4) “requirement”であるべきだが、原文のまま記載。

1) RTCA DO-254 / EUROCAE ED-80 - Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware, <https://my.rtca.org/productdetails?id=a1B3600001IcjTEAS>

2) RTCA DO-326A / EUROCAE ED-202A - Airworthiness Security Process Specification, <https://my.rtca.org/productdetails?id=a1B3600001IcfuEAC>

3) ISO/IEC/IEEE 29148 - Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering

Appendix 1 証明手順例等

なし

Appendix 2 各セクション特有の用語集

セクション105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、2022年9月7日(国空機第456号。同年12月2日付け国空機第645号までの改正を含む。)、<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001520547.pdf>
- (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、2022年12月2日(国空機第645号)、
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001574424.pdf>
- (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、2022年11月2日、
<https://www.mlit.go.jp/common/001574425.pdf>
- (4) AIR600-21-AIR-600-PM01 - FAA Approval of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Special Class UA Projects and their Associated Elements
- (5) RTCA DO-254 / EUROCAE ED-80 - Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware,
<https://my.rtca.org/productdetails?id=a1B36000001IcjTEAS>
- (6) RTCA DO-326A / EUROCAE ED-202A - Airworthiness Security Process Specification,
<https://my.rtca.org/productdetails?id=a1B36000001IcfuEAC>
- (7) ISO/IEC/IEEE 29148 - Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering

Appendix 4 サブ WG の構成員名簿

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 におけるサブ WG 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、レビューの構成員名簿は本冊(RMD Rev.01)Appendix4 を参照すること。

タイトル	氏名	所属
主査	山崎 まりか	株式会社電通総研
ライター	榎野 尊	株式会社電通総研
ライター	中舘 正顯	一般財団法人日本海事協会
ライター	二上 貴夫	株式会社東陽テクニカ

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

2024年3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(JPNP22002)の結果得られたものです。
