



Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems

第11回CARATS推進協議会

資料2-3-1



軌道ベース運用の段階的な実現について

CARATS事務局
2021年 3月22日

1. ICAO 将来計画におけるTBO導入計画

(コンセプトと実現年度)

2. 米国におけるTBOの導入計画と関連技術

3. 欧州におけるTBOの導入計画と関連技術(スライド無し)

4. 我が国におけるTBOの導入と関連技術(想定)

ICAO 将来計画におけるTBO導入計画 (コンセプトと実現年度)

<https://www4.icao.int/ganportal/ASBU>

CONCEPT OF OPERATIONS BY BLOCK

Block Description

Block 0 Introduction of time-based management within a flow centric approach.

2013~2018

Block 1 Initial Integration of time-based decision making processes.

2019~2024

Block 2 Pre-departure trajectory synchronization within a flight centric and network performance approach.

2025~2030

Extended time-based management across multiple FIRs for active flight synchronization.

Block 3 Network performance on demand synchronization of trajectory-based operations.

2031~2036

Block 4 Total airspace management performance system.

2037~

ICAO 将来計画におけるTBO導入計画 (コンセプトと実現年度)

<https://www4.icao.int/ganportal/ASBU>

2013~2018

TBO B0-1: 時間管理施策の導入 (flow centric approach)

- ATFMや滑走路順序付け(AMAN/DMAN)といった個々の運用において時間管理施策が導入される。
- ATFMではA-CDMやASMとの情報の授受等による初期的な統合がなされる。
- また、PBN進入/SID/STAR、SBAS/GBAS (CAT-I)、CDO/CCO、DCTが導入される。

時間管理運用間での調整、SWIMの導入による情報共有の促進

TBO B1-1: 時間管理施策の初期的な統合

- 拡張到着管理の導入により、到着・出発とATFMの局所的な統合がなされる。
- SWIMを介した情報交換によるATFMとA-CDMの連携強化が図られる。
- 動的セクター運用、民軍での協調的な空域管理やwhat-if機能の導入等により、ASMとATFMの統合が図られる。
- また、RFを使用したPBN経路や交差点での高度制限を設けたCDO/CCO、SA CAT Iなどが導入される。

2019~2024

FF-ICEの導入による個々のフライトに焦点を当てた運用への移行

TBO B2-1: 出発前の軌道同期 (flight centric approach)

- 出発時刻および飛行プロファイルの出発前の調整(FF-ICE/R1)を行う。
- AMAN/DMANの統合、クロスボーダーFRAへの対応、動的空域編成(DAC)の高度化への対応がなされる。
- GBAS CAT- II/III、APV方式による平行滑走路への同時進入が導入される。

2025~2030

飛行中の軌道同期・調整によるTBOの実現

TBO B2-2: 飛行中の軌道同期による高度な時間管理

- 全飛行フェーズにおいて空地での情報の共有を可能とし、出発後の軌道調整を行う。
- 各時間管理運用の間でローカルに調整はされているものの、ネットワーク全体での効率化には至っていない。

ネットワーク全体での時間管理運用の調整による運用整合性確保

TBO B3-1: 全飛行フェーズにおける軌道同期

- 全飛行フェーズにおいて軌道同期・調整が可能となっており、全ての時間管理運用の間で効率的な調整がなされる。

2031~2036

間隔幅、時間幅の最小化によるTBOの高精度化

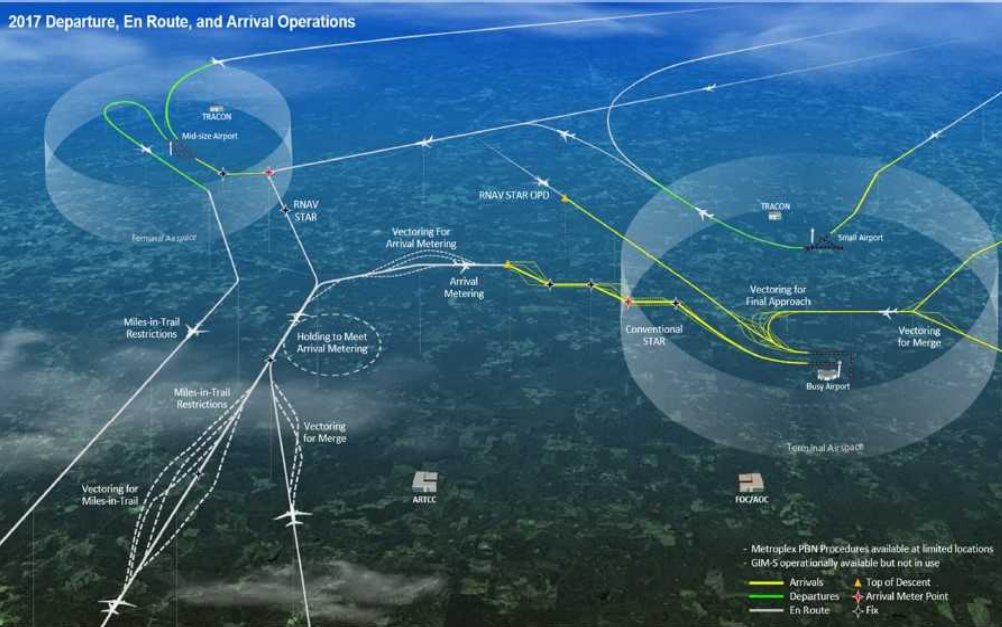
TBO B4-1: 総合的な空域管理パフォーマンスシステム

- より小さい管制間隔でのTBOを実現し、空域ユーザのビジネスニーズに即した運用を実現する。

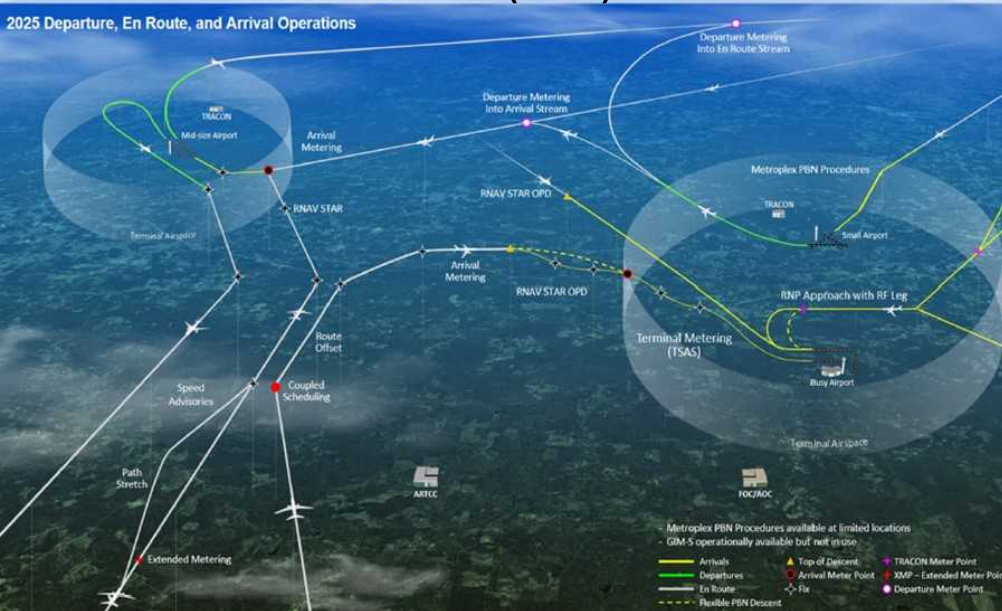
2037~

米国におけるTBOの導入計画と関連技術(その2) (Before Covid19)

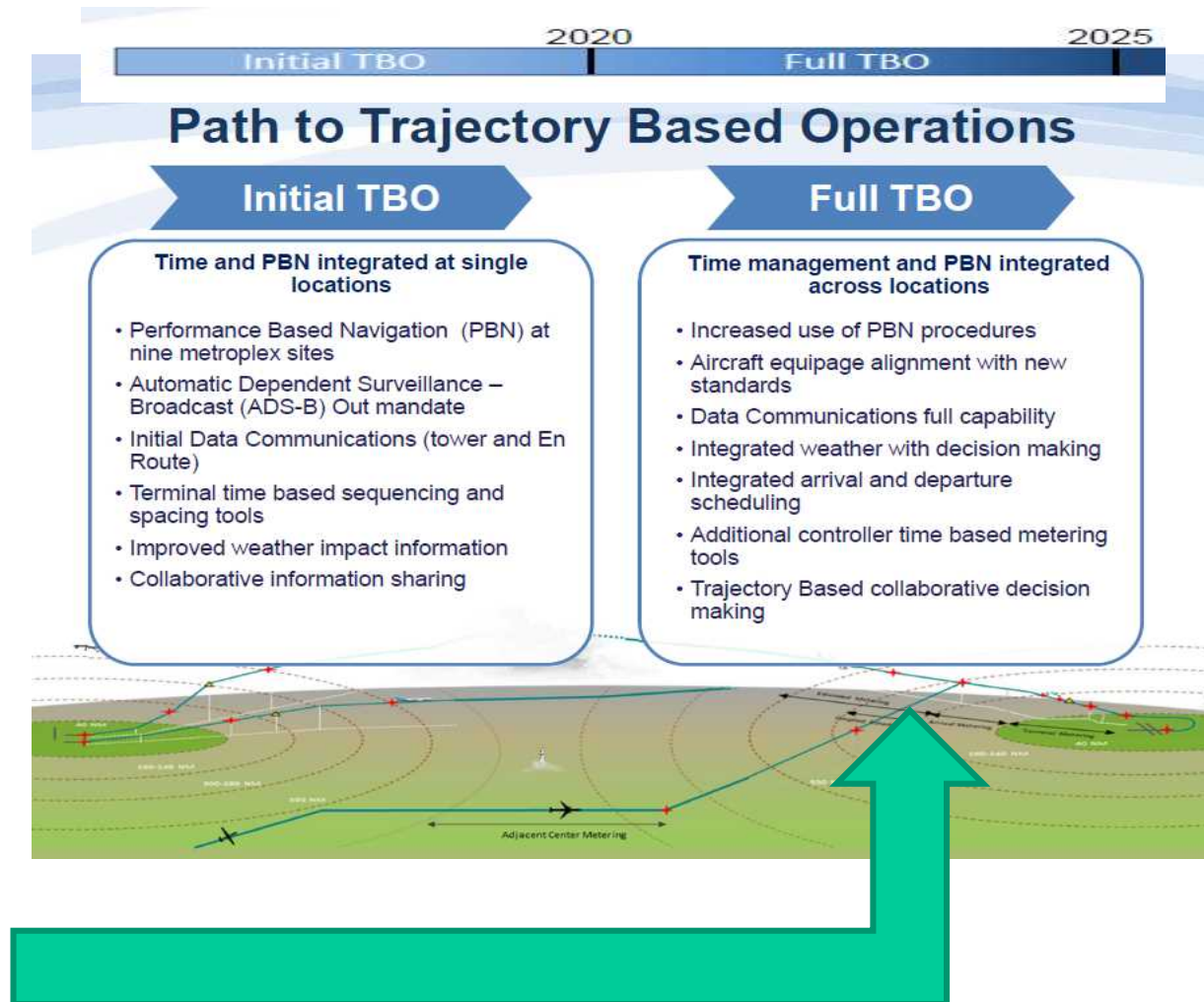
Conventional



Full TBO (2025)



ADS-B In Strategy Document



・CARATSの目標と課題から見る刷新コンセプト

目標と課題

ポイント

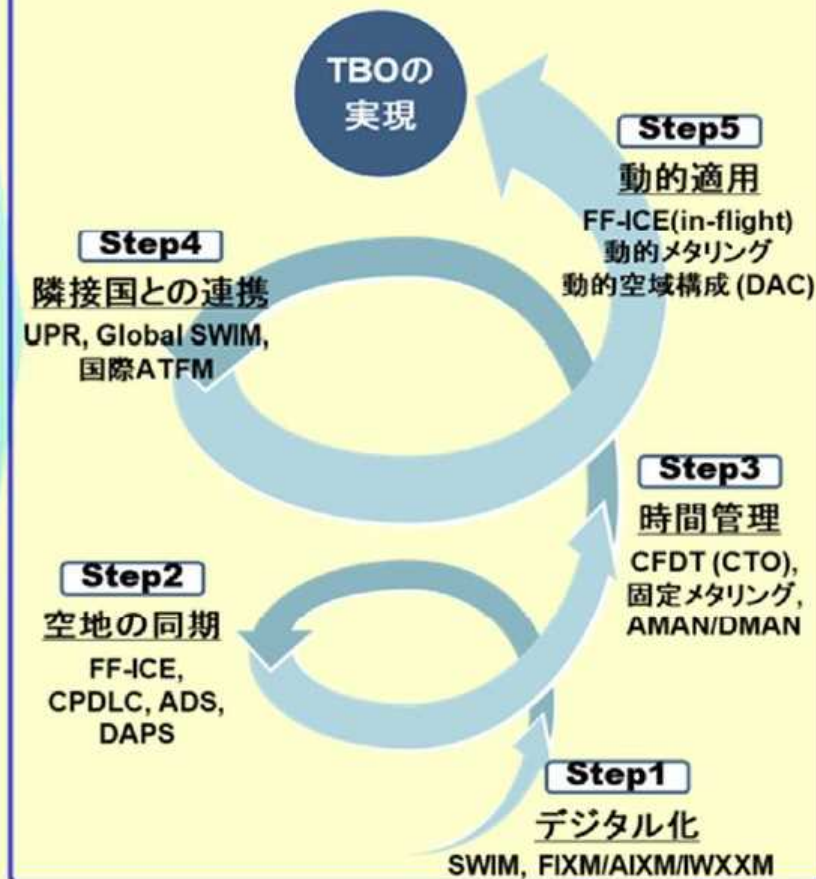
- ・目標として、利便性の向上が課題
- ・多様化する関係者を意識した情報共有の実現が課題

目標	我が国の課題	課題解決の方向性	達成状況
安全性向上	<ul style="list-style-type: none"> ・増大する交通量に対しても安全性を維持 ・新たな空域ユーザへの対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・管制官負荷軽減 ・機上での周辺機や環境情報の取得 	😊
航空交通量増大への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・インバウンド、通過機の増大 ・首都圏空港への需要増大 	<ul style="list-style-type: none"> ・時間管理運用 ・空域動的管理 	😐
利便性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・LCC、BJ等のニーズ多様化への対応 ・新幹線と同等以上のサービスレベル堅持 	<ul style="list-style-type: none"> ・NOP高度化 ・衛星航法高度化による就航率改善 	😞
運航の効率性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・航空会社直接運航費削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・柔軟な空域・経路運用 ・時間管理運用によるバッファ減少 	😐
航空保安業務の効率性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の生産年齢人口の減少等による航空保安業務に係る要員の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・機械化・自動化技術の活用 	😊
環境への配慮	<ul style="list-style-type: none"> ・ICAOによる排出ガス規制 	<ul style="list-style-type: none"> ・柔軟な空域・経路運用 ・時間管理運用によるバッファ減少 	😐

刷新コンセプト

ポイント

- ・シームレスな情報共有
- ・航空機と地上システムの一体化
- ・出発から到着まで一体化した時間管理



我が国におけるTBOの導入と関連技術(新導入計画案)

新ロードマップ版 CARATS施策導入計画(案)

変革の方向性に向けた主な施策の導入状況/導入計画を記載
※ICAO世界航空交通計画(GANP)や機上装備の動向等を考慮

【CARATS(航空交通システムの長期ビジョン) ~8つの変革の方向性~】

- ① 軌道ベース運用(TBO)の実現
- ② 予見能力の向上
- ③ 性能準拠型の運用(PBO)
- ④ 全飛行フェーズでの衛星航法の実現
- ⑤ 地上・機上での状況認識の向上
- ⑥ 人と機械の能力の最大活用
- ⑦ 情報共有と協調的意思決定の徹底
- ⑧ 混雑空港及び混雑空域における高密度運航の実現

重点 : 重点的取組施策
: 意思決定年度
: 2019年度 意思決定
: 今後、意思決定

資料2-3
別紙1

分野/外名	個別施策名	現状(これまで)	短期(~2024年度)	中期(~2030年度)	長期(2031年度~)
空域容量管理	柔軟な空域運用	・巡航機と上昇・下降機が混在 ・固定的な空域単位で管制を実施 導入済 可変セクター(DCB-3) 訓練空域動的管理(DCB-1)	管制空域再編(2018~2024年度) 2022年度~ 国内空域上下分離(西日本) (DCB-2:◆2013) 2022年度~ 局所的な空域形状変更 (DCB-3:◆2013) 2020年度~ CFDTによる時間管理(OI-18) 初期的CFDT(再開) (OI-18:2012導入後中断) 2021年度~ 複数地点CFDT (OI-16:◆2013)	2025年度~ 国内空域上下分離 (DCB-2:◆2013) 2028年度~ 境界高度+水平面の変更 (DCB-3:◆2013) 協動的な運航前の軌道調整等により、ATFMの継続的精度向上	2036年度~ 複雑性管理(DCB-4) 2036年度~ DAC(動的セクタ構成変更) (DCB-3) 2035年度~ ATFMと関連施策の連動(DCB-6) 2028年度~ A-SMGCS(APO-6) Level1/2 2033年度~ Level3/4
	航空交通流管理	・交通流制御は主に出発時刻指定(EDCT)により時間を管理	2020年度~ 後方乱気流区分細分化(RECAT) (APO-4) 2021年度~ 首都圏空港 A-CDM (APO-3) 2022年度~ AMAN/DMAN (APO-2)	2028年度~ A-CDM他空港展開 (APO-3) 2028年度~ AMAN高度化 (APO-2) 2028年度~ 動的RECAT (APO-4)	2030年度~ 統合運用 (APO-2) 2028年度~ A-SMGCS(APO-6) Level1/2 2033年度~ Level3/4
空港運用	空港運用の効率化 ・目視又はレーダーを用いて監視		2022年度~ 後方乱気流区分細分化(RECAT) (APO-4) 2022年度~ 首都圏空港 A-CDM (APO-3) 2022年度~ AMAN/DMAN (APO-2)	2028年度~ A-CDM他空港展開 (APO-3) 2028年度~ AMAN高度化 (APO-2) 2028年度~ 動的RECAT (APO-4)	2030年度~ 統合運用 (APO-2) 2028年度~ A-SMGCS(APO-6) Level1/2 2033年度~ Level3/4
軌道ベース運用	リアルタイムな軌道修正	・離陸後、管制官の指示によって安全間隔を設定、順序付け ・固定的な(公示)経路に沿って飛行	2022年度~ 公示経路の直行化 (TBO-1:◆2013) 2023年度~ データリンクによるCDO (TBO-5:◆2013)	2025年度~ 高高度空域UPR (TBO-1:◆2013) 2026年度~ 協調的な運航前の軌道調整 (TBO-2:◆2017) 2026年度~ CDO(時刻指定) (TBO-5) 2026年度~ CCO (TBO-5:◆2015)	2036年度~ 軌道ベース運用の実現 2036年度~ 動的メタリングフィックス (TBO-4:◆2013) 2040年度~ 高高度空域UPR+DARP (TBO-1:◆2013) 2040年度~ システムの支援によるリアルタイムな軌道修正 (TBO-2:◆2032)
	高密度運航	・レーダーを用い管制官がコンフリクトを予測・衝突を回避	2023年度~ データリンクによるCDO (TBO-5:◆2013)	2026年度~ CDO(時刻指定) (TBO-5) 2026年度~ CCO (TBO-5:◆2015)	2036年度~ 動的メタリングフィックス (TBO-4:◆2013) 2040年度~ 高高度空域UPR+DARP (TBO-1:◆2013) 2040年度~ システムの支援によるリアルタイムな軌道修正 (TBO-2:◆2032)
監視	監視能力向上 ・管制官とパイロットは音声で交信		2024年度~ WAMの導入 (SUR-4) 2024年度~ DAPsの導入 (SUR-5) 2024年度~ ADS-B管制活用 (SUR-1)	2024年度~ ADS-B RAD (SUR-1) 2029年度~ ATN-B2 (COM-1) 2029年度~ AeroMACS(地上・機上) (COM-3)	2031年度~ 航空路3NM管制間隔 (TBO-8) 2031年度~ ADS-B NRA (SUR-1) 2037年度~ ASAsの導入 (TBO-6) 自律監視 2038年度~ MSPSR (SUR-6)
通信	データリンク導入・活用		2021年度~ 陸域CPDLC(航空路) (COM-1:◆2013) 2024年度~ FF-ICE(飛行計画のデジタル化) (INF-2:◆2019) 2024年度~ SWIM地対地 (INF-1:◆2018)	2026年度~ FF-ICE(運航前軌道調整) (INF-2) 2026年度~ SWIM国際 (INF-1) 2030年度~ 重点 SWIM国際 (INF-1)	2031年度~ 航空路3NM管制間隔 (TBO-8) 2031年度~ ADS-B NRA (SUR-1) 2037年度~ ASAsの導入 (TBO-6) 自律監視 2038年度~ MSPSR (SUR-6) 2038年度~ 4D TRAD/FLIPINT (COM-5)
情報管理	情報サービスの向上 ・管制官やパイロットの共有情報(トラフィック、航空/気象情報)は限定的		2024年度~ FF-ICE(飛行計画のデジタル化) (INF-2:◆2019) 2024年度~ SWIM地対地 (INF-1:◆2018)	2026年度~ FF-ICE(運航前軌道調整) (INF-2) 2026年度~ 重点 SWIM国際 (INF-1)	2031年度~ 航空路3NM管制間隔 (TBO-8) 2031年度~ ADS-B NRA (SUR-1) 2037年度~ ASAsの導入 (TBO-6) 自律監視 2038年度~ MSPSR (SUR-6) 2038年度~ 4D TRAD/FLIPINT (COM-5)
気象	観測・予測の高度化	・航空路用の例 ・5kmの範囲(飛行経路) ・1時間おき ・33時間先まで ・3時間毎に更新	2023年度~ 観測情報の高度化 (MET-1) 新たな衛星観測情報 低高度レーダーコー (MET-1:◆2012,2016) 2023年度~ 予測情報の高度化 (MET-2) 予測誤差の定量化 (MET-2:◆2017) 2025年度~ DAPs気象データ活用 (MET-1:◆2017)	2026年度~ 4D気象DB (INF-2) 2026年度~ 重点 SWIM国際 (INF-1)	2032年度~ 重点 気象情報から容量への変換 (MET-4)

我が国におけるTBOの導入と関連技術(新導入計画案)

新ロードマップ版 PBN導入展開計画(案)

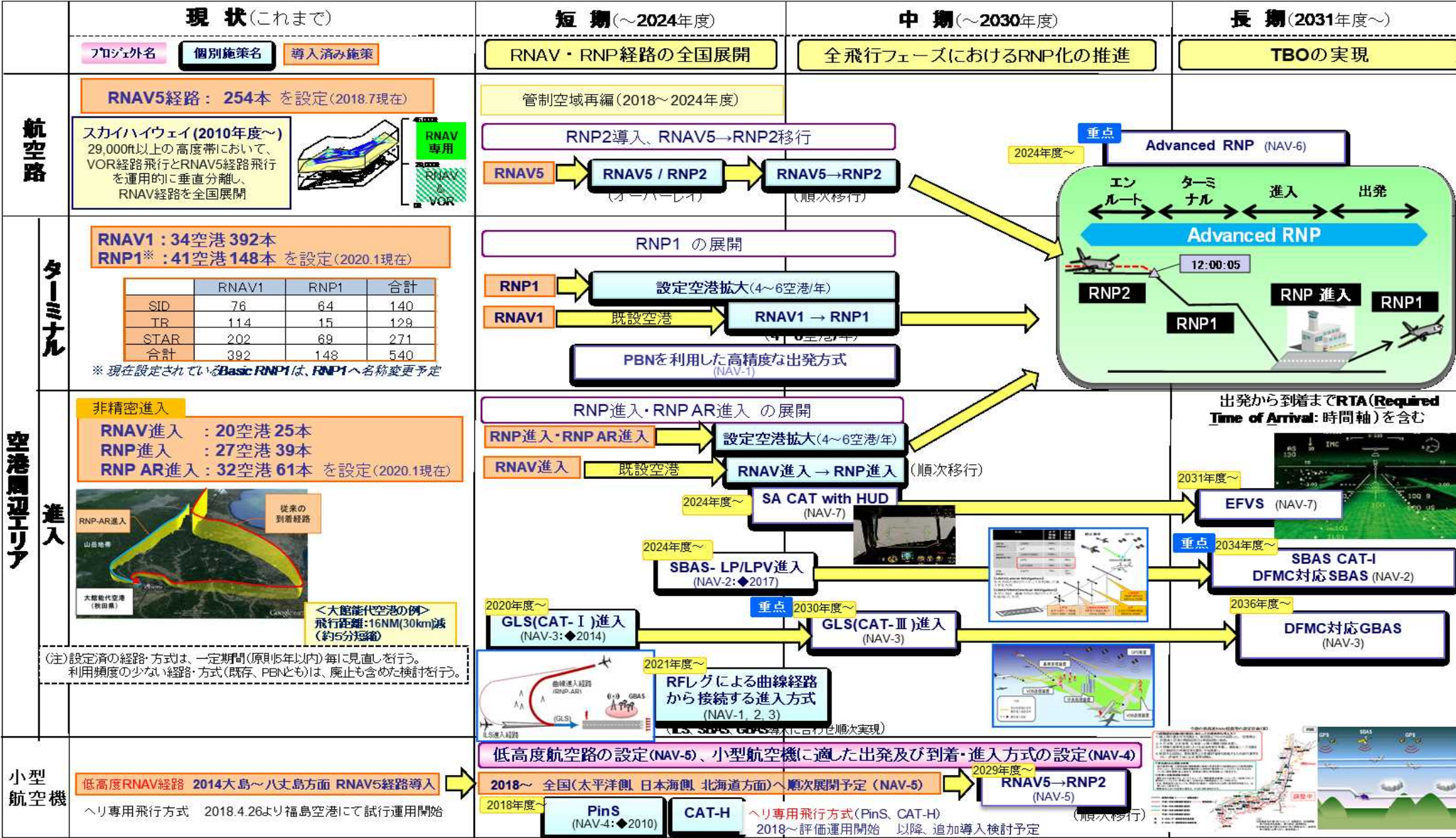
RNAVロードマップ(2007年第2版)の改訂版として策定

【期間の設定と目標】

- 短期(～2024年度) : RNAV・RNP経路の全国展開
- 中期(～2030年度) : 全飛行フェーズにおける衛星航法(RNP化)の推進
- 長期(2031年度～) : TBOの実現(時間軸を含む全飛行フェーズでの衛星航法の実現)

重点 : 重点的取組施策
重点 : 意思決定年度
重点 : 2019 意思決定
重点 : 今後、意思決定

資料2-3
別紙1



我が国におけるTBOの導入と関連技術(想定)

○基本方針

1.初期:運航前軌道調整の実現 2.中期:全飛行フェーズでも軌道調整の実現 3.長期:動的軌道調整の実現 の3段階での導入を目論み、各フェーズの実現に必要な運用・技術の確立を目指す。

1.初期TBO:~2030「デジタル化による運航前軌道調整」の実現

- ①運航前軌道調整
 - ・地対地SWIM、FF-ICE R1(飛行計画情報共有と運航前合意)
- ②初期的時間管理運用
 - ・容量管理(ATFM、CFDT)
- ③初期的情報共有及び意思決定基盤の確立
 - ・A-CDM 新千歳、羽田、成田(情報共有による意思決定体制確立)
- ④ターミナル、空港周辺の管制機能強化
 - ・初期的AMAN(着陸滑走路振り分け)
 - ・DMAN/SMAN(ゲートアウト、出発時刻並べ替え)
 - ・RECAT(区分の細分化)
 - ・ポイントマージ(ターミナル空域の効率的な流入管理)
- ⑤CNS新技術の導入と性能準拠型運用に向けた方式・技術の確立
 - ・通信(DCL)、CPDLC
 - データリンク技術の確立
 - ・航法(PBN(出発、到着、ターミナル、航空路)、SBAS/GBAS)
 - 衛星航法技術の確立
 - ・WAM(ブラインドエリアの解消、同時並行進入の実現)
 - ADS-B out /DAPSの初期導入
 - 高度な監視技術の確立
- ⑥気象情報の高度化と共有
 - ・デジタル化とSWIM連携
 - ・予測、提供情報の高度化(提供メッシュの細分化)

2.中期TBO:~2040「空地の同期、時間管理による運航中軌道調整」の実現

- ①運航中軌道調整
 - ・空対地SWIM、FF-ICE R2
 - 時間ベース且つ全飛行フェーズでの飛行計画情報の共有と合意
- ②時間管理運用
 - ・容量管理の拡大:複数地点CFDT(外航+FF-ICE連携)
 - ・定時制及び運航時間の厳格化:メタリング
- ③情報共有及び意思決定基盤の拡大・展開
 - ・A-CDM他空港展開と連携(シティペア)→より最適な意思決定
 - ・ATFM連携→より最適な容量管理
- ④ターミナル、空港周辺の管制機能強化
 - ・シティペアでのAMAN+DMAN/SMAN
 - ・AMAN高度化(E-AMAN:ターミナル空域での容量管理)
 - ・RECAT(時間ベース)
- ⑤CNS新技術の高質化と性能準拠型運用に向けた方式・技術の確立
 - ・通信データリンクを活用した時刻、距離指定→動的TBOの準備
 - IP化→空地SWIMへの対応
 - ・TBOに適した航法方式・技術の確立
 - A-RNPの導入(時刻指定)、SBAS,GBAS高度化
 - (全飛行フェーズでの性能準拠型航法の方式・技術の確立)
 - ・ADS-B out(動的TBOに向けた実装)
- ⑥気象情報の高度化
 - ・航空機からの気象観測情報の活用

3.長期TBO:2040~(動態情報、高精度の航法、大容量データ通信を用いた動的軌道運用)

- ①動的軌道運航(航空機が生成する軌道を地上システムが把握、管理)
- ②空港効率化施策の連携等による時間管理の交通整理の高質化
 - AMAN/DMAN/SMANの統合(連携)、
 - RECAT(動的+時間ベース)
- ③動的TBO確立に必要な性能準拠型運用の確立
 - ・EPP、FLIP-INT、FLIP-CY等地上、機上システム間での軌道情報の交換(大容量データ通信を活用)
 - ・航法(A-RNPの導入(時刻指定)+GNSS精密進入(全飛行フェーズでの高質な航法)の導入
 - ・ADS-B out(動的軌道かつ高精度な航法を行う機の監視)→ADS-Bin(セルフセパレーション、フローコリドールの実装)
- ④気象情報の高度化
 - ・可視化・定量化
 - ・容量変換