

将来の航空交通システムに関する長期ビジョン 2040 ～革新的な航空交通システムへの挑戦～ 本文案

はじめに

我が国では、将来の航空交通システム¹のあり方を定めた「将来の航空交通システム¹に関する長期ビジョン (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)」(以下「CARATS」という。)を、2025年を目標年次として2010年に策定し、国内管制空域の再編、国内CPDLC²の導入、CNS³技術や情報システムの高度化及びこれらを活用した運用改善に取り組んできた。

一方、CARATSの策定以降、航空需要の増大、脱炭素化に向けた社会的要請の高まり、少子高齢化や人口減少の進展、コロナ禍による利用者の志向の変化、空域利用ニーズの多様化、国際情勢の不安定化等、我が国の航空交通システムを取り巻く環境は大きく変化している。

我が国は、こうした技術進展や環境変化に今後も的確に対応するとともに、航空需要の更なる増大や多様化を見据えた上で、ICAO⁴や欧米・アジア諸国等と歩調を合わせ、国際的な相互運用性を確保しながら、引き続きグローバルな航空交通システムの一翼を担っていく必要がある。

ICAOでは、世界航空交通計画(GANP⁵)を改定し、2040年を目標年次として航空交通システムの変革を目指すとともに、欧米やアジア諸国も昨今の状況を反映した形で計画の見直しを行っている。我が国においても、こうした国際的な動きを踏まえ、2040年を目標年次として、社会全体のニーズを的確に捉えながら、安全を最優先に利便性と持続可能性の高い航空交通システムを実現するため、新たなCARATSを策定する。

¹ 航空交通システム：安全、効率的かつ円滑な航空交通を実現するための航空交通管理及びそのために必要な機上装置、地上施設及び衛星の総体。

² CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications)：音声通信に代わり、文字情報により管制官・パイロット間のやり取りを行うもの。

³ CNS：通信 (Communication)、航法 (Navigation) 及び監視 (Surveillance) の総称。

⁴ ICAO (International Civil Aviation Organization)：国際民間航空機関。国際民間航空が安全かつ整然と発達するように、また、国際航空運送業務が機会均等主義に基づいて健全かつ経済的に運営されるように各国の協力を図ることを目的として、1944年に採択された国際民間航空条約 (通称シカゴ条約) に基づき設置された国連専門機関。

⁵ GANP (Global Air Navigation Plan)：世界航空交通計画。ICAOが策定する、各締約国が将来の航空交通量の増大に適切に対応できるよう、航空交通サービスの高度化を協調して進めていくための計画。

1. 背景

(1) これまでの取組経緯

我が国では、これまで CARATS 等に基づき、国内管制空域の再編、新技術や新方式の航法の導入に取り組み、航空交通量の増大に対応するとともに、安全性や利便性の向上等を図ってきた。

まず、空域においては、上空通過機を中心とした航空交通量の増大に対応するため、2020 年以降、国内管制空域の上下分離を段階的に実施しており、既に西日本空域の上下分離が完了し、2025 年 3 月に東日本空域の上下分離も完了する。その結果、管制処理効率が向上し、取扱可能機数は年間約 180 万機から年間約 200 万機に拡大する。また、1997 年に洋上空域、2022 年に国内空域において、音声の一部をデータに通信に置き換える CPDLC の運用を開始した。洋上空域においては CPDLC 及び ADS-C⁶を利用した管制間隔の短縮を達成し、国内空域においても管制官・パイロット双方の作業負荷の軽減を図っている。

空港周辺では、衛星を活用した進入方式の導入を進めており、RNP-AR 進入方式⁷は 40 空港、LP/LPV 進入方式⁸は 25 空港で導入されている。また、2025 年 1 月には、羽田空港において GLS 進入方式⁹の運用も開始している。これらの取組により、効率的な経路設定や最低気象条件の緩和等が図られ、運航者の利便性の向上に寄与している。その他、羽田空港、成田空港、新千歳空港では A-CDM¹⁰が導入・活用され、空港運用の改善に寄与している。

TBO¹¹についても、着実に取組が進んでいる。航空交通流の効率性を考慮した上で、各航空機が柔軟で効率的な飛行を実現するためには、TBO における ATM¹²関係者の情報共有が不可欠である。このため、我が国においては 2025 年 2 月より、情報共有基盤 (SWIM¹³) を構築し、デジタル・ノータム等の初期サービスの提供が開始され、今後、サービスメニューが拡充される予定である。国際的にも、TBO の運用上の課題を抽出することを目的として、2023 年に日本、米国、シンガポール、タイ共同の MR TBO プロジェクト¹⁴において、次世代技術のプロトタイプを実装した航空機を使用した試験飛行を実施した。今後、参加国を拡大して、実証試験が実施される予定である。

また、2022 年からドローンのレベル 4 飛行¹⁵が可能となり、現在、官民協議会等では、ドローンの更なる高度利用に向けた検討が進められている。同時に、空飛ぶクルマの研究開発も進んで

⁶ ADS-C (Automatic Dependent Surveillance-Contract) : 航空機から管制機関へ定められた様式に準拠した情報を自動的に送信する監視情報システム。

⁷ RNP-AR 進入方式 (Required Navigation Performance - Authorization Required) : 所定の航法性能・機能要件に準拠した計器進入方式。なお、当該方式による航行には特別な航行許可が必要。

⁸ LP/LPV 進入方式 (Localizer Performance/Localizer Performance with Vertical Guidance) : SBAS により補強された GNSS の位置情報を基にした水平方向の飛行ガイダンス (LPV については垂直方向のガイダンスも追加) により、最低気象条件の緩和が可能となる進入方式。

⁹ GLS 進入方式 (GBAS Landing System) : GBAS により補正された GNSS の位置情報に基づく精密進入方式。

¹⁰ A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) : 出発機及び到着機の運航管理の精度向上や空港運用における様々なイベントに対する予見性の向上により空港リソースの最適化を図るため、空港関係者間で正確かつ迅速に情報を共有・管理すること。

¹¹ TBO (Trajectory Based Operations) : 航空機の軌道がデジタル技術により管制機関や航空関係者へリアルタイムに共有され、この情報を活用して最適な管制運用を行うための概念。

¹² ATM (Air Traffic Management) : 航空機運航の全ての段階において安全かつ効率的な運航を確保するために必要とされる空域管理、航空交通流管理及び航空交通業務の総称。

¹³ SWIM (System Wide Information Management) : 航空関係者が信用できる情報サービスを信頼できる環境により利用できるように、システム横断的に情報管理する仕組み。

¹⁴ MR TBO (Multi-Regional Trajectory Based Operations) プロジェクト : これまでに実施された実験室環境での検証活動に基づき、4 か国の管制機関での連携のもと、実際の旅客機での運航検証を通じて TBO コンセプトの確認を行ったプロジェクト。

¹⁵ レベル 4 飛行 : 無人航空機による有人地帯 (第三者上空) における補助者なし目視外飛行。

おり、2025年4月から開催される大阪・関西万博では、空飛ぶクルマの2地点間運航や会場周辺の周回飛行が予定されている。

(2) 現状と課題

①安全・安心

安全性は、航空交通システムの大前提であり、ひとたび航空機事故が発生した場合には、多数の人命が失われるなど社会的・経済的に多大な損失をもたらすとともに、航空に対する信頼を揺るがしかねないものである。これまで、管制機関及び運航者双方における安全管理システム（SMS¹⁶）の浸透や、管制システムの高度化や様々なシステムの導入を進めていく中で、航空保安業務¹⁷に起因する事故・重大インシデントは減少傾向にある。しかし、滑走路誤進入事案等は依然として発生しており、その多くはヒューマンエラーが介在していることから、デジタル技術の活用等による更なるリスク低減が求められる。また、今後、低高度空域におけるドローンや空飛ぶクルマの利用拡大や高高度空域における HAPS¹⁸、宇宙往還機¹⁹等の飛行機会の増大が見込まれることから、これらの新たな航空モビリティを含めた安全・安心の確保が求められる。

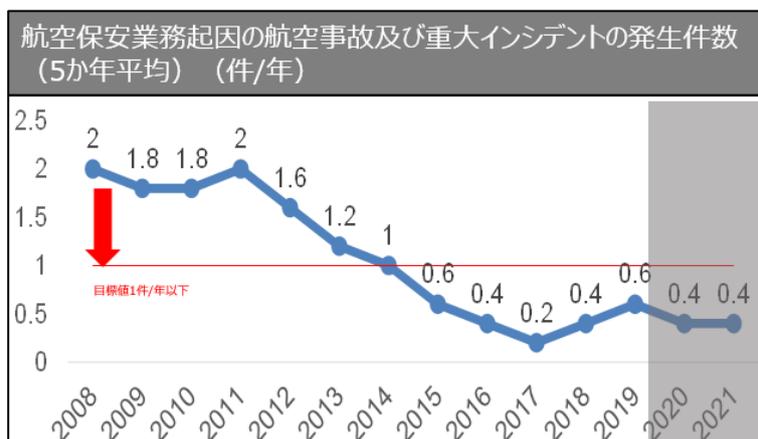


図1 安全性に関する指標の推移

注) 2020年以降はCOVID-19の影響もあり、単純比較が困難であることから参考表示

②空域利用

我が国においては、これまで国内管制空域の再編等により、管制処理容量は着実に増加している。一方、航空交通量は、コロナ禍における大幅な減少を経て、概ねコロナ禍前の水準まで回復しており、今後も、特に近隣アジア地域における経済成長やLCCの参入拡大を追い風として、アジア発着の国際線を中心に更なる増大が見込まれる。このため、首都圏をはじめとする空港及び空域における混雑を解消するとともに、新たな技術を活用した飛行経路・高度・時刻の設定や空

¹⁶ SMS (Safety Management System) : 事故やトラブルにつながる可能性のある危険因子 (ハザード) を特定し、そのハザードによりもたらされるリスクを評価し、リスクを受容できるレベルまで低減する対策を講じるという事前予防的な取組。

¹⁷ 航空保安業務 ; 航空機の安全かつ効率的な運航を支援するために行われる各種業務であり、管制業務、運航情報・管制通信業務、管制技術業務、航空灯火・電気技術業務、飛行検査業務、交通管制機械業務が含まれる。

¹⁸ HAPS (High Altitude Platform Station) : 成層圏プラットフォーム。気象が比較的安定している成層圏に通信設備を搭載した無人航空機を滞空させ、通信サービス等を提供するシステム。

¹⁹ 宇宙往還機 : 地上から宇宙空間に打ち上げられ、宇宙空間での任務を完了した後に地上に帰還することにより、システムの全体又は一部の再利用が可能である宇宙輸送手段。

域構成の弾力的な変更により、引き続き容量の拡大を図っていく必要がある。また、上空通過機を含む航空交通量の増加や、新たな航空モビリティの飛行機会の増大に対応し、既存航空機と一体的な空域管理を行うためには、より精度の高い航空交通管理が求められる。

その際、近年、低高度（150m 未満）から高高度（FL²⁰600 以上）に至るまで、幅広い空域において新たな航空モビリティの導入に向けた検討が進められており、各々の飛行特性に応じて、空域利用のニーズも多様であることから、航空モビリティ及び空域の種別に応じた空域管理等を行う必要がある。

また、無線周波数は限られた資源であるため、新たな航空モビリティの参入や航空以外の周波数需要の高まりにより、周波数の確保も課題となることにも留意すべきである。



図 2 航空交通量増大への対応に関する指標の推移

注 1) 2020 年以降は COVID-19 の影響もあり、単純比較が困難であることから参考表示

注 2) 首都圏周辺空域は、首都圏周辺空港の交通流を取り扱う航空路セクターを指す

③利便性

運航者の利便性向上のため、これまで RNP-AR 進入方式、LP/LPV 進入方式、A-CDM、AMAN/DMAN/SMAN²¹等の導入を進めてきた。しかし、近年、航空交通量の増大や特定の高度・セクターへの交通流の集中・偏在に伴い、運航の効率性や定時性が低下しているほか、自然災害の激甚化・頻発化による就航率や定時性の低下も見られる。

一方で、我が国の主要都市は、世界的にも卓越した高速鉄道網で接続されており、今後も新幹線の延伸やリニア中央新幹線に代表される新たな路線網の整備により、国内航空を巡る競争・競合環境は構造的に変化することが想定される。こうした中で、我が国の航空交通は、これまで以上に高い水準の利便性が求められる。また、災害時等には旅客輸送において航空が鉄道の代替手段として期待される。

²⁰ FL (Flight Level) : 標準気圧値 1,013.2 ヘクトパスカル (29.92 水銀柱インチ) を基準とした等気圧値をいう。日本においては、14,000ft 以上の高度をフライトレベルで表す。

²¹ AMAN/DMAN/SMAN (Arrival Manager/Departure Manager/Surface Manager) : 出発・到着・地上走行の各運航フェーズの航空機の予測位置を把握することにより、航空交通を管理し、空港容量の最大活用を行うこと。

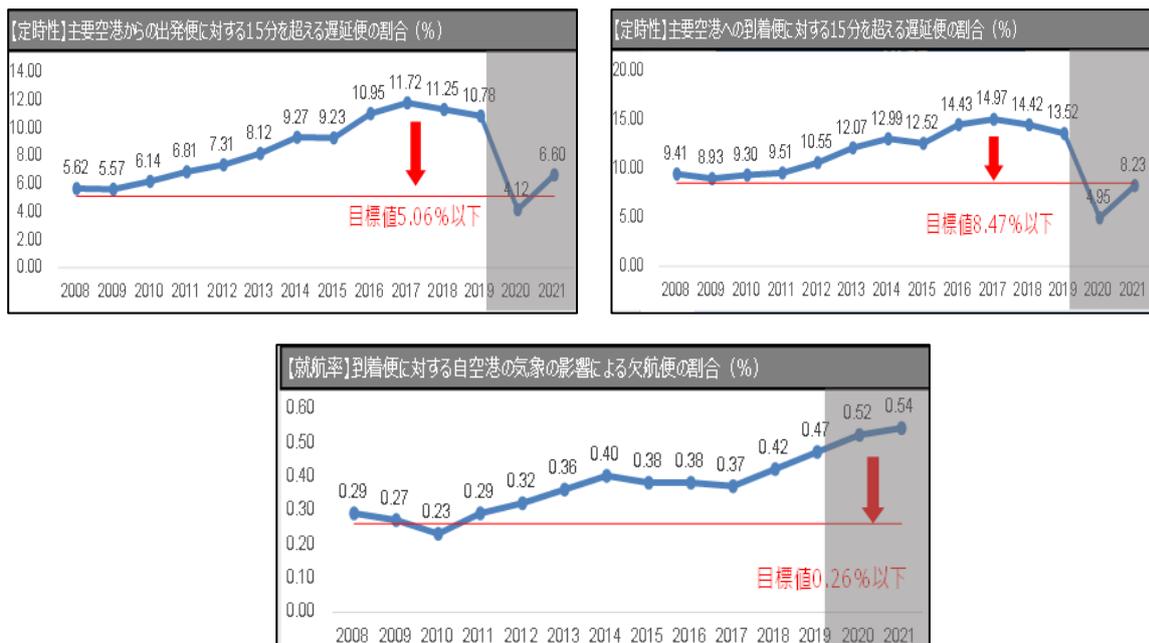


図 3 利便性の向上に関する指標の推移

注) 2020 年以降は COVID-19 の影響もあり、単純比較が困難であることから参考表示

④ 運航効率・環境

国際的にカーボンニュートラルの実現 (LTAG²²) に向けた議論が進められており、航空分野においても脱炭素化に向けた社会的要請が高まっている。地球温暖化対策は、2050 年カーボンニュートラルに向けた世界共通の課題である。航空分野からの CO₂ 排出量は、我が国全体の排出量から見ると僅かであるが、今後、航空交通量の増大が見込まれていることなどから、航空交通システムの高度化による CO₂ 排出量の削減に積極的に取り組んでいく必要がある。加えて、地球温暖化に影響する可能性がある CO₂ 以外の要素についても考慮が必要である。

また、燃油価格の高止まり等により、運航効率の向上が益々重要となっており、運航コストの削減に向けた燃料消費量の削減の一層の努力が求められている。さらに、航空機騒音対策も引き続き重要な課題であり、地域社会の理解・協力を得ながら、これらの課題に積極的に取り組んでいく必要がある。

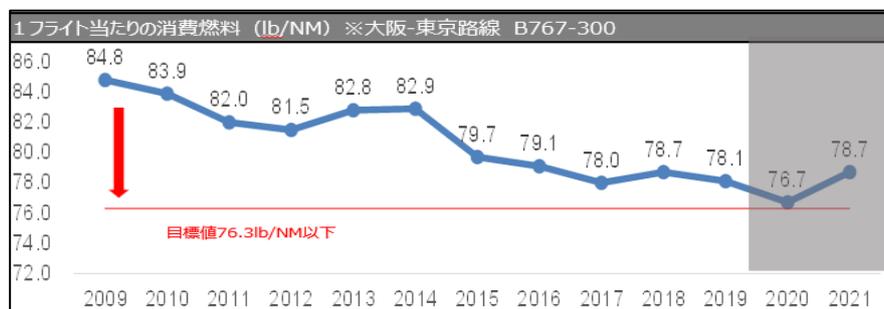


図 4 運航の効率性の向上に関する指標の推移

注) 2020 年以降は COVID-19 の影響もあり、単純比較が困難であることから参考表示

²² LTAG (Long-Term global Aspirational Goal) : 2022 年に ICAO 第 41 回総会にて採択された、2050 年に国際航空からの CO₂ 排出を実質ゼロとすることを目指す長期目標。

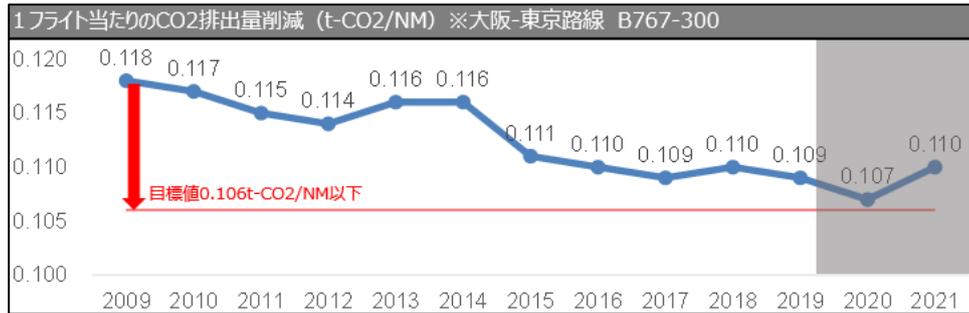


図 5 環境への配慮に関する指標の推移

注) 2020 年以降は COVID-19 の影響もあり、単純比較が困難であることから参考表示

⑤安定性・信頼性

航空交通システムの高度化・複雑化に伴い、航空機の運航システムや管制運用・CNS システムへの依存度が益々高まっている。こうした中で、衛星の通信障害のほか、GNSS に対する妨害電波やなりすまし、サイバー攻撃等の人為的脅威が増大している。また、大規模なシステム障害のほか、自然災害の激甚化により、航空保安施設²³等の障害や機材故障が発生し、運航に影響するケースも発生している。航空交通システムは航空輸送の基盤であり、その機能停止は経済的・社会的に大きな影響を及ぼすことから、その信頼性及び冗長性を確保することで、航空保安業務の継続性を高め、不測の事態における運航への影響を低減させる必要がある。

さらに、我が国では人口減少・高齢化社会が本格的に到来しており、航空業界においても人手不足への対応が喫緊の課題となっている。また、特に地方部においては、移動に困難を抱える高齢者等の移動ニーズを充足するための交通手段の確保が求められており、新たな選択肢として空飛ぶクルマ等への期待が高まっている。

⑥国際

諸外国においては、新たな航空モビリティへの対応、デジタル技術の導入等を主な取組の柱として、長期計画等の見直しが進められている。

ICAO では、2025 年に世界航空交通計画 (GANP) を改定予定であり、環境対応、レジリエンスの強化といった観点が新たに追加され、航空交通システムへの AI 技術の活用についても検討される予定である。また、航空分野における安全性の向上を目的として、1997 年に世界航空安全計画 (GASP²⁴) を策定しており、滑走路誤進入、滑走路逸脱、空中衝突、飛行中の制御不能、地表との衝突といったハイリスク事案を特定している。

米国では、TBO の実現、空港インフラの改善、安全性とセキュリティの強化、新たな航空モビリティの導入等に向けた検討を進めており、2027 年までに NextGen²⁵の後継となる将来計画が策定される予定である。

²³ 航空保安施設：電波、灯光、色彩又は形象により航空機の航行を援助するための施設。

²⁴ GASP (Global Aviation Safety Plan)：ICAO 加盟国の航空分野における安全性等の向上を目的とした計画であり、地域及び国の航空安全計画の策定・実施を通じ、死亡事故のリスクを継続的に減少させることを目指している。

²⁵ NextGen (Next Generation Air Transportation System)：米国の空域システムを高度化するためのプログラムであり、FAA が推進。

欧州では、2019年にSESAR²⁶を改定しており、現在は2024年の改定に向けて、特に既存航空機と新たな航空モビリティが共存する空域管理に向けた研究開発のほか、CO2削減への取組や飛行機雲が地球温暖化に与える影響について議論が進められている。

アジア太平洋地域では、ICAOの地域的な航空交通計画（APAC ANP²⁷）において、ATM、CNS等の実施方針に加え、情報セキュリティ対策等の課題も盛り込まれている。2024年からは10ヶ国が参加してAPAC TBO Pathfinder Project²⁸が開始されており、SWIM・FF-ICE²⁹の枠組みについて検討が進められている。

また、世界的に見れば、複数の地域が紛争状態に陥り、国際情勢が不安定な状況にあるなど、地政学的なリスクが顕在化している。そのような中、国際線を運航する航空会社は、旅客輸送だけでなく、我が国のサプライチェーンを引き続き担っていくことが必要である。

(3) CARATSの見直しの必要性

これまでの取組の進捗状況や近年の環境変化を踏まえ、新たな航空モビリティや運航技術も考慮し、現在明らかになっている課題や今後想定される課題に対応する。また、CARATSの策定以降、多くの施策については着実に取組が進んでいる一方、一部の施策については、当初計画からの遅延や目標未達が生じている。これらの課題に対応するため、CARATSの改定を行う必要がある。

²⁶ SESAR (Single European Sky ATM Research) : 欧州の航空交通管理の変革を進める上で必要となる技術の定義、開発、展開を進める一連のプログラムであり、EU (EASA) と EUROCONTROL が共同で推進。

²⁷ APAC ANP (Asia Pacific Air Navigation Plan) : アジア太平洋地域における航空交通計画であり、世界航空交通計画 (GANP) と各国の計画との橋渡しを行うもの。2014年6月のICAO理事会 (Council) の決定を受けて現在の構成に改定された。

²⁸ TBO Pathfinder Project : TBOの実現に向けて、アジア太平洋地域における管制機関間での連携を強化し、TBOに対する共通認識を構築するとともに、TBOの便益評価や実証、実現に向けたロードマップ作成を進めていくためのプロジェクト。

²⁹ FF-ICE (Flight and Flow Information for a Collaborative Environment) : SWIMを活用し、広範で柔軟な情報を含むことのできるデジタル飛行計画をベースとして、軌道の調整を行うコンセプト。運航前の軌道調整 (Release 1, R1) から運航中の軌道調整 (Release 2, R2) への段階的な移行を予定している。

2. 目指すべき未来像

航空交通システムにおいて、安全・安心の確保は、全てに優先する。AI やデジタル技術の活用等により、管制官・パイロット双方の認識齟齬等の防止や空港面監視システムの検知精度の向上を図るとともに、航空交通全体の最適化・整序化により、ヒューマンエラーの発生リスクをさらに低減することで、航空保安業務に起因する事故・重大インシデントの低減を目指す。

2040 年には、世界の航空需要は 2019 年比で約 2 倍³⁰に、我が国の航空需要は約 1.5 倍³¹に増大すると予測されている。そうした需要に対応し、利便性を高めるため、現行の空域毎に分割された管制指示や出発待機等の交通流制御を中心とした管制運用から、全ての航空機の出発から到着までの軌道を一体的に管理し、全飛行フェーズにおいて時間管理を導入した 4 次元軌道³²に沿った運用 (TBO) への変革を目指す。そのプロセスでは、既存航空機や新たな航空モビリティの運航に関する各種希望 (飛行意図: 目的、経路、高度等) や高度化された気象情報が、管制機関、運航者、空港会社等の間でリアルタイムに共有される。そうした情報をもとに、管制機関と運航者は柔軟に効率的な経路・高度を選択した上で、FF-ICE を用いて航空機の軌道調整を行い、円滑で効率的な運航を実現する。

また、新たな航空モビリティの普及や運航技術の進化により、空の景色は一変すると予想される。低高度空域においては、目視が困難な場所や高所における点検・災害時の迅速な状況確認や小口貨物輸送など新たなニーズに対応する身近で日常的な輸送・移動手段として、ドローンが広く活躍することが予想される。また、従来の移動手段では地理的な制約や課題の多い山間地等への代替交通や都市部のエア・タクシーとして、空飛ぶクルマが普及することも予想される。さらに、高高度空域においては、HAPS、宇宙往還機等の活用も実用化していくことが予想される。その結果、低高度空域及び高高度空域の利用密度・頻度の増加が見込まれることから、航空モビリティ及び空域の種別に応じた空域管理や、遠隔操縦や自動・自律運航に対応するために必要な CNS の開発・整備等により、安全かつ効率的な航空交通の実現を目指す。

さらに、航空機性能の向上、TBO を含む運航方式の改善等により、2030 年度の CO2 排出量を 46%削減 (航空分野では原単位を約 16%削減)³³し、2050 年のカーボンニュートラル実現を目指す。加えて、地域社会の理解・協力を得ながら騒音対策を講じる。

航空交通システムを支える技術的基盤である CNS については、代替手段の確保等により、レジリエンスを向上させる。また、航空交通システムの堅牢性や冗長性の強化により、自然災害やシステム障害、サイバー攻撃等の不測の事態が発生した場合であっても、デジタル技術を活用した関係者間の迅速な情報共有等により、早期の対応・運用復旧を実現する。

さらには、外国管制機関との連携を強化し、国際的な議論を主導する役割の一翼を担うことで、国際的な航空交通の発展に貢献していく。

³⁰ Global Outlook for Air Transport(December 2023,IATA)による旅客数ベースの需要予測に基づく値。

³¹ Global Outlook for Air Transport (June 2024,IATA)による 2024 年にコロナ前の水準に回復するとの IATA 見通しに基づき、ICAO の「Post-COVID-19 Forecasts Scenarios -COVID-19 IMPACT ON THE ICAO LONG-TERM TRAFFIC FORECATS-」(2024 年 1 月閲覧) の伸び率を使用して推計した値。

³² 4 次元軌道: 航空機の 3 次元の位置情報に時間を加えた軌道。

³³ 「地球温暖化対策計画 (令和 3 年 10 月 22 日閣議決定)」で掲げられた目標値。

3. 目標及び指標の設定

前述の未来像の実現に向けて、以下の6つの領域について目標を設定するとともに、各目標の達成状況を把握するため、各種指標を設定する。今後も必要に応じて各種指標の見直しを行う。また、各目標に対して、定量的な指標に基づく評価だけでなく、定性的な取組等に基づく評価も併せて行う。

	領域	目標	指標例
①	安全・安心	航空保安業務に起因する航空事故等の発生を低減 【航空保安業務に起因する事故ゼロ、重大インシデント半減】※ ¹	事故・重大インシデント・それ未満の事象の発生件数 SMSの事前防止取組数
②	空域利用	空域の高度利用を図り、空域容量の拡大を実現 【取扱可能機数年間約300万機】※ ²	取扱可能機数
③	利便性	運航者や航空利用者の利便性を向上	定時性 就航率
④	運航効率・環境	運航の更なる効率化を実現するとともに、地球温暖化対策に貢献 【運航改善により燃料消費量・CO ₂ 排出量6%削減】※ ³	燃料消費量 CO ₂ 排出量
⑤	安定性・信頼性	災害時等においても安定した管制サービスを提供し、運航への影響を最小化	航空交通システムにおける施設の障害発生件数/運航への影響件数
⑥	国際	国際的な航空交通の発展に貢献	国際会議への貢献数 国際イベント/展示会への出展件数

※1：ICAO GANPでは、航空事故ゼロ、重大インシデント半減を目指していることから、我が国も同様の目標とした。

※2：2040年までに航空需要が約1.5倍に増大することが予想される。2024年の我が国の取扱可能機数は約200万機であり、取扱可能機数も需要増大に合わせて1.5倍の年間約300万機とした。

※3：我が国では、運航の改善によるCO₂削減10%（2050年）を目指していることから、2040年段階で6%とした。

4. 今後の取組の方向性

前述の目標の達成に向けて、以下の6つの取組の方向性に沿って、各種施策を展開する。

(1) 安全・安心対策の強化（関連する目標：①、②、⑤）

航空交通分野における安全・安心対策を強化することにより、航空保安業務に起因する航空事故等の発生を抑制する。

管制側では、外部監視の強化等の観点から、デジタルタワー³⁴の開発・導入を進めるとともに、ADS-B³⁵や画像認識技術等の活用により、空港面監視システムを高度化する。また、管制官とパイロット間の認識齟齬等による危険な状態について、音声認識技術等を用いて検知し、警告する管制支援機能を導入する。

機体側では、ADS-Bを活用した機上装置による航空機同士の相互監視により、周辺の航空機の位置の把握を可能とし、航空機の衝突リスクの低減につなげる。さらに、飛行中の機上観測を充実させるとともに、得られたデータも活用して乱気流や雷等の運航に影響を与える気象現象の観測及び予測に関する情報を拡充・高度化し、航空機運航の安全性及び効率性を高める。

また、管制側・機体側双方においては、滑走路誤進入検知システム（SURF-A³⁶等）の実用化に向けた検討を行うとともに、航空交通全体を最適化・整序化し、到着機・出発機の混雑や輻輳を軽減することで、滑走路における航空機等の衝突リスクを低減する。さらに、A-SMGCS³⁷により、航空灯火等の自動誘導に基づく安全かつ効率的な地上走行を可能とする。

さらに、空飛ぶクルマ等の新たな航空モビリティについても、交通管理上の安全対策やそれに必要な航空交通システムのあり方について、技術開発動向や国際動向を踏まえつつ、技術要件や運用ルールを定める。

(2) 軌道ベース運用（TBO）の実現（関連する目標：②、③、④）

TBOの実現に向けて、関係者間での軌道調整を段階的に導入していく。

まず、従来の空域ごとに独立した間隔設定が主となっている空域ベースの運用から、航空機の出発時刻、特定地点の通過時刻及び到着時刻を戦略的に管理する時間管理運用に移行する。そのため、出発機や到着機の滑走路使用順位・時刻等を調整するAMAN/DMAN/SMANの統合運用、航空路において特定地点での通過時刻を管理するメタリング、外国管制機関と連携した複数地点CFDT³⁸を導入する。

また、運航前の軌道調整の実現を目指す。具体的には、運航情報、航空情報、気象情報、空域の混雑状況等をデジタル情報として関係者間で共有し、管制官及び運航者が運航前の計画段階で高度かつ正確な状況認識・判断を行い、運航時刻に加えて飛行経路・高度を調整することで、高密

³⁴ デジタルタワー：デジタル技術を活用した管制の方法であり、遠隔からの管制サービスの提供（リモートタワー）だけでなく、管制塔から死角となる場所の視認性向上や管制塔の被災といった不測時のバックアップなどを目的とする

³⁵ ADS-B（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast）：航空機が有する基本的な動態情報（位置、速度等）を自動的に・定期的に送受信する機能

³⁶ SURF-A（Surface Alerting）：ADS-Bを利用して滑走路での衝突を防止するための警告を発する航空機側の機能。

³⁷ A-SMGCS（Advanced Surface Movement Guidance and Control System）：全天候下において、安全性を確保しつつ空港の処理能力を確保するための、監視機能、経路作成機能及び誘導機能により構成されるシステム。

³⁸ CFDT（Calculated Fix Departure Time）：飛行経路上の地点における通過時刻を指定することにより交通量を調整する交通流制御手法。

度かつ空中遅延の少ない運用を実現する。特に、運航時刻の情報については、TBO の効果を高めるために必要不可欠であるため、運航者は管制機関に対して状況に応じた正確な情報共有を行う。

その後、運航中のリアルタイムな軌道調整の実現を目指す。具体的には、地上側の情報処理システムの高度化や空地通信ネットワークの拡充により、航空機が有する基本的な動態情報等を活用する。また、精緻化・高度化された気象情報の共有や時間管理手法を用いて、運航中の突発的な悪天の発生や到着空港の滑走路閉鎖等の状況変化にも迅速かつ柔軟な軌道調整を可能とする。

(3) 持続可能な航空輸送の実現（関連する目標：④）

CO2 排出量の削減が世界的に大きな課題として認識され、脱炭素化に向けた社会的要請が高まっていることを踏まえ、航空分野の脱炭素化を推進し、持続可能な航空輸送を実現する。具体的には、CDO³⁹や飛行計画経路の直行化⁴⁰のほか、RNP to ILS⁴¹、RNP-AR、LP/LPV 等の進入方式導入、航空機性能の向上等を推進する。また、運航者は、脱炭素化推進計画等に基づき、運航改善に向けた取組を主体的に進める。

加えて、NO_x や SO_x、飛行機雲についても地球温暖化に影響する可能性が指摘されていることから、TBO 等を活用した効率的な経路設定により環境負荷を低減する。

(4) 航空モビリティの多様化にも対応した空域の有効活用（関連する目標：①、②、④）

航空交通量の更なる増加や空域利用ニーズの多様化を想定し、空域の有効活用を推進する。

具体的には、航空交通の量や複雑性に応じた空域構成の動的な変更による管制リソース配分の最適化、データリンク及びシステムによる支援を活用した管制官の負荷軽減並びに航空機間の間隔を最小化することにより、空域容量を拡大する。また、運航者のニーズに沿った経路設定として、飛行計画作成時に任意の経路作成を可能とする UPR⁴²や飛行開始後に柔軟な経路変更を可能とする DARP⁴³を拡大することにより、運航効率の向上を図る。その結果、最適な高度を利用できる機会も拡大する。

さらに、今後は航空モビリティの多様化が進展していくと想定されていることを踏まえ、既存航空機と新たな航空モビリティの特性を考慮して安全性・効率性を担保した運用を実現していく。その際には、新たな航空モビリティについて、技術開発動向や国際動向を踏まえつつ、適切な装備要件や運航方式、運用ルール等を定める。

短期的には、空域毎にリスク評価を行った上で、既存航空機や航空モビリティの種別に応じて使用する空域を分離した運用を導入する。中長期的には、既存航空機と航空モビリティの間で適切な安全間隔を確保することで、統合的な空域の運用に移行していく。

³⁹ CDO (Continuous Descent Operation) : 到着機が降下を開始する最適な地点から計器進入開始点まで最適な降下率で継続して降下飛行する運航方式。

⁴⁰ 飛行計画経路の直行化 : 陸域において航空機は固定的に設定された公示経路に沿って飛行しているが、当該経路の一部を直行化することで短縮を図ることにより、効率化を図るための施策。

⁴¹ RNP to ILS 進入方式 (Required Navigation Performance to Instrument Landing System) : 従来の ILS 進入方式に RF (Radius to Fix) レグによる曲線経路を組み合わせることで、障害物を回避し、経路の短縮を可能とする方式。

⁴² UPR (User Preferred Route) : 運航者が運航機材、運航時刻、気象予報等を考慮して任意に飛行経路を作成する飛行計画方式。

⁴³ DARP (Dynamic Airborne Reroute Procedure) : 運航管理者が最新の気象状況等に基づき飛行中の航空機に対して最適な新ルートを計算し、航空機からの要求の後、管制機関からの経路承認が発せられる運用方式。

また、既存航空機と航空モビリティ全体の効率的な航空交通管理を実現するためには、航空モビリティが使用する空域及び運航に関する詳細情報を共有し、関係者間の調整が必要であることから、運航に関する各種希望（飛行意図）の共有・情報交換・調整の基盤（SWIM）の機能強化・サービス拡充を進める。

(5) レジリエンスの強化（関連する目標：①、③、⑤）

航空交通システムの堅牢性や冗長性の強化により、自然災害やシステム障害、サイバー攻撃等の不測の事態における運航への影響を低減する。特に、航空交通システムを支える技術的基盤である CNS のレジリエンスを強化する。

通信については、複数通信メディアによる同時接続を可能とすることで、メディア切り替え時の通信途絶を防止し、単一通信メディアに障害が発生した場合においても航空保安業務の継続性を確保する。

航法については、GNSS⁴⁴や周波数の冗長性の確保、電波状況の監視等により、電離圏嵐、妨害電波等の電磁的干渉による衛星航法への影響を極少化し、運航の継続性を向上させる。

監視については、複数の監視センサー（SSR、WAM、ADS-B 受信機等）を組み合わせることで覆域を多重化することにより、監視システムの相互補完を図り、信頼性を向上させる。

また、航空保安施設等の電力設備については、電源の冗長性を強化することにより、障害が発生した場合においても航空保安業務の継続性を確保する。

非常時の管制運用については、空港に設置したカメラ映像や監視センサーの活用によるデジタルタワー等の導入を進める。

空港運用については、事案発生後の早期復旧の観点から、多数の空港関係者間でのリアルタイムかつ円滑な情報共有を可能とするため、A-CDM の導入拡大を含め、TAM⁴⁵の実現を目指す。

(6) 国際連携の強化と海外展開の促進（関連する目標：①、②、③、④、⑤、⑥）

今後も国際線需要の増加が見込まれる中、航空分野における国際的な連携の重要性は益々増していくと考えられる。このため、ICAO 等の場において、TBO、Regional ATFM⁴⁶等の実現に向けた国際的なフレームワークに関する議論への参画を強化していく。これにより、SWIM を用いた外国管制機関との調整に基づく航空交通流管理を含め、地域レベルから航空交通を管理し、さらに世界的な ATM の高度化を目指して、TBO の実現に向けた運用方式の検討や実証試験等を積極的に進めていく。

そして、外国の管制機関、大学、研究機関等との意見交換や交流を通じて、最新の知見や技術開発の動向及びニーズを把握し、国際標準に適合した形で各種施策を進めていく。また、CARATS 等に関する我が国の取組について海外への情報発信も強化し、国際的な議論をリードする。

⁴⁴ GNSS (Global Navigation Satellite System) : 全地球的航法衛星システム。航空機から 3 つの航法衛星 (GNSS 用周回衛星) を捕捉することで各衛星からの距離を得るとともに、4 つ目の航法衛星からの信号で時刻合わせを行い、航空機の 3 次元での飛行位置を得ることができる航法システム。

⁴⁵ TAM (Total Airport Management) : 空港運用を最適化するためのランドサイドとエアサイドでの様々な事象や共有すべき情報を単一のプラットフォームに統合させ、総合管理することにより、効率性、定時性、回復力、環境パフォーマンスを向上させる仕組み。

⁴⁶ Regional ATFM : Asia/Pacific Regional Framework for Collaborative Air Traffic Flow Management に基づき検討されているアジア太平洋地域の各国が協力して地域全体の航空交通を効率的に管理し、遅延を最小限に抑えるための枠組み。

さらに、我が国の航空管制システムや CNS システムの海外展開に向けて、ICAO におけるガイドランス策定作業等に積極的に参画することにより、我が国の有する技術の国際標準化を推進しつつ、海外における認知度向上及び販路開拓に取り組んでいく。

今後の取組の方向性	短期(~2030年頃)	中期(~2035年頃)	長期(~2040年頃)	
①安全・安心対策の強化	A-SMGCS Lv.1/2	A-SMGCS Lv.3/4		
	DAPsの導入	DAPsの活用・機能向上		
	管制支援機能の高度化			
②軌道ベース運用(TBO)の実現	SWIMの導入(初期サービス)	FF-ICE/R1	FF-ICE/R2	TBOの実現
	Global SWIM			
	空地SWIM			
	サービス拡充			
	気象予測情報の高度化			
	CPDLCの高度化			
AMAN/DMAN/SMAN統合運用				
③持続可能な航空輸送の実現	空域境界のリアルタイム変更	FF-ICE/R1	FF-ICE/R2	TBOの実現
	SWIMサービスの提供/機能拡大			
④航空モビリティの多様化にも対応した空域の有効活用	空域境界のリアルタイム変更	動的空域編成		
	管制間隔の見直し(洋上)	管制間隔の見直し(陸域)	自律監視の実現	
	CDO	FF-ICE/R1	FF-ICE/R2	TBOの実現
⑤レジリエンスの強化	初期的バックアップ航法の導入	RNAV航法のバックアップの確立		
	IPを用いた通信ネットワークの構築			
	監視能力向上の研究開発	複数覆域化		
⑥国際連携の強化と海外展開の促進	国際的情報共有・協調的意思決定(国際ATM等)			
	システムの認知度向上・海外展開			

図 6 具体的施策の導入計画 (イメージ)

5. 今後の取組の進め方

(1) 関係者間の役割分担と連携

今後の取組の推進に当たっては、産学官がそれぞれの役割を協調的に果たしていくことが重要である。各関係者に期待される基本的な役割は、以下のとおりである。

① 運航者、航空関連メーカー（産）

運航者は、航空保安施設等の開発・整備に係る計画を踏まえつつ、必要となる機上装備について航空関連メーカーへ要望し、計画的に導入を進める。

航空関連メーカーは、運航者や管制機関のニーズを勘案し、新たな技術の開発・実用化に取り組むとともに、戦略的に海外展開を図り、国際的な航空交通システムの構築や技術レベルの向上に貢献していく。

② 大学、研究機関（学）

大学は、航空交通分野における研究活動の裾野を広げ、運航者や航空関連メーカー、管制機関等と連携して幅広く基礎技術の研究を進めるとともに、次代を担う人材の教育や育成にも力を入れていく。

研究機関は、運航者や航空関連メーカー、管制機関のニーズのほか、諸外国の動向を踏まえながら、新技術に関する分析・評価を行い、社会実装に向けた研究・開発を進めていく。

③ 航空局、関係省庁（官）

航空保安施設等の整備を計画的に行うとともに、新たな技術・運用方式の導入時には、必要に応じて基準や制度の策定や見直しを行う。また、CARATSの進捗を管理し、海外管制機関等の動向調査や連携を通じて関係者と協力して全体的な整合を確保しながら施策を推進するとともに、施策効果の測定や評価・分析を行い、目標実現に向けた施策の見直し等を随時実施する。

また、CARATS オープンデータ⁴⁷等を拡充し、その分析を通じて、管制サービスの高度化や新たな技術・運用方式の開発・導入につなげていく。また、様々な資金制度等も活用しながら、大学及び研究機関の研究開発を支援していく。

さらに、国際交通流管理の運用の高度化を含め、新たな技術・運用方式に関する国際基準の策定に向けて、ICAO等に積極的に働きかけていく。また、アジア太平洋地域等への技術支援を通じて、国際的な航空交通システムの構築に貢献していく。

(2) 施策の立案・推進・評価・見直し

CARATS 推進協議会⁴⁸は、今後の取組の方向性に沿って、各施策を計画的に推進していくため、中長期的なロードマップを立案・作成する。また、各施策の進捗等を踏まえつつ、必要に応じて

⁴⁷ CARATS オープンデータ：2015年より国土交通省航空局が提供を開始したオープンデータであり、実運用データを基にした大規模な航跡データ、空港の気象観測・予報値の通報に使用される電文形式でのテキストデータ及び気象レーダー観測のバイナリデータからなる気象データが含まれる。

⁴⁸ CARATS 推進協議会：学識経験者、運航者、研究機関、航空関連メーカー、航空局を含む関係省庁等の関係者の協調により、CARATSに基づく将来の航空交通システムの計画的な構築を推進するために設置される会議体。

今後の取組の方向性やロードマップの見直しを行う。

CARATS 推進協議会の下ワーキンググループ（WG）等は、国際動向や技術開発状況を総合的に勘案した上で、各施策の具体化を行う。その事業着手に当たっては、施策の効果を検証し、産学官で連携して計画的に推進する。その上で、各指標等を基に、施策の効果を定期的に検証し、効果が不十分な施策については、原因分析を行った上で施策の見直しや新たな施策の導入について検討を行う。

おわりに

航空交通システムは、運航者、管制官等の多くの関係者によって支えられている極めて複雑なものである。これまで航空交通システムは、事故等の発生を契機とした安全性の向上や航空交通量増大に対する要求に呼応して着実に進歩を遂げてきた。そして今、コロナ禍等を経て、脱炭素化に向けた社会的要請の高まり、新たな空域利用者の登場等かつてない変革期を迎えている。また、AI等のデジタル技術の著しい進化、国際情勢の不安定化等に見られるように、我々を取り巻く環境は日々刻々と変化し、先行きが不透明となっている。

こうした潮流の変化に適切に対応するため、新たな CARATS を指針として、産学官が一体となって、航空交通システムの再構築に向けて、研究開発や具体的施策を推進していく。また、取組の計画や方針を柔軟に見直し、継続的に更新していく。さらに、今後多くの専門家から知見を集めるとともに、産学官の多岐にわたる関係者が有するネットワーク内での水平展開を図っていく。同時に、CARATS で提唱された新たな技術・運用方式の社会実装に向けて、粘り強く啓発活動に努力していく。

最後に、革新的な航空交通システムへの挑戦を通じて、社会全体の変革と持続可能な発展につながることに期待する。

【作成予定の図表】

- 表紙及び各章の扉絵
- 新たな航空モビリティと既存航空機の 2040 年における航空交通に関する図解
- 4. 取組の方向性の各項目を端的に説明する図

【参考資料】

- CARATS ロードマップ
- CARATS 推進体制図
- 委員名簿
- これまでの検討経緯