

主なSDGs 関連項目



次世代小型航空機の活用を想定した 混雑空域の運用共存性の研究

2026年3月16日

一般財団法人 運輸総合研究所
平田輝満 菅生康史

本調査研究の概要

■ 調査研究名

首都圏空域の将来の利活用に関する研究調査

■ 調査研究の概要

- 将来の航空交通システムの技術革新や空飛ぶクルマなどの次世代航空モビリティの実用化を想定して、航空利用密度が高い首都圏空域を対象として、安全かつ効率的な空域の利活用の方向性、それを実現するための基準やルールづくり、規制について、諸外国の動向を踏まえ研究調査を行う。
- 2024年度は、諸外国における混雑空域の飛行経路に関する事例や関係者へのヒアリングを行った。2025年度は、これらの結果を踏まえて、飛行方式設定基準に基づき、より運航効率の高い飛行経路を作図するとともに、その実現可能性について検証を行う。加えて、既存の航空機と次世代航空モビリティが利用する空域や飛行経路の棲み分けやあり方について研究調査を行う。

■ 共同研究メンバー



平田 輝満
客員研究員



菅生 康史
研究員



松原 朋子
研究員



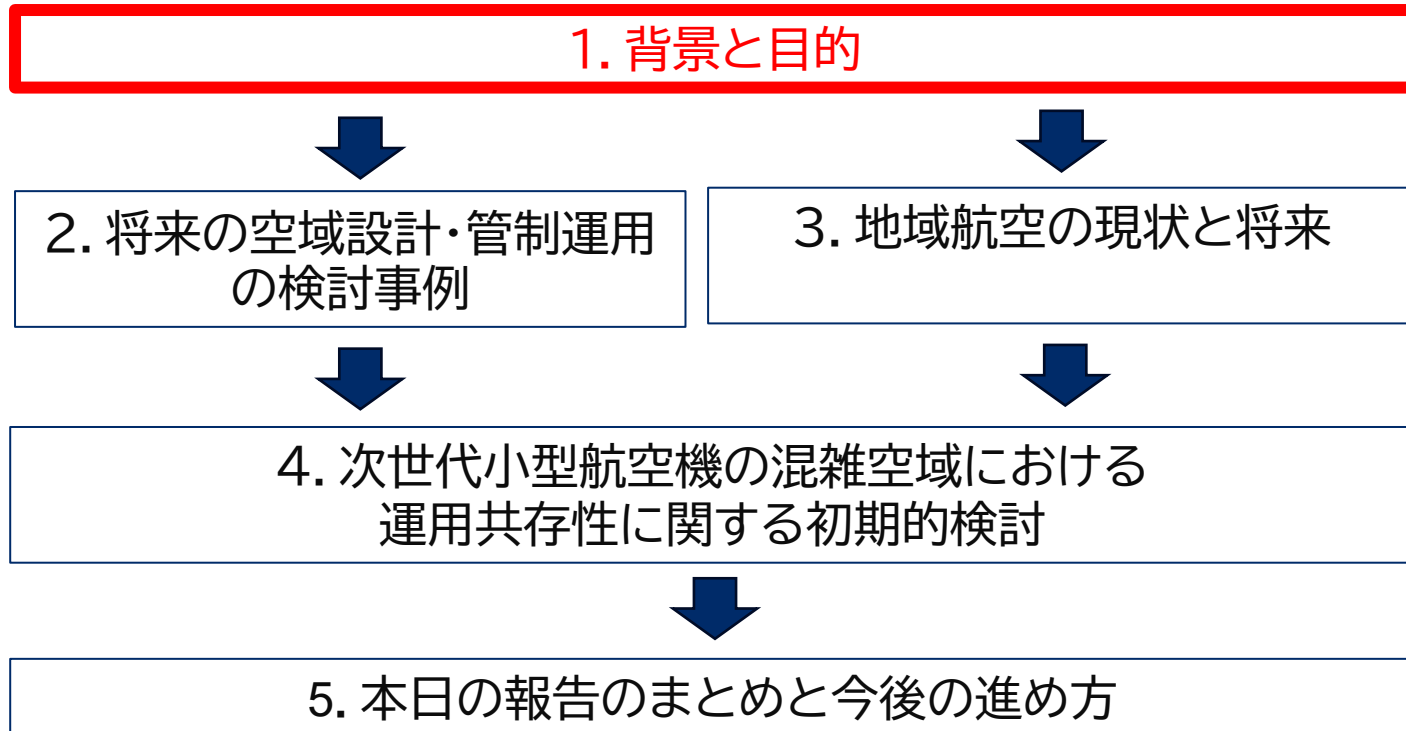
坂本 渉
研究員



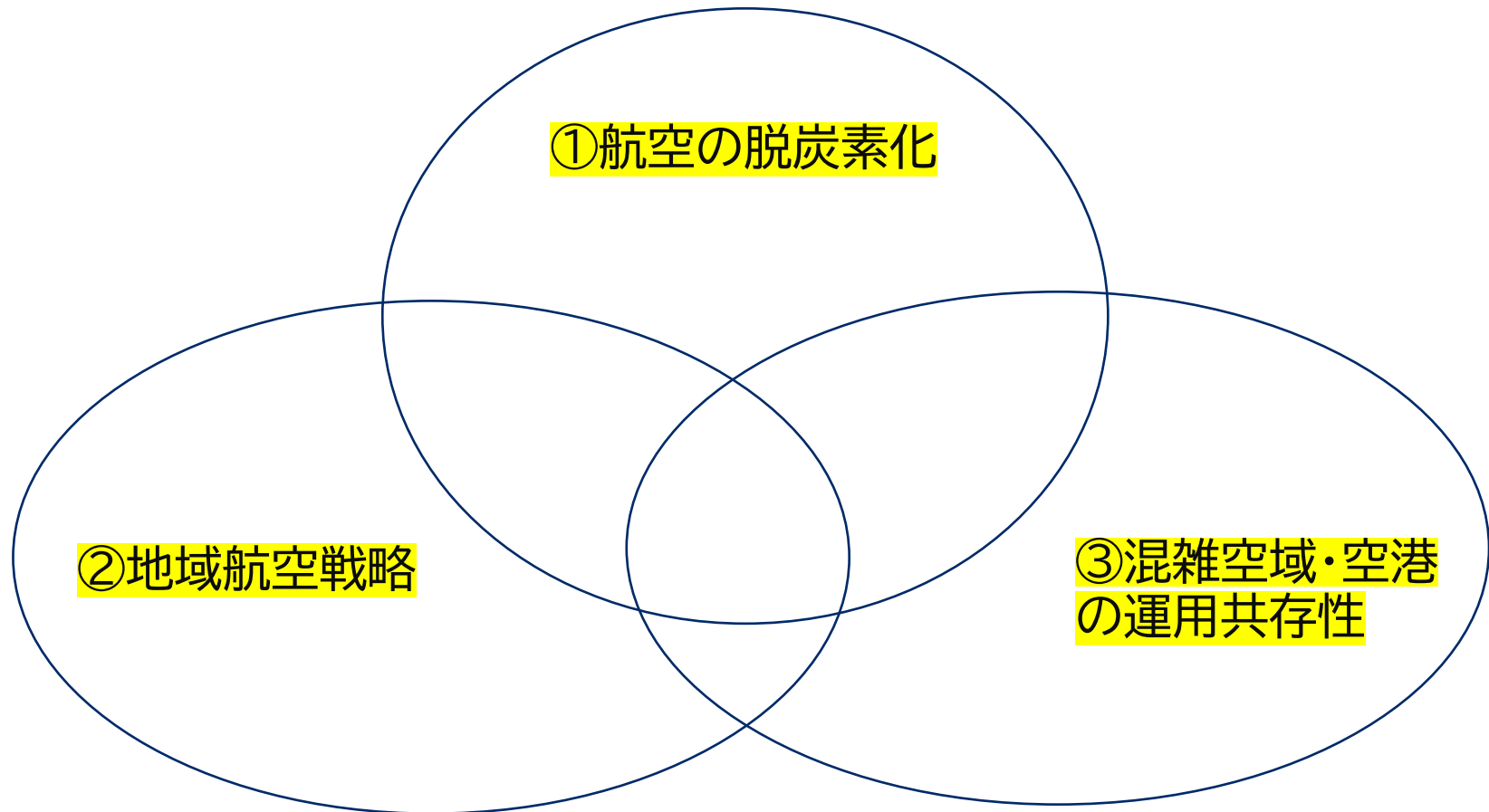
水田 早苗
主任研究員



小御門 和馬
前研究員



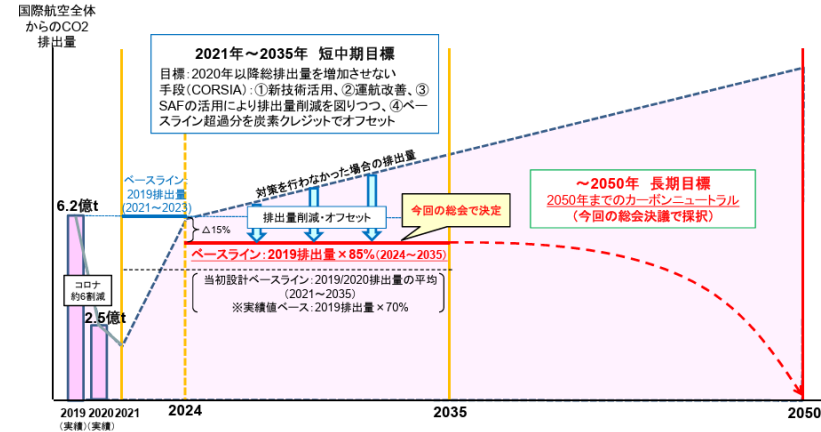
1-1. 背景:3つの視点～脱炭素・地域航空・混雑空域運用



1-1. 背景: ①航空の脱炭素

わが国の航空分野のCO₂排出削減目標

- 国際航空・・・ICAO
 - ✓ 2020年以降は総排出量を増加させない
 - ✓ 2050年までにカーボンニュートラル
 - ✓ CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation: 国際民間航空のためのカーボン・オフセット及び削減スキーム)
- 国内航空・・・パリ協定～地球温暖化対策推進法～航空脱炭素化推進基本方針と推進計画(航空法・空港法改正)
 - ✓ 2030年度までに単位輸送量当たりのCO₂排出量を16%削減(2013年度比)
 - ✓ 2050年までにカーボンニュートラル
 - ✓ 空港:2030年46%削減(2013年度比), 2050年炭素クレジット創出・利用拡大等



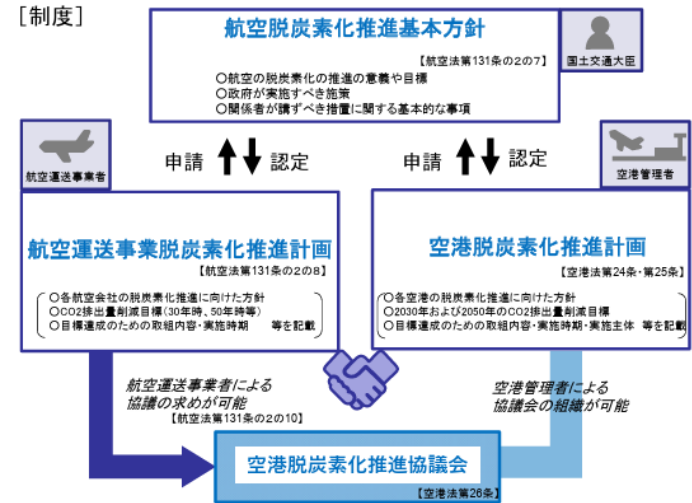
図出典) 航空局: <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001600749.pdf>



わが国の航空脱炭素化の取り組み: 3本柱¹⁾

- 持続可能な航空燃料(SAF)の導入促進
- 運航改善(管制の高度化等)
- 航空機材等への新技術導入(電動化・水素, 軽量化等)

本研究のターゲット



空港毎に、空港管理者、航空運送事業者、ターミナルビル事業者、給油事業者、のほか、空港脱炭素化推進事業を実施すると見込まれる者、地方自治体等で構成

図出典) 航空局: <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001986601.pdf>

1) 国交省航空局: 航空機運航分野におけるCO₂削減に関する検討会 https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk8_000004.html

1-1. 背景: ①航空の脱炭素化: 新機材導入のインセンティブ

- 世界各国で次世代の電動・ハイブリッド・水素航空機の開発が進展しているが、**小型機からの導入**が想定(バッテリー技術・重量制約など)
- 一方で、短中期的には電動・水素化のコストや小型機の座席当たりコストの問題(長期的には環境コストも加味しつつ、電動化による低コスト化も期待)



社会実装のためには**導入インセンティブ**が必要

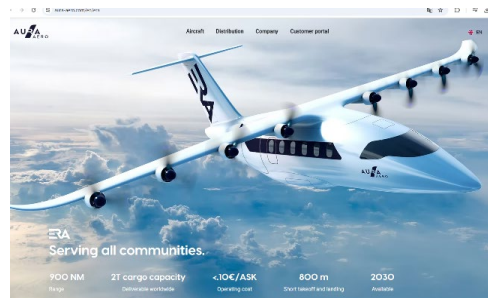
例)

- ✓ 脱炭素貢献に対する金銭的インセンティブ(補助金, 炭素税, 排出権取引制度など)
- ✓ **運航におけるプライオリティ(短縮経路の優先活用など)**



Diamond Aircraft Industries: eDA40
(2-3seat), electric. 217km

<https://www.diamondaircraft.com/en/service/electric-aircraft/>
(オーストリア)



AURA AERO: ERA(19seats), hybrid,
1500km

<https://www.aura-aero.com/en/era>
(フランス)

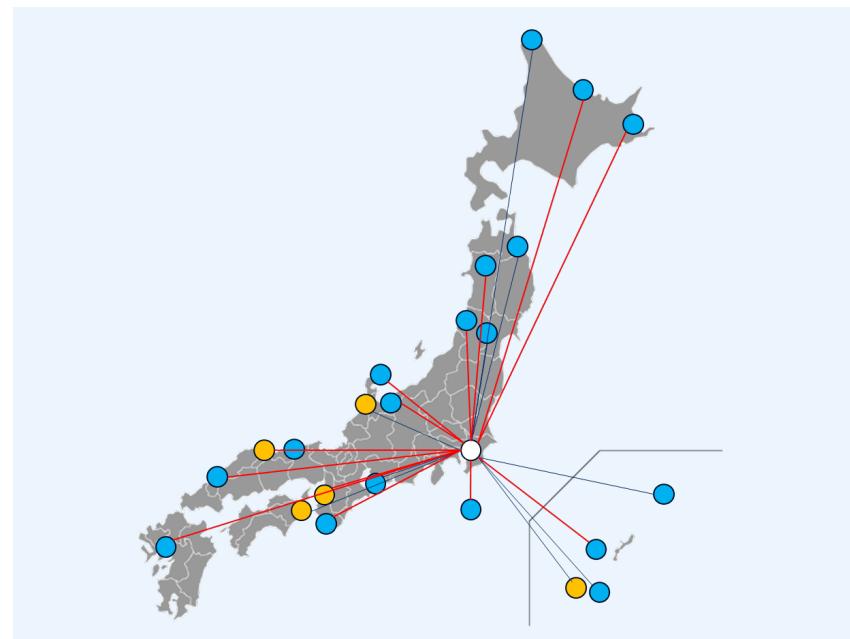


Heart Aerospace: ES-30 (30/25seats), 200/800km
*(all-electric/ hybrid)

<https://heartaerospace.com/es-30/>
(スウェーデン→米国)

1-1. 背景: ②地域航空の現状と今後の戦略は？

- 地方部では人口減少の対策の一環として、交流・関係人口の拡大に取り組んでおり、**首都との交通利便性の確保は重要。**
- 特に都心へのアクセスだけでなく、路線ネットワークが充実する**羽田空港との接続が重要。**
- 一方、わが国の国内航空の現状としては人口減少、新幹線との競合、燃料価格の上昇などの影響で**経営環境は厳しい。**
- 需要減少に対しては機材の小型化が必要になるが、**機材の小型化は、「座席当たりのコスト増」が懸念事項。**



- 脱炭素型の次世代小型航空機の利活用と一体で地域航空戦略を描く必要はないか？

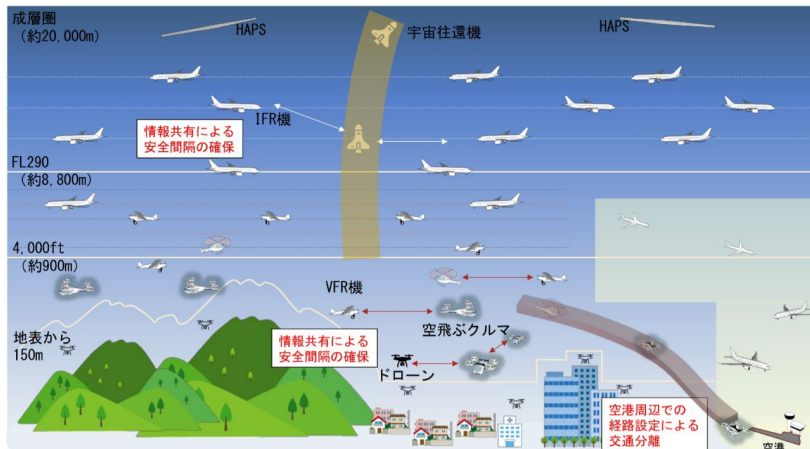
1-1. 背景：③混雑空域における多様な航空機の共存方法と空域設計

- もし、電動小型航空機を混雑する首都圏空域・空港への乗り入れすることを想定した場合、その飛行特性からみた**運用の共存性**の課題はなにか？ ⇒特に**既存機との飛行速度の差異**
- 一方で、国内外でAdvanced Air Mobility(AAM)*の開発と実装が進展し、それらを既存航空機のための空域との共存性を考慮しながら、安全で効率的に運航するための**運航管理システム**の**開発や空域設計概念**, Vertiport(垂直離着陸用飛行場)の設計開発も様々に検討されている。

(*ドローンなどの無人航空機(UAV:Unmanned Aerial Vehicle)や電動垂直離着陸機(eVTOL:Electric Vertical Take-Off and Landing, 空飛ぶクルマ)など)



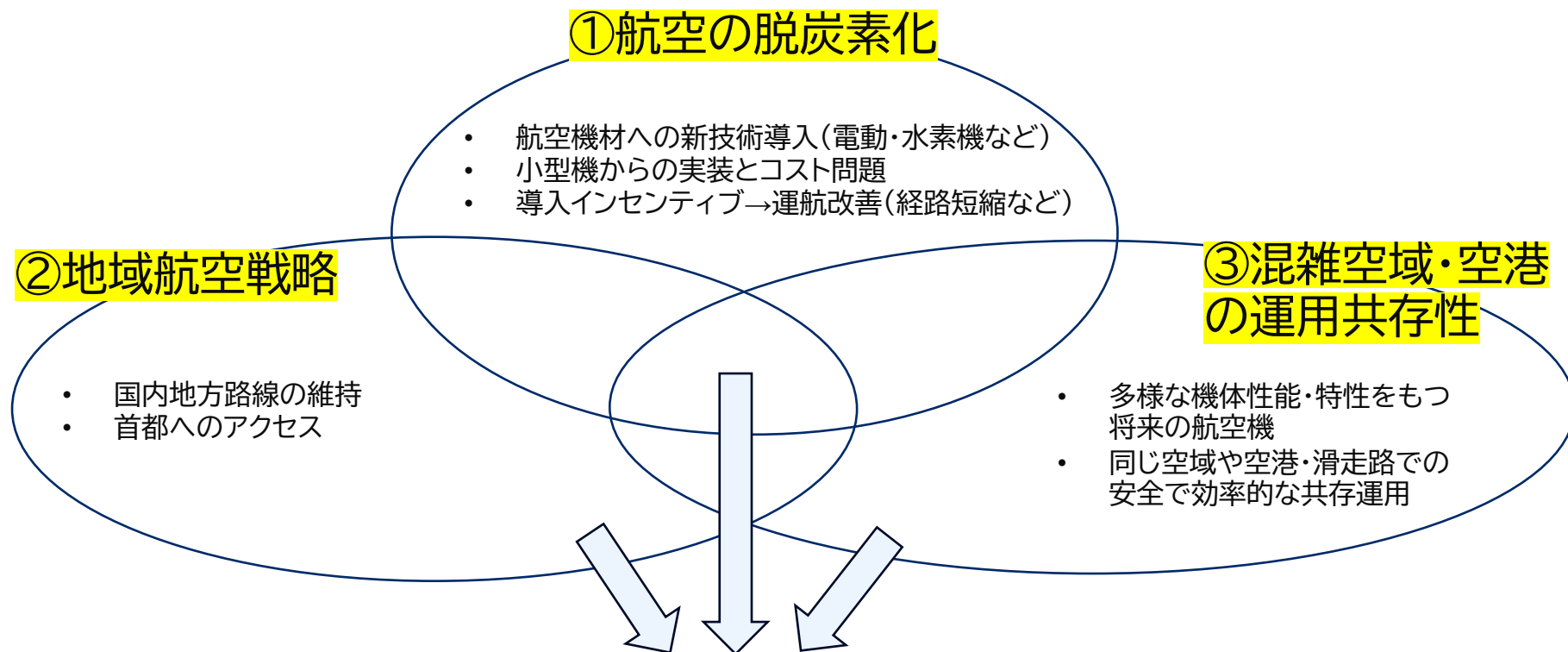
- 垂直離着陸(VTOL: Vertical Take-Off and Landing)機だけではなく、固定翼型の次世代小型機(STOL: Short-TOL, CTOL: Conventional-TOL)も考慮した混雑空域・空港での**運用共存性**を検討する必要性はないか？**
- そのような多様な航空機を想定した首都圏空域の**将来の利活用のポテンシャル**は？



運用共存性(本研究における定義):

多様な航空機が技術的に同じ空域や空港を共有して、安全かつ効率的に運航や管制運用ができるかどうか、どのようにすればできるか？
例)低速の小型機を既存のジェット機とともに混雑空港に滑走路容量を低下させずに離着陸させることができるか？

1-2. リサーチクエスチョン



脱炭素型の次世代小型航空機による
将来の地方と首都圏の持続可能な航空ネットワーク形成の可能性と
それを支える首都圏空域・空港の運用の方法を検討する必要があるか？

1-3. 目的

将来(2030年代後半～2040年代)を想定し、
次世代小型機を活用した将来の地域航空戦略および首都圏空域における運用共存性に関する課題と対策案を検討



1. 国内外における将来の多様な次世代空モビリティ・航空機の開発動向, 空域設計と運用コンセプトに関するレビュー
2. 海外の将来の地域航空戦略に関する調査とわが国の地域航空への次世代航空機の活用可能性の分析
3. 首都圏空域・空港における次世代電動航空機などの運用共存性に関する分析と運用コンセプトの検討・提案(今回の報告は羽田空港を対象に検討)

1-4. JTTRI・JITTIの航空に関する従来の研究と調査



空港政策・空港経営

成田空港の鉄道アクセス改善に関する調査研究
(2021-2022)

空港における混雑・過密問題と対処政策のあり方に関する研究(2020-2022)

我が国の空港民営化が航空会社の空港選択と地域の観光振興にもたらす影響に関する研究(2020-2021)

空港経営改革について～空港の民営化、更なる発展にどうつなげるか～(2013)

羽田空港の国際化の効果等に関する調査(2011-2013)

地方空港の活性化に関する研究(2006-2009)

地方航空路線の撤退要因と維持・拡充に係る研究
(2014.10) 橋本安男



次世代航空・新領域

弾道飛行等による大陸間輸送に関する法的諸問題に関する研究調査(2024-2025)

空飛ぶクルマに関する米国の政策の動向について
(2022-現在)

航空管制・空域設計

首都圏空港将来像検討委員会(2007-2009)

混雑空港の容量拡大方策と騒音負担のあり方に関する研究(2006-2013)



航空市場・産業構造

長距離国際線におけるLCC(LHLC)の拡大に係る研究
(2018-2020)

新型コロナウイルス感染症による航空業界への影響およびその対応策(2020-2025)

航空分野における気候変動対策に関する調査研究
(2020-2023)



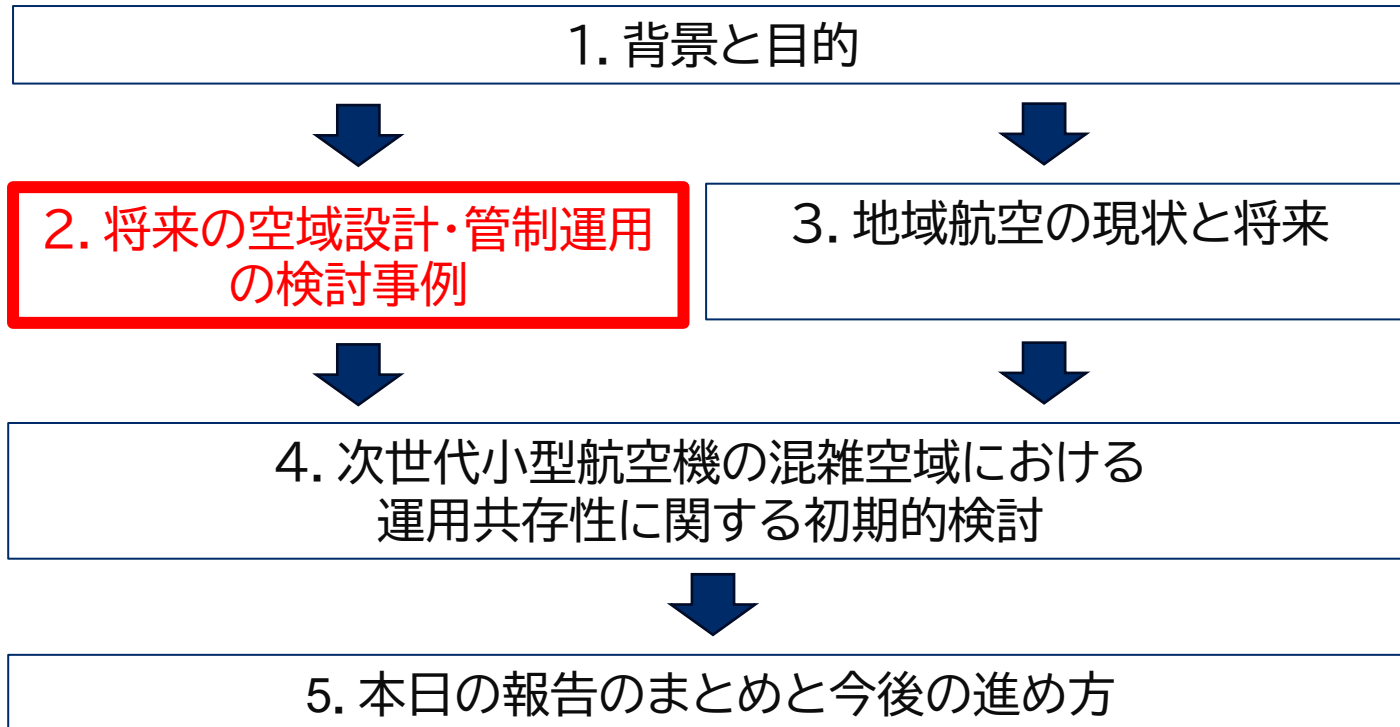
国際動向・比較分析

国際航空シンポジウム

「アジア・太平洋地域の国際航空の将来」(2019)、「航空サステナビリティの実現に向けた課題と協力」(2023)、「日米ASEANの連携で拓く航空コネクティビティの未来」(2025)

米国航空業界の需給・競争環境・政策動向・空港運用等を毎年、定点観測的に調査・分析・レポート公表(2019-現在)

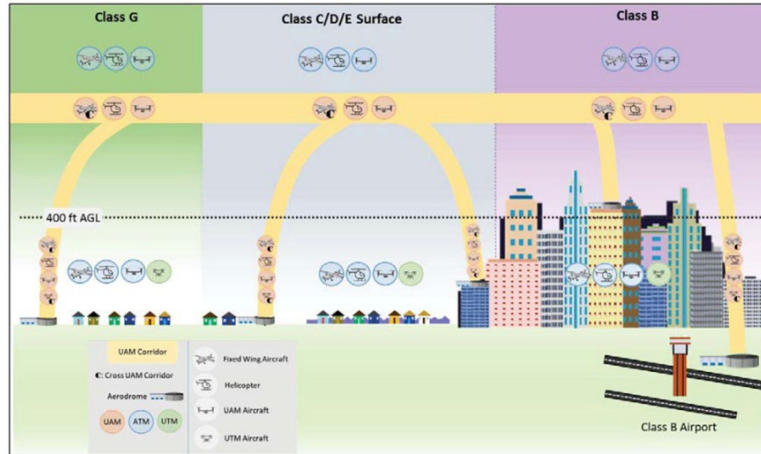
※Italic字はJITTIの活動



2-1. Advanced Air Mobility(AAM)の運航管理と空域設計に関する検討

米国

FAA Nextgen UAM (Urban Air Mobility) ConOps¹⁾



Source: FAA Nextgen UAM Conops v1.0

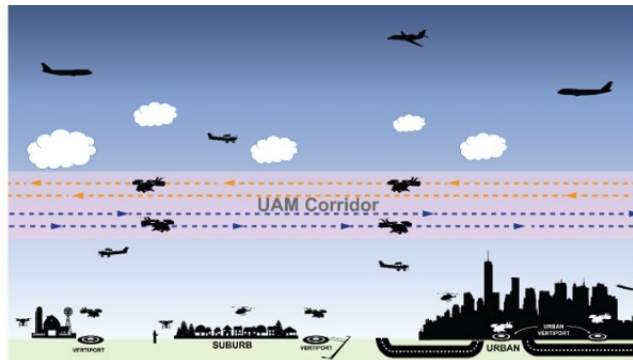


Figure 7: UAM Corridor with Multiple Tracks

- 低高度帯のコリドーやレーン設計, コリドー内運用, 空港周辺の管制圏の通過または空港乗り入れのためのコリドーなどのコンセプト提案

参考情報⇒釣慎一朗研究員: 米国における「空飛ぶクルマ」に関する政策の最新動向—取り組みの進展と今後の展望—, 第164回運輸政策コロキウム〜ワシントン・レポートXXII〜, 2025年

NASA UAS(Unmanned Aerial Systems) traffic flow control²⁾

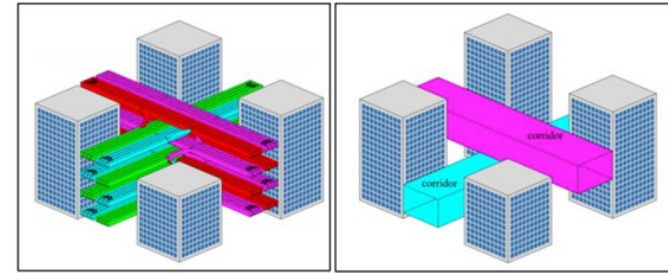


Fig. 10. NASA UAS traffic flow control: Composition of airspace structures: sky-lanes (left) and corridors (right) [22].

MITRE Airspace integration concept³⁾

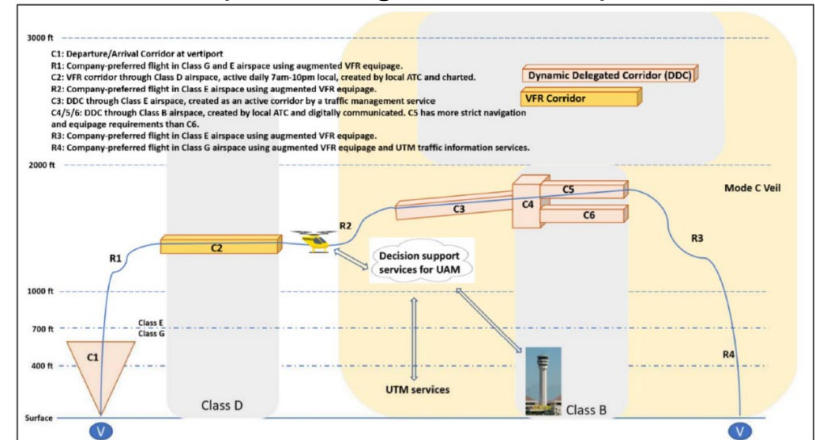


Fig. 11. Airspace integration concept by MITRE [143].

図出典) Aleksandar Bauranov, Jasenka Rakas: Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches, Progress in Aerospace Sciences, Volume 125, 2021, 100726.

1) https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/Urban%20Air%20Mobility%20%28UAM%29%20Concept%20of%20Operations%202_0_1.pdf
 2) <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/04/2017-jang-scitech-2017-0449-508.pdf?emrc=94c1cd>
 3) <https://www.mitre.org/sites/default/files/2021-11/pr-19-00667-9-urban-air-mobility-airspace-integration.pdf>

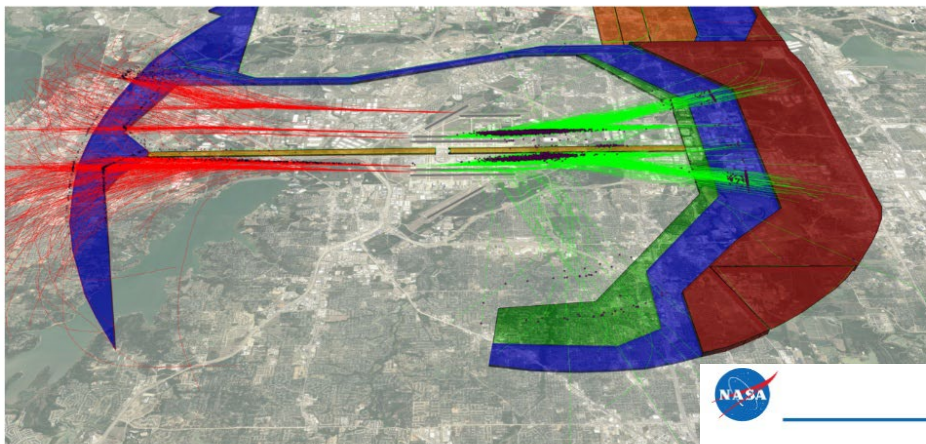
2-1. Advanced Air Mobility (AAM) の運航管理と空域設計に関する検討

NASA: 空港周辺のUAMコリドー空域検討例¹⁾



Design of Corridors

Step 3: Use historical track data to identify if the airspace identified for UAM airspace is de-conflicted from legacy traffic using the wake criteria

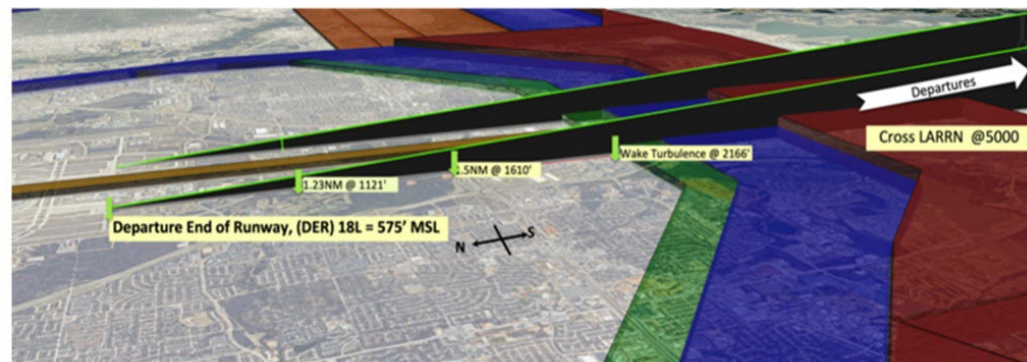


Arrivals and Departures for DFW in South Flow



Design of Corridors

Step 2: Identify the airspace with the wake advisory criteria using published Instrument Approach Procedures (IAP) and Standard Instrument Departures (SID)



Standard Instrument Departure for South Departure into DFW

- 既存の空港離着陸経路と独立で運用可能なUAM用空域の分析例

1) S. Verma et al., "Design and Analysis of Corridors for UAM Operations," 2022 IEEE/AIAA 41st Digital Avionics Systems Conference (DASC), Portsmouth, VA, USA, 2022, pp. 1-10, doi: 10.1109/DASC55683.2022.9925820.

2-1. Advanced Air Mobility(AAM)の運航管理と空域設計に関する検討

欧州

SESAR U-SPACE¹⁾



Fig. 12. SESAR's U-space airspace concept [145]. X – low risk, Y – medium risk, Z – highest risk.

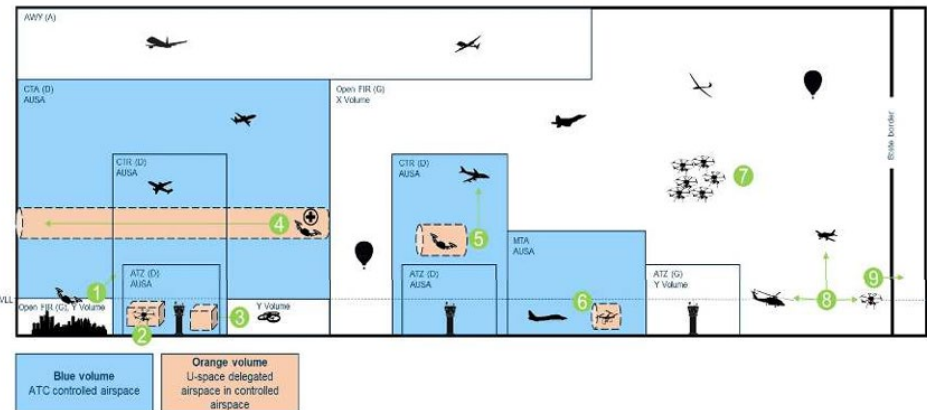


Figure 13 AURA scenario with airspace predominantly controlled by ATC

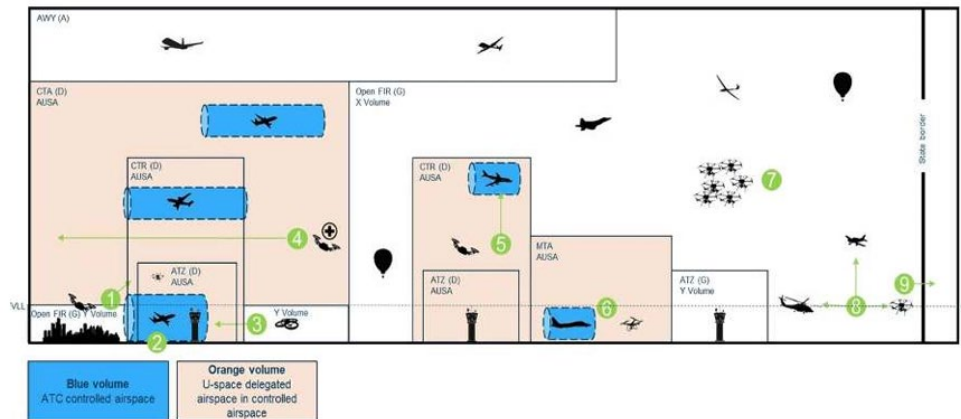


Figure 14 AURA scenario with airspace predominantly U-space

図出典) Aleksandar Bauranov, Jasenka Rakas: Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches, Progress in Aerospace Sciences, Volume 125, 2021, 100726.

1) <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20CONOPS%204th%20edition.pdf>

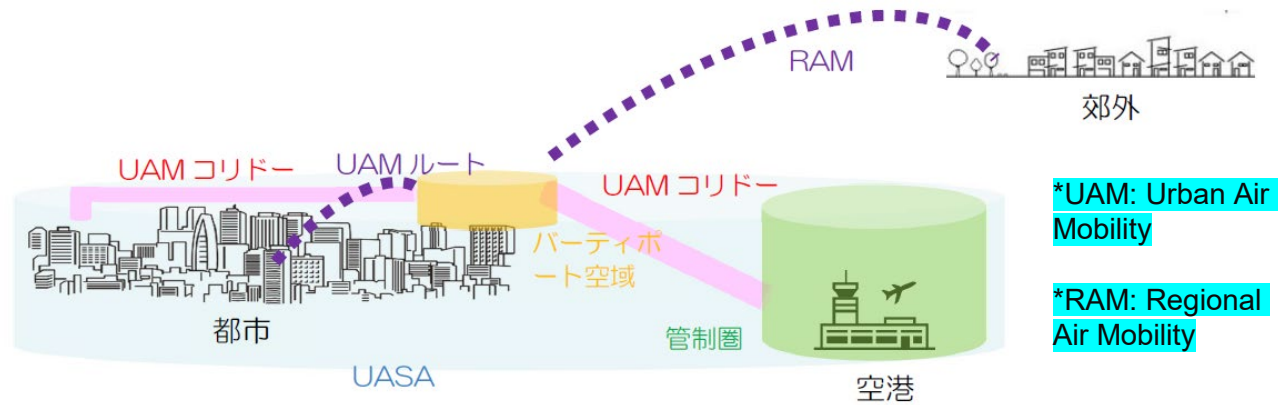
2-1. Advanced Air Mobility(AAM)の運航管理と空域設計に関する検討

日本

空の移動革命に向けた官民協議会： 空飛ぶクルマの運用概念

第1版 2023年3月, 第1版改訂A 2024年4月

- * 都市内モビリティ(UAM)と地域型モビリティ(RAM)
- * 専用のコリドーやルート設計



図出典) <https://www.mlit.go.jp/koku/content/001739488.pdf>

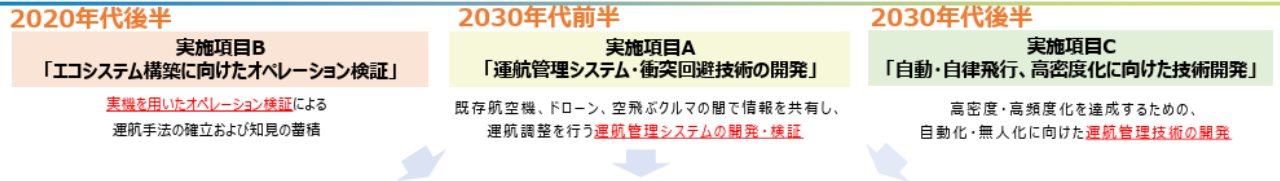
経産省・NEDO:

ReAMoプロジェクト

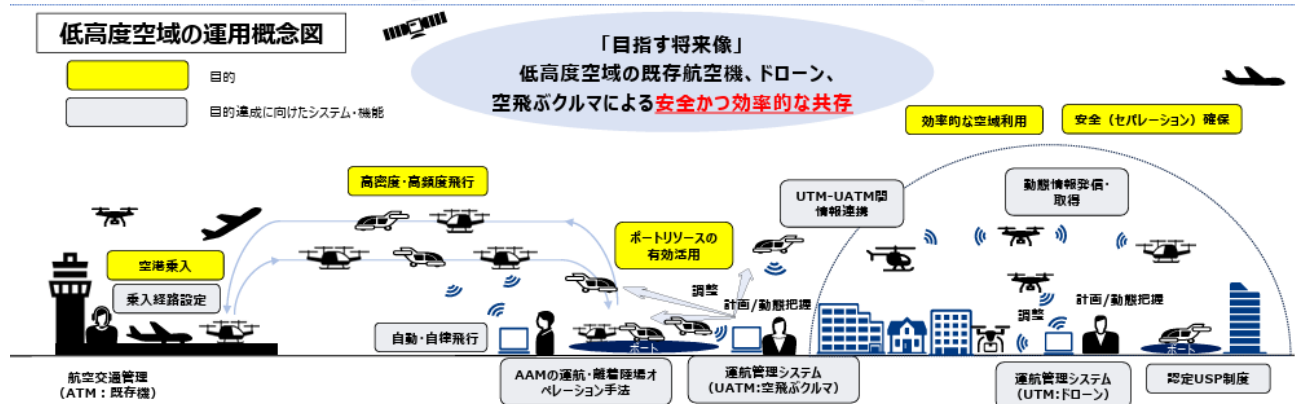
(次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト, Realization of Advanced Air Mobility Project)
2022~2026年

* 低高度空域における既存機, ドローン, 空飛ぶクルマの間の情報共有, 運航管理, 空港(内の専用ポート)への乗り入れの方法に関する技術開発

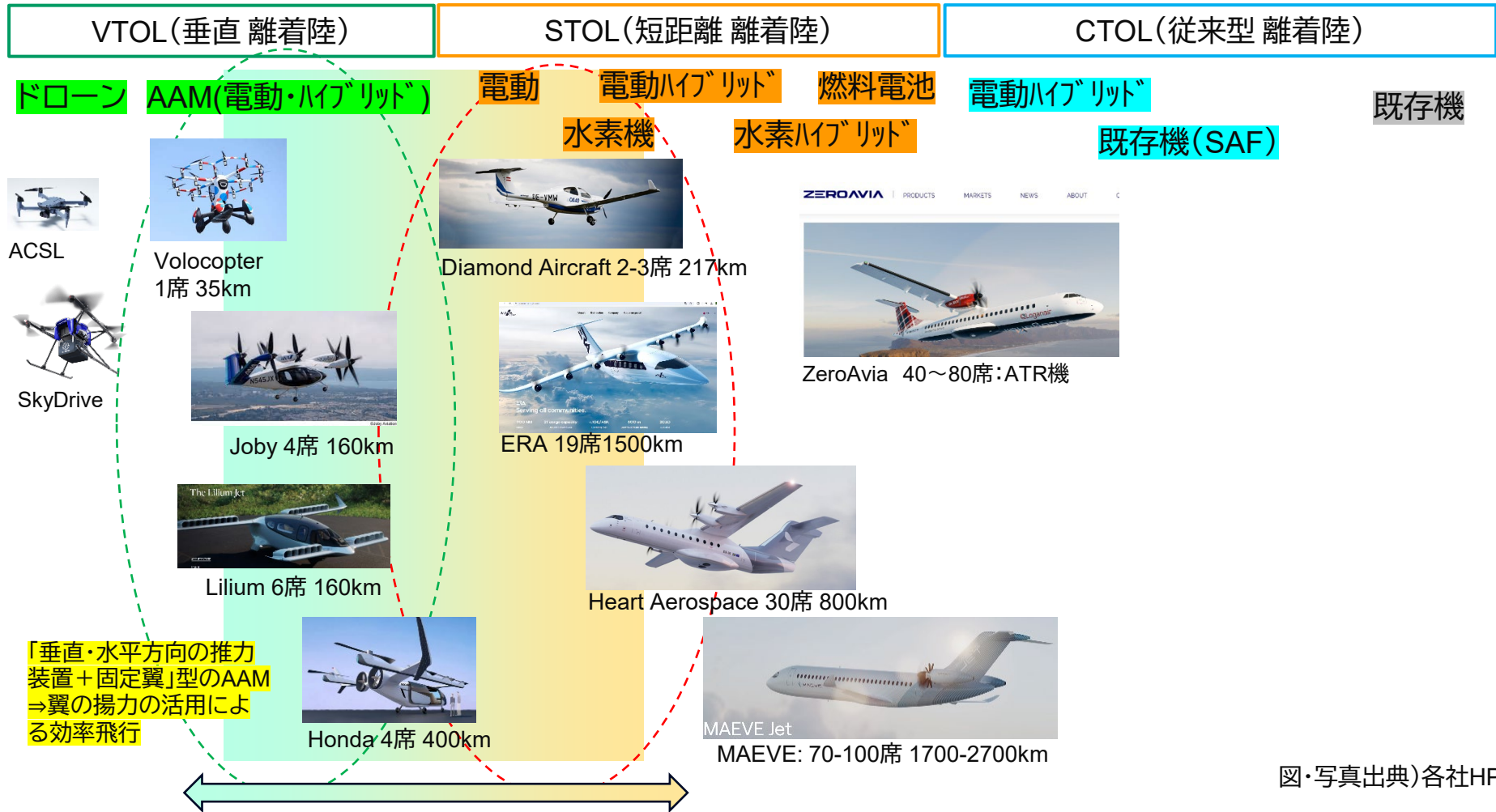
1. 事業概要説明/1.2 研究開発の概要 ReAMoが目指す運航管理の将来像



低高度空域の運用概念図



2-2. 多様な次世代航空機の特性と混雑空港乗り入れ

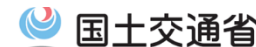


「ハイブリッド・パワードリフト型の有翼AAM」と「小型電動ハイブリッド航空機」の飛行・利用特性は近い? (「地域型モビリティ (RAM)」と「地域航空」)

有翼AAMと小型電動機 (STOL機) の混雑空港利用を想定した空域・滑走路運用の検討は少ない ⇒ 既存の航空管制・航空交通管理 (ATM) の世界とAAMの都市内運航管理 (UATM) の境界?

2-3. わが国の将来の航空交通システムに関する長期ビジョン: CARATS2040

将来の航空交通システムに関する長期ビジョン2040(CARATS2040)の概要



※CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems

- 航空需要の増大、脱炭素化に向けた要請の高まり、デジタル技術の進化等の状況変化に的確に対応し、産学官が連携して研究開発や社会実装を推進するため、2025年6月、「将来の航空交通システムに関する推進協議会」(座長: 榎井鉄雄 東京科学大学特命教授)において、2040年を目標年次とする「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン2040(CARATS2040)」→革新的な航空交通システムへの挑戦」を策定。
- 本ビジョンに基づき、PDCAサイクルを通じて、安全・安心対策の強化はもとより、軌道ベース運用(TBO)や持続可能な航空輸送の実現を目指すとともに、空域の有効活用やレジリエンスの強化に取り組み、国際的な連携・協力の下、安全を最優先に利便性の高い持続可能な航空交通システムを構築していく。

1. 安全・安心対策の強化

AI等のデジタル技術を活用したヒューマンエラーの検知、航空機の自動誘導等により、滑走路上の安全性を向上



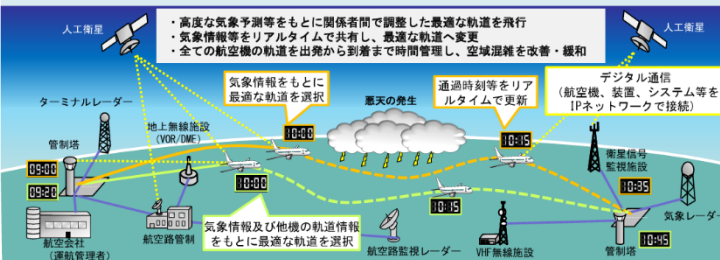
4. 航空モビリティの多様化にも対応した空域の有効活用

- 短期的には、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
- 中長期的には、既存航空機と新たな航空モビリティが安全に共存する統合的な空域運用へ移行



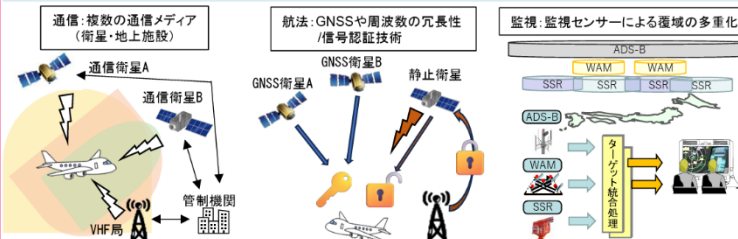
2. 航空機の最適な運航のための軌道ベース運用(TBO)の実現

航空機の出発から到着までの軌道をリアルタイムで時間管理し、円滑で効率的な運航を実現



5. レジリエンスの強化

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



3. 持続可能な航空輸送の実現

運航方式の改善や効率的な経路設定により、環境負荷を低減



6. 国際連携の強化と海外展開の促進

- ICAOにおける議論やガイダンス策定作業等に積極的に参画
- ODA、JICA技術協力プロジェクト等を通じて、日本の技術・運用ノウハウ等をパッケージ化して海外展開



2-3. わが国の将来の航空交通システムに関する長期ビジョン: CARATS2040

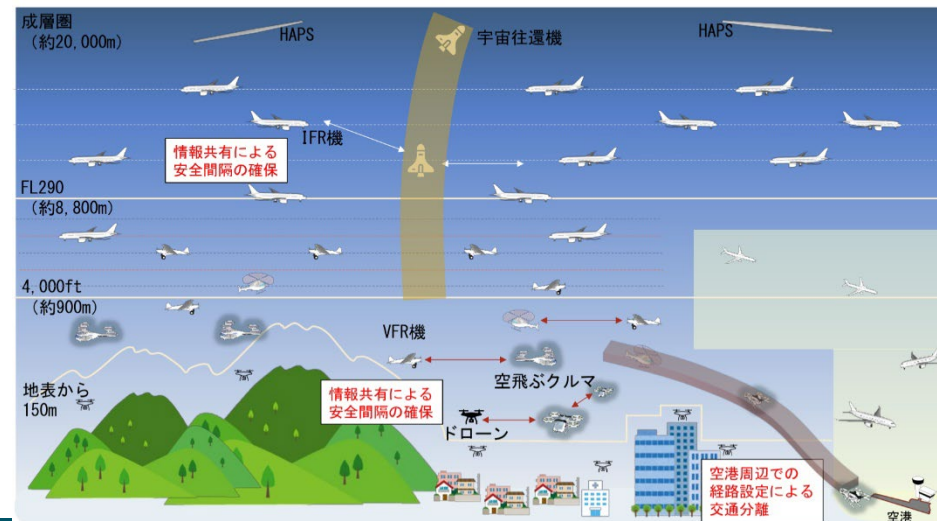
4. 航空モビリティの多様化にも対応した空域の有効活用

- ・短期的には、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
- ・中長期的には、既存航空機と新たな航空モビリティが安全に共存する統合的な空域運用へ移行

既存航空機と新たな航空モビリティの共存



- ・ 短期的には空域分離
- ・ 中長期的には統合的な空域運用へ移行



図出典) 国交省航空局: 将来の航空交通システムに関する推進協議会
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001895904.pdf>

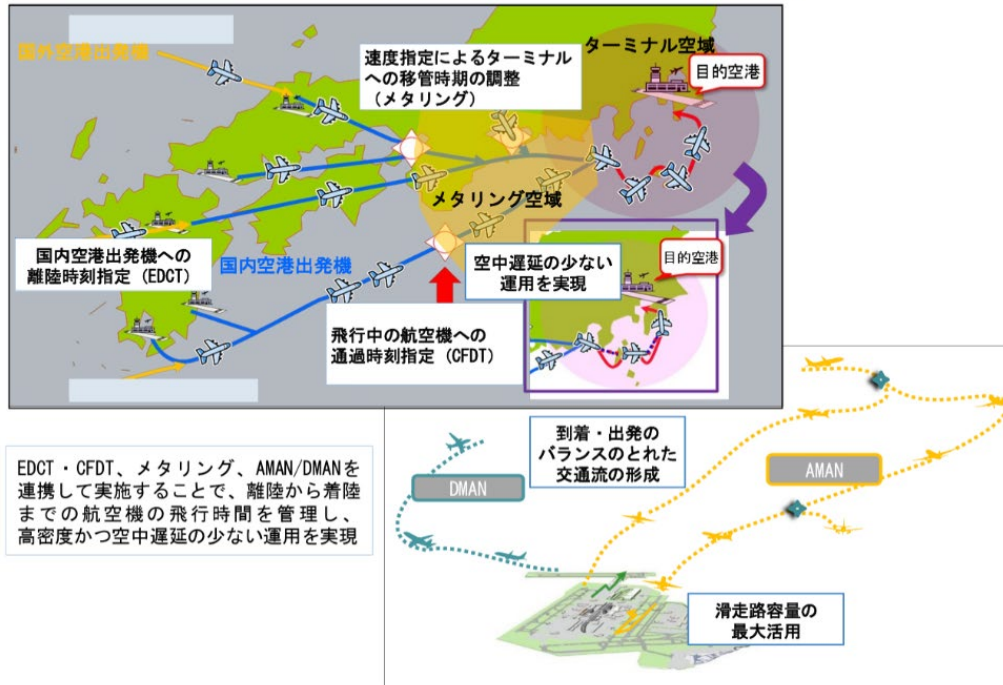
2-3. わが国の将来の航空交通システムに関する長期ビジョン: CARATS2040

初期的TBO



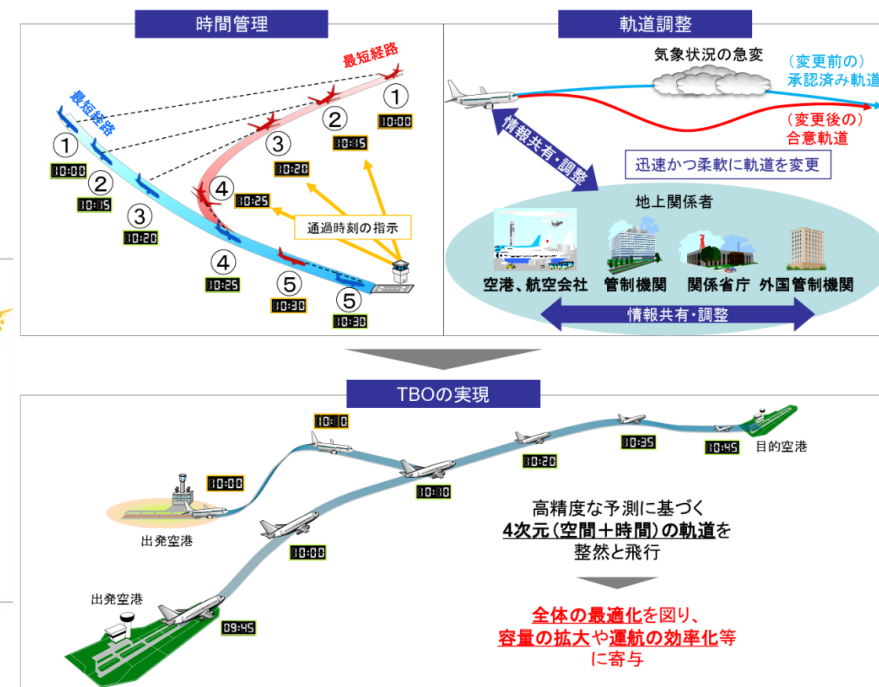
フルTBO

図表 4-8 TBOの初期的対応としての時間管理運用



*TBO: Trajectory Based Operations (軌道ベース運用)

図表 4-7 TBOの概念

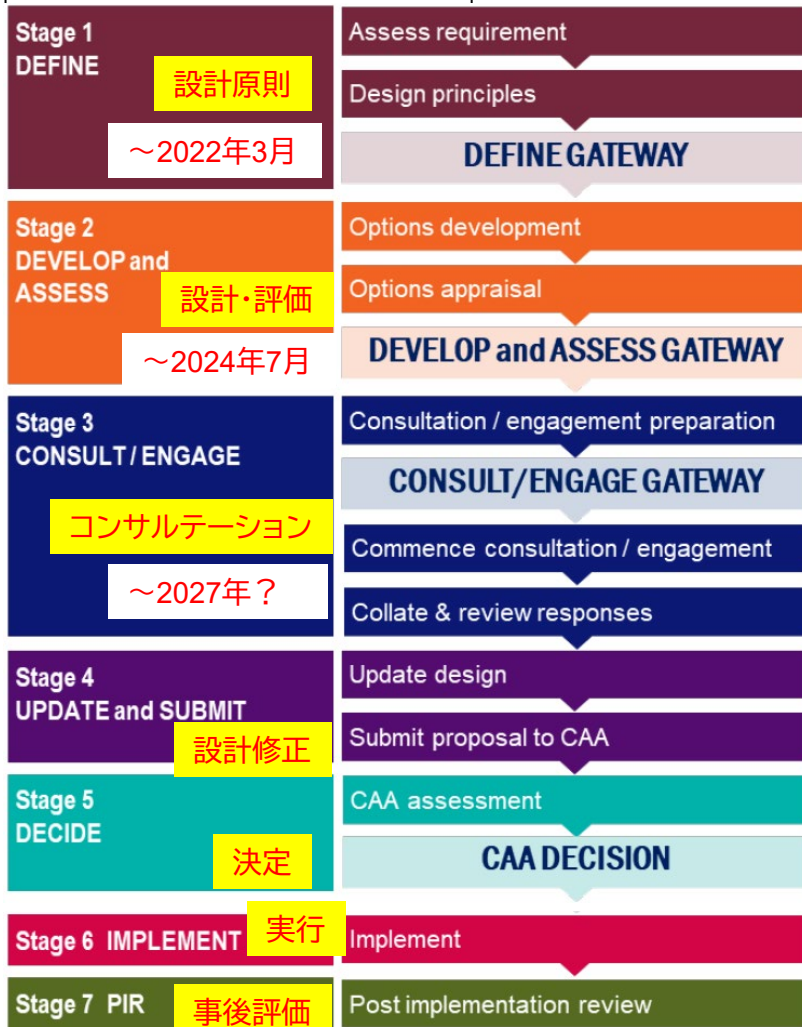


- 混雑空港の到着機に対するTBOのイメージ
- 事前の時間調整で到着直前空域での混雑を緩和し、着陸時の交通管制をスムーズに
- 着陸前の経路合流も4次元軌道(空間+時間)で管理する将来像

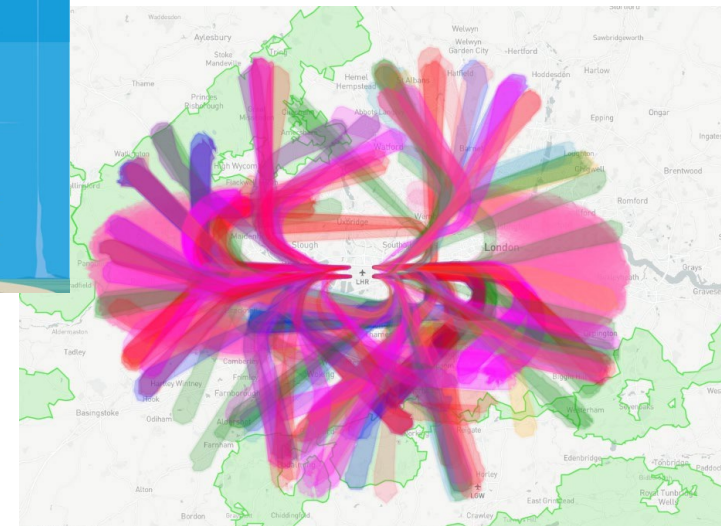
2-4. 混雑空域の離着陸経路の再編プロジェクト

ロンドンやNYなど、世界の主要首都圏空域で継続的な空域再編が実施

ロンドンの空域再編プロセス



ヒースロー空港の出発到着ルート検討:
ステージ2終了時点の全ルートオプション
(7,000フィートまで)

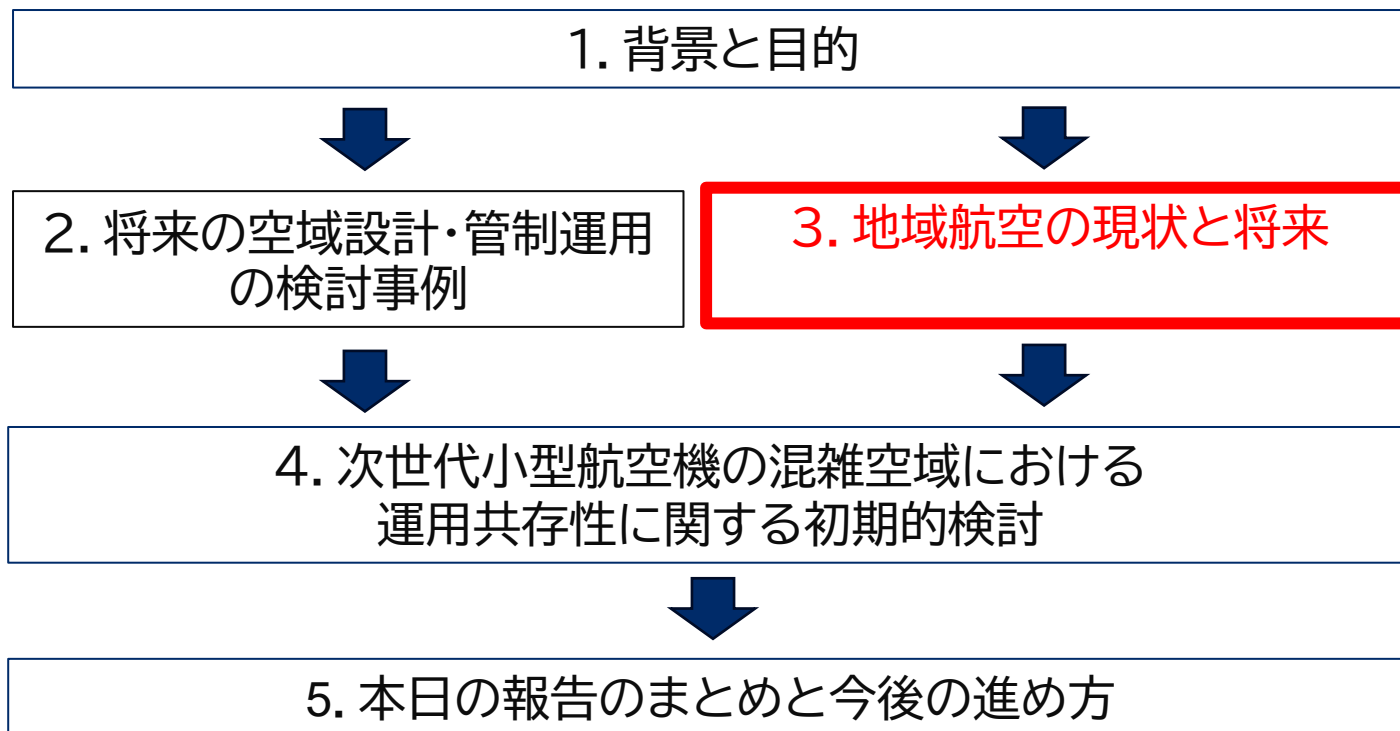


次世代の航法技術の最大活用, CO2排出・騒音影響
など改善に向けた空域の活用ポテンシャルを検討

出典) ・英国CAA: Airspace Change Process CAP 1616 version 5.1,
<https://www.caa.co.uk/publication/download/25767>
 ・Heathrow Airport; Heathrow Airspace Modernisation (FASI South),
<https://airspacechange.caa.co.uk/PublicProposalArea?pld=386>

セクション2のまとめ

- AAM(VTOL)の運航管理システムと既存機の空域共存手法の検討が盛ん
- 次世代小型機(STOL機)の運用共存性についての検討は少ないか？
- 海外の主要な首都圏空域での空域・航空路の再編・空域活用ポテンシャルの分析と検討事例



3-1. EUの地域航空戦略 公共サービス義務(PSO)の基準

- EUでは活動原則を定めた欧州連合運営条約(TFEU:Treaty on the Functioning of the European Union)第174条で掲げる「経済、社会、地域の結束」にとって必要と認められた路線が選定される。
- 選定される路線は、「遠隔地域」「開発途上地域」であり、それぞれ首都からのアクセスの困難さ、地域経済の相対的な脆弱さという地理的な不利の解消という社会政策への対応が理由である。
- また、「低需要路線」として選定される路線も、市場の失敗への対応である。
- なお、鉄道の所要時間3時間未満で一定の頻度がある都市間には、航空のPSOは適用されない。

表 PSO(Public Service Obligation)として選定される可能性がある路線

区分	焦点	主な判断指標・基準	主な目的	具体的な補足・制限
遠隔地域 Peripheral region	地理隔離性 (アクセスの困難さ)	<ul style="list-style-type: none"> 首都等からの距離 隣接する他国の主要中心地(EU本部等)との距離 	<ul style="list-style-type: none"> 地理的に不利な遠隔地の住民の「足」の確保 主要都市との接続性の維持 	<ul style="list-style-type: none"> 離島や移動に多大な時間を要する地域が典型的 他国との国際路線が設定される場合もある
開発途上地域 Development region	地域の経済状況	<ul style="list-style-type: none"> 1人当たりGDP(EU平均の75%未満or国内平均と比較して低い場合) 失業率の高さ 	<ul style="list-style-type: none"> 航空路線の維持により経済成長を促す 雇用創出や社会的結束の支援 	<ul style="list-style-type: none"> 接続性が10%向上すると、1人当たりGDPを0.5%向上させる効果があるとされる
低需要路線 Thin Route	路線の需要規模	<ul style="list-style-type: none"> 年間旅客数の少なさ 明確な数値基準はないが、年間10万人を超える場合は通常認められない 	<ul style="list-style-type: none"> 市場原理のみでは維持できない最低限のサービス(継続性、頻度、価格、容量)を保証する 	<ul style="list-style-type: none"> 地域特性に関わらず、利用者の少なさによる「市場の失敗」がある場合に適用 旅客だけでなく貨物・郵便の輸送を目的とすることもある

出所: Interpretative guidelines on Regulation (EC) No 1008/2008 of the European Parliament and of the Council — Public Service Obligations (PSO)を基に事務局作成

3-1. EUの地域航空戦略 Open PSO と Restricted PSO

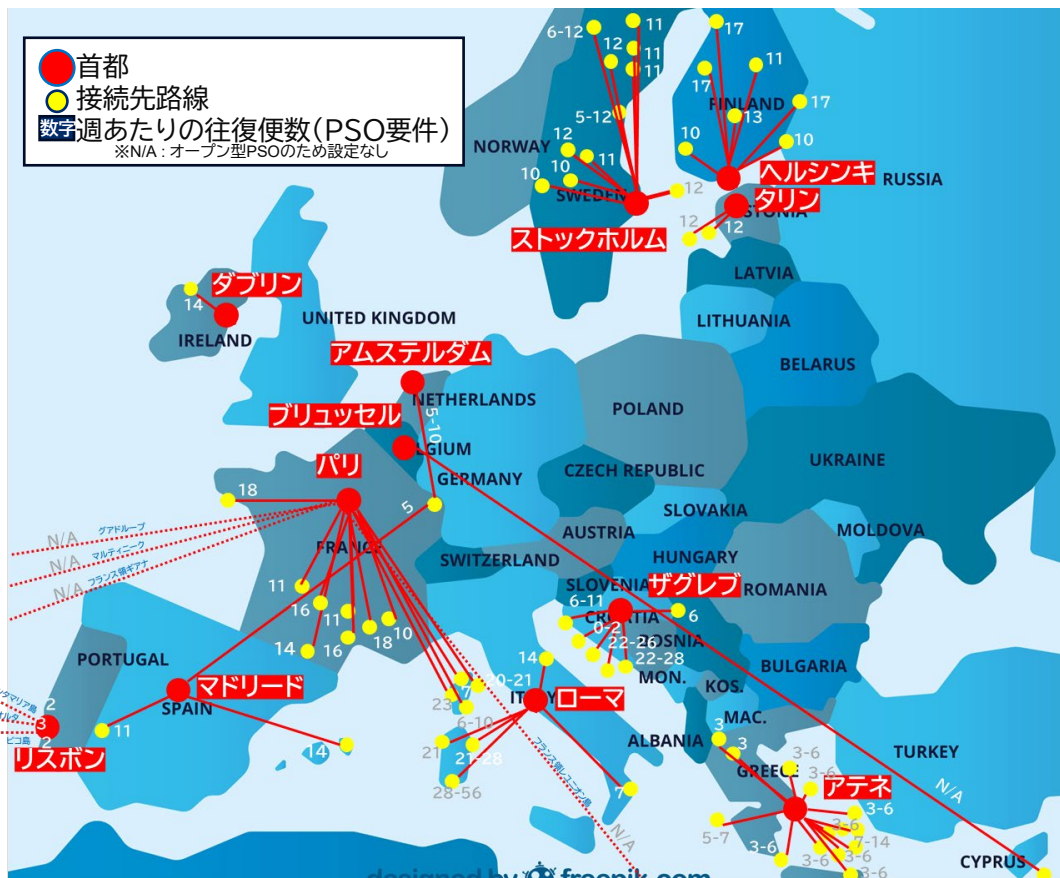
- 鉄道やバスのPSOでは対象路線を指定し、競争入札を経て、契約に基づき公共が民間事業者に対して補助金と独占権を付与。一方、航空のPSOでは加盟国が対象路線を選定の上、サービス水準(便数、運賃、座席数等)を明示することは同じだが、まずは、商業目的に拠る航空会社の自由参入(Open PSO)を期待する。
- その上で、航空会社の参入がない場合、加盟国は公開入札により1社を選定の上、運営事業者として認定し、補助金と排他的運営権を付与(Restricted PSO)。

表 航空と鉄道・道路交通におけるPSOの違い

項目	航空サービスの運営 (EU規則 1008/2008)	鉄道・道路の公共旅客輸送サービス (EU規則 1370/2007)
路線認定主体	<ul style="list-style-type: none"> • 加盟国 ※関係する他の加盟国との協議、および欧州委員会、関係空港、航空運送事業者への通知が必要。	<ul style="list-style-type: none"> • 当該地域の機関等(自治体、公社等) ※鉄道、バスの路線認定権限を有する主体
認定までの方法	①路線を選定しサービス水準を提示 ② 運営希望者を募集 ⇒希望者が当該路線を運営(補助金/独占権無し) ③(希望者がいない場合)公開入札 ④落札者を認定(補助金/独占権あり)	①路線を選定しサービス水準を提示 ②原則は競争入札 ③落札者を認定(補助金/独占権あり)
契約・運営期間	<ul style="list-style-type: none"> • 特定の1社に運営を制限する場合、最長4年。 (但し、最遠隔地域への路線は最長5年まで可能で、期間終了後に状況を再検討)	<ul style="list-style-type: none"> • バスは最長10年、鉄道・軌道系は最長15年。 (資産の減価償却状況や最遠隔地域などの理由により、最大50%の延長が認められる場合があり)

3-1.EUの地域航空戦略 EUにおける首都を結ぶ地域航空路線

- EUにおいてPSOが適用された路線は11カ国165路線(2024年度末時点)
- また、そのうちEU各国の首都を結ぶ路線が69路線。
- これらの路線はEUの政策に基づき、首都と遠隔地域の接続を実現。



出所: 欧州委員会 (European Commission), "List of Public Service Obligations (165 routes as of 11/3/2024)", 2024. を基に事務局作成

69 首都と結ぶ路線
165 PSO適用路線

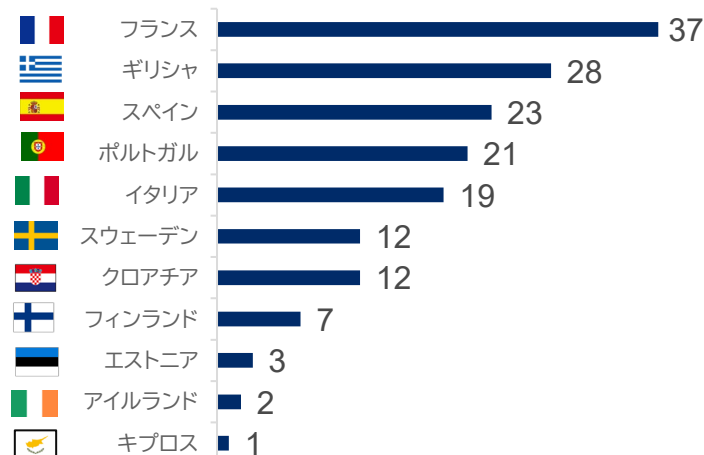


図 国別のPSO路線 (地方側の国で集計) ※2024年3月時点)

図 首都と結ぶPSO路線(69路線)

3-2.羽田空港の現状 羽田空港の運用状況と低頻度路線への対応

- 羽田空港には少数便路線の維持・拡充を促す仕組みが2つ。
- 1つ目は、「1便ルール」であり、運航しない場合は運航可能な事業者に配分。2つ目は、「3便ルール」であり、3便以下の路線の発着枠の転用先は、他の3便以下路線のみに制限。
- 日本では羽田空港の発着枠の規制を通じて首都への地域航空路線の確保に取り組んでいる。

表 羽田空港における1便・3便ルールの対象路線

路線	旅客数	ANA	JAL	SKY	ADO	SNJ	SFJ
新千歳	7,626,303	17	16	8	11.6		
福岡	7,519,871	19	17	13			8
那覇	5,839,562	13	12	6		3	
大阪	4,452,084	15	15				
鹿児島	2,067,879	6	8	4		4	
熊本	1,603,149	5	8			5	
広島	1,479,716	9	8				
長崎	1,345,102	4	6			3.9	
松山	1,222,100	6	6				
宮崎	1,131,295	5	6			5.9	
関西	1,075,568	5	3				4
高松	1,014,574	6	7				
大分	1,012,763	4	6			4	
函館	930,413	3	3		2		
旭川	829,678		4		3		
神戸	829,439	2		6			
北九州	815,228		4				10.7
小松	812,486	4	6				
高知	784,102	5	5				
徳島	761,284	4	6				
岡山	747,695	5	5				
山口宇部	684,290	3	4				3
秋田	597,491	5	4				
石垣	541,634	2	2				
帯広	532,275		4		3		

路線	旅客数	ANA	JAL	SKY	ADO	SNJ	SFJ
出雲	483,697		5				
青森	442,585		6				
釧路	418,878	1	3		2		
米子	392,828	6					
宮古	389,740	2	1				
女満別	379,324		3		2		
佐賀	321,107	5					
岩国	297,855	5					
鳥取	281,169	5					
庄内	261,155	4					
三沢	244,334		4				
南紀白浜	229,669		3				
富山	191,114	3					
八丈島	183,616	3					
中部	183,573	1	2				
大館能代	142,839	3					
能登	108,017	2					
下地島	107,257			1			
石見	104,477	2					
山形	94,277		2				
奄美	91,709		1				
稚内	91,308	1					
中標津	54,072	1					
紋別	50,113	1					
久米島	15,165						

<凡例>

 3便ルール

 1便ルール

※2024年6月時点

※ 会社ごとの便数は、期首認可時における令和5年3月1日～3月25日の1日あたりの往復便数。

※ 久米島は7月後半～8月のみJALが1往復/日の運航。

(出典)「航空輸送統計年報(令和4年度)」、運航計画から航空局作成

3-3. 将来の可能性 羽田路線における低需要、低効率路線の持続性

- 羽田空港では50路線中23路線は、「運航効率L/F70%以下」「路線需要10万人台/年」「1・3便ルール対象」のいずれかが相当し、需要や運航効率が比較的低い。
- 当該路線の維持を前提とすると、日本の人口減少下(2040年度対2025年度比は10%程度)でも運航効率を高められる小型機の活用ニーズは少なくとも今よりは高まる。

<凡例>

※2024年6月時点のみの情報を前提

- 1便・3便ルールの空港
- 上記以外の空港

- L/F 70%以上の路線
- L/F 70%未満の路線

緑文字 10万人台/年以下
※将来的な10万人未満への懸念



表 リストアップした23路線の輸送実績

区間	旅客数	座席数	1便あたり座席数	1便あたり平均旅客数	座席利用率 (%)
下地島	109,688	127,971	177	152	85.7
宮古	498,210	582,618	269	230	85.5
奄美大島	94,711	118,338	164	132	80.0
山形	104,300	136,610	95	73	76.3
三沢	273,596	366,432	126	94	74.7
中部	261,393	350,694	160	119	74.5
稚内	112,957	159,339	169	120	70.9
小松	867,778	1,239,046	172	120	70.0
徳島	945,784	1,350,550	192	134	70.0
関空	1,191,822	1,712,675	197	137	69.6
佐賀	463,760	667,670	185	128	69.5
久米島	16,618	24,090	165	114	69.0
中標津	81,383	119,362	166	113	68.2
富山	237,873	348,622	162	111	68.2
米子	584,548	858,419	198	135	68.1
庄内	353,816	521,062	162	110	67.9
南紀白浜	234,234	352,596	164	109	66.4
鳥取	398,540	602,700	168	111	66.1
石見	134,437	218,341	152	94	61.6
紋別	71,737	119,472	166	100	60.0
八丈島	201,113	337,595	164	97	59.6
大館能代	189,802	335,366	154	87	56.6
能登	67,807	138,083	154	76	49.1

出所:航空輸送統計(2024年度)を基に事務局作成

図 羽田発着路線の旅客数と便数(3便以下 or L/F70% or 10万人台/年)

3-3. 将来の可能性 羽田空港への将来的な就航可能性

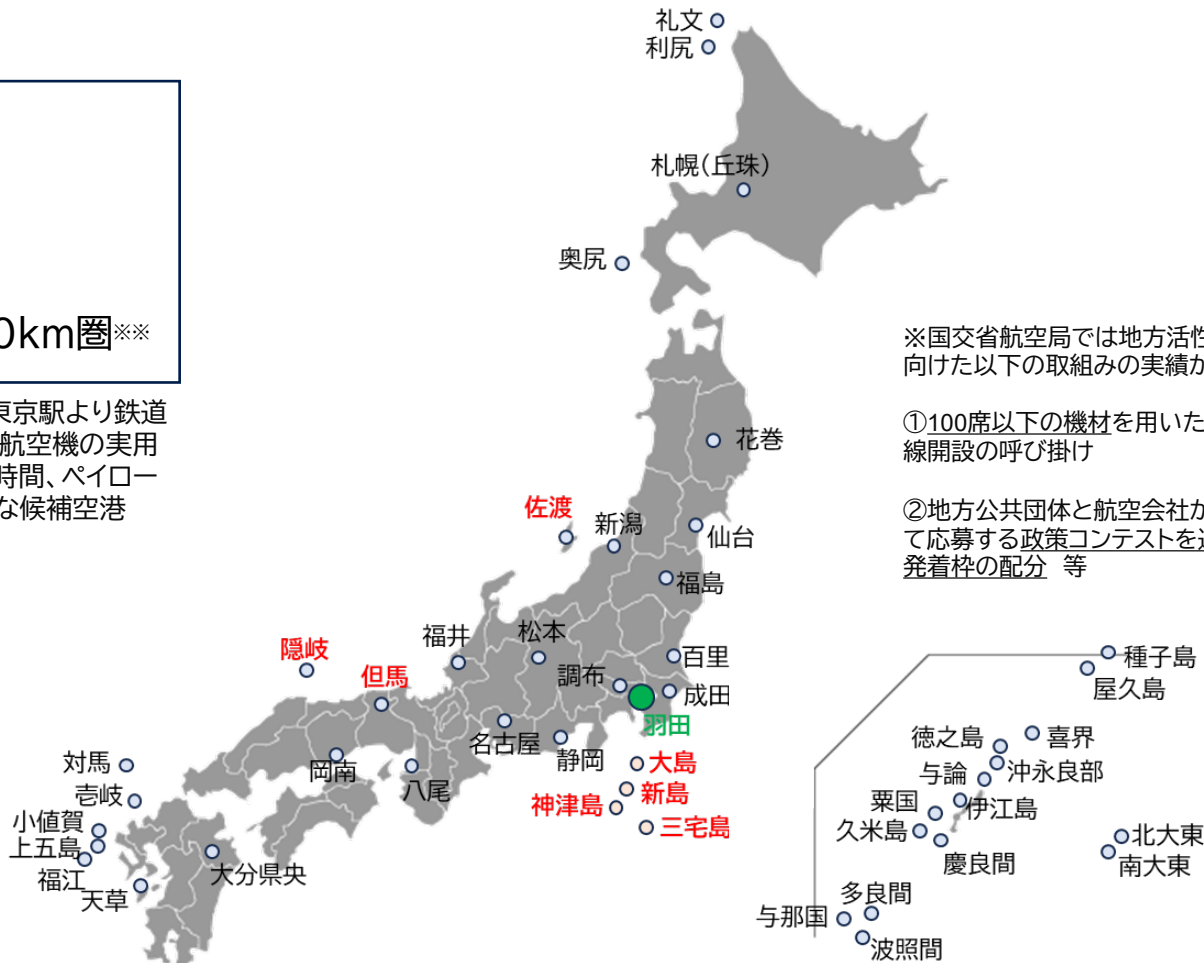
- 日本版のPSO相当として、「首都(羽田空港)への直通便がなく、鉄道所要時間3時間を超える33路線を対象とし、かつ、仮に水素航空機の実用性能を想定すると、伊豆諸島、佐渡、但馬、隠岐等からの路線就航も考えられる。

<凡例>

- 羽田路線なし
- 調布飛行場路線あり

赤字 日本版PSO及び600km圏※※

※※...羽田に直行便がない空港のうち、東京駅より鉄道利用で所要時間が3時間以上であり、水素航空機の実用性能600km程度(1日運航可能回数、充填時間、ペイロード、予備燃料等)を想定した場合の地理的な候補空港



※国交省航空局では地方活性化に向けた以下の取組みの実績がある。

- ①100席以下の機材を用いた新規路線開設の呼び掛け
- ②地方公共団体と航空会社が連携して応募する政策コンテストを通じた発着枠の配分 等

出所:国交省HP資料を基に事務局作成

図 羽田空港への直行便がない空港・飛行場とEUのPSO路線相当の路線

Supported by 日本財団 THE NIPPON FOUNDATION

3-4. 日本の地域航空のまとめ

① EUの地域航空路線の確保への取組み

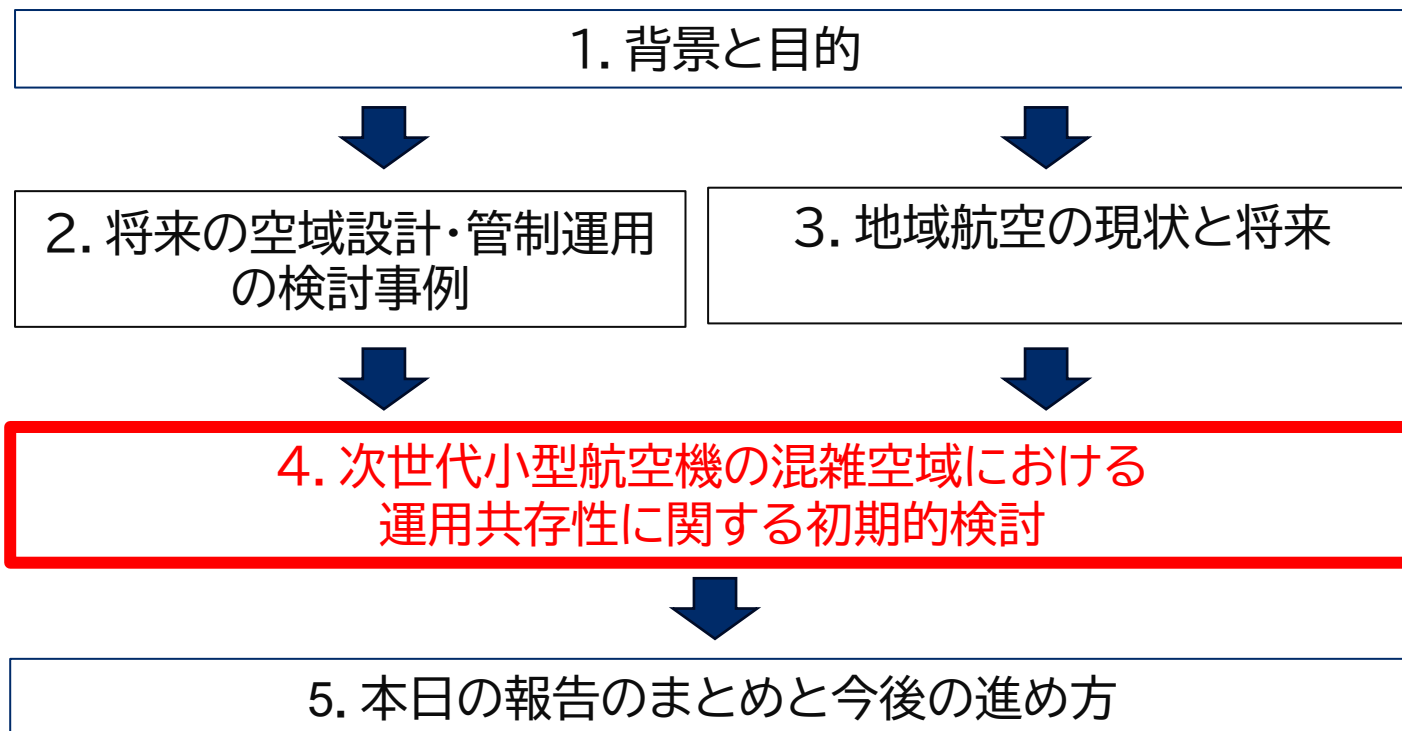
- EUでは「地域格差解消」等を掲げ、遠隔地等と首都の接続についてPSOを適用して地域航空路線に対する国の意思を明示。
- 自由競争が前提となるものの、必要に応じて補助金や排他的運航権を付与してでも路線とサービス水準を確保。

② 日本の首都(羽田空港)を結ぶ地方路線への取組み

- 日本でも首都(羽田空港)への直行便により地方路線を維持・確保。
- 需要規模が見込める羽田空港における発着枠を政策手段とし、低頻度になりがちな地方との路線の保護策を設定。

③ 羽田空港への地域航空路線の可能性

- 人口減少による路線需要の低下が生じても、1便ルール等の規制に対応しつつ、運用効率を高められる小型機材へのニーズ。
- 日本版PSOの観点から地方に対して羽田空港との直行路線が新設される際に、運航効率向上の観点からの小型機材へのニーズ。



4-1.検討の視点(課題の整理)

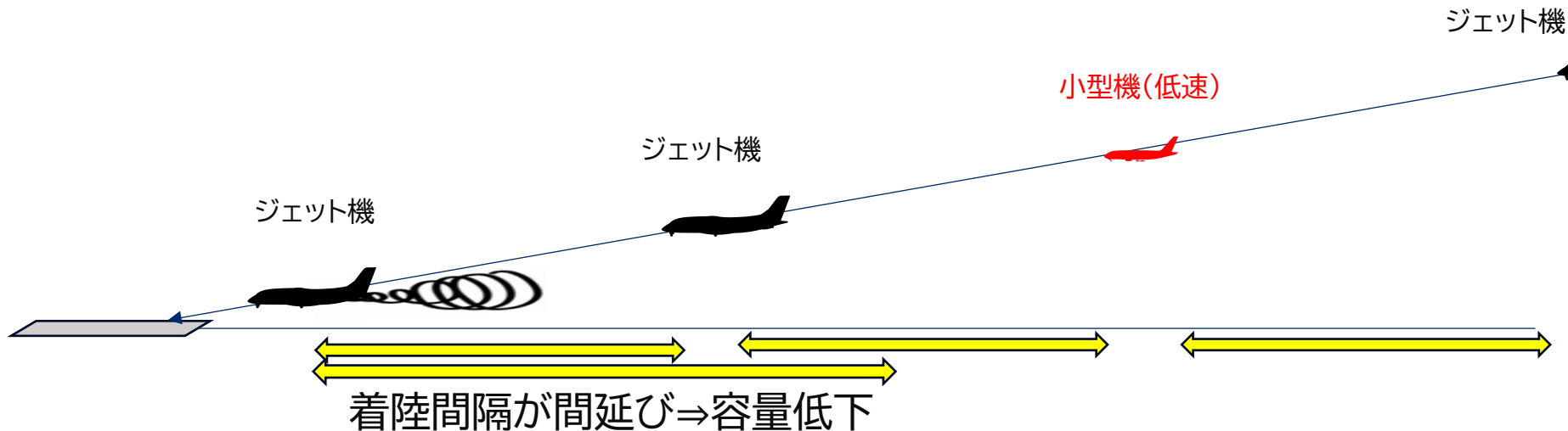
2035～2040年代くらいを想定して、

前節の地域航空戦略の考察から、わが国の地方部と首都東京の羽田空港を電動小型航空機で運航することを想定してみた
(羽田には「1～3便/時」程度の到着機数をイメージ)

- ① 電動小型機の座席当たりコストの懸念と導入インセンティブ設計
 - ⇒低騒音特性を考慮した短縮飛行ルート of 優先利用(専用ルート)
 - ⇒燃料削減・時間短縮 ⇒コスト・CO2削減 + 高イールド客
- ② 低速の電動小型機と既存ジェット機との速度差による着陸滑走路の容量低下の懸念への対応方法
 - ⇒着陸ルートの分離と滑走路近傍で既存ルートへの合流
- ③ その他・・・後方乱気流対策, 広域ターミナル空域の管制における速度差の影響, STOL機 of 特性を活かした離陸および離着陸 of 処理方法 of 効率化, など

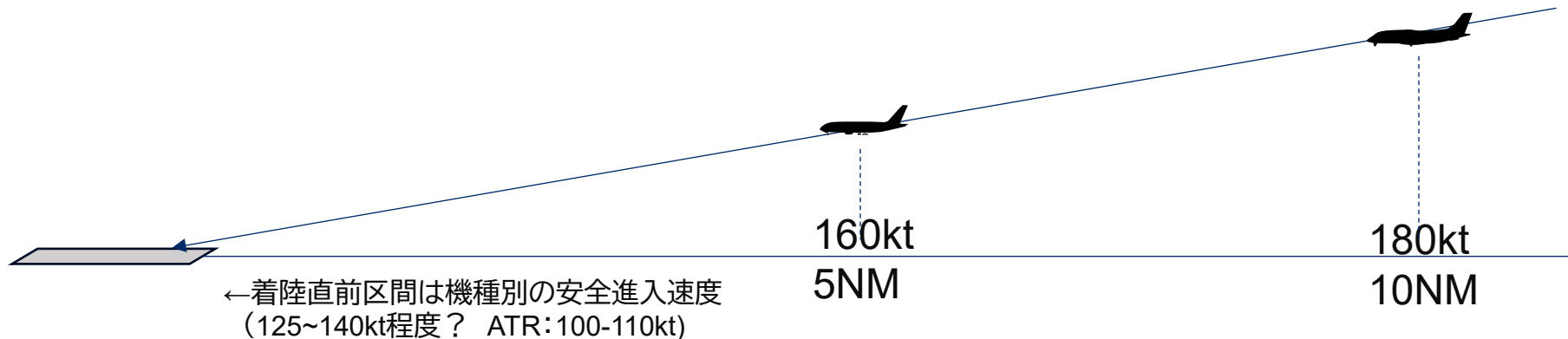
進入速度差の滑走路容量上の問題

- 先行機より速度が遅いと**間隔が広がってしまう**⇒**滑走路容量低下**
- 後続機が速いと間隔が狭まる⇒最低間隔を切らないように事前の間隔設定(管制負荷)
- さらに、小型機に対する**後方乱気流の影響**もあり得る.



羽田空港における進入速度規制

- 滑走路容量の低下を防ぐために、**進入速度をすべての機材で統一**している(飛行ルールとしてAIP¹⁾に記載)
- この進入速度を性能的に守れない機種(低速の小型機など)は実質的に羽田に就航ができない
- 着陸直前区間は機種別の安全進入速度となり、小型機ほど低速になる(着陸間隔制御をシビアに実施しているヒースロー空港の例でも、低速のターボプロップ機(ATR)が入ると**平均1分程度の容量ロス**)



*規制の位置・速度は着陸方式で若干の差異あり

参考)SWIM portal,

[https://web.swim.mlit.go.jp/f2afds/AIP.php/s/nL5pRWsZjJy2Dbc?dir=undefined&path=%2F1_AIP%20\(PDF\)%2F20260319%2FAD2_Separate%2FRJTT_Tokyo_INTL_20251127&openfile=53024](https://web.swim.mlit.go.jp/f2afds/AIP.php/s/nL5pRWsZjJy2Dbc?dir=undefined&path=%2F1_AIP%20(PDF)%2F20260319%2FAD2_Separate%2FRJTT_Tokyo_INTL_20251127&openfile=53024)

Supported by  日本 THE NIPPON
財団 FOUNDATION

速度差で間延びする時間・距離の概算

		先行A350に対して間延びする時間間隔(秒)				
	着陸速度 (kt)	Final区間長 1.5NM	Final区間長 2NM	Final区間長 3NM	Final区間長 4NM	Final区間長 5NM
A350(先行機)	145	0	0	0	0	0
ATR	100	16.8秒	22.3秒	33.5秒	44.7秒	55.9秒
次世代小型機	80	30.3秒	40.3秒	60.5秒	80.7秒	100.9秒
次世代小型機	70	39.9秒	53.2秒	79.8秒	106.4秒	133.0秒

		先行A350に対して間延びする距離間隔(NM)				
	着陸速度 (kt)	Final区間長 1.5NM	Final区間長 2NM	Final区間長 3NM	Final区間長 4NM	Final区間長 5NM
A350(先行機)	145	0	0	0	0	0
ATR	100	0.7NM	0.9NM	1.4NM	1.8NM	2.3NM
次世代小型機	80	1.2NM	1.6NM	2.4NM	3.3NM	4.1NM
次世代小型機	70	1.6NM	2.1NM	3.2NM	4.3NM	5.4NM

4-2.羽田空港の現状の到着管制

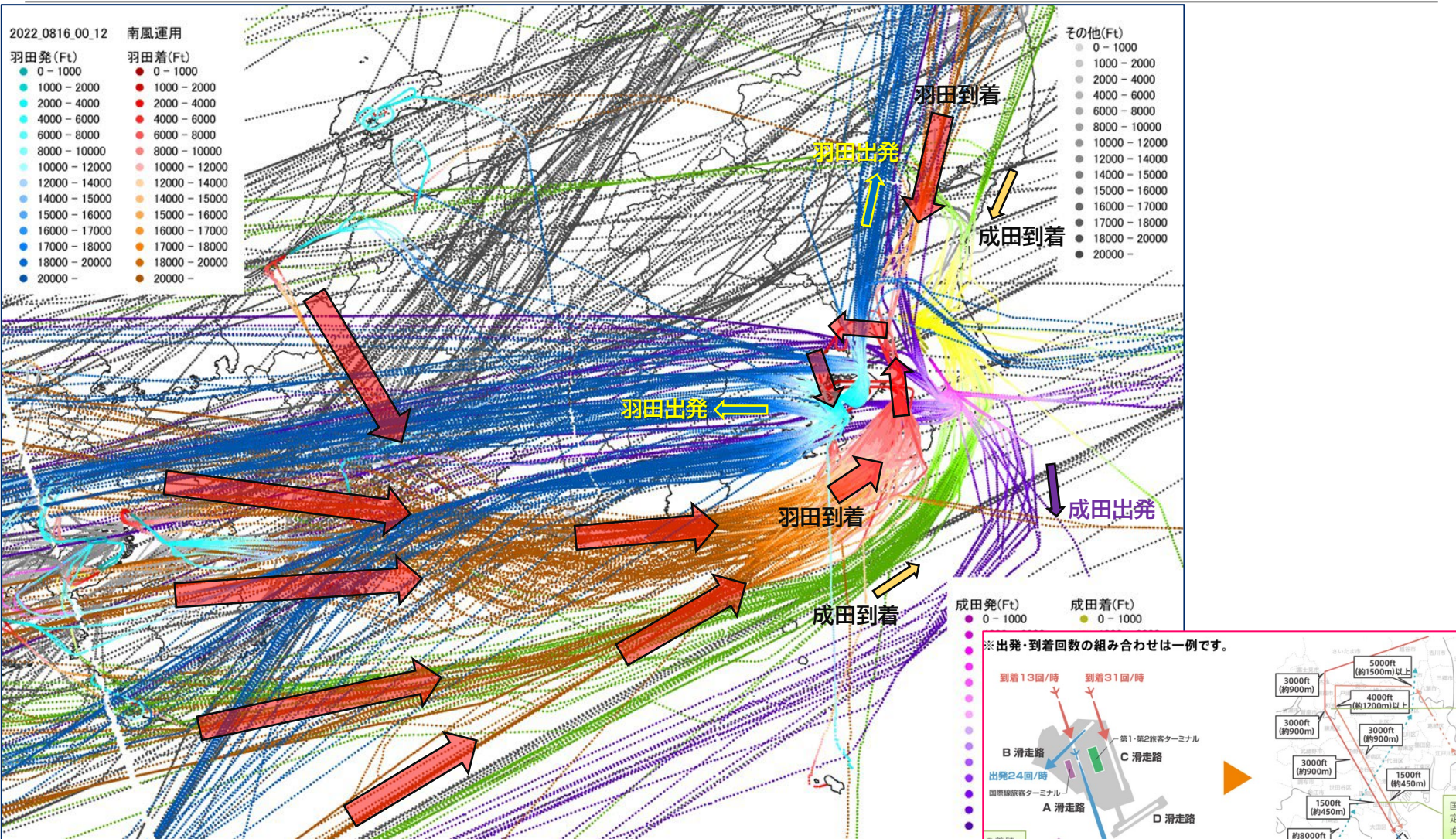


図)CARATS OPEN DATAで作成

図)航空局資料

②着陸と離陸の共用滑走路
(Mixed-Mode:A滑走路)だと、
着陸機の中に離陸機を挟む
のであれば、やや広めの間隔
で調整しても問題ないか？

①最終進入(Final Approach)
の直線区間で速度差が生じ
ると間隔の間延び発生

①低速機を別経路で進入可能か？
どのように別経路間で間隔調整
を行うか？

③環境配慮型機(低CO2/低騒音)
のための優先短縮経路
(+低騒音特性の活用)

事前の到着時刻調整のイメージ

事前調整なく、別経路から既存の標準的な最終進入経路上の着陸機間に、そのまま**ジャストインタイム**で合流するのは困難

2022.08.16 00:12 南風運用

6000 - 8000 8000 - 10000
8000 - 10000 10000 - 12000

① **遠方**: TBO的に**事前の到着時刻調整**は最大限行う
⇒使用滑走路と既存経路への合流位置をプランニング(A着陸 or C着陸) + 予定到着時刻を速度調整などで行なうべくコントロール(管制支援システムの活用)

② **首都圏空域内**: 既存経路への合流手前での**合流時間の最終調整**

③ **着陸直前**: 既存経路の着陸機との**安全間隔の確保と着陸**

①遠方

②首都圏空域内

③着陸直前

その他(Ft)

0 - 1000
1000 - 2000
2000 - 4000
4000 - 6000
6000 - 8000
8000 - 10000
10000 - 12000
12000 - 14000
14000 - 15000
15000 - 16000
16000 - 17000
17000 - 18000
18000 - 20000
20000 -

成田発(Ft)

0 - 1000
1000 - 2000
2000 - 4000
4000 - 6000
6000 - 8000
8000 - 10000
10000 - 12000
12000 - 14000
14000 - 15000
15000 - 16000
16000 - 17000
17000 - 18000
18000 - 20000
20000 -

成田着(Ft)

0 - 1000
1000 - 2000
2000 - 4000
4000 - 6000
6000 - 8000
8000 - 10000
10000 - 12000
12000 - 14000
14000 - 15000
15000 - 16000
16000 - 17000
17000 - 18000
18000 - 20000
20000 -

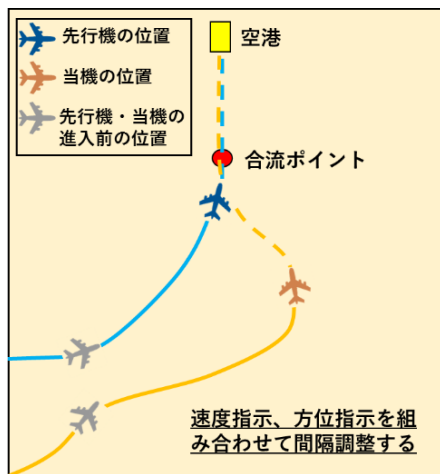
②合流手前の合流時間調整方法(案)のイメージ

既存経路の到着機との着陸タイミングの最終調整をどのように実施するか？
(例:ちょっと到着を遅らせた
⇒減速指示でもOKだが...)

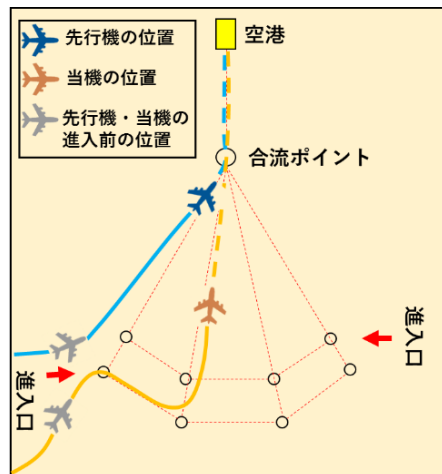


合流と間隔調整～管制誘導の工夫の既存事例

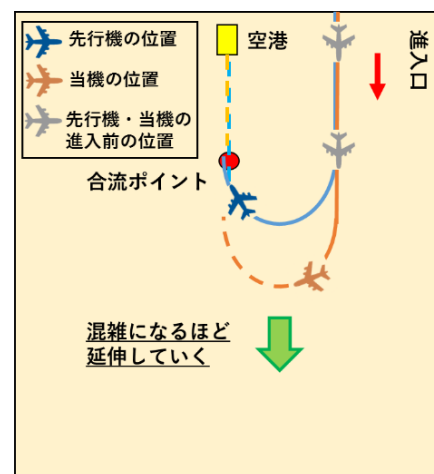
- 合流と間隔調整のための様々な管制方式が導入(TBO時代は途中の間隔調整はなくなる?)。
- 要は、どうやって到着時間を遅らせるか(経路延伸or速度調整)



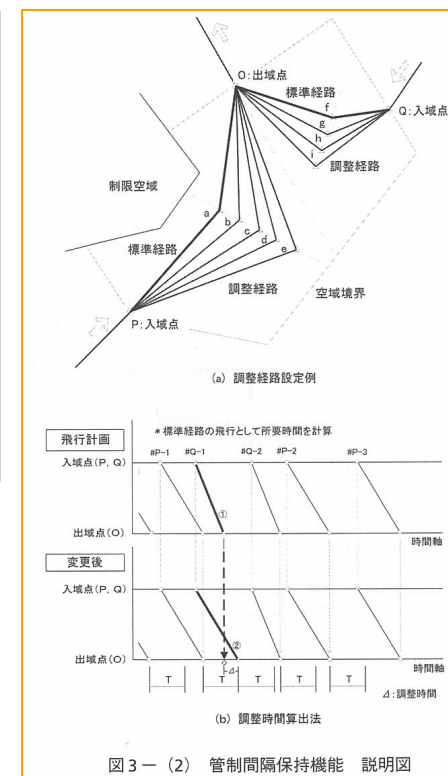
自由なベクタリング



ポイントマージシステム (PMS)

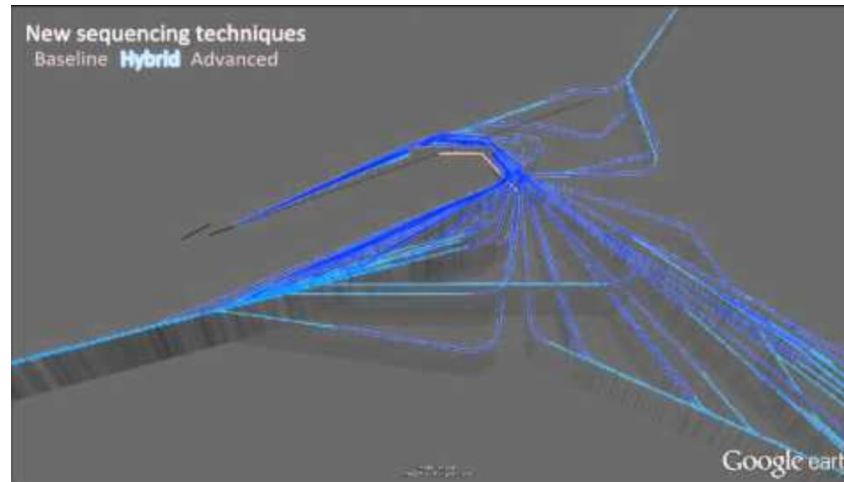


リニアホールディング (トロンボーン型)

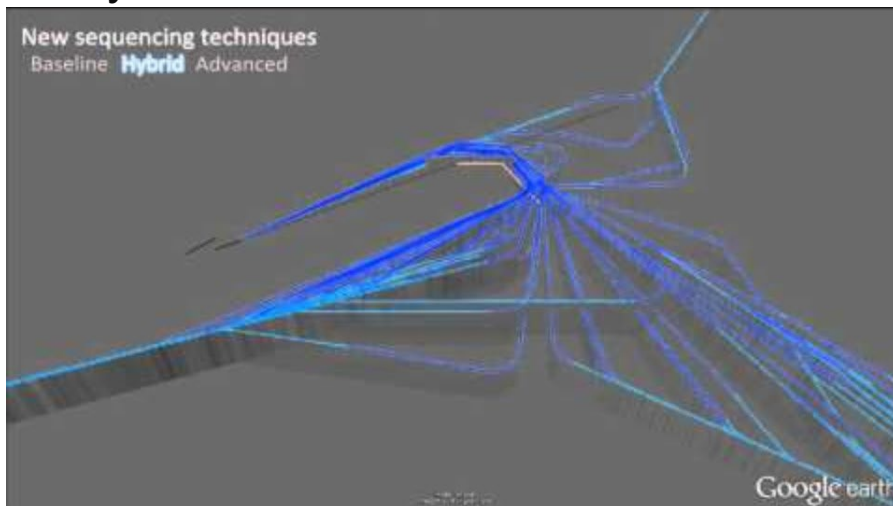


出典)三垣充彦(電子航法研):統合航空交通管理システムの開発に向けて,航空管制,Vol.295,9月号,2007.

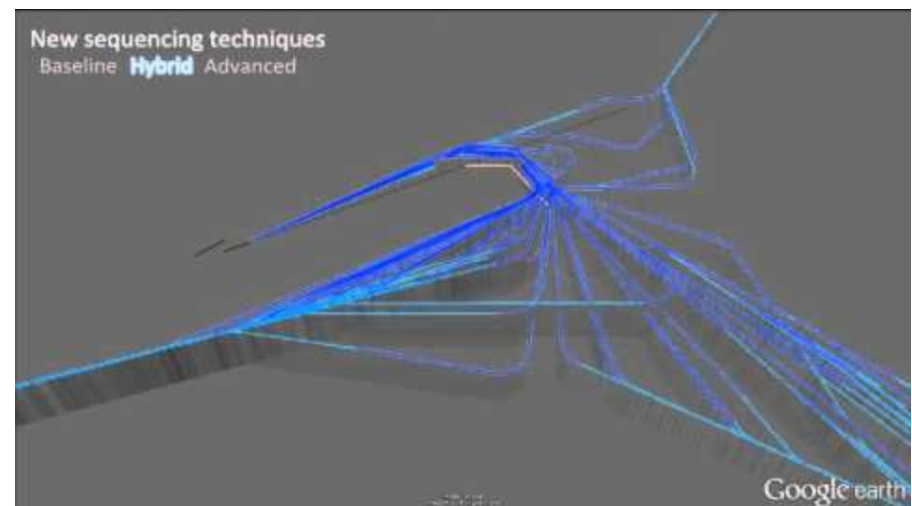
Baseline



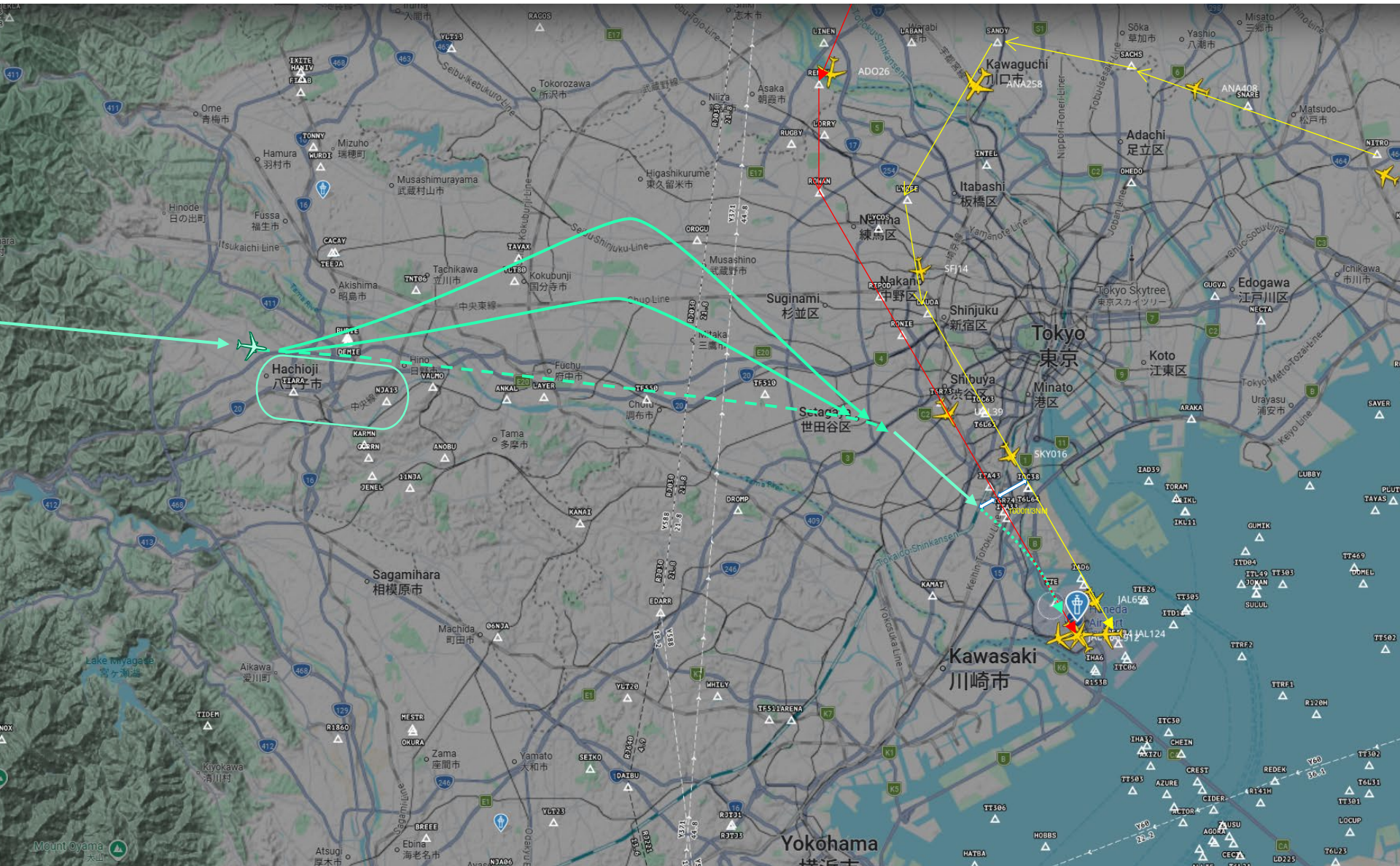
Hybrid



Advanced



②合流手前の合流時間調整方法(案)のイメージ



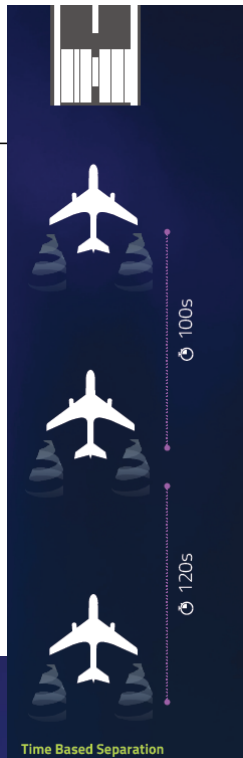
Intelligent Approach (NATS)

A proven solution

Intelligent Approach comprises a standard product and several modules that can be integrated to improve separation consistency, enhance resilience, or support different modes of operation.

Each module is designed to address different challenges and can be tailored to satisfy your specific operational requirements – such as airport infrastructure and airspace changes – or to further improve capacity, resilience, and environmental performance.

Intelligent Approach delivers more runway capacity in all conditions and significant benefits during peak times or strong headwinds. The tool can be seamlessly integrated into existing air traffic management systems - including Indra's ManagAir - without the need for airport infrastructure changes.



Distance Based Separation

Distance Based Separation (DBS) provides controllers with a visual indication of the required separation and can take into account the deceleration profile of each aircraft as it prepares to land. This improves the consistency of delivery of aircraft to the runway, resulting in typical capacity gains of 2-3 landings per hour, per landing runway.

Time Based Separation

The only true Time Based Separation (TBS) tool on the market today, Intelligent Approach provides a further increase in capacity, enabling controllers to deliver more aircraft, or to better deal with peaks in demand.

The dynamic adjustment of spacing for all wind conditions – with live weather data downlinked from each individual aircraft - recovers the capacity lost due to headwinds, improving operational and safety performance. Capacity gain per runway of 2-3 landings, in addition to DBS.

Mixed Mode Operations

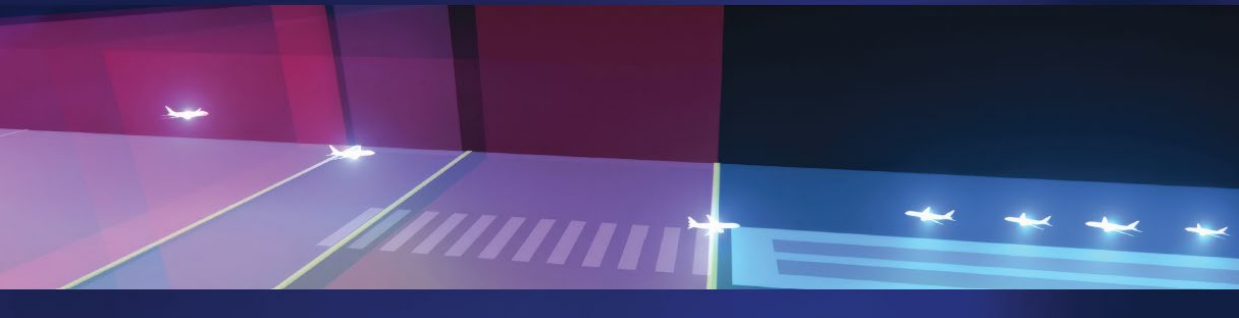
A world-first spacing tool for maximising arrival and departure capacity for mixed mode runways, including single runway airports.

The Advanced Mixed Mode module safely increases capacity and resilience gains by 2-3 movements per hour per runway.

Pairwise

Pairwise provides the capability to separate aircraft using an enhanced wake scheme.

Instead of using a wake scheme that groups aircraft together into categories based on weight and wingspan, Pairwise uses wake vortex separations that are individually tailored for each pair of aircraft, providing typical capacity gains of 1-2 landings per hour in addition to those already delivered by DBS and TBS.



出典)NATS: <https://www.nats.aero/our-solutions/intelligent-approach/>

Intelligent Approach (NATS)

Intelligent 
Approach

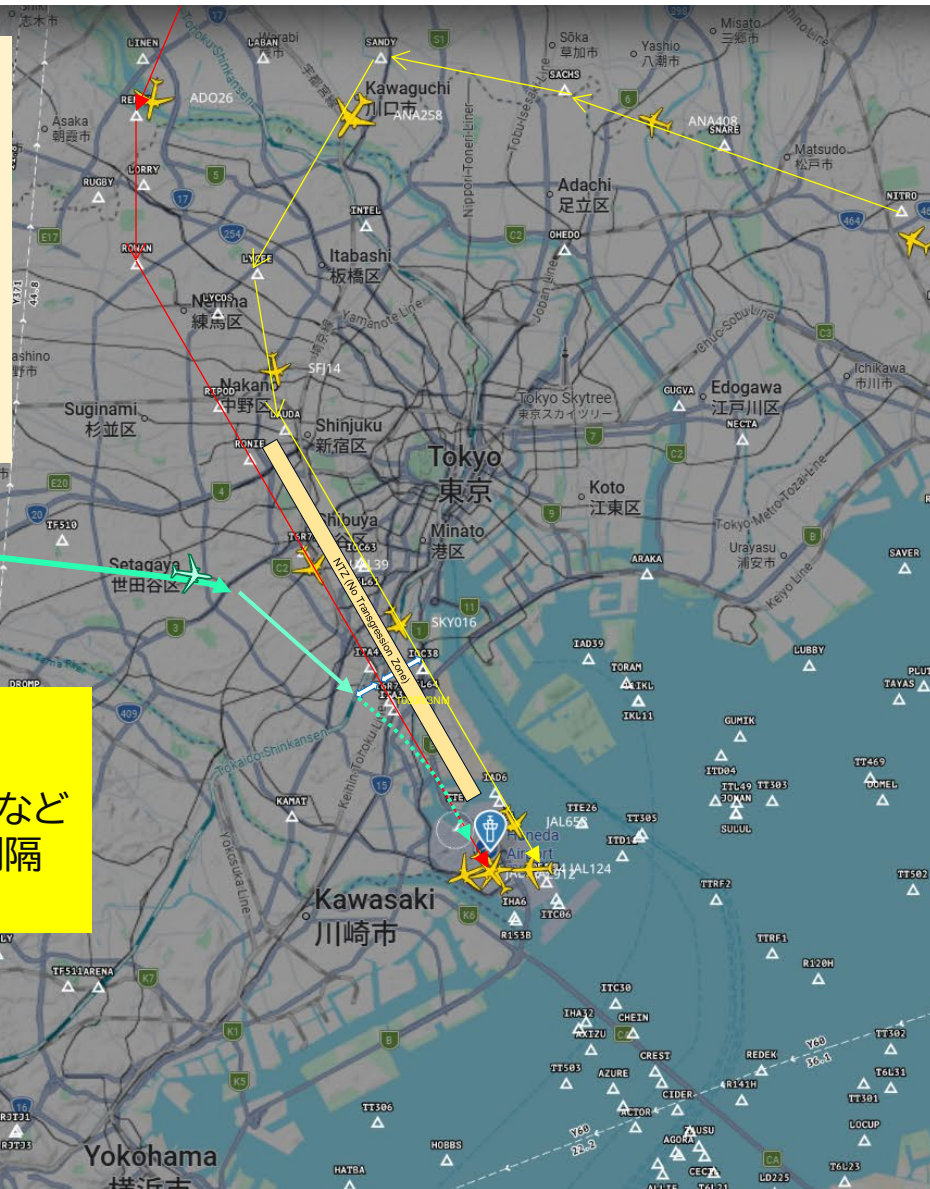
<https://www.nats.aero/our-solutions/intelligent-approach/>
<https://vimeo.com/1143028211?fl=pl&fe=cm>

③最終進入経路への合流方法(案)のイメージ

- 最終進入経路への合流を, 既存経路の着陸機と安全間隔を保って行うには?
- 好天で視界良好のときはVisual Approachで対応可能か.
- 低視程などの悪天時が問題
- 今回は着陸直前の視程は比較的良い状況までを想定
- (それ以上の悪天時は通常の経路のILSに合流: Mixed-modeであれば問題ないか?)

航空機間の最低間隔の例

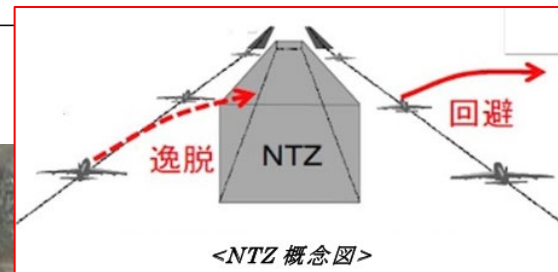
- レーダー間隔: 3NM(ターミナル空域など)
- 後方乱気流間隔: 大型機Hー小型機Mでは5NMなど
- 目視間隔: 航空機が視認できるときの適切な間隔 (目視間隔を使った視認進入Visual Approach)



低視程時の同時オフセット進入

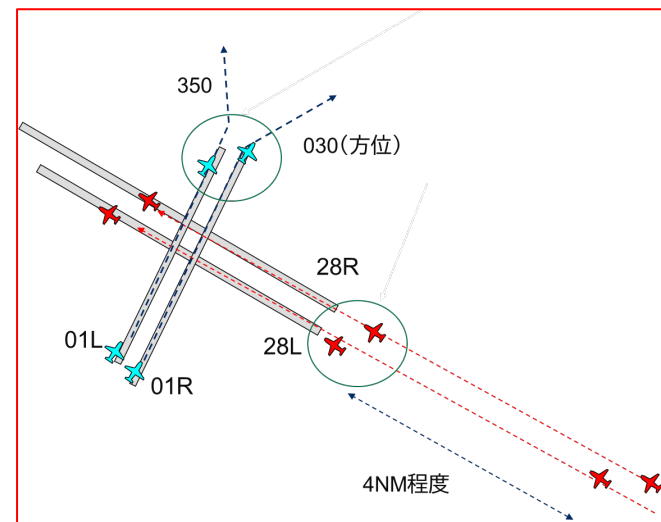
図出典) https://www.flysfo.com/sites/default/files/PRM_SOIA_version_1_0.pdf

Simultaneous Offset Instrument Approach (SOIA)



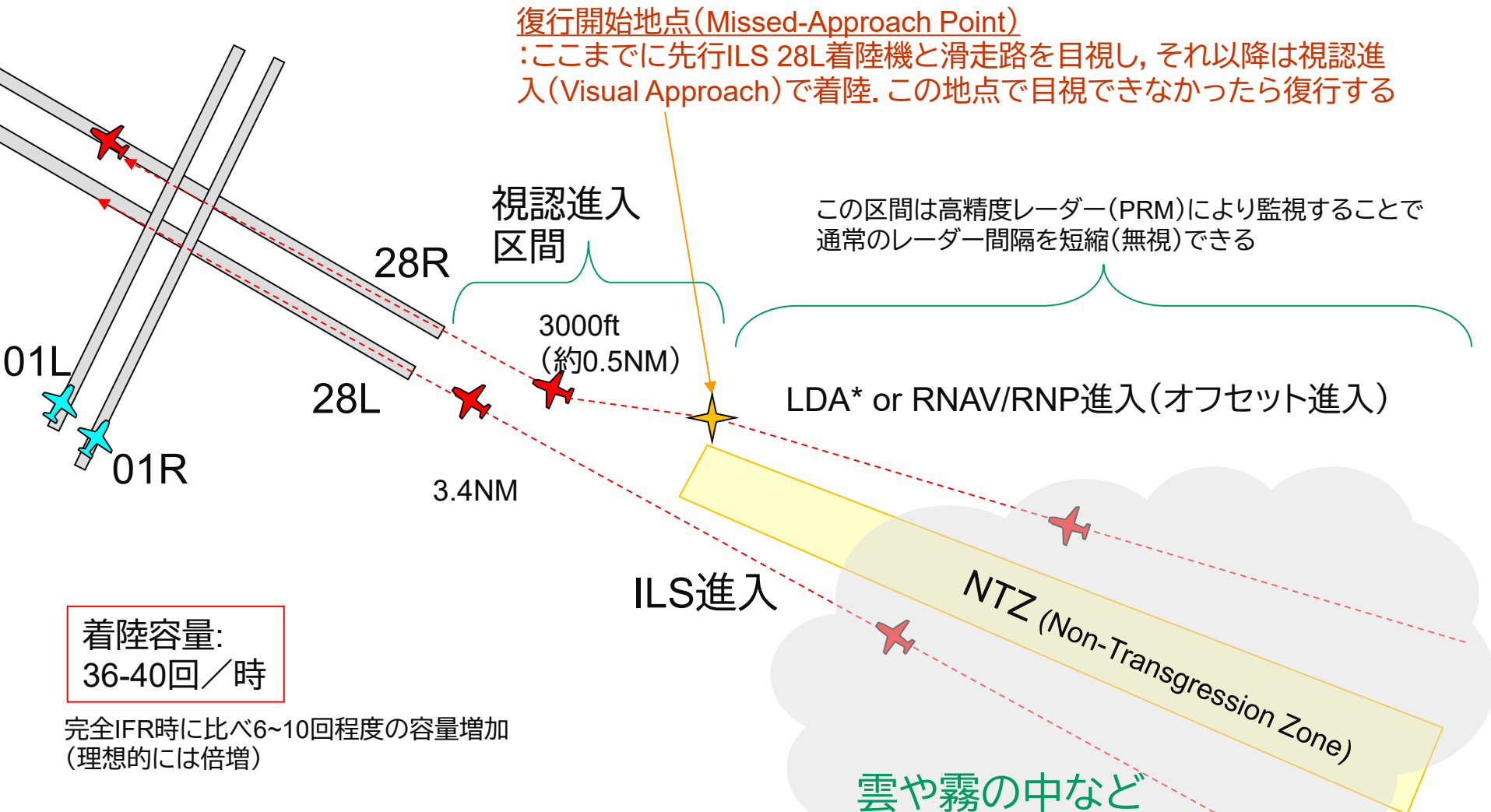
図出典) FAA, https://www.faa.gov/air_traffic/flight_info/aeronav/acf/media/Presentations/13-01_AAUP_Approach_Status.pdf

- サンフランシスコ空港の近接平行滑走路への同時進入(気象条件がやや悪いとき)
(好天時(VMC)は他機を視認しながらSide-by-Sideで並んで同時着陸(≒1本滑走路の倍の容量))
- 限界点(MAP)まではNTZ(No Transgression Zone:不可侵区域)で管制官が両機の安全間隔を監視



参考) 平田輝満:混雑空港の容量拡大方策と騒音負担のあり方に関する研究, ITPS Report 201301, 2013年7月.

SOIA (Simultaneous Offset Instrument Approach) 2004~

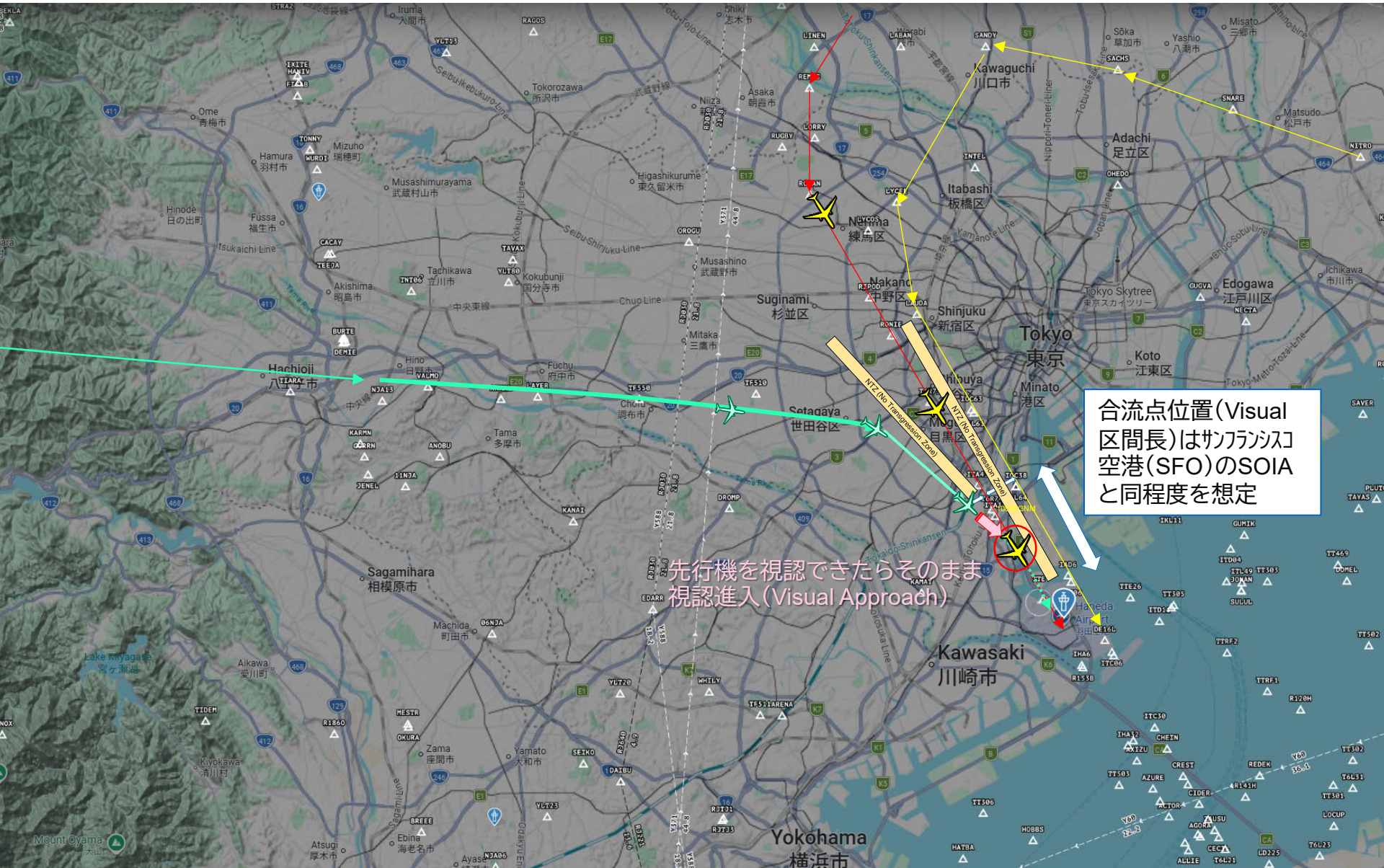


着陸容量:
36-40回/時

完全IFR時に比べ6~10回程度の容量増加
(理想的には倍増)

* Localizer Type Directional Aid

③最終進入経路への合流方法(案)のイメージ

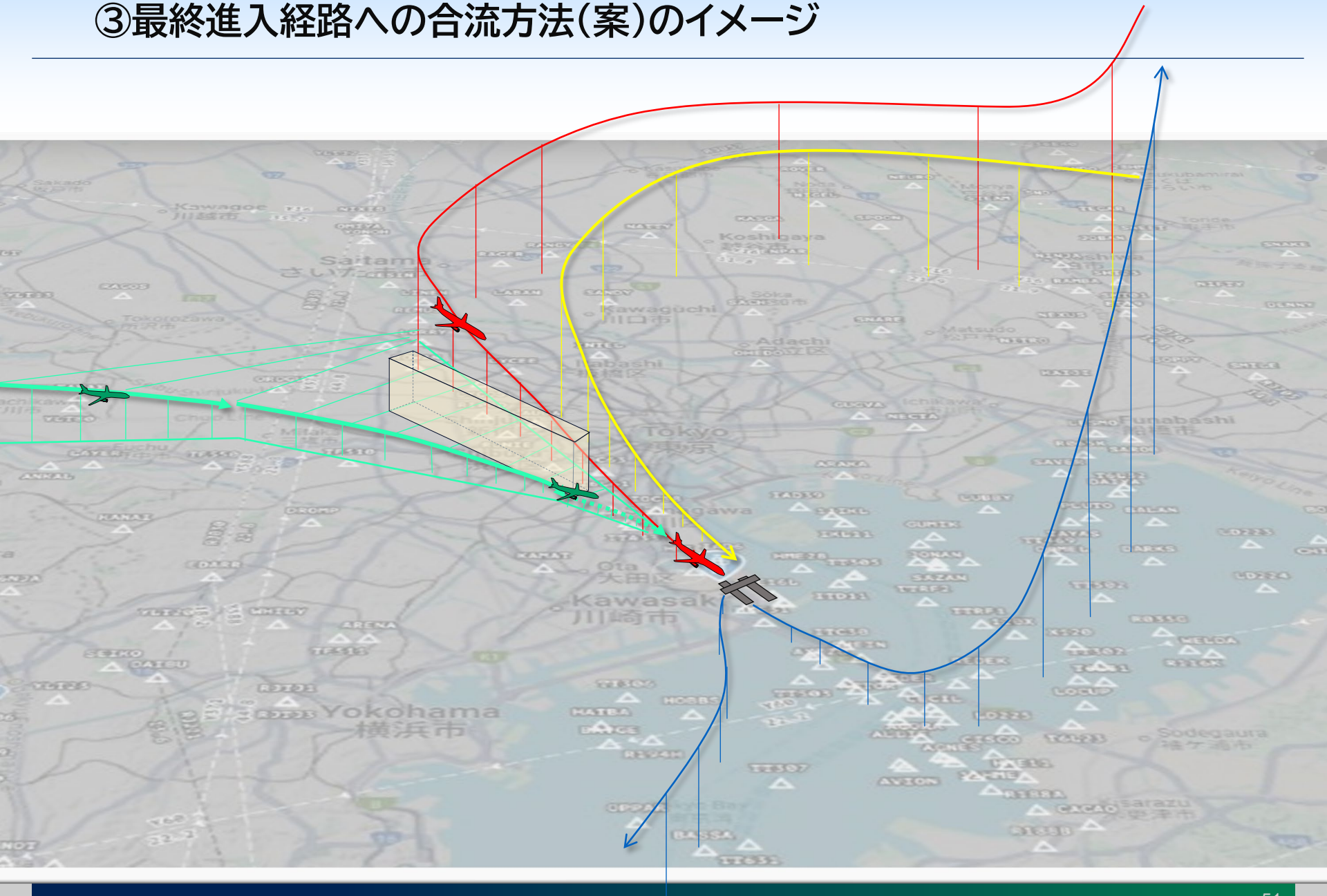


合流点位置(Visual 区間長)はサンフランシスコ 空港(SFO)のSOIA と同程度を想定

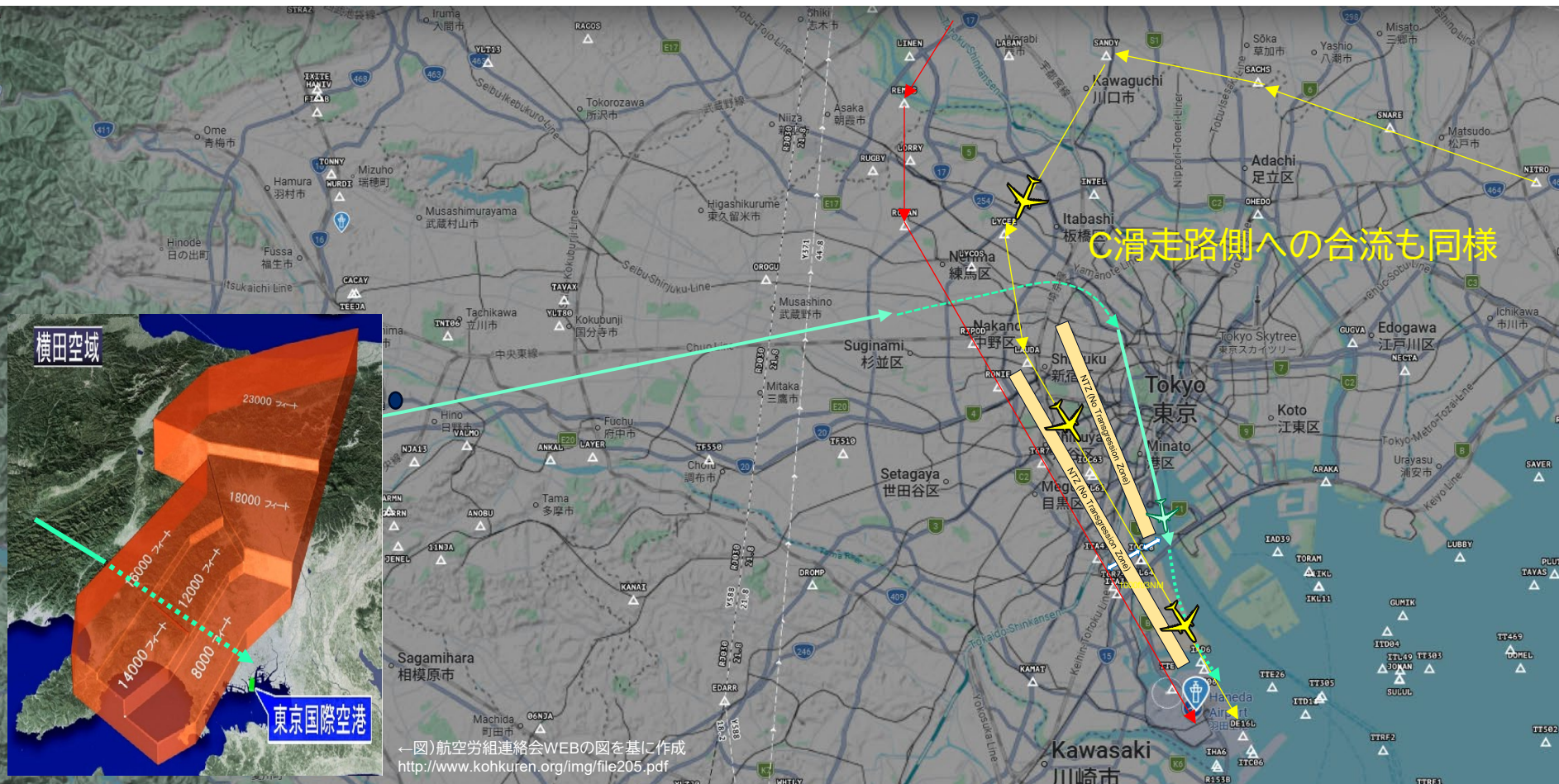
先行機を視認できたらそのまま 視認進入(Visual Approach)

4.次世代小型航空機の混雑空域における運用共存性に関する初期的検討

③最終進入経路への合流方法(案)のイメージ



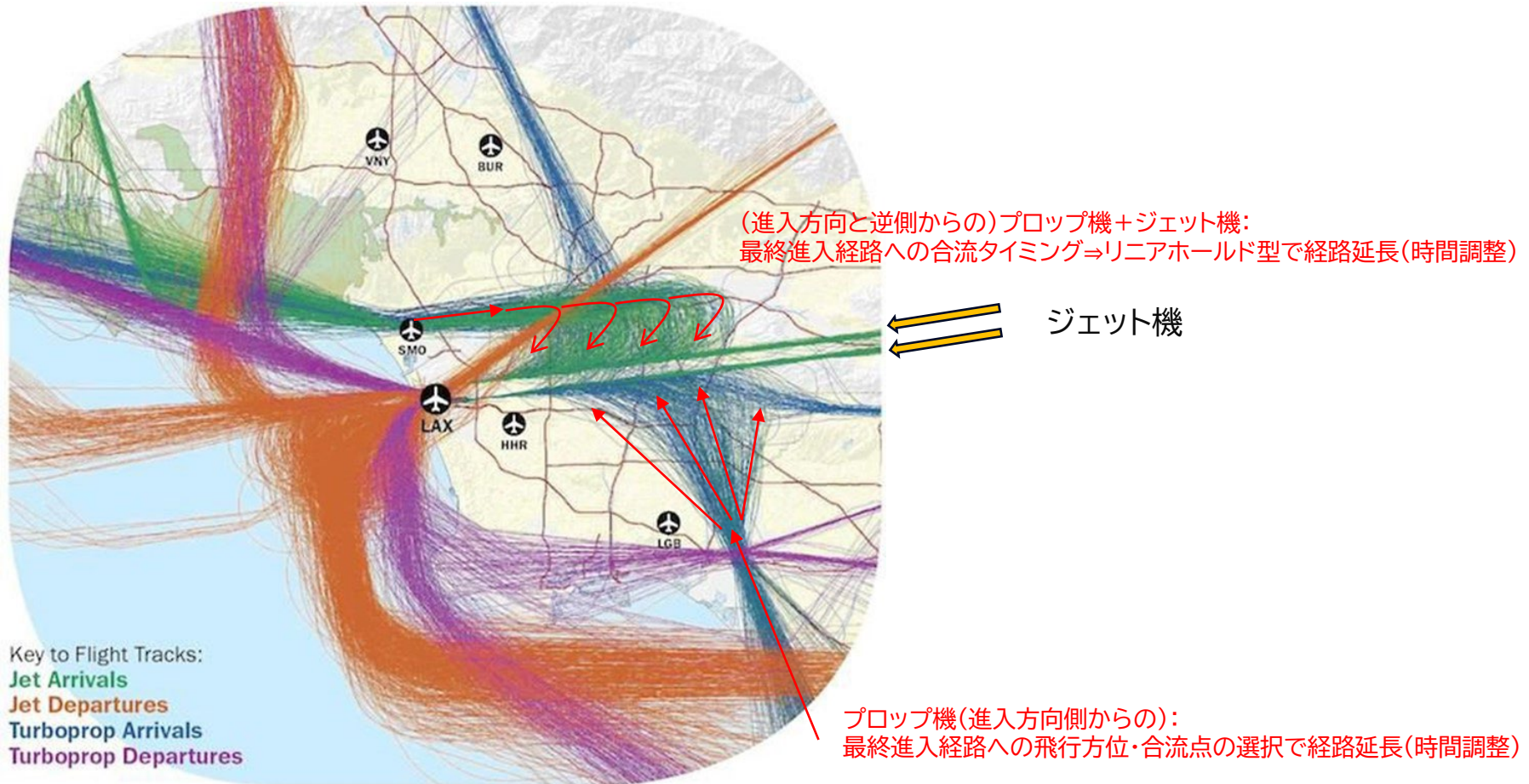
③最終進入経路への合流方法(案)のイメージ



(補足)横田空域内の飛行について

- 現状で飛行しているジェネアビのようにVFRでアドバイザリー情報を得ながら飛行
- 調布飛行場から大島への定期便(新中央航空:Dornier 228-212NG, 19席)のようにIFRルートを設定し飛行
- 他

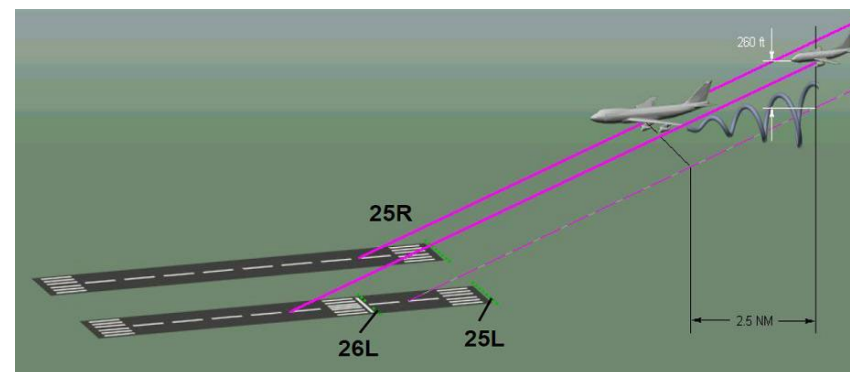
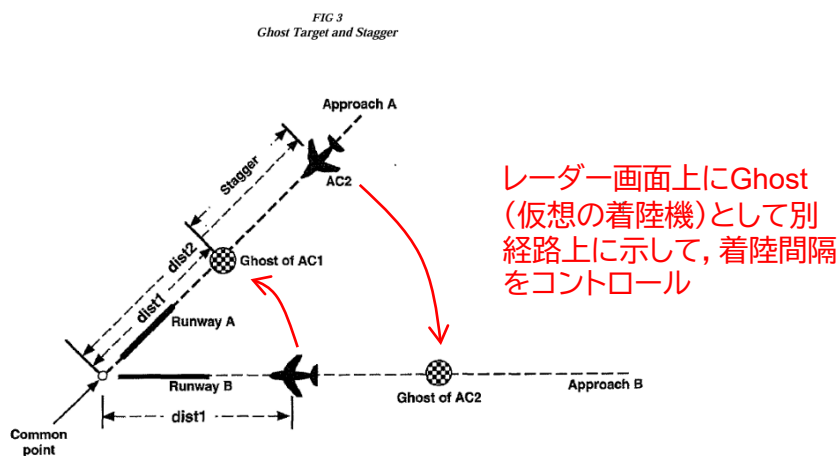
(参考)ロサンゼルス空港の最終進入への合流管制の例



図出典) <https://alexweiss-sound.com/blog/flight-patterns-la/>をもとに作成

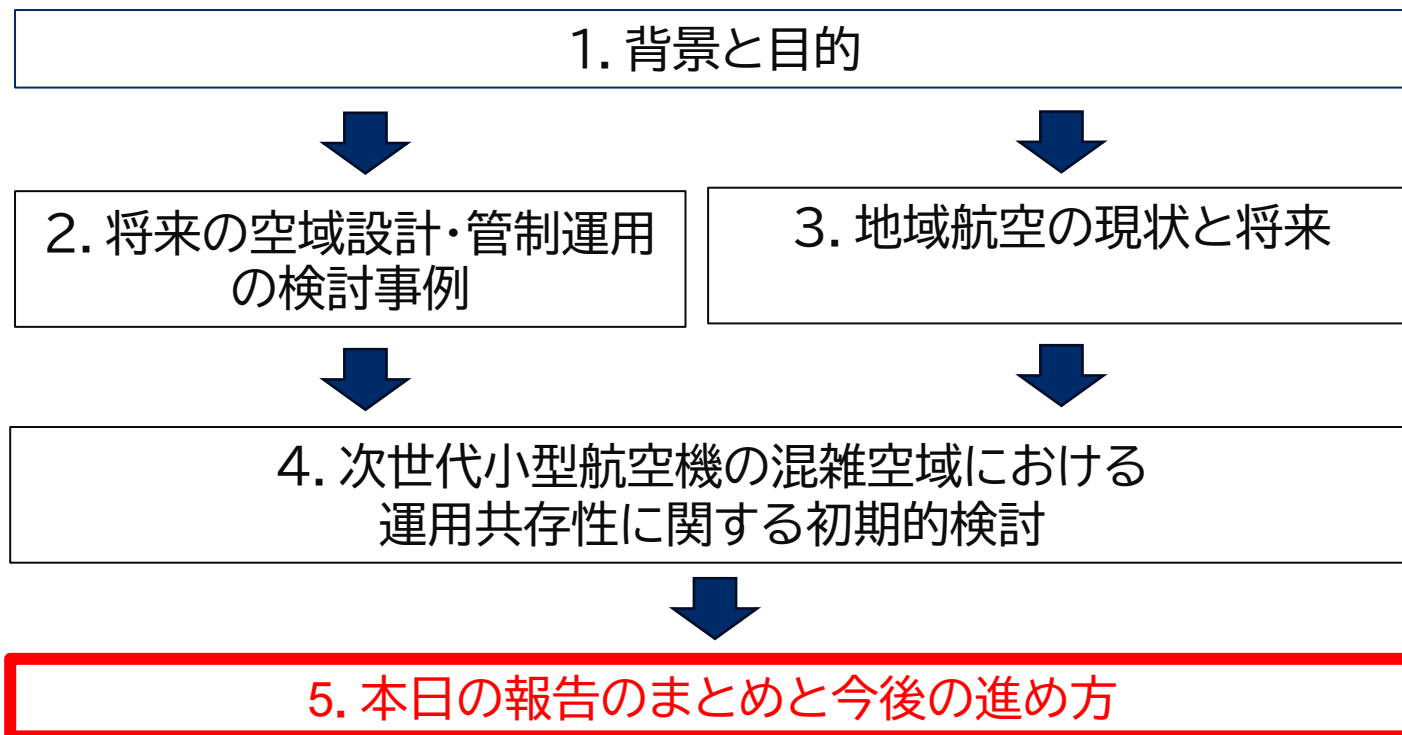
その他の検討課題～管制支援ツール・乱気流対策・離陸運用など

- 異なる最終進入経路間の間隔調整の管制支援ツール
参考)FAAのDependent Converging Instrument Approaches (DCIA) with Converging Runway Display Aid (CRDA), 英国Intelligent Approachのレーダーマーカー, TMA, AMANなど
- 後方乱気流の影響⇒Displaced ThresholdやSteep Approachなどで既存機の降下経路より少し高い高度を飛んで乱気流回避(短縮滑走路:小型機だから問題ない)
参考)フランクフルトのClose-Parallel滑走路へのDisplaced Threshold, ロンドンシティのSteep Approach
- 小型電動機の短い滑走路占有時間の考慮(後続機は逆に間隔を詰めて, プラスマイナスゼロ?)
- 次世代小型機の離陸経路設定と管制運用



出典)Stefan Mauel: Frankfurt Airport Capacity Enhancement Program
The Role of Wake Vortex Reducing Measures, 2nd WakeNet 2 - Europe Workshop,2004

出典)
[https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/FAA_Order_JO_7110.110B_Dependent_Converging_Instrument_Approaches_\(DCIA\)_with_Converging_Runway_Display_Aid_\(CRDA\).pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/FAA_Order_JO_7110.110B_Dependent_Converging_Instrument_Approaches_(DCIA)_with_Converging_Runway_Display_Aid_(CRDA).pdf)



本日の報告のまとめと今後の進め方

本日の報告のまとめ

- ①航空脱炭素, ②地域航空, ③混雑空域の運用共存性の3つの視点から, 脱炭素型の次世代小型航空機の地域航空での活用と首都圏空港への乗り入れの可能性について問題提起
- 地域航空戦略に関して, 特に首都へのアクセスの観点から, わが国と欧州の制度のコンセプトと適用実態を調査し, 将来の地方と首都へのアクセス性の維持・強化について問題提起(公平性の議論)
- 次世代小型航空機の特性を考慮した首都圏混雑空域と羽田空港における運用共存性に関する初期的検討を行い, 新たな到着経路の設定可能性と速度差からみた運用上の課題に対する対応策案を提案(主に既存技術の活用の視点から)

今後の進め方

- 次世代航空機の想定性能を考慮した地域航空の事業性・便益分析
- 将来技術も想定した首都圏空域・空港における多様な次世代航空機と既存機の共存方法, 空域設計に関する検討

など

ご清聴
ありがとうございました

