無人航空機に関する無線通信システムの制度化等の動向調査

令和２年３月

国立研究開発法人 情報通信研究機構

（北米連携センター）

目次

1　米国における無人機規制のこれまでの経緯 3
1.1　連邦議会の取組 3
1.2　FAA の取組 4
1.2.1　無人機登録制度 4
1.2.2　小型無人機規則 4
2　無人機に関する無線通信システム制度化に向けた動き 5
2.1　無人航空機システム標準化共同体（UASSC） 6
2.2　無人機トラフィック管理システム（UTM） 9
2.2.1　FAA と NASA の共同研究プロジェクト 12
2.2.2　ASTM インターナショナル 18
2.3　無人機のリモート識別（RID） 18
2.3.1　FAA の規則案（2019 年 12 月発表） 19
2.3.2　ASTM インターナショナル 21
2.4　検出及び回避（DAA） 22
2.4.1　RTCA 22
2.4.2　ASTM インターナショナル 28
2.5　コマンド＆コントロール（C2） 29
2.5.1　RTCA の取組 29
2.5.2　ASTM インターナショナル 31

図表

図表 1　FAA による商用および娯楽用の無人機規制（2020 年 3 月時点）.....5
図表 2　UASSC の無人機標準化ロードマップ（バージョン 1.0）で提示されている課題・取組例.....7
図表 3　空域ごとの UTM の運用概念図.....10
図表 4　FAA の UTM アーキテクチャ.....11
図表 5　UTM を構成する技術インフラとそれぞれの役割概念図.....12
図表 6　NASA と FAA の UTM プロジェクトにおける UTM 概念図.....13
図表 7　NASA による UTM プロトタイプの作成に向けた飛行テストの概要.....13
図表 8　NASA が無人機の C2 通信用に利用を想定していた LTE／4G 周波数.....15
図表 9　NASA が想定している無人機の運用に必要なビットレート目安.....15
図表 10　SIO プロジェクトで実証試験を行っている無人機.....16
図表 11　FAA による無人機パイロットプログラムのテストサイト.....16
図表 12　FAA の RID 規則案で提示されている無人機の種別とルール.....20
図表 13　本規則案に提示された RID の運用イメージ（3 パターン）.....21
図表 14　Open Drone ID プロジェクトで検討されている距離別通信規格.....22
図表 15　NASA と RTCA、FAA の標準化における役割.....23
図表 16　RTCA の作業・会議スケジュール（2019~2021 年）.....24
図表 17　各空域（クラス A～G）の整理.....25
図表 18　DAA 機器に関する RTCA の MOPS 策定に向けた動き.....25
図表 19　RTCA が標準案を開発している DAA システムの概要.....27
図表 20　DAA 機器の標準化に関する RTCA と ASTM の役割分担.....28
図表 21　C2 通信に関する RTCA の MOPS 策定に向けた動き.....29

1　米国における無人機規制のこれまでの経緯

商用、娯楽用[1]にかかわらず、無人機が社会にもたらす可能性や利益は年々増えているが、その一方で、飛行する無人機の数が増えることに対する安全懸念も高まっている。米国では過去 10 年ほどで、無人機に対する規制や、無人機を安全に飛行させるために重要な通信技術についての議論が深まっており、特に連邦議会や連邦航空局（FAA）の定めた法律や規制がその土台となっている。ここでは、連邦議会や FAA のこれまでの主要な取組について説明する。

1.1　連邦議会の取組

米国における商用・娯楽用の無人航空機（以下、無人機）に対する規制議論に大きな影響を及ぼしている法律には、2012 年に成立した「連邦航空局近代化改革法（FAA Modernization and Reform Act of 2012： FMRA）」がある。この法律は、その名のとおり、技術やその利用法の近代化に対応する形で FAA の行政権限や役割を修正・追加していくことを目的としており[2]、無人機に関しては、FAA に対し、商用無人機を全米空域システム（National Airspace System： NAS）に安全に統合していくにあたって求められる規制やガイドライン、試験に関する案を 2015 年 9 月末までに策定するように求めている[3]。

無人機の NAS への統合に当たって同法は、無人機のサイズや重さ、飛行スピード、性能、空港や人口密集地からの距離等を規制基準とするように定めているほか、無人機は基本的に目視見通し内（visual-line-of-sight： VLOS）でのみ飛行することを想定するように定めている（331~335 節）。しかしながら FNRA 法では、娯楽用でありなお且つ 55 ポンド以下（約 25 キロ）等の条件を満たす無人機を「モデル機（Model Aircraft）」と定義しており、更にモデル機に対する FAA の規制権限を認めていないため（336 節）[4]、それが後々問題化していくことになる。

FMRA 法の後継として 2016 年 7 月に成立した「FAA 権限拡張、安全、セキュリティ法（FAA Extension, Safety, and Security Act of 2016）」では、FAA に対し、米航空宇宙局（NASA）や航空無線関連の諮問機関 RTCA 等の産業界と連携して、無人機を安全に NAS に統合するために必要な取組（例： 無人機の分類整理、実地試験、無人機のトラフィック管制や所有者・パイロットの特定を可能とする仕組み・標準化の整備）を引き続き進めるように指示している。例えば無人機のリモート識別（Remote Identification： RID）を可能とする仕組みの検討も指示されており、要件や分類の整備のほか、一般市民がアクセス可能な無人機のオンライン・データベースの開発も視野に入れるように命じている（2202 節）。また緊急時対応や研究開発等を目的とした例外的な無人機の飛行を認める基準や要件も策定するように指示しており、これには目視見通し外（beyond-visual-line-of-sight： BVLOS）の飛行や、夜間飛行なども含まれる（2207、2210 節）[5]。

[1] この 2 つの他、米国政府の業務等を対応する公用無人機という分類も存在する。
[2] FAA の役割や行政権限についてまと目られている基盤としては、連邦規則集第 49 巻（U.S. Code Title 49）があり、これは米国における運輸関連の規則・行政法をまとめたものである。2012 年 FMRA 法と 2016 年 FAA 権限拡張、安全、セキュリティ法は、この 49 巻の内容を修正する事を目的としている。https://www.law.cornell.edu/uscode/text/49
[3] https://www.congress.gov/bill/112th-congress/house-bill/658/text
[4] https://www.congress.gov/bill/112th-congress/house-bill/658/text
[5] https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/636/text

1.2 FAA の取組

1.2.1 無人機登録制度

上記のような連邦議会からの指示を受けつつ、市場の状況に合わせた規制を行うため、FAA は 2015 年 12 月、商用・娯楽用の小型無人機を本格的に規制する第一段階として、重さ 0.55 ポンド（約 250 グラム）から 55 ポンド（約 25 キロ）までの無人機の保有者に対し、登録を義務付ける新しい制度を発表した。これは 2015 年のクリスマスを目前に、多くの無人機がプレゼントとして市場に出回ることを懸念した措置と言われている [6]。この制度は、13 歳以上の無人機保有者にウェブ上の登録ポータルを通じて氏名、住所、E メールアドレスの提出を求めるもので、5 ドルの登録料が設定され、登録義務に応じない保有者には罰金や懲役が科されることとなった [7]。

しかしながら、この FAA の制度は「モデル機」への FAA の規制を認めない 2012 年 FMRA 法の第 336 節と矛盾するため、違法であるとして、メイン州在住の無人機愛好家が連邦裁判所に訴訟を起こした [8]。この訴訟に関して翌 2017 年 5 月、控訴裁判所が同規制が合法ではない可能性があるとの見解を示したことから [9]、無人機登録制度は法的効力を失った。この司法の判断を重く見た連邦政府は、2017 年 12 月に成立した「2018 年度国防権限法 [10]（National Defense Authorization Act： NDAA）」の 1092 節において、控訴裁判所の決定を撤回する形で無人機登録制度の再施行を法的に認め、また無人機の管制や安全確保を目的とした FAA と国防総省の更なる連携を促した [11]。

1.2.2 小型無人機規則

前述の無人機登録制度に関する議論と並走する形で、FAA は 2016 年 6 月、小型無人機に対する規制をまとめた「規則 107 部（通称 Part 107）」を発表した。この規制は、55 ポンド（約 25 キロ）以下の小型無人機を対象としており、VLOS でのみの飛行を認めるなど、2012 年 FMRA 法の内容にも準拠したものとなっている [12]。この規制や上記の無人機登録制度の内容なども踏まえ、2020 年 3 月時点では FAA の下で以下の表の様な形で商用・娯楽用の小型無人機に対する規制が行われている。この他、州ごとに無人機に関する州法や規制も制定されているため、実際の飛行・運用の際には、連邦と州の規制の両方を満たす必要がある。

[6] https://www.forbes.com/sites/johngoglia/2016/01/04/faa-sued-in-federal-court-over-drone-registration-rules/#275b615062e8
[7] https://www.faa.gov/news/updates/media/20151213_IFR.pdf
[8] https://www.forbes.com/sites/johngoglia/2016/01/04/faa-sued-in-federal-court-over-drone-registration-rules/#1e6d99ea62e8
[9] https://www.vox.com/2017/5/19/15663436/us-drone-registration-rules-faa
[10] 国防総省などの米国の国防管轄組織に対し、各年度における各種政策を実施する実施権限を与え、また裁量支出（discretionary spending）の上限を定めることを目的とした法律。
[11] https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/2810/text
https://www.hklaw.com/en/insights/publications/2017/12/new-drone-provisions-enacted-through-national-defe
[12] https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf

図表 1　FAA による商用および娯楽用の無人機規制（2020 年 3 月時点）

	商用	娯楽用
飛行の目的	仕事・ビジネス	趣味・娯楽
機体の重量	0.55 ポンド（約 250 グラム）から 55 ポンド（約 25 キロ）まで	
登録制度	登録ポータルを通して商用無人機として FAA に登録を行う。有効期間は 3 年間、登録料は 5 ドル。登録後、機体に登録番号を明記する必要がある。	登録ポータルを通して娯楽用無人機として FAA に登録を行う。13 歳以上の保有者が登録できる。有効期間は 3 年間、登録料は 5ドル。登録後、機体に登録番号を明記する必要がある。
飛行できる場所	クラス G 空域では 400 フィート以下で飛行しなければならない。例外的にクラス B、C、D、E 空域を飛行する場合は FAA に申請し、個別に承認を得る必要がある。	
安全飛行のルール（例）	商用無人機の飛行に関するルールを定めた小型無人航空機規則 107 部（Part 107）に基づく試験に合格し、証明書を取得しなければならない。受験資格は以下の通り。 • 16 歳以上 • 英語の読み書き・会話ができる • 操縦に適した身体・精神の健康状態にあること 飛行に際しては、娯楽用とほぼ同様の安全飛行ルールへの適応が求められ、同ルールに反するような特定の条件下で飛行する場合には、FAA より個別の承認を取り付ける必要がある。こういった条件の例は、以下のとおり。 • 動いている乗り物から操縦する場合。 • 夜間や人の頭上を飛行する場合。 • VLOS の外（BVLOS）で飛行する場合。 • 複数の無人機を一度に操縦する場合。 • 他の航空機に航路を譲らず飛行する場合。 • 100 マイル／時以上で飛行する場合。	以下の安全飛行ルールに従って飛行することが求められる。 • VLOS で飛行する。 • 夜間飛行の際には、機体の位置と向きを知らせるランプを常に点灯する。 • 有人機に航路を譲り、飛行を邪魔しない。 • 人や動いている車両の上を飛行しない。 • 災害などの緊急事態対応が行われている空域の上空では飛行しない。 • 特定の空域（空港の上空など）で飛行しない。 • 薬物やアルコールの影響を受けた状態で操縦しない。 • 不注意または危険な操縦をしない。

出典：FAA[13]

なお、55 ポンド（約 25 キロ）以上の無人機には、有人機にも適用される FAA の別規制（Part 91 等）が適用されることに注意が必要である。大型無人機の飛行に際しては、FAA からの個別承認が必要であるほか、パイロットも小型無人機とは別の訓練・認証を受けることが求められる [14]。

2　無人機に関する無線通信システム制度化に向けた動き

無人機を NAS に統合するという目的に沿って、現在様々な産学官組織が個別の分野で取組を行っている。米通信業界団体の電気通信標準化連合（ATIS）によれば、無人機の安全な飛行を支える上で重要であり、なお且つ米国において制度化に向けた動きが進んでいる無線通信の応用分野としては、以下の 4 つがある。これらの分野については、2020 年 3 月時点では関連組織において個別に議論が進

[13] https://www.faa.gov/uas/recreational_fliers/; https://www.faa.gov/uas/commercial_operators/ https://www.faa.gov/uas/commercial_operators/part_107_waivers/
[14] https://jrupprechtlaw.com/section-333-exemption-vs-part-107-vs-public-coa-one-choose

められているところであり、業界包括的な標準というものはまだ出来上がっていない。ATIS によれば、これら 4 つの分野については、国際標準化団体 3GPP が 2021 年 9 月に最終化を予定しているリリース 17 においても言及される予定ではある [15]。

- 無人機のトラフィック管理（UTM）
- 無人機のリモート識別（RID）
- 検出及び回避（DAA）
- コマンド＆コントロール（C2）

ここでは、これら 4 つの分野を含む、無人機システムの安全な運用に必要な包括的な標準化の動きを調整している無人航空機システム標準化共同体（Unmanned Aircraft Systems Standardization Collaborative：UASSC）の動向のほか、4 分野それぞれの主な制度化動向についてまとめる。

2.1 無人航空機システム標準化共同体（UASSC）

今後無人機システムを安全に NAS に統合していくために必要な標準化（無線通信に関連する分野、それ以外の分野の両方含む）や研究開発を調整する産学官共同体として、米国では 2017 年 9 月、UASSC が創設された。UASSC は、関係組織間の連携を強化する目的で創設され、米国規格協会（American National Standards Institute： ANSI）が中心となって組織間の調整を行っている [16]。

UASCC には、連邦政府機関、標準開発機関（standards development organization： SDO）、民間企業、業界団体などおよそ約 200 の組織が参加しており、FAA や NASA、国土安全保障省（DHS）等の連邦政府機関はもちろん、RTCA、国際標準化団体 ASTM インターナショナル（ASTM International）、電気・情報工学分野の学術研究団体の IEEE、大学、企業などが参加している [17]。ANSI や FAA が中心となって、関係組織間の役割分担や、各取組の方針やスケジュール目安等が検討され、それに向かって各組織が取組を実施するという仕組みである。

2018 年 9 月、UASSC は無人機システム標準化ロードマップ（Standardization Roadmap for Unmanned Aircraft System）のバージョン 1.0 を公表した。同ロードマップは、無人機関連の公開済みおよび開発中の標準をリスト化・比較し、業界の課題やニーズに照らして課題を特定し、今後の標準化活動の取組案を示している。バージョン 1.0 では、今後標準化に向けた議論が必要な課題（Gap）として 60 件が特定され、これらを優先度順に高（40 件）、中（17 件）、低（3 件）に分けている。このうち、研究開発が必要なのは 36 件である [18]。

[15] https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf
なお UASSC によれば、リモート識別〔RID〕や無人機通信向けの LTE についての標準化は、リリース 16 の枠組みでも一部進められており、これには TR22.825 や ID_UAS などがある。
https://share.ansi.org/Shared%20Documents/Standards%20Activities/UASSC/ANSI_UASSC_Roadmap_December_2018.pdf
[16] https://www.ansi.org/standards_activities/standards_boards_panels/uassc/overview
[17] https://share.ansi.org/Shared%20Documents/Standards%20Activities/UASSC/UASSC_Participating_Organizations.pdf
[18] https://share.ansi.org/Shared%20Documents/Standards%20Activities/UASSC/ANSI_UASSC_Roadmap_December_2018.pdf

バージョン 1.0 で示されている方針のうち、UASSC が UTM システム開発にあたり特に取組が必要としている分野とその課題・取組案、優先度、研究開発の有無、関与が予定されている組織を以下の表に整理する。これらには、無線通信の主な応用分野である UTM、RID、C2、DAA も含まれており、これらの分野に関する代表的な取組については、表中では緑ハイライトで整理する（ただし、無線通信はこれ以外の取組にも適応されることに注意が必要である）[19]。UASSC は現在、バージョン 1.0 を改訂したバージョン 2.0 の策定も進めているが、2020 年 3 月時点ではまだ公表されていない。

図表 2　UASSC の無人機標準化ロードマップ（バージョン 1.0）で提示されている課題・取組例

分野	課題・取組案	関与予定組織
無人機の安全	無人機を安全に飛行させるために必要な規制、標準、リスク評価、プロセスの案は多数存在しているが、これらを無人機のサイズや種別、操縦方法等別に包括的に整理・マッピングした報告書が存在しておらず、規制機関や利用者の意思決定を妨げている（Gap A2）。この取り組みでは、航空宇宙情報レポート（メタ標準）を作成するため、安全性の確保を目的とした無人機のデザインや製造、運営方法等についての検討を行う。 優先度： 低、R&D： 無	RTCA、SAE インターナショナル（SAE International）、電気電子学会（IEEE）、航空宇宙工学協会（AIAA）、ASTM インターナショナル、DOD、NASA、FAA
航空電子工学とサブシステム	無人機の小型化が進んでいることで、既存の中型・大型向けの機器やその標準では対応ができなくなっている。また、小型無人機の大量飛行が想定されるため、渋滞を解消するような標準も必要となる。加えて、新しい機能を備えた無人機も誕生しており、新しい標準が求められている（Gap A4）。これらの状況から、以下のような包括的な標準の改訂が必要となっている。 • 既存の航空電子工学標準（有人・無人向け）に対し、無人機視点の提案や分析を行い、要件の違いを明確化する。 • 新たな機能の装備を可能にする新標準を提案する。 • ICAO、ASTM インターナショナル、SAE インターナショナル、DOD における現行の標準化作業を完了させる。 • 既存および開発中の航空電子工学標準について、無人機向けに考慮すべき点を検証する。 • 航空機搭載用と地上配置用の無人機向けアビオニクス・フレームワークを開発する。 優先度： 高、R&D： 有	**工学関連:** RTCA、SAE インターナショナル、IEEE、AIAA、ASTM インターナショナル、DOD、NASA、FAA、国際民間航空機関（ICAO） **周波数関連:** FAA、連邦通信委員会（FCC）、国家電気通信情報庁（NTIA）、国際電気通信連合（ITU）
航空電子工学とサブシステム：C2 通信	無人機向けの C2/C3（Command, Control, and Communications）リンクについての性能要件や標準を開発する必要があり、それには利用可能性、持続性、レイテンシ、安全性などの基準が盛り込まれることが望ましい（Gap A5）。優先度の高い取組としては、現在策定中の RTCA 特別委員会 228（Special Committee 228： SC-228）の作業グループ 2（WG2）における航空システム最低性能基準（Minimum Aviation System Performance Standards： MASPS）および関連標準に関する作業の完了がある。 優先度： 高、R&D： 有	RTCA、ASTM インターナショナル、無人システムに関するルール策定共同当局（JARUS）

[19] https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/ansi-standardization-roadmap-highlights-key-gaps-utm-standards/

分野	課題・取組案	関与予定組織
航空電子工学とサブシステム：ナビゲーションシステム	無人機のナビゲーションに関する標準化が不足しているため（Gap A7）、以下のような取組が求められる。 • 有人機用の既存のナビゲーション標準を基に、小規模化や低空での飛行を想定した無人機ナビゲーション標準を開発する。 • 全球測位衛星システム（Global Navigation Satellite System：GNSS のサービスが不足しているエリアでの無人機のナビゲーション確保のため、コネクテッドカーや自動運転車で使用されている既存のナビゲーション手法を活用し、統合型の機能ベースおよびオブジェクト指向のナビゲーション標準を開発する。	SAE インターナショナル、FAA、NASA、米運輸省（DOT）
	優先度： 高、R&D： 有	
航空電子工学とサブシステム：ナビゲーションシステム	有人機システムへのスプーフィングやジャミングを最小化する事を目的とした標準は存在しているものの、GNSS システムの需要の高まりを背景に、改訂が行われている。この改訂も視野に入れ、無人機システムへの適用も検討しなくてはならない（Gap A8）。有人・無人機間のナビゲーションシステム保護対策の違いを特定し、無人機プラットフォームに適切なスプーフィングおよびジャミング防止技術の装備のために必要な標準および政策を策定する。またこれらを基に、パイロットや管制官向けの教材も検討の余地がある。	SAE インターナショナル、FAA、DOD、NASA、DOT
	優先度： 高、R&D： 有	
航空電子工学とサブシステム：DAA システム	既存の DAA 関連の技術基準書（TSO）が定めるサイズ、重量、電力（Size, Weight and Power： SWaP）規格に即した無人機向けの DAA システムに関する標準が不足しているため（Gap A9）、以下のような取組が必要。 • 関連標準を完成させる。 • 既存の SWaP 規格を満たさない無人機の DAA システムに対応する技術と標準の開発を奨励する。	RTCA、SAE インターナショナル、AIAA、ASTM インターナショナル、DOD、NASA
	優先度： 高、R&D： 有	
BVLOS	BVLOS の標準化は進められているが、成熟した BVLOS 飛行を可能とするためには、DAA ソリューションの開発や、RID と UTM インフラの開発等の包括的な取組が必要であるほか、パイロット向けのトレーニングも重要となる（Gap O3）。このため、開発中の BVLOS 標準に関する作業を完了しつつ、中・大型無人機に関する議論も始める。また、BVLOS、DAA、RID、UTM の標準間の相互運用性・互換性の確保を目指す。	ASTM インターナショナル
	優先度： 高、R&D： 有	
人の頭上での無人機の飛行	無人機を人の頭上で運用する際の標準が存在していない（Gap O4）。このため、ASTM インターナショナルの WK56338、WK52089、WK59171 の各標準に関する作業を完了させる。	ASTM インターナショナル
	優先度： 高、R&D： 無	
UTM	UTM のサービス性能の標準化（Gap O3）が必要である。UTM 分野の実証研究（NASA と FAA の UTM に関する共同研究等）を通して開発された標準草案を基に、検証可能なパフォーマンス要件を SDO が定義し、公開済みの標準に迅速に統合する。	NASA、FAA、ASTM インターナショナル、国際標準化機構（ISO） 他
	優先度： 高、R&D： 有	
RID と追跡： 直接放送	無人機の ID や追跡データを伝送する標準（特定の送付先を想定していないもの）が求められている。既存の航空・通信アプリ向けの直接放送標準は、無人機運用を想定していないという問題もある（Gap O8）。以下の様な取組が必要である。 • 既存の航空管制外の有人機の向けの RID および追跡データの送信に関する基準のレビューを行う。 • Open Drone ID 標準の開発を継続する。 • 3GPP 仕様および ATIS 標準の開発を継続し、4G/5G ネットワークの有無にかかわらず、無人機の ID および追跡データの直接放送を支える標準を整備する。	Open Drone ID、ASTM インターナショナル、3GPP、通信産業ソリューション連合（ATIS）
	優先度： 高、R&D： 有	

分野	課題・取組案	関与予定組織
RID と追跡： ネットワーク通信	無人機の ID や認証、追跡データをを安全なネットワーク経由（無線、衛星、その他）で特定の送付先に伝送するための標準が求められている。既存の有人機向けの標準は、無人機の ID や追跡データをセキュアなネットワーク経由でインターネットサービス（クラウドサービス含む）に送付するという場合を考慮していない。また、こういったデータを FAA が承認したインターネット基盤のデータベースで受信・公開するというケースも考慮されていない。ただし、ASTM と Open Drone ID のプロジェクトでは、ネットワークアクセス API の検討も行われてはいる（Gap O9）。引き続き、以下の取組が必要となる。 • ASTM インターナショナルの WK65041 と Open Drone ID の標準開発を完了させ、確立された通信ネットワークにおける無人機 ID と追跡の標準化を行う。この場合、FAA 承認のデーターベース経由でデータにアクセスする場合も併せて検討する。。 • 無線通信を介した無人機の RID 送付や UTM システムの支援に関連する 3GPP の仕様の開発や、ATIS の標準開発を継続する。	Open Drone ID、ASTM インターナショナル、3GPP、ATIS
	優先度： 高、R&D： 有	
ジオフェンシング：データ交換	ジオフェンシング向けのジオメトリの定義・エンコードに関する標準は存在しているが、ジオフェンシングデータのやり取りに対応しており、なお且つ無人機運用に沿った標準が求められている（Gap O3）。認可されたジオメトリを 2D、3D で識別し、時間的な考慮事項等を明確化する概念モデル案を開発する必要がある。そのモデルを使用して 1 つ以上の標準エンコードを開発し、機器メーカーがハードウェアに最適な形式（XML、JSON、バイナリなど）を選択できるようにする。	オープン地理空間コンソーシアム（OGC）、ISO / TC 20 / SC 16、欧州民間航空機器協会（EUROCAE）
	優先度： 高、R&D： 最小	
ジオフェンシング：規定と運用	ジオフェンシングの目的や運用に関する要件を記載したベストプラクティス文書が求められている（Gao O3）。無人機およびリモートパイロットの行動についての標準化を進める間に、ジオフェンスの準備と運用に関するベストプラクティス文書を作成する。	OGC、ASTM インターナショナル、RTCA、EUROCAE
	優先度： 中、R&D： 最小	

出典： ANSI[20]

2.2 無人機トラフィック管理システム（UTM）

無人機トラフィック管理システム（Unmanned Aircraft Systems Traffic Management： UTM）とは、無人機用の航空交通管制システムの概念である。その目的は、同じ空域内を飛行する無人機同士、もしくは無人機と従来の航空交通管理（Air Traffic Management： ATM）システム内にある有人機との間に安全な飛行距離を維持し、無人機の効率的かつ整然としたトラフィック管理を実現することである。UTM の開発にあたっては、低高度における無人機の管制に必要な関連サービス、役割、通信アーキテクチャ、データのやり取りに必要なプロトコル、ソフトウェアの機能、インフラ、パフォーマンス要件等も検討する必要がある [21]。

前述のとおり、米国においては商用・娯楽用の小型無人機の飛行は、基本的にはクラス G 空域内の高度 400 フィート以下に限定されているが、現時点ではこの空域を飛行する無人機を体系的に管制する

[20] https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/ansi-standardization-roadmap-highlights-key-gaps-utm-standards/
https://share.ansi.org/Shared%20Documents/Standards%20Activities/UASSC/ANSI_UASSC_Roadmap_December_2018.pdf
https://www.ansi.org/standards_activities/standards_boards_panels/uassc/overview?menuid=3
[21] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/

FAA の枠組みが存在していない。また FAA は現在、管制が行われていない空域（クラス G 空域、以下の図の左下の水色の部分）と管制が行われている空域（クラス B、C、D、E 空域、以下の図では右半分の青色の空域）の内部を無人機が飛行するシナリオに加えて、それぞれの空域を無人機が行き来するシナリオも想定して UTM に関する議論を行っている。また近年需要が高まっている BVLOS 飛行のシナリオも検討に加えている [22]。

図表 3　空域ごとの UTM の運用概念図

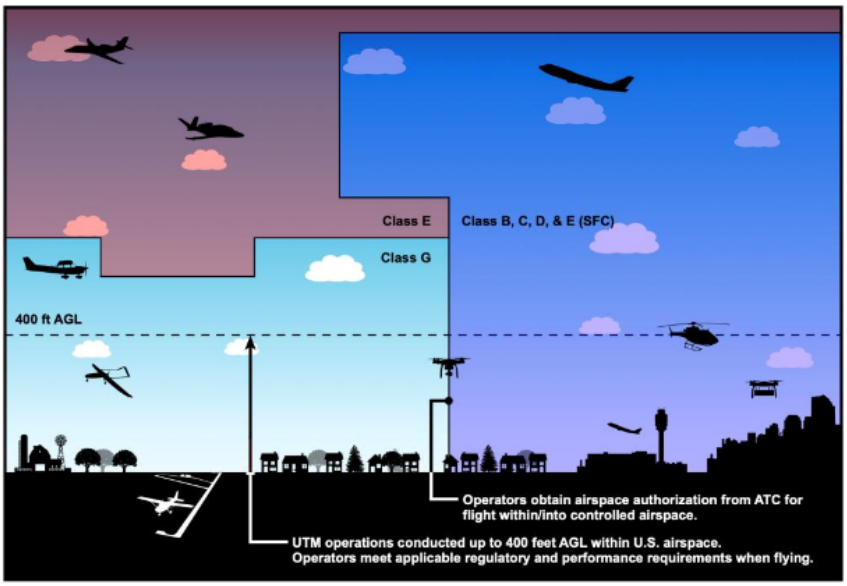


Figure 2. UTM Operations in context of airspace classes

出典：　FAA[23]

2020 年 3 月に発表された FAA の文書によれば、FAA は最終的に以下の図ような UTM アーキテクチャを構築する事を目指している。この図にも見られるとおり、UTM アーキテクチャには FAA が主な責任を担う取組・機能（点線で整理された図の左半分、飛行情報管理システム〔FIMS〕の設置）と、産業界が責任を担う取組・機能（図の右半分）の両方が含まれている。産業界側には、無人機の操縦者（UAS Operator）のほか、操縦者の UTM 性能要件遵守を支援する無人機サービス提供者（UAS Service Supplier：　USS）、天候データや監視・制限情報を提供する補足的データサービス・プロバイダ（Supplemental Data Service Providers）、公共安全組織（Public Safety）、一般市民（General Public）なども含まれる。また通信に関しては、無人機同士の V2V 通信も言及されている [24]。

[22] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/media/UTM_ConOps_v2.pdf
[23] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/media/UTM_ConOps_v2.pdf
[24] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/media/UTM_ConOps_v2.pdf

図表 4　FAA の UTM アーキテクチャ

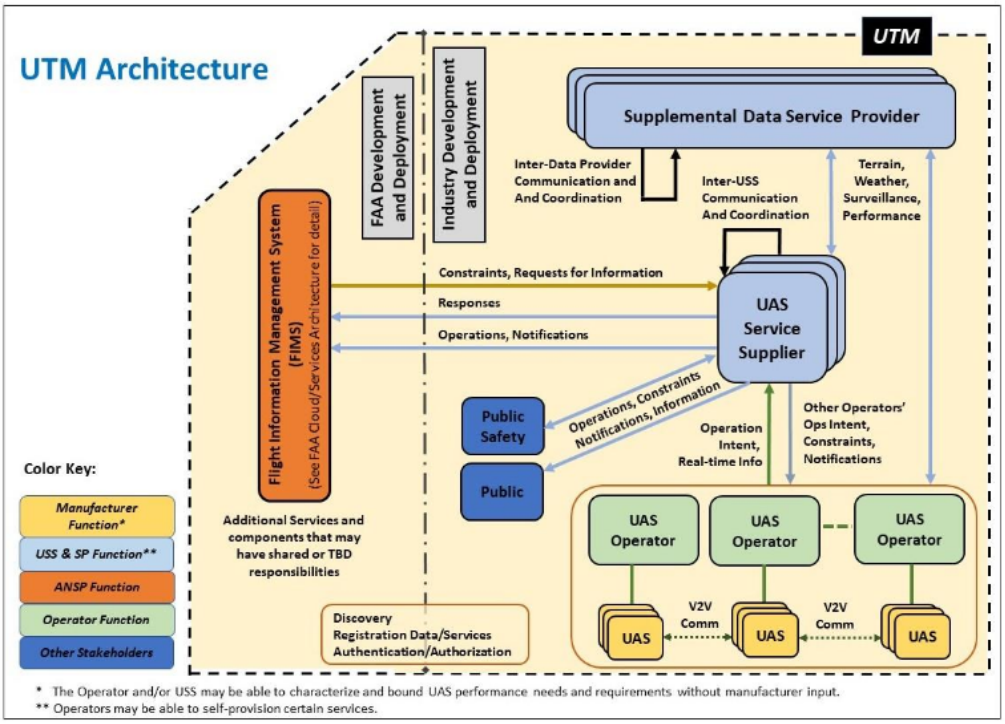


Figure 3. Notional UTM architecture

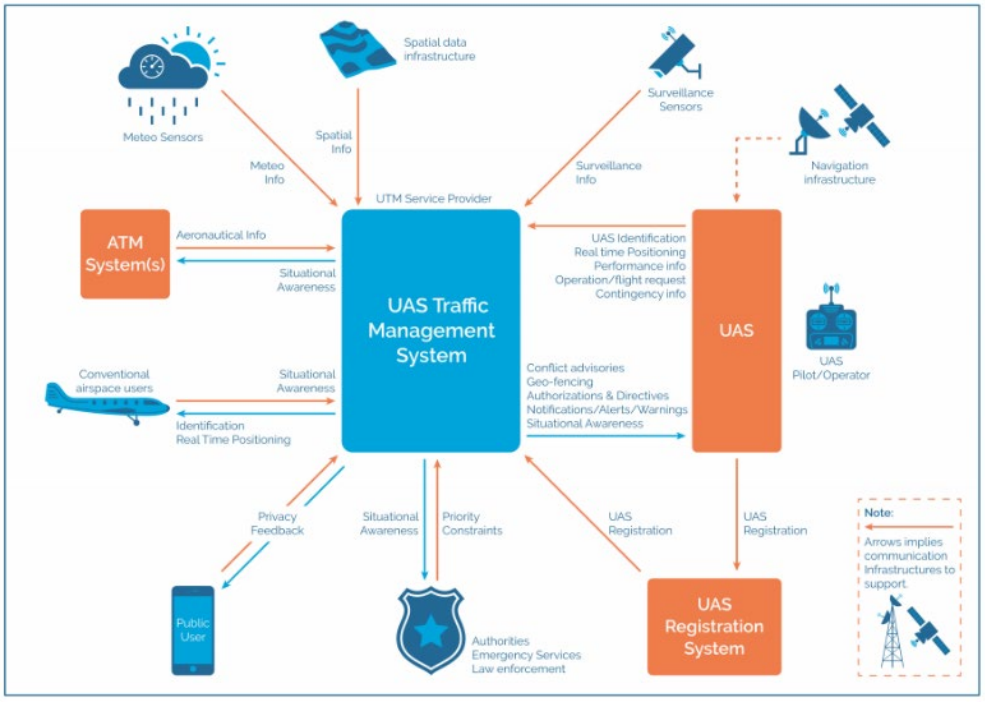
出典：FAA[25]

UASSC にも加盟している Global UTM Association によれば、UTM は以下のような技術インフラによって構成される予定である [26]。

- 通信インフラ：　無人機―地上システム間、およびシステム内でのデータ交換を可能にする。
- ナビゲーションインフラ：　無人機の操縦およびナビゲーションに必要な能力を提供する。衛星、地上・衛星ベースの増強システム、無線通信網などで構成される。
- 監視インフラ：　無人機の位置把握において完全な状況認識を確立するために、各種技術ソリューション、監視報告、追跡情報を提供する。レーダーに加え、広域マルチラテレーション（wide area multilateration：　WAM）、マルチラテレーション（multilateration：　MLAT）、放送型自動位置情報伝送・監視機能（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast：　ADS-B）、モバイル通信回線、近距離無線通信（near-field communications：　NFC）、省電力広域ネットワーク（Long Range：　LoRa）、IoT などが含まれる。
- 空間データインフラ：　UTM を補助する上で必要とされる詳細な地理データを提供する。
- 気象インフラ：　センサーを介し、UTM を補助するために必要な詳細な気象データを提供する。

[25] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/media/UTM_ConOps_v2.pdf
[26] https://www.gutma.org/docs/Global_UTM_Architecture_V1.pdf p. 4

図表 5　UTM を構成する技術インフラとそれぞれの役割概念図



出典：　Global UTM Association[27]

また NASA は、以下 2 つの種類の UTM システムを構築する事を検討している [28]。

- 農業や災害救援等の一次的且つ特定の用途に沿った無人機の利用を支援するポータブルな UTM システム（ポータブルであるため、他地域に移動可能）
- 広範な単一地域における低高度の無人機の飛行を、継続的且つ包括的に支援する UTM システム

2.2.1　FAA と NASA の共同研究プロジェクト

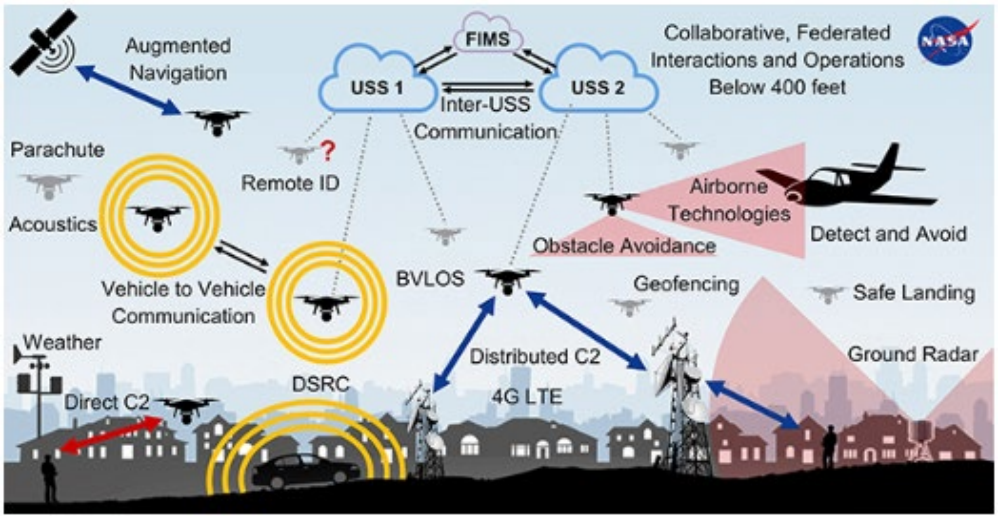
UTM の開発に必要な飛行テストやパイロットプログラムを実施するため、FAA と NASA は 2015 年に共同研究チームを創設した。この共同研究プロジェクトでは、まず NASA 側が主体となって個別の無人機の飛行テストを実施して、必要となる UTM の機能や関連技術を特定・定量化し、その後 FAA にその結果を共有して、FAA 側で無人機システムと UTM インフラを統合したパイロットプロジェクトや規制面の整備を進めることとした [29]。

2016 年に成立した「FAA 権限拡張、安全、セキュリティ法」も、NASA および FAA に対し、UTM 整備に向けた共同研究プロジェクト（以下 UTM プロジェクト）の研究計画の策定・公開、パイロットプログラムの検討を指示した。同法はまた、UTM プロジェクトの方針を既存の規制および運用フレームワークに適合

[27] https://www.gutma.org/docs/Global_UTM_Architecture_V1.pdf
[28] https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160013393
[29] https://utm.arc.nasa.gov/index.shtml

させた上で、将来導入され得るフレームワークの検討を行うこと、さらには、既存および将来の ATM システムとの相互運用性も評価するよう求めた[30]。以下の図は、2020 年 3 月時点で NASA が UTM プロジェクトの一環として示している UTM 概念図である。

図表 6　NASA と FAA の UTM プロジェクトにおける UTM 概念図



出典：NASA[31]

NASA 主導による飛行テスト

2015~2019 年で NASA は、低高度での無人機の安全な BVLOS 飛行を可能にする UTM システムのプロトタイプ作成に向け、農業や消火、インフラ検査、物資の運搬、都市部での利用等の様々なユースケースを想定した無人機の飛行テストを 4 つのフェーズに分けて実施した。

図表 7　NASA による UTM プロトタイプの作成に向けた飛行テストの概要

フェーズ	完了時期	概要
技術能力レベル 1（TCL1）	2015 年 8 月	農業、消火、インフラ検査における運用を想定し、ジオフェンシング、空の「道路交通安全ルール」、および無人機の軌道のスケジューリングなどに焦点を当てた飛行テストを実施した。
技術能力レベル 2（TCL2）	2016 年 10 月	TCL1 の結果を基に、人口の少ない地域での BVLOS 飛行に焦点を当てた。空域の利用可能状況の変化に基づくダイナミックな飛行調整技術や、緊急事態管理の技術の試験を実施した。
技術能力レベル 3（TCL3）	2018 年 5 月	TCL2 の結果に基づき、比較的人口の多い地域で他の無人機（応答がある場合とない場合）との間に、安全な飛行間隔を維持する技術に重点を置いた飛行テストを実施した。
技術能力レベル 4（TCL4）	2019 年 8 月	TCL3 の結果を基に、2019 年 6 月にネバダ州リノで、同年 8 月にテキサス州コーパスクリスティで飛行テストを実施した。高密度の都市部における情報の収集や荷物の配達などのタスクを想定した試験が行われた。加えて、大規模な緊急事態への対応試験も行われた。

出典：NASA[32]

[30] https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/636/text
[31] https://utm.arc.nasa.gov/index.shtml
[32] https://utm.arc.nasa.gov/index.shtml

上記の飛行テストをはじめとする NASA、FAA による UTM プロジェクトには、これまでに 100 以上の産業界、学術界、連邦政府機関のパートナーが関与している。飛行テストの成果は、空域統合の要件（airspace integration requirements）という形で FAA に段階的に移転され、2020 年内に最終的な移転が完了し、その後 FAA 側で UTM 実装に向けたさらなる取組が進められることになっている [33]。

無線通信に関して NASA は、無人機のサイズや重さ、性能、通信の費用対効果などを鑑みた上で、小型無人機の C2 通信は、既存の商用 4G／LTE ネットワークを用いて行うことが望ましいとした [34]。NASA が 2018 年 4 月に発表した C2 通信テストについての報告書によれば、UTM プロジェクトの中で、技術能力レベル 3 の試験より①通信、ナビゲーション、監視（Communications, Navigation and Surveillance： CNS）、②探知と回避（Sense and Avoid）、③データと情報交換（Data and Information Exchange）、④コンセプトの 4 分野について試験が行われた。CNS については、特に以下の 3 つの試験が行われたとみらえる [35]。

- CNS テスト 1…冗長した C2 通信（redundant C2 link）を活用して、無人機を管制できるかのテスト。冗長した C2 通信が効果的に無人機の飛行管制に作用するかを評価した。
- CNS テスト 2…GNSS ナビゲーションを活用して、無人機が飛行予定空域（Flight Geography）内に留まることができるかのテスト。GNSS ナビゲーションのエラーやその無人機の飛行に対する影響等を確認した。
- CNS テスト 3…通信干渉テスト。C2 通信に、他の通信からの干渉がどのような影響を及ぼし得るかを確認した。

試験では、異なる無人機システムや C2 向けの通信方式が試され、例えば商用 LTE、高周波の視程範囲（line-of-site）ISM 帯通信、Wi-Fi（2.4GHz と 5.8GHz）、VHF、アマチュア通信の周波数帯（900MHz）、Iridium 社が提供する低軌道衛星通信等が活用された。監視目的では別途、ADS-B[36]や TIS-B が用いられた。ナビゲーションインフラには、GPS やレーダーが含まれた。以下の表では、NASA が UTM における無人機向けの C2 通信で活用が可能とみていた LTE／4G 周波数を示す。試験でも、これらの一部の周波数が試されたようである [37]。

[33] https://utm.arc.nasa.gov/index.shtml
[34] https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160013393
[35] https://utm.arc.nasa.gov/docs/2018-Kerczewski-ICNS-Apr.pdf
[36] NASA によれば、監視用の ADS-B には 1090MHz が使われることが多いが、交通量の多い空域では通信が飽和する可能性があるため、別の周波数の利用も検討する必要がある。
https://www.cse.wustl.edu/~jain/papers/ftp/icns17b.pdf
[37] https://utm.arc.nasa.gov/docs/2018-Kerczewski-ICNS-Apr.pdf

図表 8　NASA が無人機の C2 通信用に利用を想定していた LTE／4G 周波数

Table 1 – LTE/4G Bands

Band	Base Station Transmit Bands	User Equipment Transmit Bands
700 MHz	717-768 MHz	699-716 MHz, 777-798 MHz
800 MHz	832-869 MHz	807-824 MHz
850 MHz	852-894 MHz	814-849 MHz
1700 MHz	N/A	1710-1780 MHz
1900 MHz	1930-1995 MHz	1850-1915 MHz
2100 MHz	2110-2170 MHz	1920-1980 MHz
2300 MHz	2350-2360 MHz	2305-2315 MHz
2500 MHz	2496-2690 MHz	2496-2690 MHz

出典：NASA[38]

また NASA が無人機の通信に必要とみているアップリンク・ダウンリンク用のそれぞれのビットレートは、以下のとおりである。

図表 9　NASA が想定している無人機の運用に必要なビットレート目安

Uplink (GCS to RPAS)

Activity	bps
Telecommand Navigational Aid Setting	4593 666
ATC Voice	4800
ATC Data	49
Total	**10108**

Downlink (RPAS to GCS)

Activity	bps
Telemetry Navaid Display Data	7975 1137
ATC Voice	4800
ATS Data	59
DAA	4800
Weather Video	27770 270000
Total	**316161**

出典：NASA[39]

尚、NASA では別途、システム統合・運用プロジェクト（Systems Integration and Operationalization：SIO）というプロジェクトを 2018 年 10 月から 2020 年 9 月末の期間付きで運営しており、このプロジェクトでは軍用・大型の無人機（管制された 500 フィート以上の空域の飛行を想定）の C2 通信や DAA の実証研究を実施している。このプロジェクトの参加者からは、無人機の C2 通信用に地上ベースの L 帯（960 – 977 MHz）、C 帯（5030 – 5091 MHz）通信のほか、衛星を活用した Ka 帯、Ku 帯通信を検討する案も出ている[40]。これまでに同プロジェクトで実証実験が行われた無人機の機種名やそのスペックの例は、以下のとおりである。

[38] https://utm.arc.nasa.gov/docs/2018-Kerczewski-ICNS-Apr.pdf
[39] https://pdfs.semanticscholar.org/ed03/69854cadf9763568148d2fb7a699dcb0a5f9.pdf
[40] https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20180007203.pdf

図表 10　SIO プロジェクトで実証試験を行っている無人機

製造元	Bell	General Atomics	PAE ISR
機種名 （重量）	Autonomous Pod Transport -70 （最大 300 ポンド）	Aeronautical Systems SkyGuardian （最大 1 万 2,000 ポンド）	Resolute Eagle （最大 180 ポンド）
想定高度	500~1000 フィート AGL	1 万フィート MSL	1,000~3,000 フィート AGL
想定用途	都市部の医療物資搬送	インフラ検査	インフラ検査
試験場	テキサス都市部	南カリフォルニア	オレゴン郊外

出典： NASA[41]

FAA 主導によるパイロットプログラム

NASA 主導の飛行テストの結果を受け 2019 年 1 月 14 日、イレーン・チャオ運輸長官（Elaine L. Chao）は、FAA が主導して行う UTM パイロットプログラム（UTM Pilot Program： UPP）のテストサイトとして以下 3 カ所を発表した。

- ネバダ自律システム研究所（Nevada Institute for Autonomous Systems： NIAS）
- ノーザンプレーンズ無人機テストサイト（Northern Plains UAS Test Site： NPUASTS）
- バージニア工科大学（Virginia Polytechnic Institute）および中部大西洋航空パートナーシップ（Mid Atlantic Aviation Partnership： MAAP）

図表 11　FAA による無人機パイロットプログラムのテストサイト

出典： FAA[42]

UPP は 2020 年 3 月時点でフェーズ 1 が終了し、フェーズ 2 が進行中である。フェーズ 1 で検証されたのは、（1）無人機操縦者間の飛行意図共有のための通信、（2）無人機交通量指定（UAS Volume

[41] https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20190033976.pdf
[42] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/media/UPP_Technical_Summary_Report_Final.pdf

Reservations： UVR）と呼ばれる無人機操縦者への航空・地上活動についての通知の生成、（3）UVRを他の USS などのステークホルダーや FIMS と共有する機能であった [43]。

FAA、NASA、および業界パートナーは 2019 年夏、一連の準備飛行と最終飛行テストから構成される UPP フェーズ 1 を成功裏に終了した。各テストサイトで、実際の無人機を用いた飛行テストと、UTM 操作のシミュレーションが行われ、無人機（実機もしくはシミュレータ）が USS との通信を介して FIMS に接続され、USS がデモ用の UTM プラットフォームに接続された。FAA によれば、テストサイトごとに検証されたユースケースや条件は異なったものの、全てのテストサイトにおいて概ね必要な機能の実証に成功したという [44]。

その後、FAA は 2019 年 12 月に行ったステークホルダー向けワークショップにおいて、フェーズ 2 を正式に始動させた。ワークショップでは、ユースケース概念、システムアーキテクチャ、技術的・機能的要件、タイムラインなどに関する詳細な議論が行われた。フェーズ 2 の目標には、RID 技術の試験と、交通量と密度を増やした運用が含まれ、FAA、NASA、業界関係者、州政府、自治体などの関連組織との協力の下で更なる実証実験が実施されることになっている [45]。

UTM プロジェクトで検討されている通信方式と課題

前述のとおり、NASA と FAA によって進められている UTM プロジェクトにでは、無人機の飛行管制を支える C2 通信インフラとしては既存の地上通信システムである 4G／LTE や ISM 帯、Wi-Fi、VHF、アマチュア無線、衛星通信の利用が検討されている。既存の商用ネットワークを活用した通信テストの場合、通信の信頼性、スケーラビリティ、サイバーセキュリティ、冗長性などの面で要件を満たすかどうかの評価が行われている。これには、テストプラットフォームの開発も含まれており、プラットフォームでは、様々な高度や地形を想定した通信環境を想定した受信信号強度や干渉などを測定し、信号検知や通信特性について評価を行うとしている [46]。

しかし、これらの無線通信を無人機の管制目的で活用することに対しては、以下のような課題も多く存在している [47]。

- 通信の遅延やデータインテグリティ等に配慮し、通信の質を確保すること
- 小型無人機の SWaP 規定に沿いつつ、通信パフォーマンスを維持すること
- 商用と無人機用で LTE 通信ネットワークを共用する場合、サービス間と通信間で優先順位を付けること

[43] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/media/UPP_Technical_Summary_Report_Final.pdf
[44] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/media/UPP_Technical_Summary_Report_Final.pdf
[45] https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/
[46] https://ieeexplore.ieee.org/document/8384844
[47] https://utm.arc.nasa.gov/docs/2018-Kerczewski-ICNS-Apr.pdf
https://iccc2019.ieee-iccc.org/program-workshops-w01/

- 基地局間、通信サービスプロバイダー間のハンドオフ性能[48]を改善すること
- 最大 400 フィートの高度での適切な無線通信を提供すること（LTE の基地局は一般的に 100~140 フィートであるため、飛行高度によっては信号の増強が必要）
- 潜在的な電磁波干渉（electromagnetic interference）に対応すること
- 通信の高需要環境下でも通信を確保し、通信のドロップアウトにも対応すること
- 一般的なシステムの利用可能性を検討し、カバレッジギャップに対応すること
- 地上・衛星ハイブリッドの C2 通信の場合、地上・衛星通信システム間のハンドオフ性能を改善すること
- 無人機―地上間の通信と、無人機間の V2V 通信の両方向けのチャンネルモデルを開発すること
- 5G やミリ波通信、IoT などのネットワークと無人機通信ネットワークを統合させること　等

2.2.2　ASTM インターナショナル

UASSC の標準化ロードマップにもあるとおり、UTM 関連の標準化には、NASA と FAA のほか、ASTM インターナショナルも関わっている。ASTM インターナショナルは現在、作業項目 WK63418 の中で UTM 内で提供されるサービス向けの新しい要件の開発を行っており、これにはアーキテクチャ、想定、役割、無人機同士の飛行計画策定（flight planning）や戦略的変更（strategic deconfiguration）に関するサービスも含まれるとみられる。また、無人機サービス提供者（USS）同士のやり取りにも言及されるとみられている。この取組は、ASTM が別途進めている RID や無人機追跡関連の標準化動向とも相関していくものとみられる[49]。

2.3　無人機のリモート識別（RID）

RID とは、無人機の機体情報や所有者、飛行情報、飛行セッションの ID 等を識別する仕組みのことであり、FAA や法執行機関、連邦政府、他の無人機操縦者、一般市民が個々の無人機が安全も且つ適切に飛行しているのを確認したり、逆に安全でないもしくは不適切な飛行をしている無人機を特定するのに役立つものとして期待されている[50]。

FAA は 2017 年、規則 107 部が適用される小型無人機操縦者等が、全米の空港や滑走路などの周辺にある管制された地域（最大高度 400 フィート）の飛行を希望する際に、迅速に飛行許可を申請・認可を得たり、飛行禁止区域を確認できる「低高度の認可および通知機能（Low Altitude Authorization and Notification Capability：LAANC）」と呼ばれるオンラインシステムを導入した[51]。これにより、管制された空域については無人機の追跡・管制がし易くなり、UTM システムの基盤ができたという位置づけであるが、同様の枠組みを管制されていない空域にも導入する必要がある。これが RID の役割である[52]。

[48] ハンドオフ性能とは、地上から衛星までの通信リンクがどの程度届くかの性能のこと。
[49] https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf
https://www.astm.org/DATABASE.CART/WORKITEMS/WK63418.htm
[50] https://www.faa.gov/uas/research_development/remote_id/
[51] https://www.faa.gov/uas/research_development/remote_id/
[52] https://www.faa.gov/uas/research_development/remote_id/

2016 年に成立した「FAA 権限拡張、安全、セキュリティ法」でも、RID に関する制度や、一般市民でも RID 情報が確認できるオンライン・データベースの開発の検討が求められている。この法律を根拠に FAA では、RID に関する規則案の検討を重ねてきた経緯があり、例えば 2017 年 6 月には無人機の識別・追尾に関する航空規格検討委員会（UAS Identification and Tracking Aviation Rulemaking Committee： UAS-ID ARC）が設立され、FAA に対する提言なども取りまとめられた [53]。

2.3.1 FAA の規則案（2019 年 12 月発表）

2019 年 12 月 26 日、FAA は一定重量以上で連邦政府に登録が義務付けられているすべての無人機を対象に、RID の表示・共有を義務付ける本規則案（notice of proposed rulemaking： NPRM）[54]を発表した。本規則案に対するパブリックコメントの募集は 2019 年 12 月 31 日から 2020 年 3 月 2 日まで行われたが、一般からの反響は大きく、締め切りまでに 5 万 3,013 件のコメントが寄せられた [55]。最終規則（final rule）の発行日は現在のところ未定であるが、FAA は規則の適用期間として最終規則発効後 3 年以内を想定しており [56]、完全運用までには 5 年程度かかるのではないかとの分析も業界では見られる [57]。

FAA は同規則案を通じて、重量 0.55 ポンド未満の機体を除き、外国製を含む全ての無人機の所有者・操縦者に RID 導入を義務付ける案を提示しているほか、無人機の設計者・製造者に対しても設計・製造を行う上での標準案を提示している。この規則案に則った形で RID を導入すれば、FAA、警察、政府機関等が遠隔からリアルタイムで無人機を識別することが可能となるほか、公開可能情報については他の無人機操縦者や一般市民にも共有される見込みである。RID 情報は、FAA が認可した RID USS（無人機サービス・プロバイダ）が提供するネットワークやシステムに集積・整理される予定である。送信するべき RID 情報としては、以下のような情報が含まれる [58]。

- 無人機のシリアル番号（もしくはセッション ID）
- 無人機の経度・緯度、大気高度（biometric pressure altitude）情報
- 無人機のコントロールステーション（control station）の経度・緯度、大気高度情報
- 協定世界時（UTM）に基づくタイムスタンプ
- 緊急時や異常時の無人機の状態情報

[53] https://www.faa.gov/regulations_policies/rulemaking/committees/documents/media/UAS%20ID%20ARC%20Final%20Report%20with%20Appendices.pdf
[54] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems#h-11
[55] https://www.regulations.gov/document?D=FAA-2019-1100-0001
[56] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems
[57] https://www.aviationtoday.com/2019/12/26/christmas-present-faa-proposed-rules-unmanned-aircraft-remote-id/
[58] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems

規則案では、各無人機の飛行・通信性能のほか、無人機が規則の定める設計・製造要件を遵守しているか等を基に、無人機を①標準 RID 無人機、②限定 RID 無人機、③RID を可能とする機能が搭載されていない無人機の 3 種類に分けて規制を適用するとしている。以下の表にて、これら 3 つの定義や飛行制限、運用条件等を整理する。

図表 12　FAA の RID 規則案で提示されている無人機の種別とルール

	標準 RID 無人機（Standard remote identification UAS）	限定 RID 無人機（Limited remote identification UAS）	RID を可能とする機能が搭載されていない無人機
定義・性能	以下を満たす機体。 ①インターネット経由で、RID USS に情報送信が可能な機体 ②無人機自体から RID 直接放送が可能な機体	以下を満たす機体。 ①操縦者から 400 フィート以内でしか飛行できないように設計・製造されている機体 ②インターネット経由で、RID USS に情報送信が可能な機体 ③無人機自体に RID 直接放送の機能が無い機体	RID を可能とする機能が搭載されていない機体 ※これは例外的な無人機（アマチュア製、0.55 ポンド未満、規則発行前に製造された機体など）を定義する区分であり、大半の無人機は左 2 つの区分に整理される予定。
飛行制限	特になし（ただし、関連要件は満たす必要あり）	・操縦者から 400 フィート以内 ・操縦者の VLOS 以内	・操縦者の VLOS 以内 ・FAA が承認するエリア内 （離陸から着陸まで、操縦者と無人機の両方が同エリア内に留まらなければならない）
運用条件	・無人機が FAA に登録されたシリアル番号を有している。 ・RID 送信機器が機能しており、離陸から着陸まで RID 送信要件を満たすことができる		
RID 情報送信条件	• 無人機から RID 情報を直接放送方式で送信。 • インターネット経由でも RID USS にも送信。 • 離陸時・飛行中にインターネット接続が切れた場合には、直接放送により RID 情報を送信。 • 離陸時・飛行中に直接放送が機能しなくなった場合には、離陸しないもしくは直ちに着陸すること。 • RID 情報として、無人機の経度・緯度、大気高度情報の送信が必要。	• 操縦者の端末経由のインターネット通信で、RID USS に情報を送信。 • 離陸時にインターネット接続がなければ離陸しない。 • 離陸時にインターネット接続はあるものの RID USS に接続できない場合は、離陸しない。 • 飛行中に RID USS に接続できなくなった場合には、直ちに着陸すること。 • RID 情報として、無人機の経度・緯度、大気高度情報の送信は不要。	（該当なし）

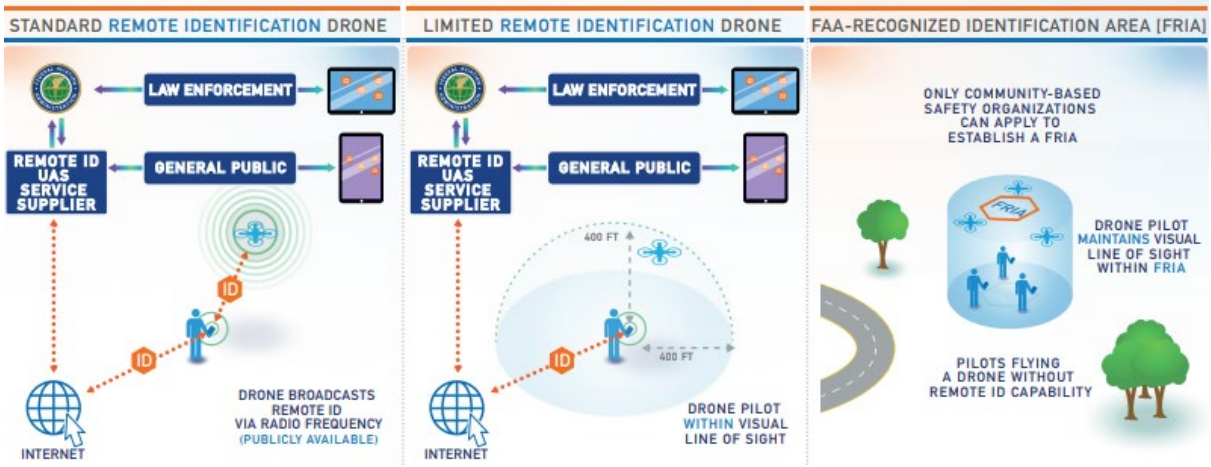
出典：FAA の情報を基に作成 [59]

上表で整理した通り、現時点での規則案では、無人機自体に直接放送の機能が備わっているかどうかが、無人機を分類する上での基準の一つとなっている。無人機自体に直接放送の機能が備わっている場合には、「標準 RID 無人機」に定義され、標準 RID 無人機が守る必要のあるルールの順守が求められる。一方で、故障などの関係で RID の直接放送ができなくなった場合には、離陸することはできないほか、飛行中であれば直ちに着陸する必要がある [60]。

[59] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems p. 72440-72441, 72466
[60] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems p. 72440-72441, 72466

同様に、「限定 RID 無人機」は直接放送機能を持たない無人機に与えられる分類であるため、基本的には直接放送は原則しない、できない、FAA も許可しないものとして整理されている。仮に、限定 RID 無人機として設計・製造された機体に後から直接放送機能が追加されたとしても、正確性、規制への準拠、放送形式などの面で適切でない通信が行われる可能性があることから、FAA はそのような無人機からの RID の直接放送を禁じており、同規則案の趣旨にも沿わないと説明を加えている [61]。ただし、限定 RID 無人機に、RID に関係のないデータ（例： 画像・映像データやテレメトリデータなど）の直接放送を目的とした機能を搭載することは、禁じるものではないとの補足がなされている [62]。以下は、それぞれの種類の無人機の運用イメージである。

図表 13 本規則案に提示された RID の運用イメージ（3 パターン）



出典： FAA[63]

2.3.2 ASTM インターナショナル

ASTM インターナショナルは現在、作業項目 WK65041 の中で、都市部及び郊外（無線通信インフラが対応している地域、対応していない地域両方）の 400 フィート以下を飛行する無人機の RID 収集・共有と追跡（飛行スピード・場所の特定や情報共有）に関する標準案を策定している。これは法執行機関や第三者が、一般的に販売されている個人用の通信端末（スマホ、タブレット等）を利用して無人機の ID を特定することを可能とするものであり、RID の通信方法としては、直接放送とインターネット経由の両方が検討されている [64]。

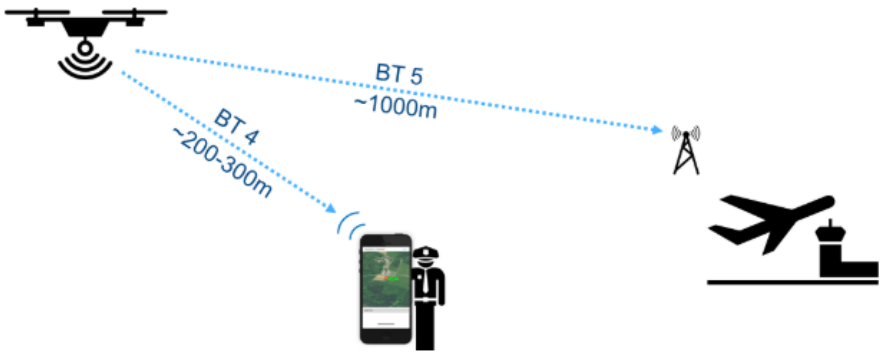
ASTM インターナショナルの傘下では別途、Open Drone ID プロジェクトが Intel 主導で進められており、このプロジェクトと前述の WK65041 がそれぞれ開発している標準は後に統合される予定である

[61] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems p.724278
[62] https://www.federalregister.gov/documents/2019/12/31/2019-28100/remote-identification-of-unmanned-aircraft-systems p. 72466
[63] https://www.faa.gov/uas/research_development/remote_id/industry/
[64] https://www.astm.org/DATABASE.CART/WORKITEMS/WK65041.htm
https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf

[65]。Open Drone ID プロジェクトでは、一般市民や法執行機関、重要インフラ管理者、航空管制官、無人機操縦者等が安価で利用できる無人機の位置特定機能（beacon capability）やそれに必要なメッセージの公開標準（open specification）、コード（code）、アプリが開発されている。開発中のスマートフォン向けのアプリを利用すれば、通信範囲内に存在しているすべての無人機の位置情報や飛行情報等を特定することが可能となるとされている [66]。

通信規格としては、Wi-Fi と Bluetooth の両方が検討されており、無人機とスマートフォンが比較的近距離（200~300m 以内）にある場合は Wi-Fi と Bluetooth 4 が用いられる予定である。1km 以上離れている場合には、長距離通信の対応が可能な Bluetooth 5 の利用が検討されている（以下の図参照）。また無人機から端末に送られるメッセージは、静的データ（Static Data、無人機のシリアル番号や飛行径路など）と、動的データ（Dynamic Data、地理座標や方向情報など）の二つに分けられ、動的データの方がより頻繁に無人機から発信される予定である。なお Intel は UTM 開発に関して、NASA や FAA とも連携しており、FAA のパイロットプログラムにも参加している [67]。

図表 14　Open Drone ID プロジェクトで検討されている距離別通信規格



出典：Open Drone ID[68]

2.4　検出及び回避（DAA）

2.4.1　RTCA

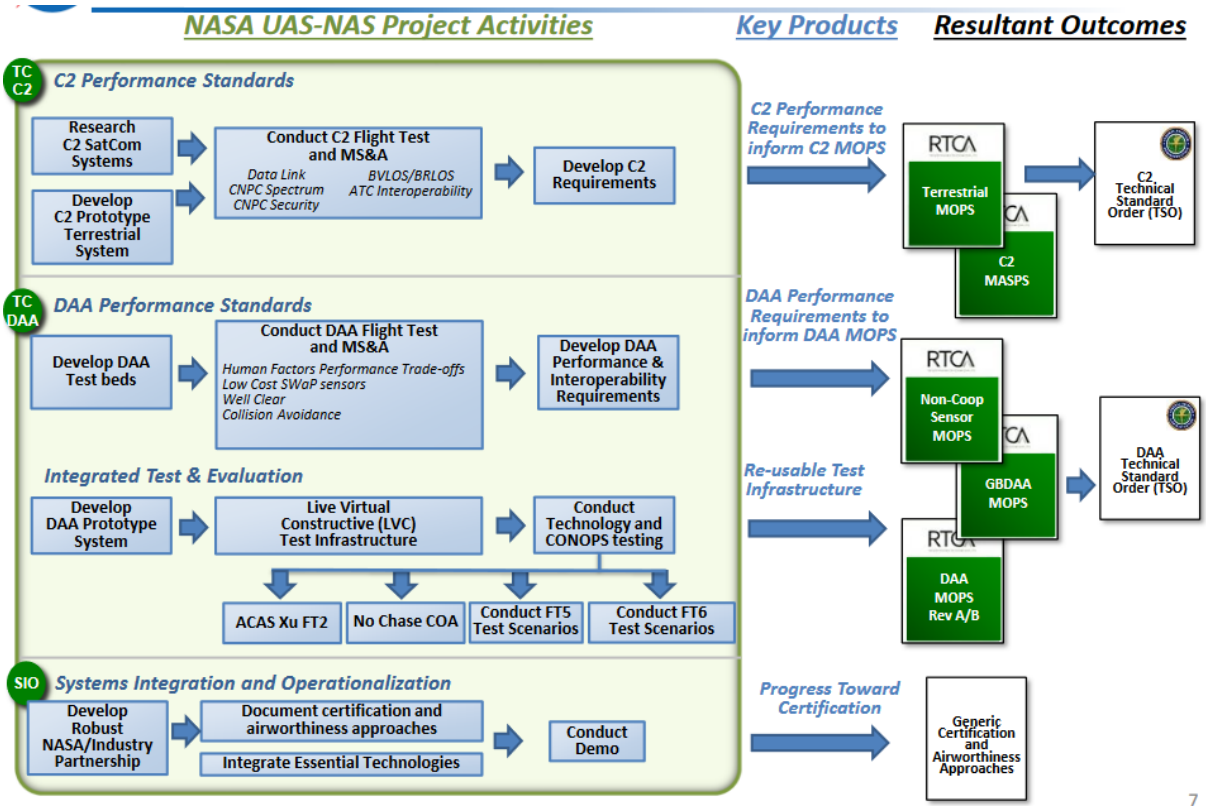
2013 年 5 月 20 日、無人機システムを安全かつ効率的に NAS に統合するという FAA のミッションを支援する目的で、RTCA 内に特別委員会 228（SC-228）が設置された。RTCA の SC-228 では、無人機の C2 向け通信と DAA 機器装置の最低運用性能基準（Minimum Operational Performance Standards：MOPS）の策定が行われている。SC-228 には 2019 年 4 月時点で、FAA や関連企業

[65] https://www.opendroneid.org/
https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf
[66] https://www.opendroneid.org/
[67] https://www.911security.com/news/intel-unveils-open-drone-id-for-safe-integration-of-uas
[68] https://www.opendroneid.org/

（Boeing、Honeywell、General Atomics、Collins Aerospace 等）を含む 110 の組織から 387 名の委員が参加している[69]。

SC-228 が検討している無人機の C2 通信と DAA 機器に関する標準案は、NASA が過去に実施した飛行テスト等によって特定された要件を満たすことが求められている。NASA から提出された要件を基に、RTCA がそれぞれの MOPS を策定し、発行された MOPS は FAA に提出され、最終的には FAA が発行する技術基準書（Technical Standard Order： TSO）にその内容が盛り込まれる（以下の図参照）[70]。

図表 15 NASA と RTCA、FAA の標準化における役割



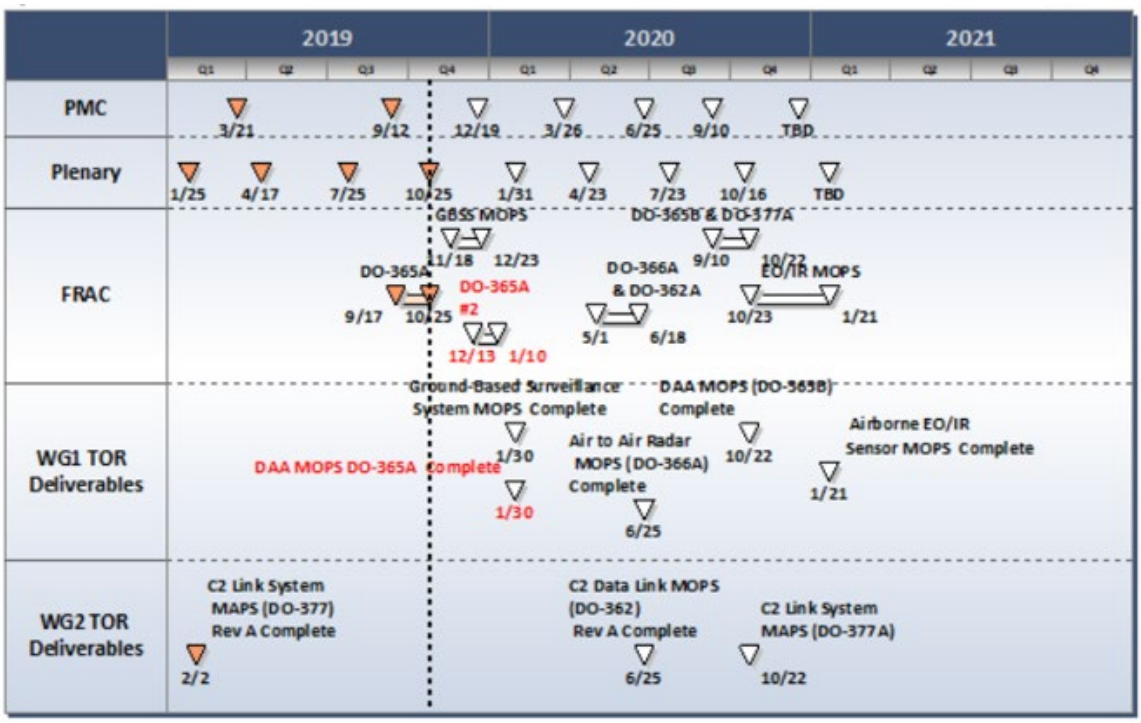
出典： NASA[71]

SC-228 では現在、C2 と DAA 機器のそれぞれの標準に関する検討を、2 つの作業グループ（WG）に分けて実施している（WG1 が DAA、WG2 が C2 通信をそれぞれ担当）。RTCA では、2 つの WG において各 MOPS 案が出来上がった段階で、最終審査・コメント収集（final review and comments： FRAC）を実施している。年間数回行われる SC-228 の本会議（Plenary）では、FRAC 後の MOPS の承認を行い、その後各 MOPS は RTCA のプログラム管理委員会（Program Management Committee： PMC）に送られ、最終承認が行われる[72]。

[69] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
[70] https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20180007203.pdf
[71] https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20180007203.pdf
[72] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf

以下は 2019 年から 2021 年初頭までの RTCA の作業・会議スケジュールであり、上から PMC 会議、SC-228 本会議、FRAC、WG1 の成果物、WG2 の成果物の順でそれぞれの日程が示されている。

図表 16　RTCA の作業・会議スケジュール（2019~2021 年）



出典：RTCA[73]

SC-228 の WG1 における DAA 機器の標準化に向けた取り組みは、次の 2 フェーズで実施されている[74]。

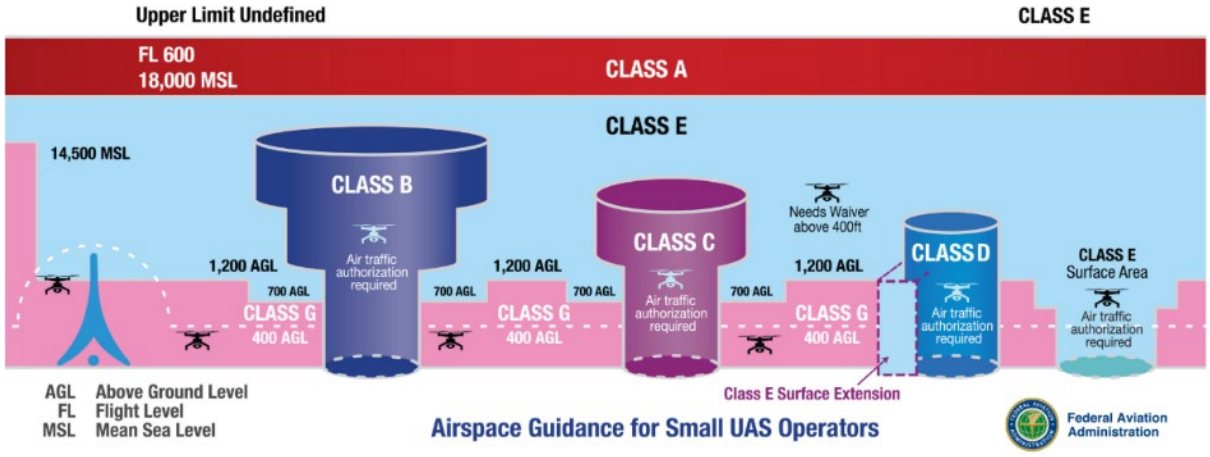
- フェーズ 1（2017 年 5 月に完了、DO-365 として発表[75]）：計器飛行方式（Instrument Flight Rules：IFR）に則った、クラス A 空域または特別空域（高度 500 フィート以上、152.4 メートル以上）で運用できる無人機にを対象（小型無人機は対象外）。無人機がクラス A または特別使用空域へ行き来し、クラス D、E、G の空域を通過する運用を想定した[76]。

- フェーズ 2（現在進行中、2020 年より順次 MOPS 発表予定）：無人機がクラス B、C、D、E、G 空域を通過し、なお且つ 400 フィート以上のクラス D、E、G 空域内を飛行することを想定している。また、クラス C、D、E、および G における離陸と着陸も想定している。低 SWaP 規格に沿っ

[73] https://www.rtca.org/sites/default/files/sc-228_oct_2019_summary.pdf
[74] https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20190033976.pdf
https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=RTCA%20DO%2D365&item_s_key=00713351&csf=TIA
http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf p.89~93
[75] https://my.rtca.org/nc__store?search=DO-365 DO-365 は RTCA のウェブサイトより 675~783 ドルで購入可能。
[76] https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=RTCA%20DO%2D365&item_s_key=00713351&csf=TIA

た空対空レーダー(ATAR)も焦点を当てる。地上に配備する監視システムの標準案も策定する[77]。

図表 17　各空域(クラス A～G)の整理



出典：FAA[78]

現在 WG1 によって進められている DAA 機器の標準化に関する MOPS 策定に向けた動きについて、下表に概要を整理する。

図表 18　DAA 機器に関する RTCA の MOPS 策定に向けた動き

文書名	概要	公表予定
DO-365A(修正 A)	主に民間輸送機・航空機が使用する空域における無人機のための DAA システム用 MOPS。修正 A には地上ベースの監視システム(GBSS)に関する項目が加えられ、対象空域(クラス)や高度に修正が加えられる。	2019 年 12 月に FRAC に向けた文書を発表
DO-366A(修正 A)	フェーズ 2 に合わせ、トラフィック監視用の空対空レーダー(ATAR)について、DO-366 を修正する。低 SWaP や Xu 規格等に対応。	2020 年 7 月
DO-365B(修正 B)	トラフィック監視用の空対空レーダーに関する DO-366(修正 A)を取り込み、構造上の検討や運用指針、航空機衝突防止装置 Xu(Airborne Collision Avoidance System-Xu: ACAS-Xu、RTCA SC-147 が対応中)などの項目が統合される予定。現時点で公表されている文書なし。	2020 年 10 月
空中電気光学・赤外線センサー(Airborne EO/IR Sensor)の MOPS	DAA フェーズ 2 を支援する目的で、非協力的航空機(non-cooperative aircraft)の検知と追跡用の代替センサーのための MOPS を開発予定。現時点で公表されている文書なし。	2021 年 1 月

出典：RTCA[79]

[77] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
[78] https://www.faa.gov/uas/recreational_fliers/where_can_i_fly/airspace_101/
[79] https://www.rtca.org/content/sc-228
http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf

DO-365 および DO-365A に関する進捗

RTCA は MOPS 策定に向けたフェーズ 1 の作業の一環として、2017 年 5 月に DO-365 を発表した。同文書は NAS 内において、地上レベルから、クラス D、E、または G 空域を通過し、クラス A または特別使用空域（高度 500 フィートまたは 152.4 メートル以上）との間を行き来する無人機用の DAA に関するものであり、（500 フィート未満の）低レベル環境で運用される小型無人機や、その他の空域には適用されない [80]。

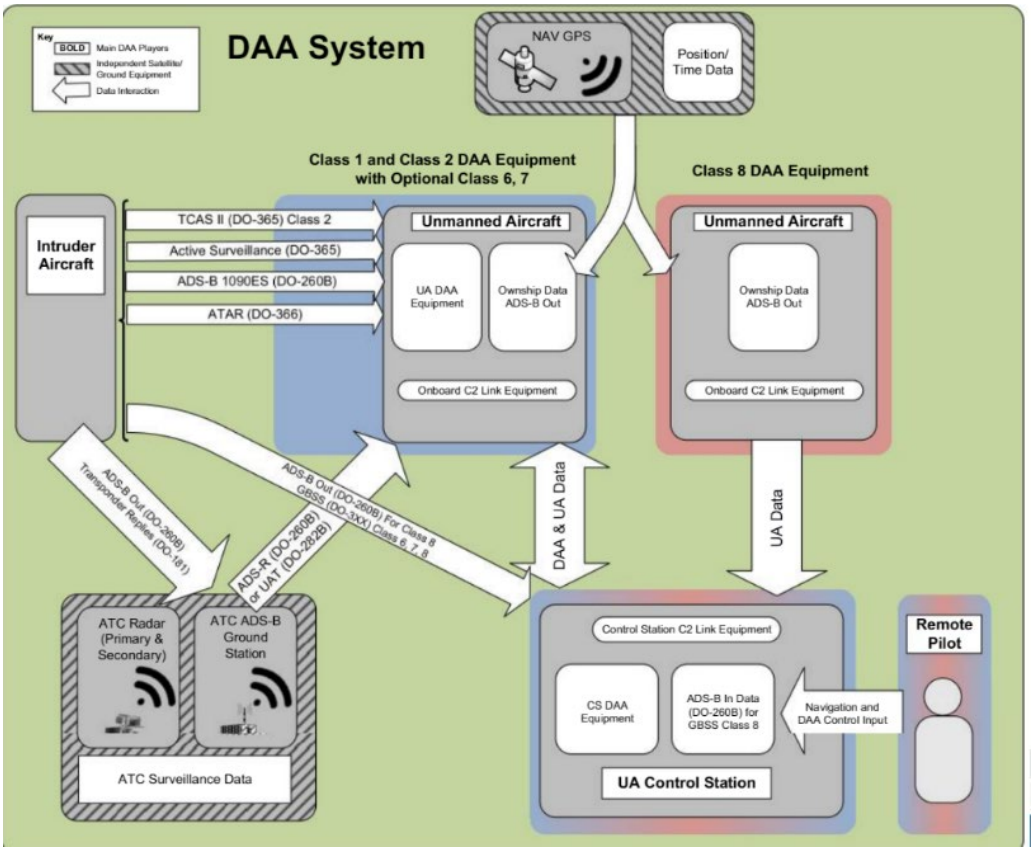
この MOPS の目的は、商用輸送機や一般的な航空機が飛行する空域において、無人機の安全な飛行を保証し、衝突等を避けることである。この MOPS には、センサーやレーザーなどの機器のほか、ADS-B データ、無人機用 DAA プロセッサとアウトプット・データ、積極的監視のための要件、DAA 追跡管理と警告、操縦者向けのディスプレイ要件などが含まれた [81]。

DO-365 の開発過程において、開発中の基準では対象範囲での運用に適したレベルの安全性が得られないと懸念する声がステークホルダーから寄せられた。そのため、この問題を解消するための新たな要件を FAA が設定し、RTCA SC-228 がフェーズ 2 の作業の中で追加的に検討・対応することとなった [82]。

その後、RTCA は 2019 年 12 月に DO-365A（修正 A）を発表し、パブリックコメントの募集を開始した。同文書の対象はクラス B、C、D、E、および G の空域を通過し、クラス D、E および G の、対地高度（AGL）400 フィート以上の空域で長時間運用され、クラス B と C の空域を通過する無人機とされる。さらにクラス C、D、E、および G 空域における着陸進入と離陸時のターミナルエリアと空港外の場所における無人機の運用を可能にする装置に関する内容も含まれている。DO-365A は、2017 年 5 月に発表された DO-365 の内容とは、範囲となる空域（クラス）や高度が異なるほか、ターミナルエリアでの運用に関する項目が含まれている点で異なる [83]。

[80] https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=RTCA%20DO%2D365&item_s_key=00713351&csf=TIA.
[81] https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf
[82] https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=RTCA%20DO%2D365&item_s_key=00713351&csf=TIA
[83] https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=RTCA%20DO%2D365&item_s_key=00713351&csf=TIA

図表 19　RTCA が標準案を開発している DAA システムの概要



出典：RTCA[84]

<u>DO-366 および DO-366A に関する進捗</u>

RTCA が最初に DO-366 基準を発表したのは 2017 年 3 月で、同基準はトラフィック監視用空対空レーダーの最低運用性能基準を定めるものであった。対象となるのは、NAS のクラス A あるいは特別使用の空域へ行き来し、クラス D、E、G の空域を通過する航空機の DAA 運用をサポートするレーザーシステムである。装置の設計者、製造者、取り付け業者、使用者向けに、レーダーシステムの特性が明確化されている。これらのレーダーは、容量内の全ての航空トラフィックを探知、追跡し、その他の空中監視センサーを補完する役割を果たす [85]。同文書は、DO-365 のフェーズ 2 の活動を支援するために、現在 DO-366A（修正 A）の策定が進められている [86]。

<u>地上ベースの監視システム（Ground Based Surveillance System：　GBSS）の MOPS 策定</u>

RTCA は、DAA をサポートする GBSS の最低運用性能基準の策定にも取り組んでいる。同項目に関する文書は公開されていないが、現在最終審査・コメント（FRAC）段階にあるとされ、DO-365 修正 A には、これらの GBSS 基準が組み込まれることになっている [87]。基準の対象範囲は、クラス D、E、およ

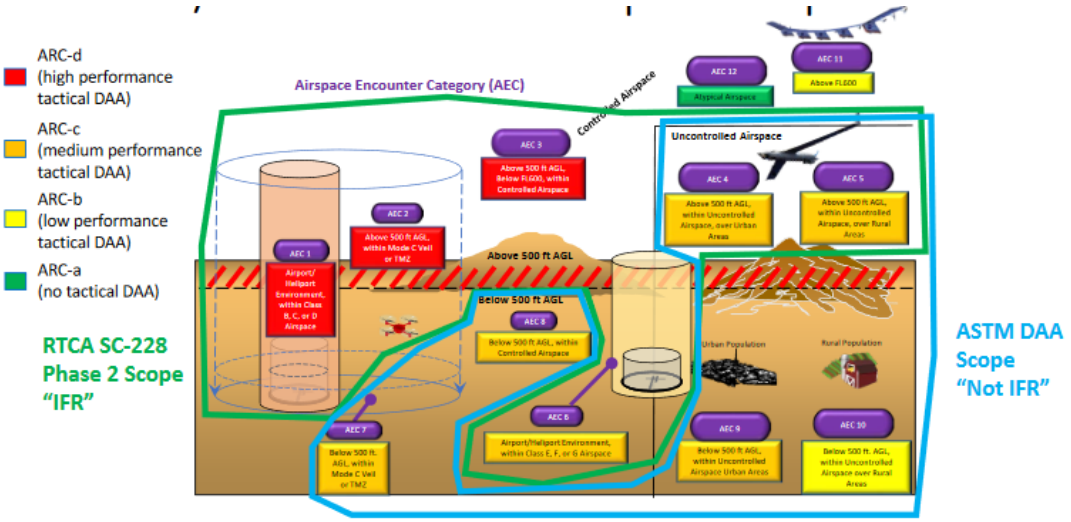
[84] https://docreview.partica.online/rtca/do-3xx-gbss-mops-v021/flipbook/14/
[85] https://my.rtca.org/NC__Product?id=a1B36000001gQLKEA2
[86] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf p. 93
[87] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf p. 93

び G の対地高度 500 フィート以上の空域で移動し長時間運用される無人機、およびクラス B と C の空域にも移動する無人機を想定している [88]。

2.4.2 ASTM インターナショナル

ASTM インターナショナルでも DAA の標準化に関する議論を行っており、RTCA との間で空域や高度等に関する細かい役割分担がなされている（以下の図参照）。大まかには、RTCA が IFR に沿った無人機の飛行に関する標準化を担当しており、ASTM は IFR ではない飛行を想定した標準化を担当している。

図表 20 DAA 機器の標準化に関する RTCA と ASTM の役割分担



出典： RTCA[89]

DAA 機器の標準化に関し、ASTM が対応している具体的な作業項目の例は以下のとおりである [90]。

- WK62668…この項目では、小型無人機の低高度における BVLOS 飛行に合わせた DAA の性能に関する標準開発を行っている。この背景には、業界から BVLOS に対する需要が高まっており、それぞれの申請に対して FAA が個別に承認を出すことが難しくなったため、一括した標準が必要となっていることがある [91]。

- WK62669…上記 WK62668 が DAA 機器の性能標準を開発している一方で、本項目では評価基準の策定を行っている [92]。

88 http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
89 http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
90 http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
91 https://www.astm.org/DATABASE.CART/WORKITEMS/WK62668.htm
92 https://www.astm.org/DATABASE.CART/WORKITEMS/WK62669.htm

- WK69690…無人機の BLVOS 飛行が行われる際に、監視補助データサービス・プロバイダ（Surveillance Supplemental Data Service Providers：SDSP）と呼ばれるベンダーが収集したデータやサービスを USS に送信し、UTM システムを円滑に運用することが求められている。この項目では、SDSP が有する機器や SDSP が提供するサービスに求められる最低限のパフォーマンス標準を策定している [93]。

2.5 コマンド＆コントロール（C2）

2.5.1 RTCA の取組

前述のとおり、UASSC 内で実施されている標準化の取組の目下の目標は、RTCA SC-228 における MOPS 開発を完了させることであり、RTCA の活動には注目が集まっている。RTCA SC-228 の WG2 では、以下の 2 つのフェーズに分けて C2 通信向けの基準づくりを進めている。

- フェーズ 1（2016 年 9 月に完了、DO-362 発表 [94]）： 地上ベースの L 帯と C 帯通信を活用した C2 向けの基準作り。割り当てられた周波数を C2 通信システムが適切に利用し、無人機を安全に離着陸・飛行させることができるかに焦点が当てられ、一般的な周波を利用した運用を可能とするため、電磁面の互換性（electromagnetic compatibility）の要件にも言及された（無人機搭載用及び地上用の両方の機器に対応）[95]。

- フェーズ 2： フェーズ 1 では地上通信にのみ焦点があてられた一方で、フェーズ 2 では衛星通信も検討分野に入れて、以下のような検討を行っている [96]。
  - 無人機操縦者と衛星事業者間の適切なサービスレベル契約（Service Level Agreement： SLA）の内容
  - 衛星通信の使用を考慮した無人機の設計と運用
  - 認定や運用認可などを通じて申請者を支援することを視野に入れた、統一されたリンクバジェット計算方法とその例　等

現在 WG2 によって進められている C2 通信関連の MOPS 策定に向けた動きを、下表で整理する。

図表 21　C2 通信に関する RTCA の MOPS 策定に向けた動き

文書名	概要	公表
DO-362（修正版）	無人機操縦士による安全な操縦を可能にするための C2 通信の基準。	2020 年 9 月
DO-377A（修正 A）	エンドツーエンド（End-to-End： E2E）C2 通信システムのための航空システム最低性能基準（MASPS）。	2020 年 9 月

出典： RTCA　他 [97]

[93] https://www.astm.org/DATABASE.CART/WORKITEMS/WK69690.htm
[94] https://my.rtca.org/NC__Product?id=a1B36000001y1BQEAY 550 ドルで購入可能。
[95] https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf
[96] https://www.rtca.org/sites/default/files/sc-228_sept_2019_tor.pdf
http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
[97] https://www.rtca.org/content/sc-228

DO-362 に関する進捗

C2 通信の標準化に向けた WG2 フェーズ 1 には次の活動が含まれ、これらの活動の結果、2016 年 9 月に DO-362 が発表されている [98]。

- C2 通信システムのアーキテクチャの考案に加え、認証制度や L 帯と C 帯の同時利用の頻度を減らすため、L 帯と C 帯のソリューション間での波形構造を共有することなどを検討
- L 帯・C 帯ソリューションに別々の MOPS を設けるかどうかなど、MOPS の構成に関する審議
- システムの容量、性能、物理層（PHY 層）波形要件、ネットワーク波形要件、外部インターフェースなどをサポートする周波数の割当てスキーム等

フェーズ 2 の活動では、直接電波見通し外（Beyond-Radio-Line-of-Sight： BRLOS）のアプリケーションとアーキテクチャに対処するため、フェーズ 1 で取り組んだポイントツー・ポイント（Point-to-Point： P2P）アーキテクチャの拡張に焦点を当てる。これには、一部の Ku 帯と Ka 帯の周波数が含まれ、C 帯が含まれる可能性もある。さらに、衛星通信と地上通信のネットワーク・アーキテクチャの性能に関する基準も含まれる可能性がある [99]。DO-362A の草稿は、2020 年 6 月頃までに作成が求められている [100]。

DO-377 と DO-377A に関する進捗

RTCA は 2019 年 3 月に DO-377 の初回版を発表した。その中には、見通し内（line-of sight： LOS）と直接見通し外（BLOS）で運用される無人航空機へのコントロールステーションの接続のための最低航空機システム性能要件（MASPS）が含まれた。また、無人機の操縦者、OEM、製造業者、および FAA などを対象に、システム特性を明確化する基準も含まれている [101]。

現在作業が進められている DO-377A（修正 A）では、エンドツーエンド（E2E）のリンクシステム用のシステム性能要件が設定され、同文書が最初に発表された際には含まれていなかった、その他のあらゆるシナリオの詳しい分析も含まれる [102]。さらに、衛星通信（Ku 帯と Ka 帯）を活用した C2 通信システムの性能要件や、無人機操縦者と衛星事業者間の適切な SLA の内容、リンクバジェット分析の方法とサンプルなども含まれる予定である。修正 A は 2020 年 9 月までに発表される見込みである [103]。

http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20190033976.pdf
[98] https://access.atis.org/apps/group_public/download.php/48760/ATIS-I-0000074.pdf
[99] https://www.rtca.org/sites/default/files/sc-228_sept_2019_tor.pdf p. 7
https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=RTCA%20DO%2D362&item_s_key=00694348
[100] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf
[101] https://my.rtca.org/NC__Product?id=a1B1R000008bv4tUAA
[102] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf p. 93
[103] http://www.bvlosnd.org/documents/bvlos-in-nd-presentation-slides.pdf

2.5.2 ASTM インターナショナル

ASTM インターナショナルは、ASTM F3002 - 14a という識別番号で整理されている小型無人機（55 ポンド未満）向けの C2 通信システムに関する標準を発表している。これは、各国の航空管理当局向けの標準で、当局が管理する空域内で商用・娯楽用に無人機を運用する際に求められる、一般的な C2 通信システム、同システムに用いる周波数、C2 通信リンク、無人機の機体・性能に関する要件がまとめられている [104]。

[104] https://www.astm.org/Standards/F3002.htm