

日本航海学会航空宇宙研究会
平成23年10月14日

CIVIL AVIATION BUREAU OF JAPAN

将来の航空交通システムに関する長期ビジョン

CARATS

～戦略的な航空交通システムへの変革～

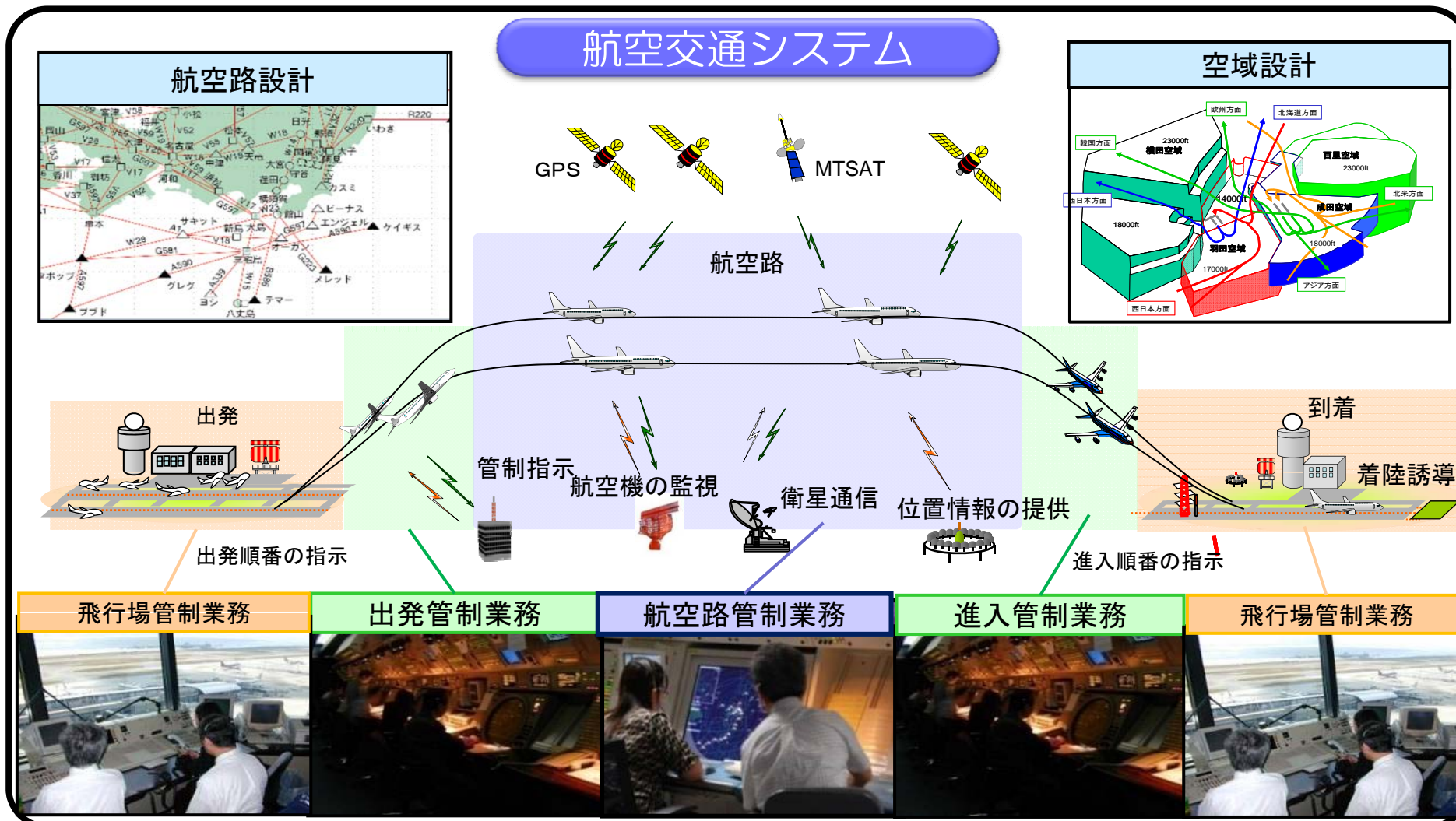
航空局 交通管制部
交通管制企画課

 国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

1. 長期ビジョンの必要性
2. CARATSとは？
3. CARATSの構成
4. 目標
5. 変革の方向性
6. 実現に向けた取り組み

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並びにそのために必要となる機上装置、地上施設及び衛星をいう。



社会・経済情勢

人口減少・少子高齢化

地球温暖化

アジアの経済成長

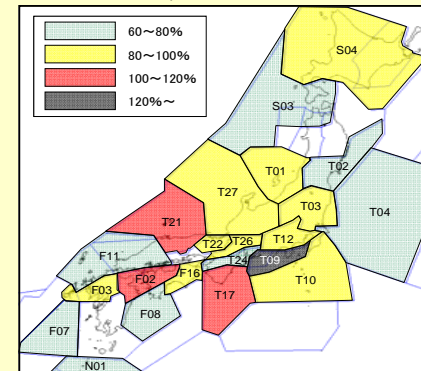
我が国の持続可能な経済成長のため、
日本の強みを活かした成長戦略が必要

航空サービスは、観光立国の推進、国際競争力の強化、
地域の活性化といった我が国の経済の成長戦略や国民
生活にとって不可欠

航空交通システムは、航空サービスを支える基盤と
してますます重要

現行の航空交通システムの限界

- 航空交通量需要増に対する管制処理容量の不足
- 管制処理容量を超えた交通量による遅延の発生
- 空域や経路の柔軟な運用が限定的であることによる効率的な運航への制約
- ヒューマンエラー等に起因するトラブルの発生



需要が1.5倍に増加した際の
管制セクター負荷率



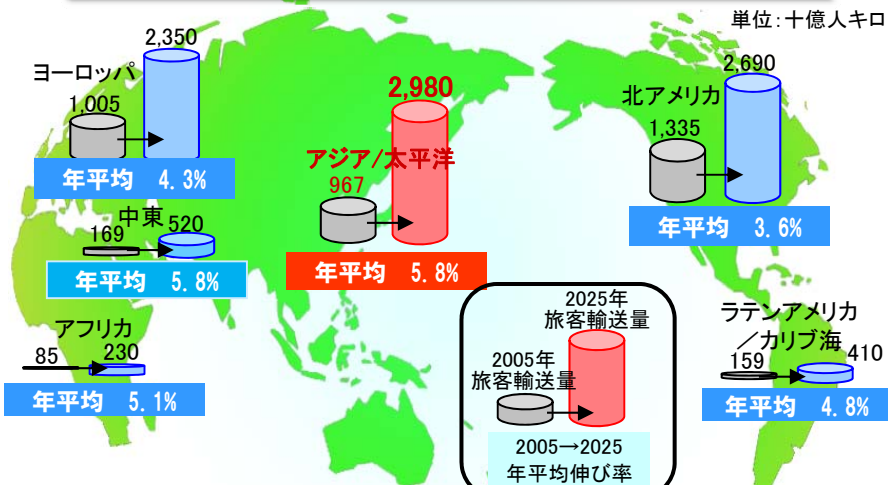
多くの自衛隊・米軍の訓練空域
が存在

航空交通システムの大膽な変革が必要



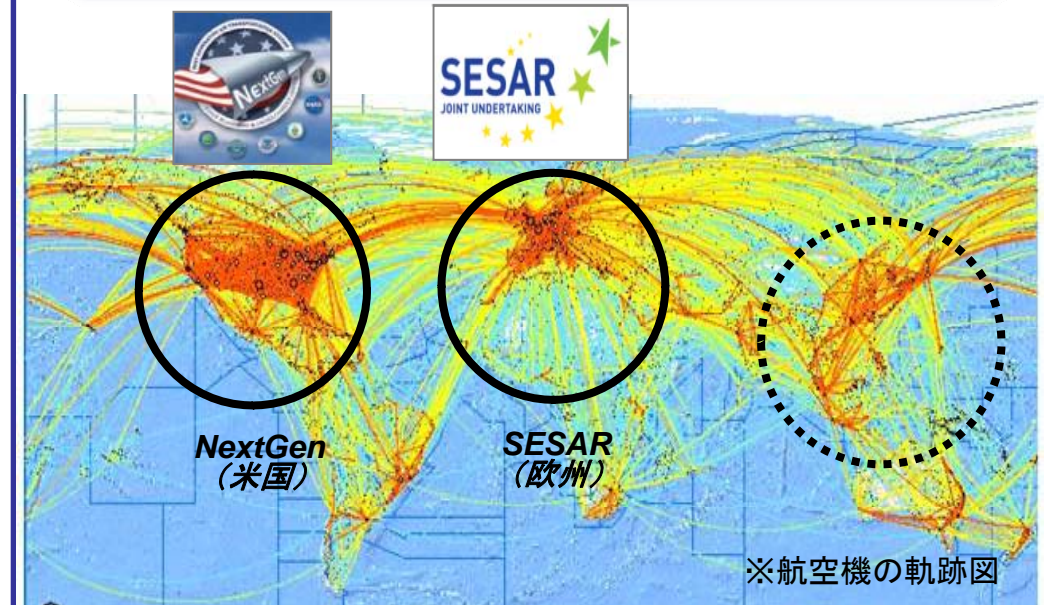
国際航空輸送等

世界の航空旅客輸送量予測（2005～2025年）



出典：「ICAO Outlook for Air Transport to the year 2025」

将来システムに関する国際動向



- 今後の航空旅客輸送量は、アジア・太平洋地域を中心に増加
- 航空交通システムは国際航空輸送における重要な基盤であり、将来の需要増大等に対応するためには能力増強が不可欠
- 第37回ICAO総会(2010年10月)で国際航空分野における地球温暖化対策を決議
 - 燃費効率を毎年2%削減
 - 2020以降、CO₂総排出量を増加させない需要増大等に

- ICAO：グローバルATM運用構想を策定し、2025年以降を視野に、航空交通システムの変革を推進。
- 欧米：ICAOの構想に準拠し、それぞれ、将来システムに係る長期ビジョンを策定、具体的な変革を開始。
- アジア：長期ビジョンが策定されていなかった。

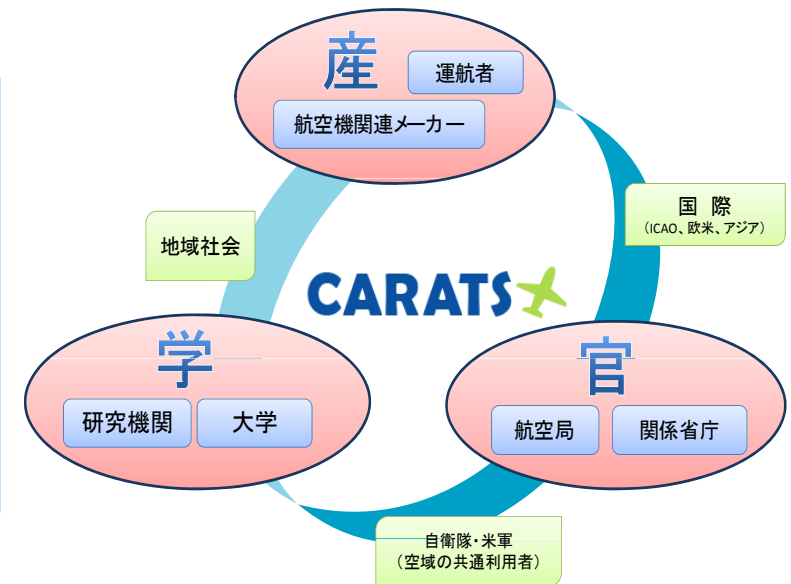
欧米等の諸外国と連携し、国際的な相互運用性を確保して将来システムを構築



- 2009～2010年： 長期ビジョンの策定
 - 「将来の航空交通システムに関する研究会」を設置
 - 「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」を策定、公表
- 2010～2011年： ロードマップの作成
 - 「CARATS推進協議会」を設置
 - 具体的な施策を設定し、ロードマップを作成
- 2011年以降： 施策の実施

将来の航空交通システムの構築にあたっては、航空に係る様々なステークホルダーとの協働作業が不可欠

1. 産学官の協調
2. 運航者と管制機関の協調
3. シームレスな航空交通を実現するための国際的な協調
4. 空域の共通利用者間の協調(民間・自衛隊・米軍)
5. 地域社会との協調



CARATS (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems) : 航空交通システムの変革に向けた協調的行動



目標

2025年を想定

1. 安全性の向上
 - 航空交通システムに関する安全性を5倍に向上
2. 航空交通量増大への対応
 - 混雑空域における管制処理容量を2倍
(インフラ整備や環境対策と併せて行うことが必要)
3. 利便性の向上
 - サービスレベル(定時性、就航率、速達性)を10%向上
4. 運航の効率性向上
 - 燃料消費量を10%削減
5. 航空保安業務の効率性向上
 - 効率性を50%以上向上
6. 環境への配慮
 - CO2排出量を10%削減
7. 航空交通分野における我が国の国際プレゼンスの向上
 - シームレススカイ実現のための連携
 - 地域における航空交通システムのレベルアップのための技術協力

ATM運用とCNS技術の 変革の方向性

1. 軌道ベース運用の実現

運航前から飛行軌道を戦略的に調整し、軌道上の通過時刻等を正確に管理し、整然と運航

2. 予見能力の向上

管制処理容量の算定・交通流予測の高度化、気象情報の高度化

3. 性能準拠型の運用の促進

高精度なRNAVや衛星航法等航空機性能に応じた運用

4. 全飛行フェーズでの衛星航法の実現

衛星航法により4次元軌道や曲線精密進入を実現

5. 地上・機上での状況認識能力の向上

データ通信の利用、空対空監視の導入により状況認識能力を向上

6. 人と機械の能力の最大活用

定型的通信の自動化等による人の高付加価値業務への集中等

7. 情報共有と協調的意志決定の徹底

総合的なネットワーク(SWIM)の導入等

8. 混雑空港及び混雑空域における高密度運航の実現

支援システムの活用や正確な時間管理等による高密度運航の実現

実現に向けた 取り組み

1. ロードマップの作成
 - 関係者間で連携の下、詳細なロードマップの作成
 - 推進協議会の設立
2. 関係者の役割分担と連携
 - 産学官が協調的にそれぞれの役割を分担
3. 効果的・安定的な施策の推進
 - 目標の達成度を分析するため、指標を設定し、効果的な施策を推進
 - 安定的な財源の確保
 - 費用対効果分析
 - 関係省庁・産学官一丸となった体制の構築

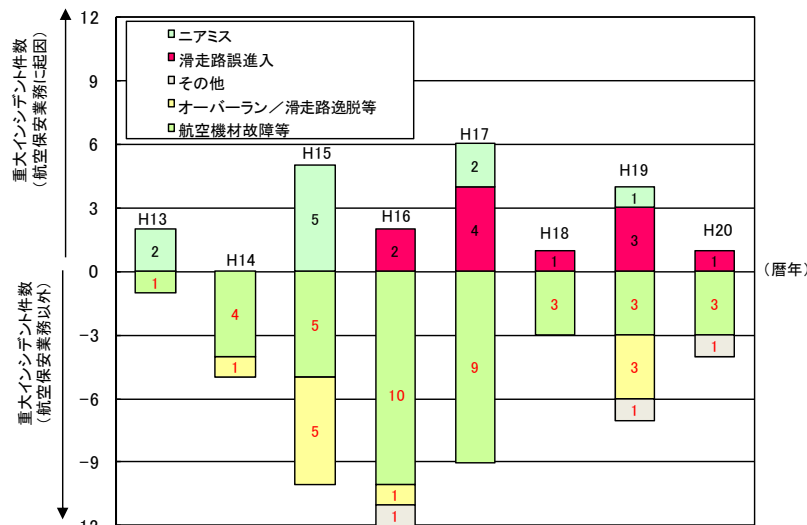


1. 安全性の向上

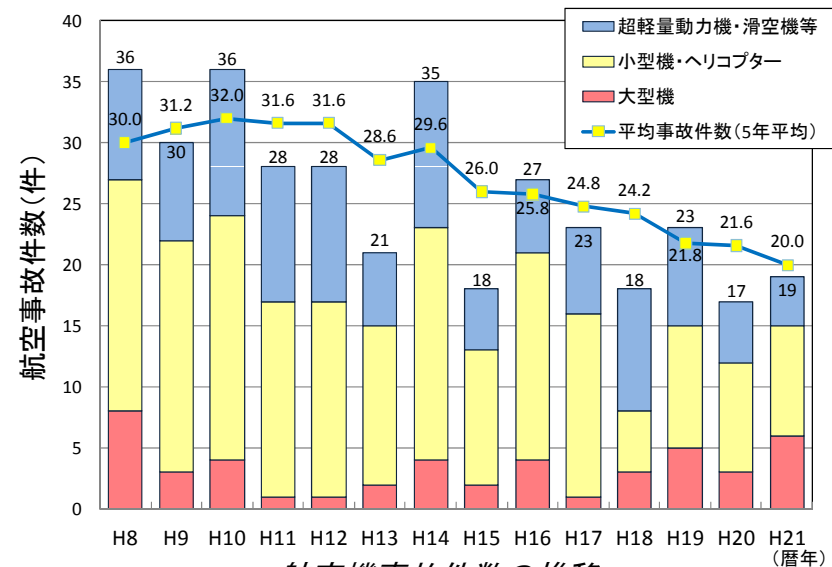
✈️ 安全性を5倍に向上

航空交通量1.5倍の増加が予想される中、航空保安業務に係る航空機事故及び重大インシデントの発生件数を限りなくゼロに近づける。

参考



重大インシデントの発生件数の推移



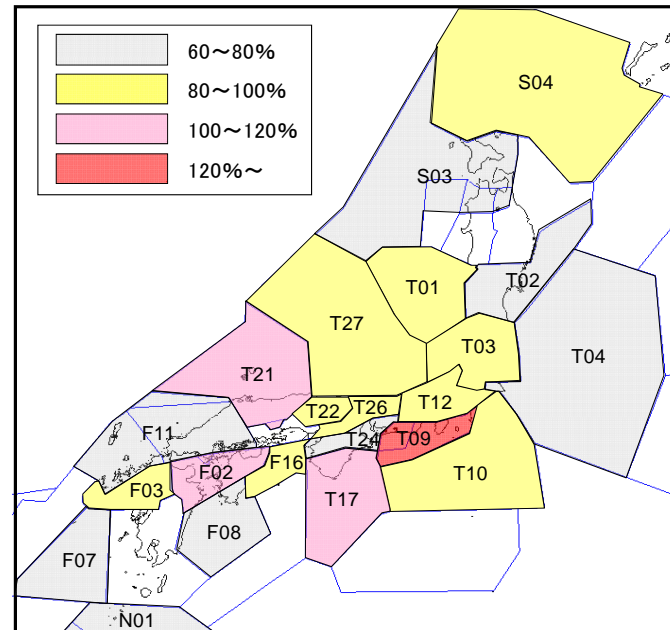
航空機事故件数の推移



2. 航空交通量増大への対応

✈️ 混雑空域における管制の処理容量を2倍に向上

1.5倍の交通量に対応するためには、特に混雑空域におけるボトルネックの解消が重要。混雑空域において、概ね2倍の処理容量が必要。



交通量1.5倍時のセクター別管制負荷率



3. 利便性の向上

✈️ サービスレベルを10%向上

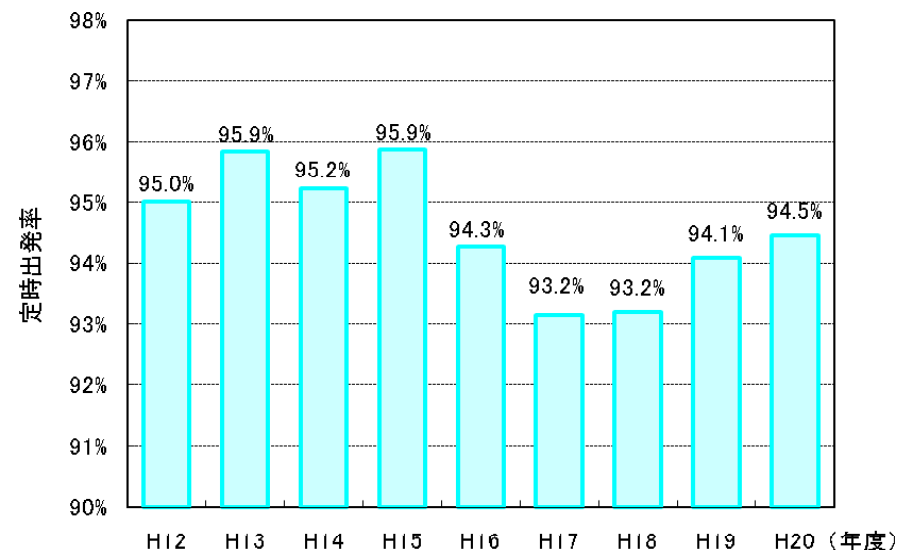
増大する航空交通量に対応しつつ、航空交通システムのサービスレベル(定時性、就航率及び速達性)を向上させる。

参考

単位: 時分

	H15.4.1	H17.4.1	H21.4.1
羽田～新千歳	1:30	1:30	1:33
羽田～大阪	1:00	1:01	1:05
羽田～福岡	1:42	1:42	1:45

時刻表より
主要幹線の運航時間の推移



全出発便数に対する定時に出発した便数の比率(定時出発率)の推移

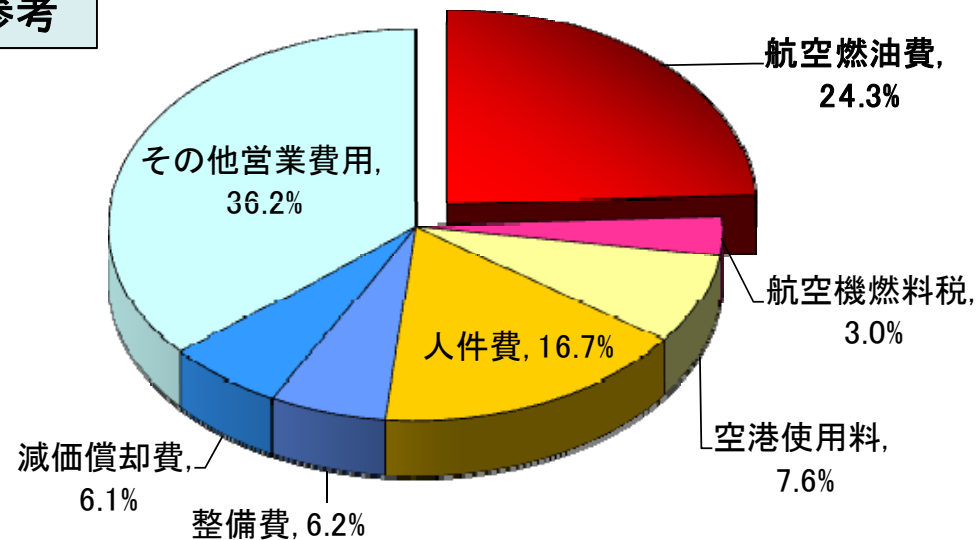


4. 運航の効率性の向上

✈️ 1フライト当たりの燃料消費量を10%削減

継続降下運航方式(CDO)の導入など航空交通システムの高度化により、1フライト当たりの燃料消費量を削減させる。

参考



我が国の航空会社の費用構造

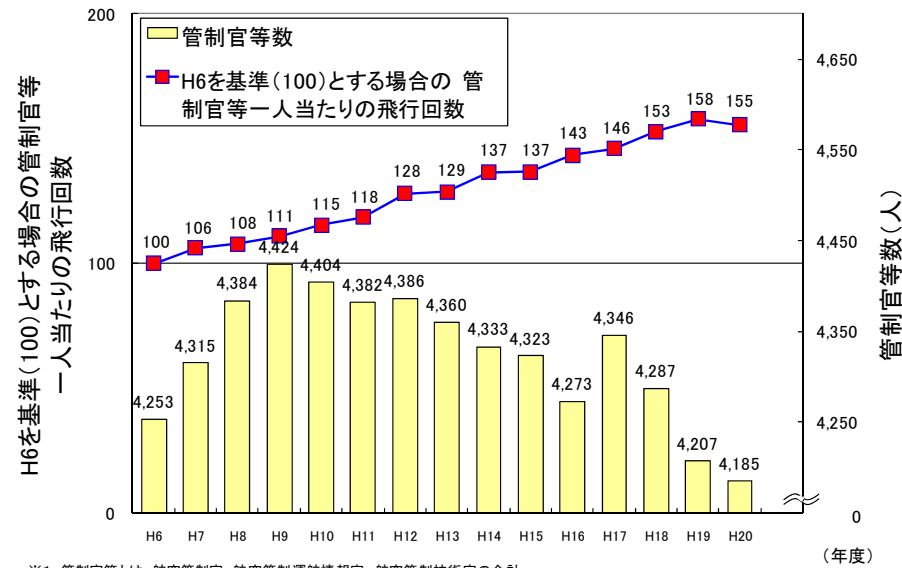


5. 航空保安業務の効率性の向上

✈️ 航空保安業務の効率性を50%以上向上

限りあるリソースの下、安全性、サービスレベルの向上を図りつつ、航空保安業務の効率性を向上させる。

参考



※1 管制官等とは、航空管制官、航空管制運航情報官、航空管制技術官の合計

管制官等の数と一人当たりの飛行回数の推移



6. 環境への配慮

1フライト当たりのCO₂排出量を10%削減

航空交通システムの高度化により、1フライトあたりのCO₂排出量を削減させる。また、航空保安施設等の電力使用量の減少によっても削減させる。

7. 国際プレゼンスの向上

隣接したFIRとの管制サービスの連続性やサービスレベルの均質性の確保等により、シームレススカイ(継ぎ目のない空)を実現するなど、諸外国との連携強化が重要。そのためには、専門家の派遣や、セミナー開催等の国際協力が必要。



④ 全飛行フェーズでの衛星航法の実現

衛星航法により、我が国の管轄空域全域で、航空機は正確な位置と時間を把握

① 軌道ベース運用 (TBO) の実現

出発から到着まで、予め調整された軌道を整然と飛行
正確な時間管理

③ 性能準拠型の運用(PBO)

⑤ 地上・機上での状況認識の向上

地上と機上の連携、情報共有

⑧ 混雑空港及び混雑空域における高密度運航の実現

② 予見能力の向上

管制処理容量の算定、交通量予測の高度化
気象情報の高度化

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

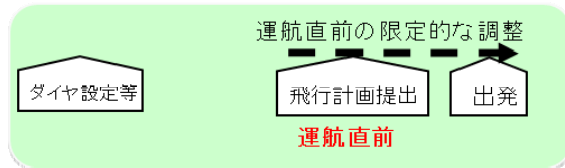
統合された管制情報処理システム



① 軌道ベース運用 (TBO) の実現

空域ベースのATM運用

- 分割された空域毎の対応が基本
- 予め定められた固定的な経路
- 運航直前の限定的な事前調整により、出発待機等の交通流制御を実施

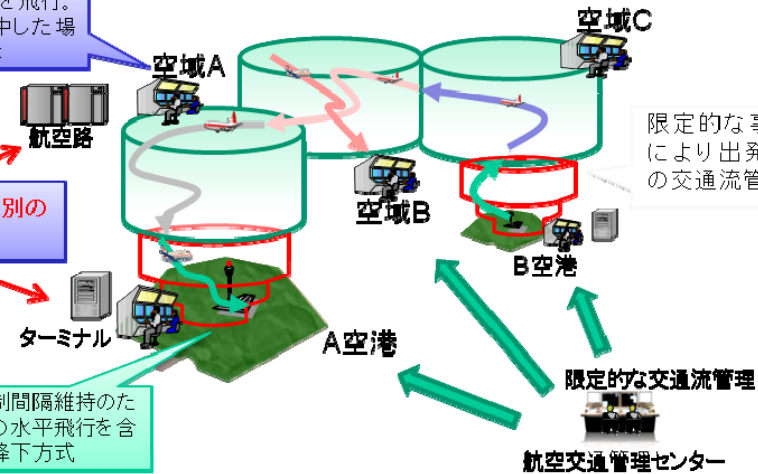


- 分割された空域の中で管制間隔を維持するために、絶えず管制指示

固定的な経路を飛行。交通流が集中した場合は迂回指示

飛行フェーズ毎に個別のシステム

管制間隔維持のための水平飛行を含む降下方式

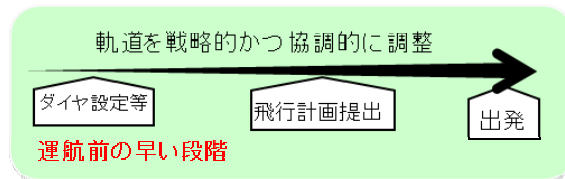


限定的な事前調整により出発待機等の交通流管理

限定的な交通流管理
航空交通管理センター

軌道ベースのATM運用

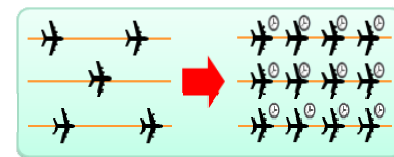
- 全体を1つの空域として捉え、出発から到着までの軌道を最適化
- 航空機毎に最適な飛行軌道を設定
- ダイヤ設定時等から軌道を調整し、飛行軌道上の通過時刻を正確に管理



- 管制は航空機のモニタリングと緊急時の対応が中心

運航者の希望する自由度の高い飛行軌道を実現

混雑空域において、効率的な降下方式や高密度運航を実現



(正確な時間管理等により、整然と飛行するとともに、位置、時間の予見精度を向上し、航空機間隔を短縮)

出発から到着まで、予め調整された軌道を整然と飛行

運航前からの協調的な軌道調整により、遅延の最小化



統合された管制情報処理システム



② 予見能力の向上

- 出発から到着までの交通状況と管制処理容量の適合性を予測することが必要
 - 空港やセクター毎の管制処理容量の算定、交通流予測手法を高度化し、軌道ベースでの算定手法を確立
- 航空交通流や管制処理容量を予見する上で大きな不確実要素は気象であることから、気象情報の高度化を図る。
 - 航空利用に特化した気象予測情報の作成、機上で把握している気象データの活用等

③ 性能準拠型の運用(PBO)

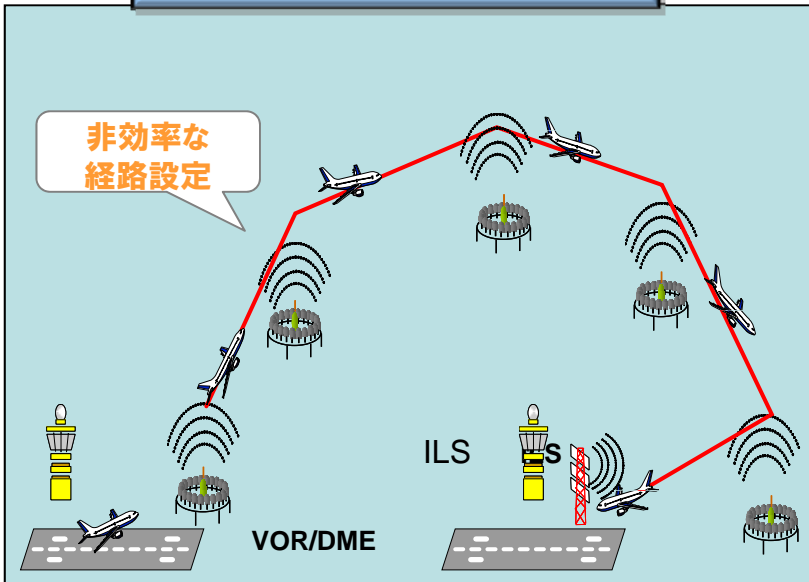
- 特定の航空機搭載装置や地上無線施設等に依存した管制運用ではなく、航空機に求められる運航上の性能要件を規定し、それに応じたより高度な管制運用が必要
 - 高精度なRNAVや衛星航法等、さらに航空機側の性能を重視した運航が重要



④ 全飛行フェーズでの衛星航法の実現

- 我が国のFIR全域において、航空機は正確な位置と時間を把握することが必要。
- 全飛行フェーズについて精度、信頼性及び自由度の高い衛星航法を実現(空域を有効に活用するとともに、環境対策にも寄与)

現在の航法システム

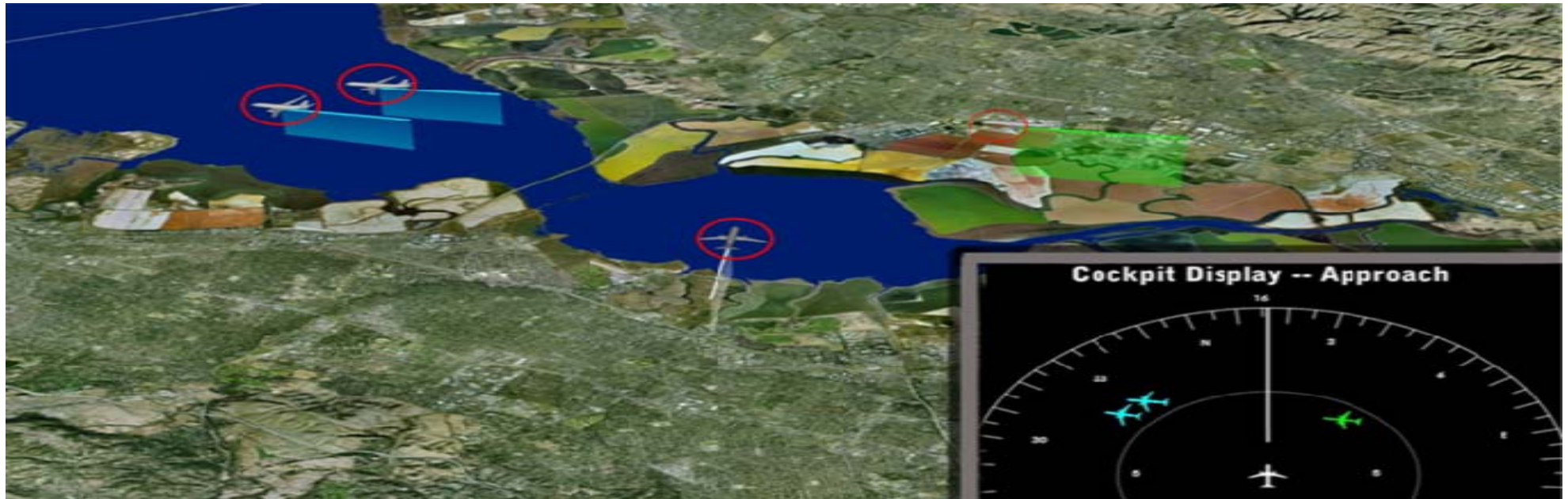


航法システムの将来像 (イメージ)



⑤ 地上・機上での状況認識能力の向上

- 地上と機上の双方で情報を一体的に共有し、高精度に航空機の位置及び交通状況を把握するなど、状況認識能力の向上を図ることが必要
 - ① データ通信を用いることで、地上では、航空機が有する動態情報を利用して、パイロットの意図の把握が可能となり、機上においては周辺の航空機の存在の把握が可能。空対空監視の導入により、航空機同士による間隔保持を実現



機上における他機の状況把握イメージ
(FAA資料より)

⑥ 人と機械の能力の最大活用

○ 高度に自動化された統合的な管制支援システムが不可欠

→ 定型的通信の自動化等により、パイロット・管制官の能力をより付加価値の高い業務に集中

定型通信の自動化

空港において管制官が口頭で発出している出発管制承認、地上走行承認をデータリンクにより自動化

陸域航空路における定型的な通信、タイムクリティカルでない指示や許可の伝達をデータリンクにより自動化



管制官・運航乗務員の業務負荷とヒューマンエラーのリスクを軽減し、処理容量を向上



⑦ 情報共有と協調的意思決定の徹底

- 関係する全ての管制機関、関係省庁、空港管理者、パイロット、運航者等において、必要十分な情報共有と、協調的な意思決定を行うことが必要
- 関係者が必要な時に、必要な情報にアクセスできるネットワーク(SWIM: System Wide Information Management)を構築



⑧ 混雑空港及び混雑空域における高密度運航の実現

- 首都圏をはじめとする混雑空港、混雑空域におけるボトルネックの解消が不可欠
- 性能準拠型の運用、衛星航法、動的な空域管理等により空域を有効に活用するとともに、様々な支援システムを最大限活用し、管制処理容量を向上



CARATSロードマップ

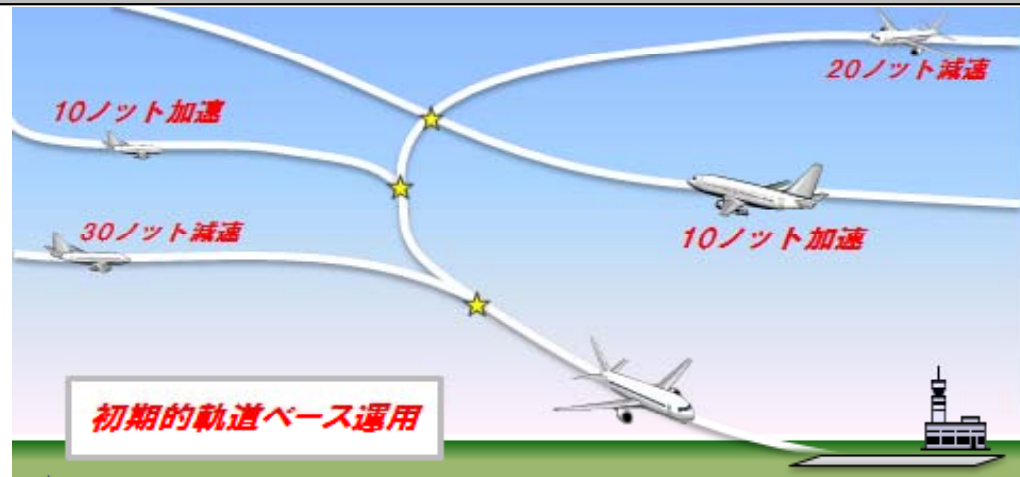
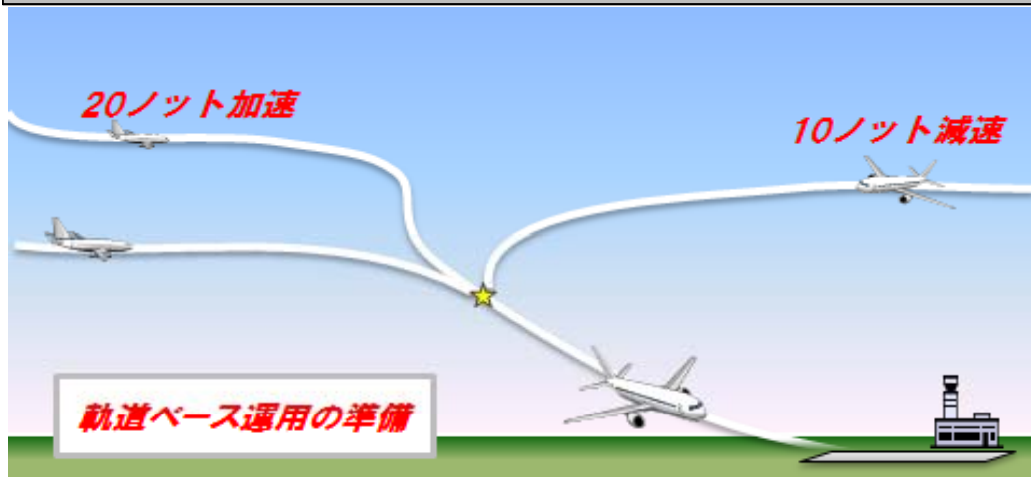
長期ビジョン(CARATS)の実現に向けて必要となる55の施策を設定。
「運用改善に関する施策」とそれを実現するために必要な「技術等に関する施策」に分類。

分類		施策数	2010年	2015年頃	2020年頃	2025年頃
OI	空域編成	柔軟な空域運用	8	可変セクターの運用	動的ターミナル空域の運用	リアルタイムの空域形状変更
				訓練空域の動的管理	高高度でのフリールーティング	フローコリドーの導入
	運航前	性能準拠型運用	4	RNP AR進入・出発	高精度かつ時間軸を含むRNP	
				協調的な軌道生成	5	継続的な上昇・降下の実現
	運航中	リアルタイムな軌道修正	5	飛行中の初期的な時間管理	合流地点での時刻ベースメタリング	システム支援によるリアルタイムな軌道修正
				高密度運航	14	空港面運用の高度化
			2			機上における情報の充実、運航者への情報サービスの向上
運航後	安全情報等の共有と活用	1	安全情報の蓄積・分析・評価	リアルタイムリスクマネジメントの実現		
EN	情報管理	3	情報処理システムの高度化、情報共有基盤の整備(SWIM)			
	航空気象	3	気象情報の高度化(予測精度の向上等)			
	航法	2	全飛行フェーズでの衛星航法の促進(GBAS, SBAS)			
	監視	8	監視能力の向上(WAM, ADS-B等)			

※ OI:Operational Improvement(運用改善に関する施策) EN:Enabler(運用改善の実現に必要な技術等に関する施策)



既定の空域や経路に依らず、飛行の軌道を最適化した「軌道ベース運用」を実現する。
 ⇒時間管理を導入した軌道に基づき、システムの支援を受けながら飛行することで、航空機は効率的な軌道を保つことが可能となる。



2012年～
特定の合流点における時間調整を実施。

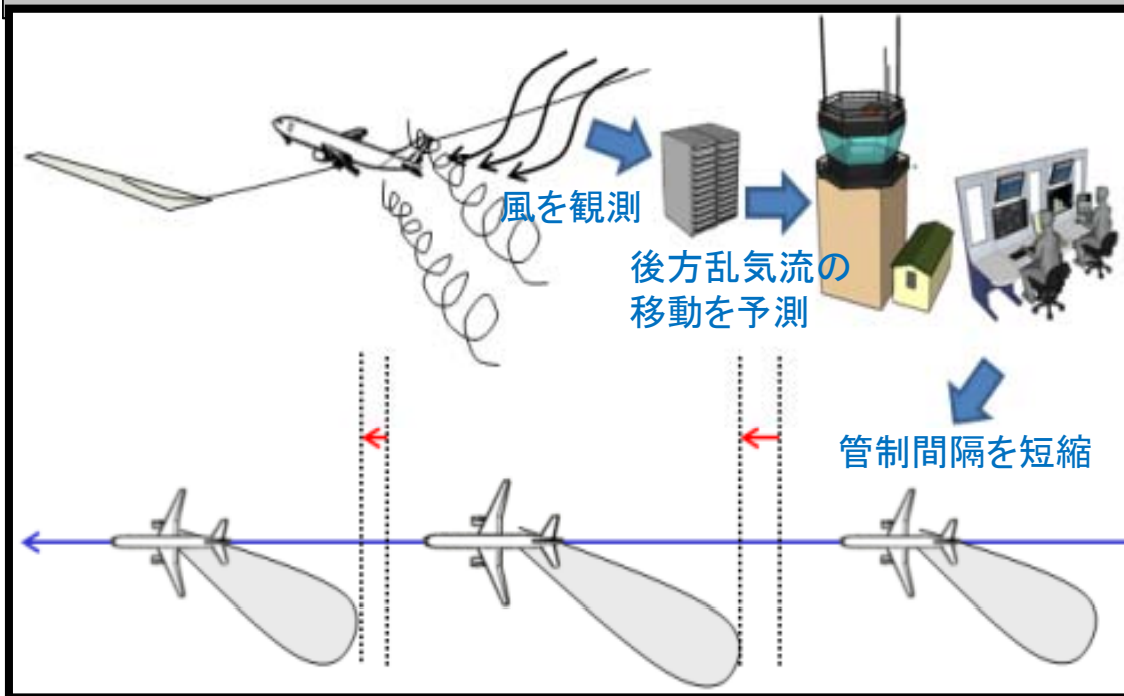


2019年～
複数地点における時間調整を実施。

2025年～
システムの支援により随時に軌道を修正し、調整。



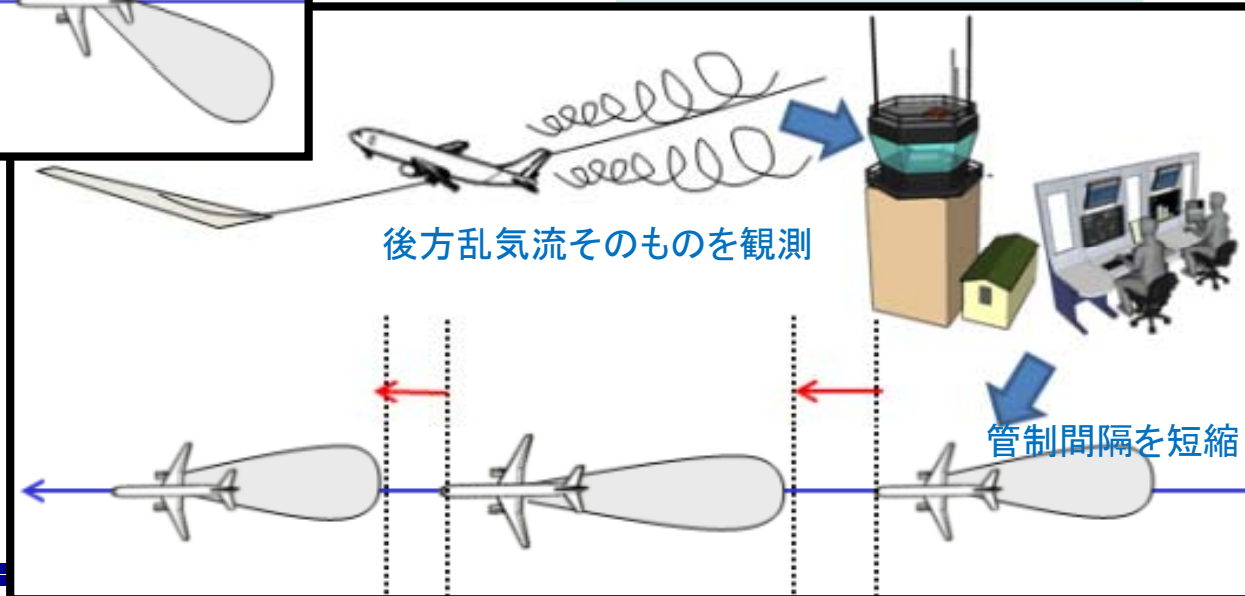
後方乱気流に起因する管制間隔を短縮することにより高密度運航を実現する。
 ⇒風の観測により後方乱気流の移動を予測することで管制間隔を短縮する。
 さらに、後方乱気流そのものを検出・予測することで管制間隔を短縮する。



2015年～
風の観測による予測



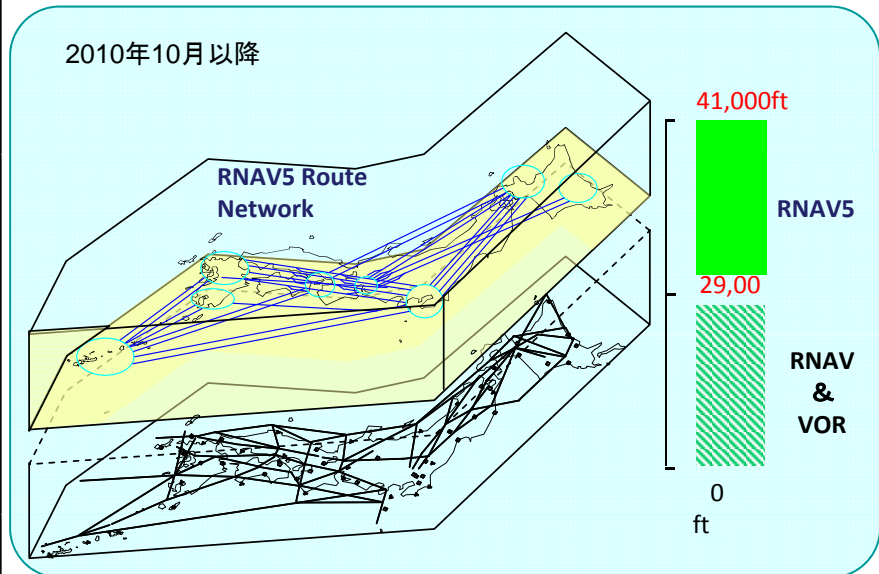
2024年～
後方乱気流そのものの検出・予測



実現に向けた取り組み ~PBN (Performance Based Navigation) ~ P24

航空機が高機能な航法用機上コンピュータ (FMS) を搭載すること等により高い航法能力を有していることを利用した、広域航法:RNAV (aRea NAVigation) の展開により、飛行効率や安全性を向上。
 ⇒より精度の高いRNP (Required Navigation Performance) への移行によりPBNの拡大を図る。

enRoute (航空路) RNAV導入状況



SID (出発)

RNAV1: 19
 Basic-RNP1: 2
 (# of Airports: 空港数)

STAR (到着)

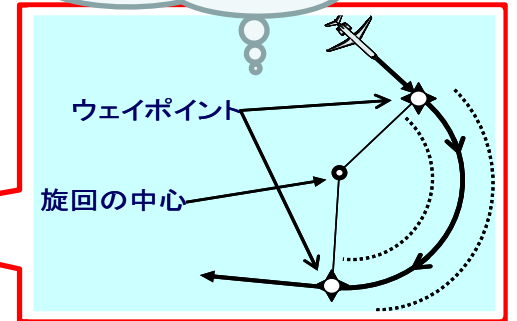
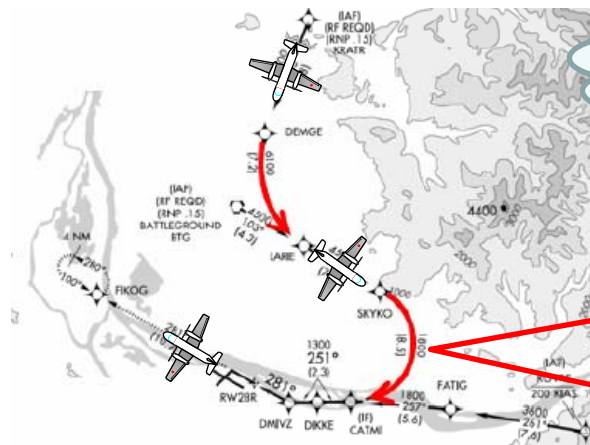
RNAV1: 20
 (# of Airports: 空港数)

Approach (進入)

RNP Approach: 14
 RNAV(GNSS): 11
 (# of RWY Ends: 滑走路数(方向別))

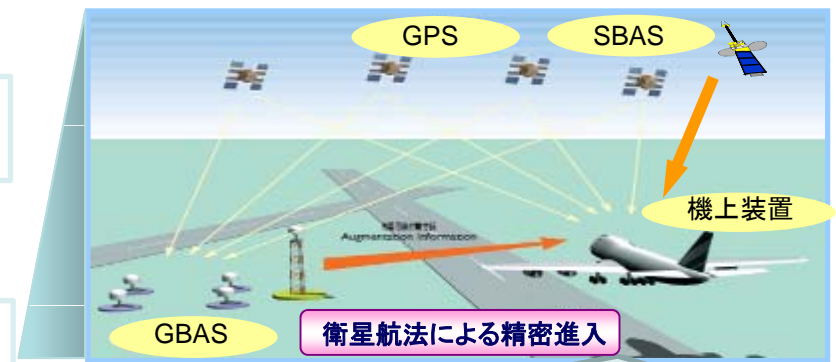
今後の施策の例: 精密かつ柔軟な出発及び到着・進入方式

2012年~ RNP AR (Authorization Required) 進入



2016年~ RNP AR 出発

2021年~ 曲線精密進入



SBAS (Satellite Based Augmentation System) GBAS (Ground Based Augmentation System) を用いて GPS の補強情報による精密進入を提供



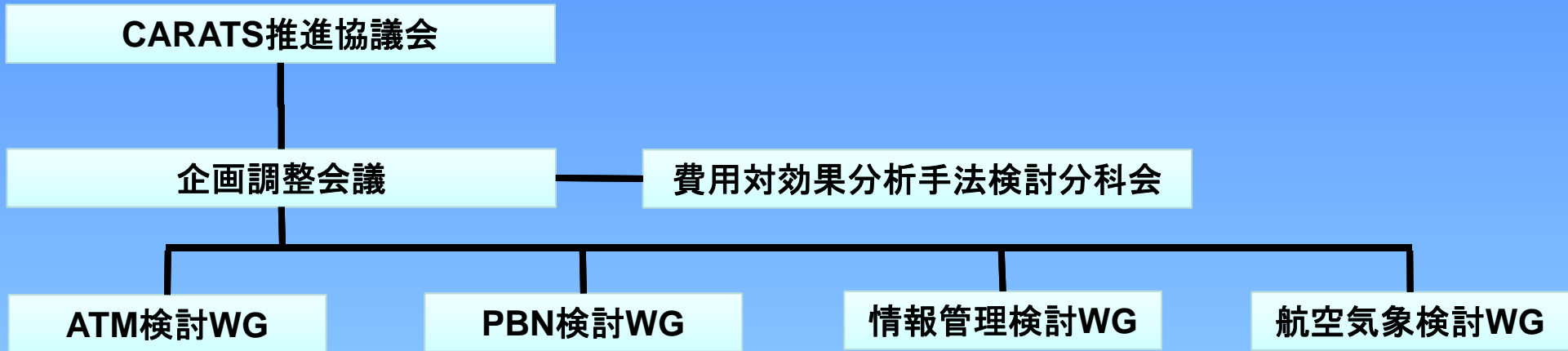
指標の設定

CARATSの目標の達成状況を確認するための指標を設定。
継続的な分析を行うことで施策を着実に推進。

目標	指標の概要
1. 安全性の向上 【安全性を5倍】	航空保安業務に起因する航空機事故及び重大インシデントの発生件数 → 過去5ヶ年の平均発生件数によって評価
2. 航空交通量の増大への対応 【管制処理容量を2倍】	混雑空域のピーク時間帯における処理機数 → 単位時間あたりの処理機数を2倍
3. 利便性の向上 【サービスレベルを10%向上】	(定時性) 到着便に対する15分を超える到着遅延便の割合によって評価
	(就航率) 到着便に対する自空港の気象の影響による欠航便の割合 → 過去3ヶ年の平均欠航率によって評価
	(速達性) 主要路線におけるGate To Gateの運航時間によって評価
4. 運航の効率性向上 【燃料消費量を10%削減】	1フライト(大圏距離)あたりの消費燃料によって評価
5. 航空保安業務の効率性向上 【効率性を50%以上向上】	管制官等一人当たりの飛行計画取扱機数によって評価
	3ヶ年平均の整備費当たり飛行計画取扱機数によって評価
6. 環境への配慮 【CO2排出量を10%削減】	1フライト(大圏距離あたり)のCO2排出量によって評価



長期ビジョンの実現に向けた産学官連携の推進体制



◆推進協議会

長期ビジョンの実現を推進するための産学官連携による協議会。学識経験者、運航者、研究機関、航空関連メーカー、関係省庁、航空局等から構成。

◆企画調整会議

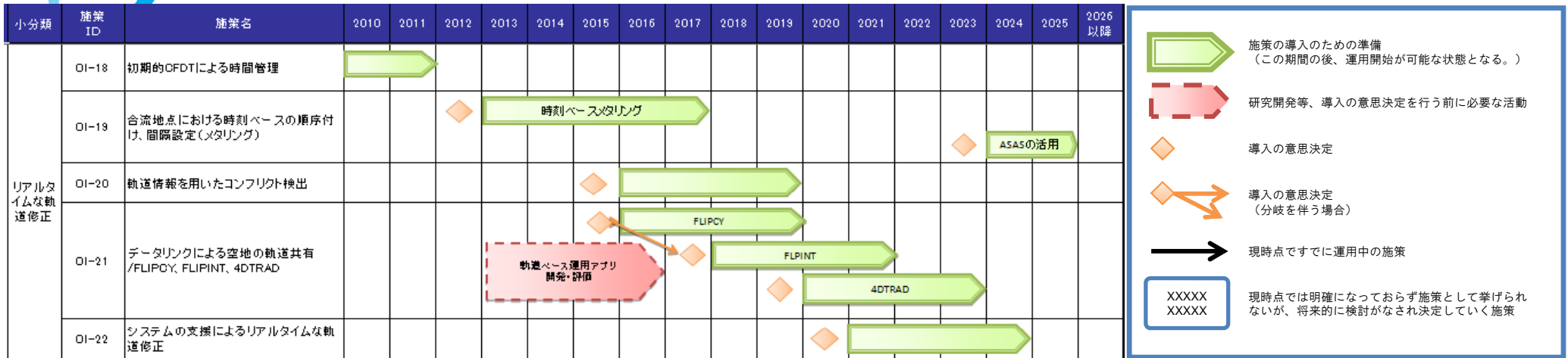
長期ビジョンの目標の達成状況の分析、WG間の調整、推進協議会の事前調整、研究課題の整理、費用対効果分析手法の検討等を行う。

◆ワーキンググループ（WG）

長期ビジョンの実現に向けたロードマップに記載された施策について、導入計画の検討・進捗管理、費用対効果の検討、必要な調査の実施、研究の推進その他必要な事項の検討等を行う。

ATM: Air Traffic Management(航空交通管理)

PBN: Performance Based Navigation(性能準拠型航法)



実施フェーズの作業

短期的施策の整備計画策定

中長期施策の研究開発計画策定

費用対効果分析

優先順位付け・実施判断

指標のモニタリング

ロードマップの進捗状況確認

施策の改善・代替手段の検討・指標の見直し等



ご清聴、ありがとうございました。

