

航空交通システムのイノベーションによる国際戦略

国際ゲートウェイ戦略(港湾, 空港)

国土交通技術行政の基本政策懇談会
令和元年7月10日(水)

東京工業大学 副学長(産官学連携)
環境・社会理工学院 教授
屋井鉄雄

概要

○航空交通分野の技術課題

⇒これらを支える航空交通のテクノロジー, そのイノベーションとしてCARATSを中心にプレゼン

1. リージョナル・ゲートウェイの展開
2. 我が国の国際航空を取り巻く将来イメージ
3. 航空交通システムのイノベーション
4. チャレンジが期待される技術的な課題の例

3分後に着陸したという新聞記事

○通常通り同じ管制官が許可 羽田滑走路横切り

(20190617 日経より)

羽田空港で15日にスカイマーク機の着陸直前に全日空機が滑走路を横切ったトラブルで、両機に滑走路を使う許可を出したのは同じ管制官だったことが17日、国土交通省への取材で分かった。羽田では通常、滑走路1本について1人の管制官が対応している。運輸安全委員会は、管制官やパイロットから当時の状況を聞き取り、トラブルの原因を調べる。

トラブルは15日午後6時すぎに発生。神戸発のスカイマーク機が滑走路の約5キロ手前、高度約300メートルを飛行中に、着陸して駐機場に向かう途中だったバンクーバー発の全日空機が横切った。スカイ機は約3分後に着陸した。

国交省は16日、事故につながりかねないとして、重大インシデントに認定した。〔共同〕

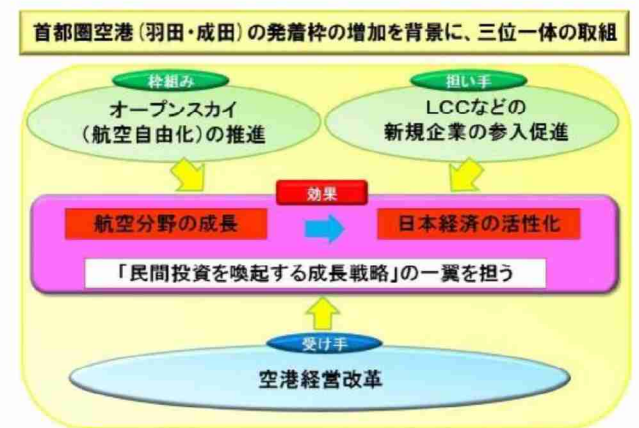
⇒ 内容はよく分からないが、着陸許可が取り消されていれば、3分は問題ない。着陸まで3分あるなら、その間に他機が問題なく離陸できる！
(なお、最終侵入速度でも5キロなら1分で飛んでしまう！3分かからない？)

1. リージョナル・ゲートウェイの展開

我が国の航空・空港政策の進展

- 航空政策
LCC、規制緩和、地域航空維持
オープンスカイ 等
- 空港政策
空港民営化、コンセッション
首都圏空港(羽田、成田)の容量拡大
福岡、那覇の容量拡大 等

⇒大いに進展
インバウンド急増への対応も進展



(国土交通省HPより)

地方の状況:那覇、青森の旅客推移

国内線の需要の伸びも堅調, 那覇の国際線は31万(2008)が353万(2017)に!

- 那覇空港の旅客数: 1517万人(2008)
⇔将来予測値(2008年頃): 1850万人(2020)
2138万人(2018)
(国内線:1485万(2008)⇒1743万(2017))
- 青森空港の旅客数: 116万人(2008)
⇔新幹線新青森開業2010.12
82万人(2011)
119万人(2018)
(国内線:80万(2011)⇒110万(2018))

国土交通省航空局:空港管理状況調書より

⇒国内線も10年前の予想以上に健闘!
将来航空市場等の予測モデリングの技術開発も望まれる。

近隣国における旅行先の変化

日本に向かう観光客の増加

○インバウンドの増加
(韓国, 台湾, 中国, タイなどの急増)

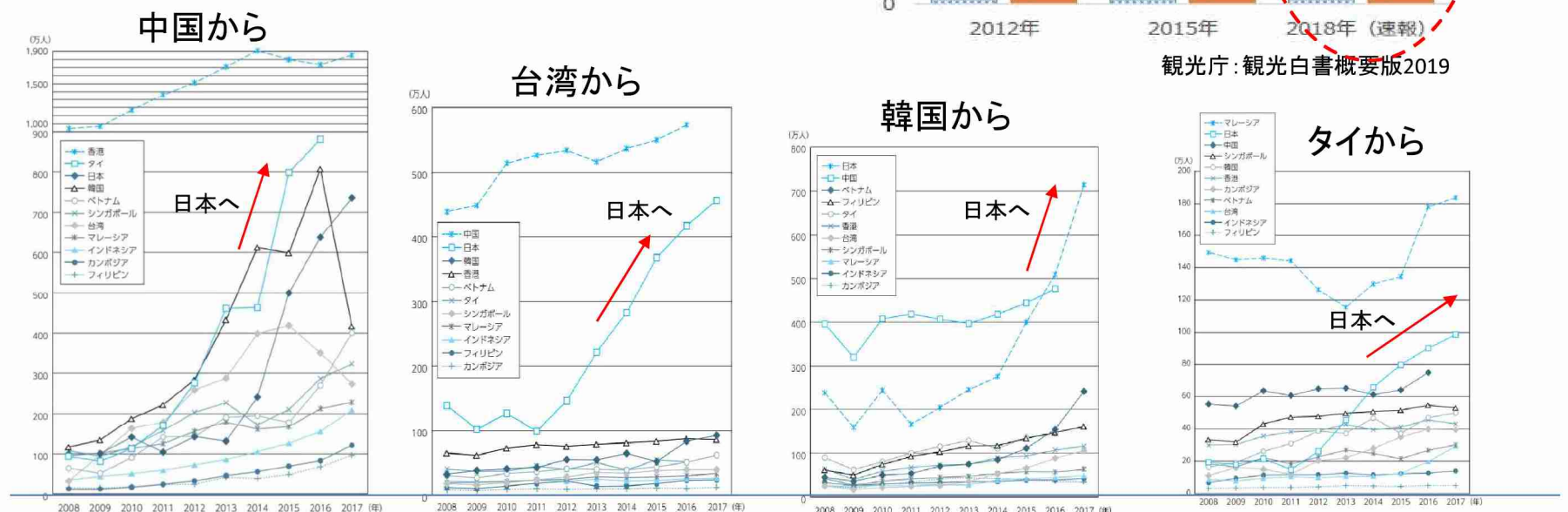
○地方部を目的地とするインバウンドの増加
(観光白書, 2018)

・地方部を訪問する訪日客数は、2018年（平成30年）には、三大都市圏のみを訪問する訪日客数の1.4倍となった。

(図表Ⅱ-6) 訪問先(都市/地方)別訪日外客数の推移



観光庁: 観光白書概要版2019



JNTO 訪日旅行データハンドブック2018より

⇒地方部の頑張りが目立つ. リージョナル・ゲートウェイへの期待も大きい

7
Yai@2019

那覇空港の拡張計画と事業

沖合埋め立てによる滑走路増設

2018年3月11日 機内より撮影

Yai@2019

那覇空港の計画策定プロセス

総合調査段階のPI, 構想段階の参加型計画を踏まえて実現（国土交通省のソフトな技術）

経緯：2005-2008年 総合調査を実施(①空港拡張の必要性の有無, ②整備代替案の比較検討を行い, 新たな滑走路の増設が必要との結論)

2008年 構想段階へ移行する宣言

2008年8月 構想段階の計画策定プロセス開始
(SEAガイドライン適用1号, パブリックインボルブメント含む)

2009年3月 1310m案を概略計画として決定

2010年8月 環境影響評価(方法書) 2014年 工事着工



○一覧表中の評価項目:整備効果の視点(空港能力, 経済効果, 利便性(発着可能回数, 予約環境)), 事業規模の視点(概算事業費, 概算工期, 埋立規模)
(那覇空港調査段階公表資料より)

社会・経済・環境の配慮

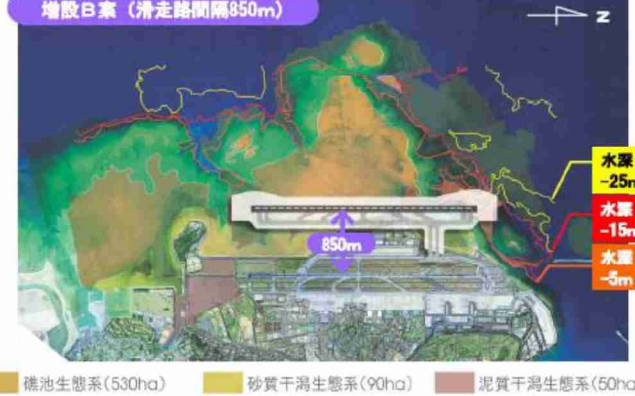
自然環境: サンゴ礁, 干潟, 希少生物

経済: 飛行機の地上走行距離

社会: 騒音被害, 歴史・文化資源, 大嶺崎, 瀬長島ほかに配慮



(内閣府沖縄総合事務局HPより)



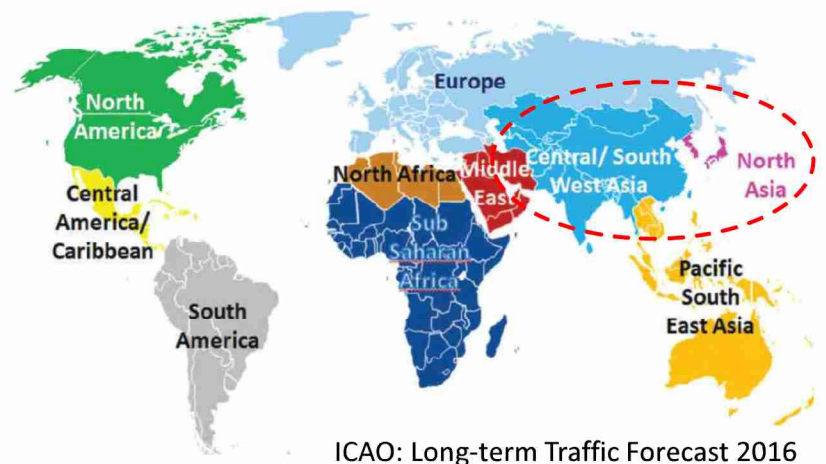
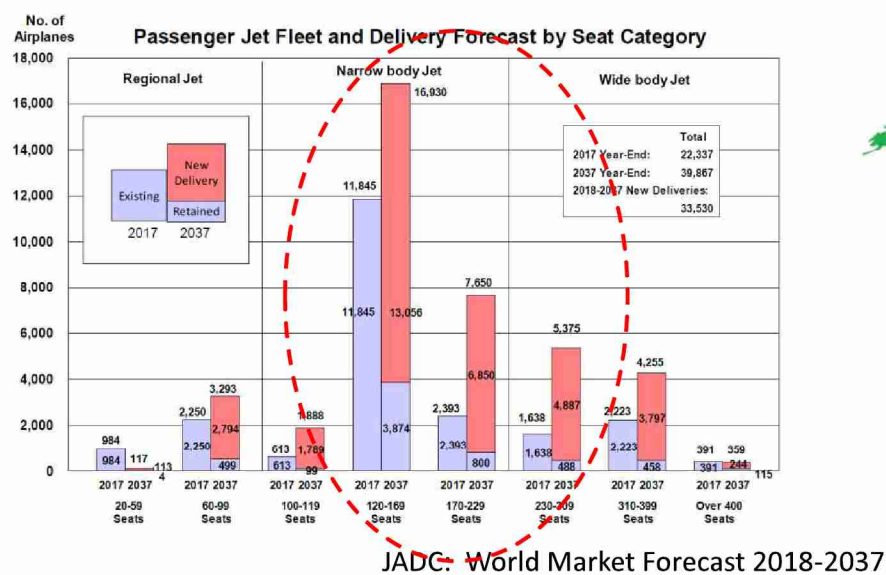
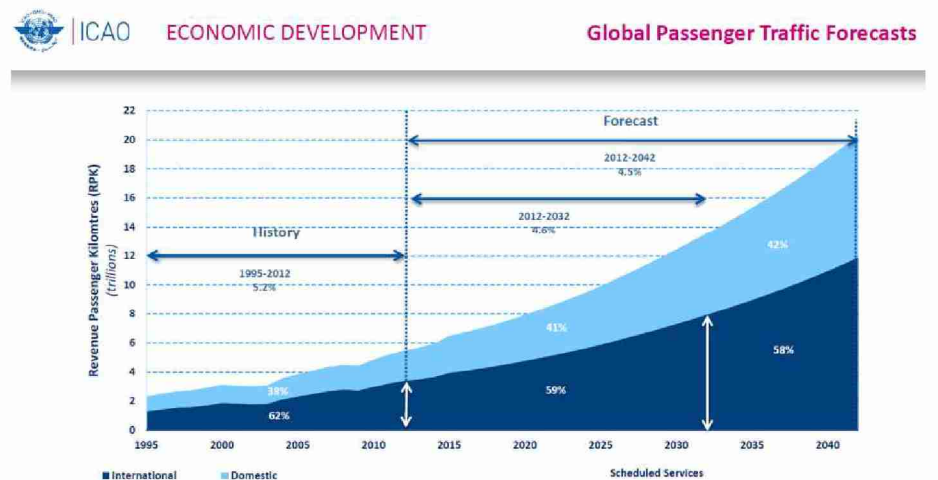
⇒合意形成等に資するプロセスの技術開発も進めた方が良い

Yai@2019

2. 我が国の国際航空交通を取り巻く将来

航空需要と航空機材の将来

- 2032年の世界の航空需要(旅客, 貨物)は2012年の2倍以上に, 2042年には3.5倍(ICAO)
- 北アジアと中央南西アジアとの将来需要は大幅に増加(同地域内の伸びと同等)年率8.4%(2012-2032), 7.7%(2012-2042まで)
- 今後の機材はナローボディ中心だが, 世界では需要増に合わせて大型機も増すと予想(JADC)

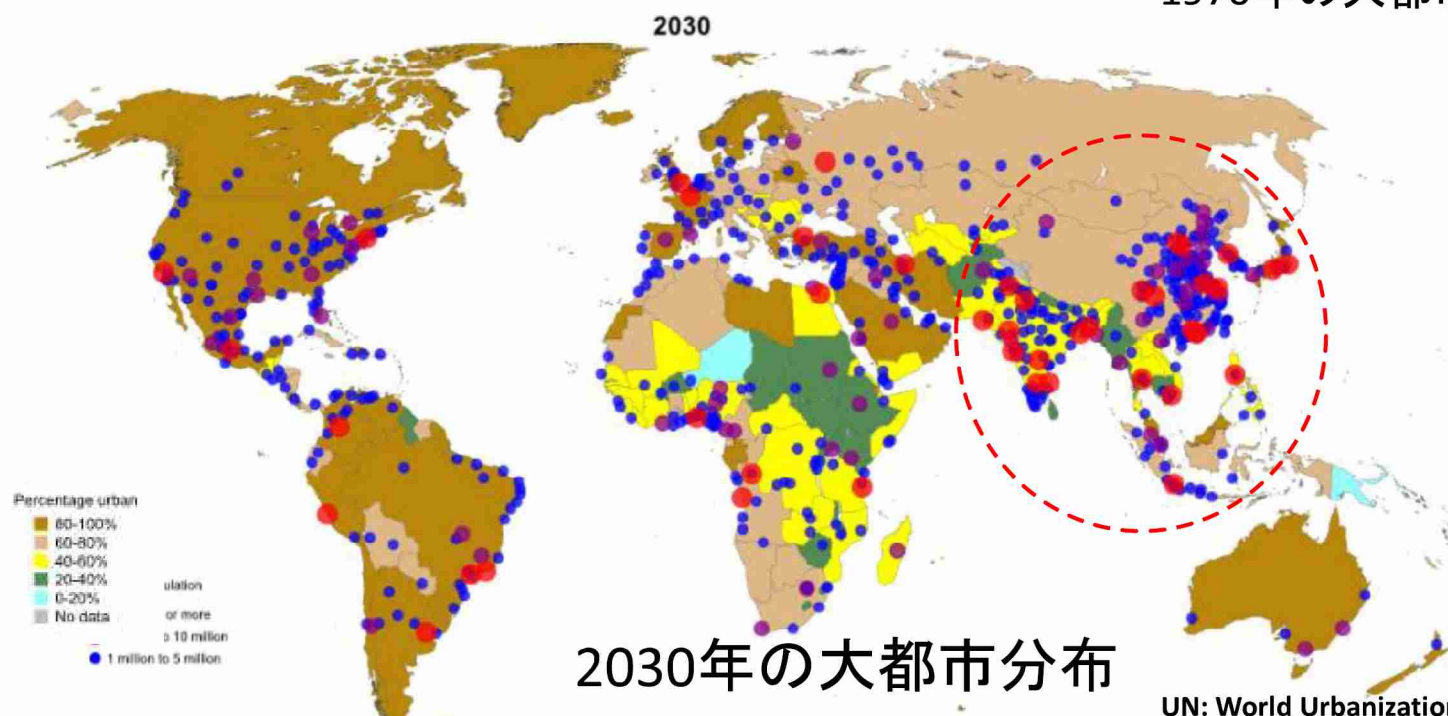
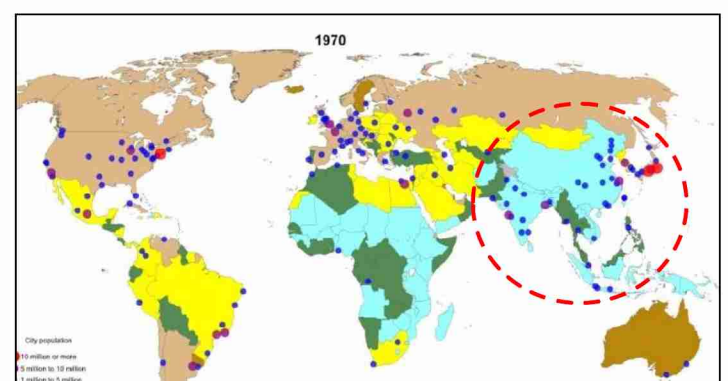


Yai@2019

世界の都市の成長

人口100-500万の中規模大都市の動向

- 100-500万都市の人口総計は, 世界のメガシティ人口の総計よりも有意に多い。
- 今後も100-500万クラスの都市が増加する。



UN: World Urbanization Prospects 2018

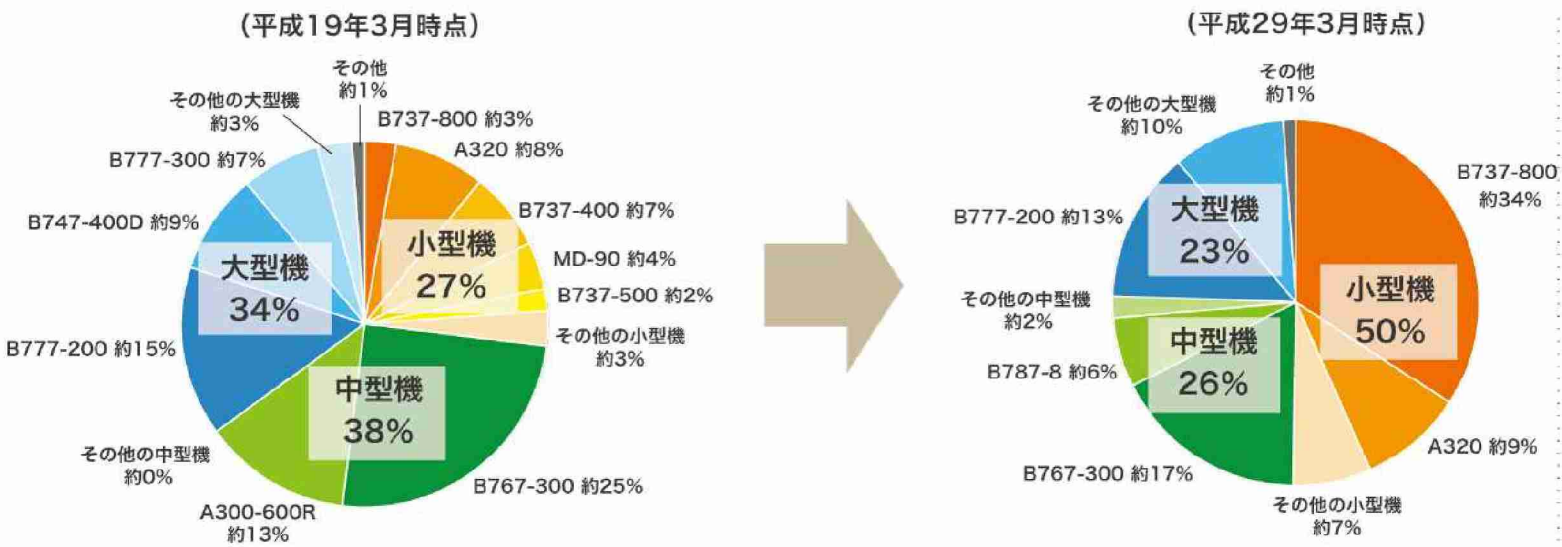
⇒世界の100-500万都市を直接結ぶpoint-to-point路線のニーズ拡大が予想される

Yai@2019

羽田空港における機材の変化

今後は低騒音機材の利用がさらに進む、その先の未来には電動旅客機も飛ぶだろう

機材構成の小型化、低騒音機の導入拡大



- ・機材の小型化
- ・B747-400（ジャンボ、4発機）の国内線退役
- ・B737-800（小型機）の急速な普及
- ・B787の急速な普及 など

※上記の割合には派生機を含みます
(例) 767-300ERは767-300の派生機、737-400は737-800と別機種として集計
国交省航空局:羽田空港のこれから ver2.0

⇒航空機の小型化の進展は、環境面と共に、空港・航空路運用面でも有利

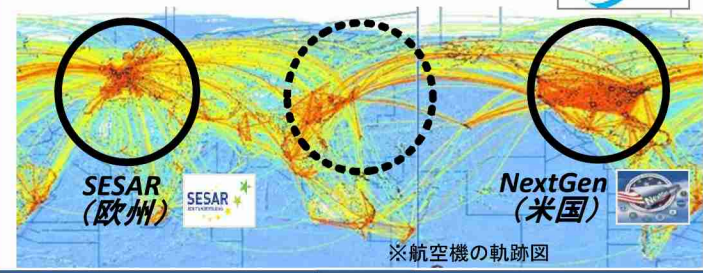
3. 航空交通システムのイノベーション

航空交通システムの長期ビジョン

→ 航空交通量の増大や運航者、利用者のニーズの多様化に対応し、我が国の経済成長に寄与するとともに、地球温暖化対策等の世界共通の課題にも対応するため、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」を策定しました。
→ 2025年を見据えた目標や施策の導入ロードマップに基づき、産学官で連携しながら、その実現に向けた取組みを行っています。

背景

- ・ICAOが2025年を目指した航空交通管理に関する指針を策定
- ・欧米で上記指針に基づいた長期計画を策定
(米:NextGen、欧:SESAR)
- ・アジア・太平洋地域における急速な需要増 →



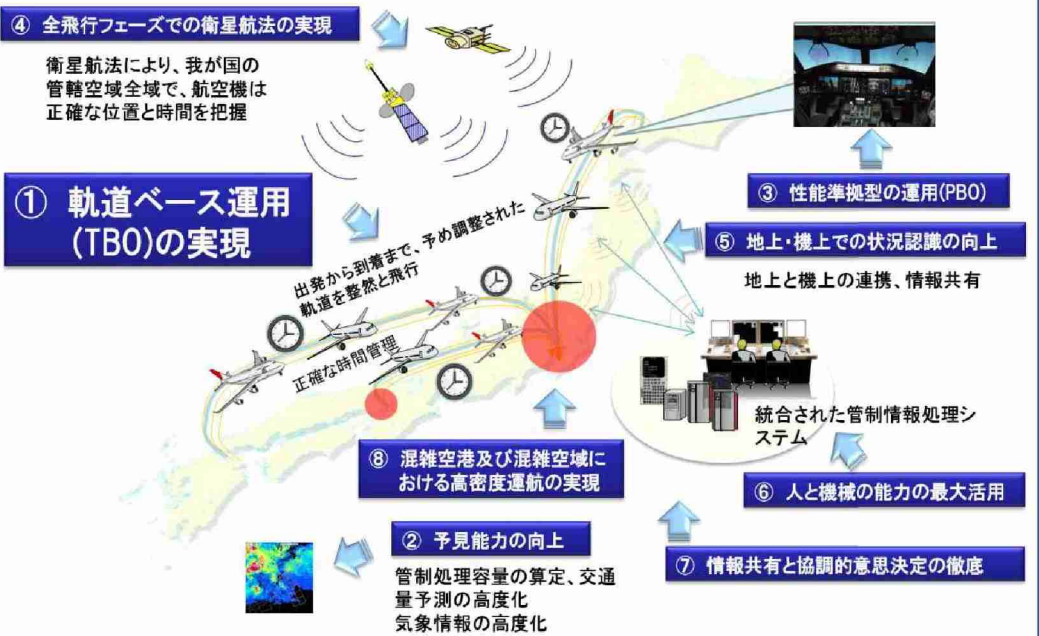
航空交通量の増大や多様化するニーズに的確に対応するとともに、効率的なサービスの実現を通じ我が国の成長戦略に寄与するためには、**航空交通システムの大胆な改革が必要**

2025年を想定した目標設定(数値目標を明確化)

- ①安全性の向上 : 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的処理容量を**2倍**に向上
- 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 : 1フライト当たりの燃料消費量を**10%**削減
- ⑤航空保安業務の効率性向上 : 業務の効率性を**50%**向上
- ⑥環境への配慮 : 1フライト当たりの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(定性的目標)

変革の方向性

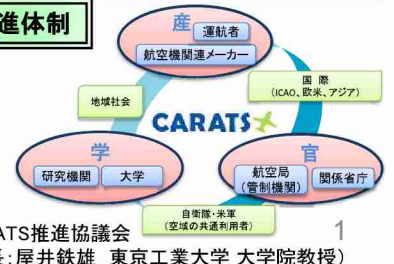
出発から到着までの軌道を最適化する**軌道ベース運用(TBO: Trajectory Based Operation)**への移行を中核とする**8つの変革の方向性**を記述



将来の航空交通システムの構築にあたっては、**様々な関係者の協調が必要**

CARATS(キャラッツ):
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

推進体制



① CARATS施策の全体の進捗状況

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

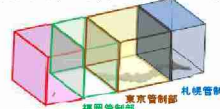
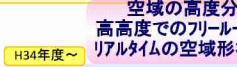
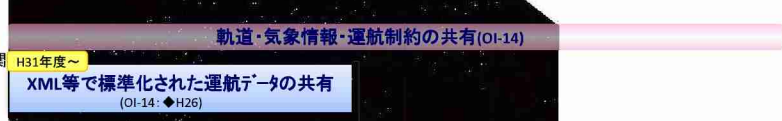
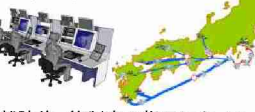
※ICAO世界航空交通計画(GANP)や機上装備の動向等を考慮

【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 混雑空域及び混雑空域における高密度運航の実現

平成30年 3月13日
第8回CARATS推進協議会

別紙1-1

プロジェクト名		個別施策名	現 状 (これまで)	短 期 (～H32(2020)年度)	中 期 (H33(2021)～H36(2024)年度)	長 期 (H37(2025)年度～)	
空域編成	柔軟な空域運用	【別紙1-2】性能準拠型運用	・巡航機と上昇・下降機が混在 ・固定的な(公示)経路に沿って飛行  導入済 混雑セクター境界線変更(OI-1) 訓練空域を動的・効率的運用(OI-2)	首都圏空域再編(H30～31年度)  動的ターミナル空域の運用(OI-3) H32年度～ ポイントマージシステム(OI-3: ◆H25)	管制空域再編(H30～36年度)  空域の高度分離(OI-4) 高高度でのフルルーティング(OI-5) リアルタイムの空域形状変更(OI-6) H34年度～ 国内空域上下分離(西日本)(OI-4: ◆H25) 公示経路の直行化(OI-5: ◆H25) 局所的な空域形状変更(OI-6: ◆H25)	・高高度:巡航機中心 ・低高度:下降機に専念  可変(高度) → 可変(水平面) H37年度～ 国内空域上下分離(OI-4: ◆H25) → TBOに適した空域編成(OI-7) 高高度空域UPR(OI-5: ◆H25) → 高高度空域UPR+DARP(OI-5: ◆H25) 境界高度の変更(OI-6: ◆H25) → 境界高度+水平面の変更(OI-6: ◆H25)	
			運航前	協調的な軌道生成  提示された経路の中から選択 事前に調整経路を提示 運航者 管制機関 H31年度～ XML等で標準化された運航データの共有(OI-14: ◆H26)	軌道・気象情報・運航制約の共有(OI-14)  H37年度～ 協調的な運航前の軌道調整(OI-15) システム上での軌道調整(OI-15: ◆H29予定) SWIMで他国連携(OI-15: ◆H29予定)		
運航	リアルタイムな軌道修正	高密度運航	情報サービスの向上	・交通流制御は主に出発時刻指定(EDCT)により時間を管理  ・離陸後、管制官の指示によって安全間隔を設定、順序付け ・コンフリクトが発生する可能性 ・管制官とパイロットは音声で交信  ・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	重点 初期CFDTによる時間管理(OI-18) H31年度～ 初期CFDT(再開)(OI-18: H24導入後中断中) 後方乱気流に起因する管制間隔の短縮(OI-26) 区分細分化(RECAT)・固定間隔運用(OI-26: ◆H25) 空港運用の効率化・空港CDM(OI-23) H31年度～ AMAN/DMAN/SMAN(OI-23-1: ◆H26) 空港CDM(首都圏空港)(OI-23-2: ◆H26)	複数地点CFDTによる時間管理高度化(OI-16) H33年度～ 複数地点CFDT(OI-16: ◆H25) 合流地点におけるメーリング(OI-19) 動的間隔管理(OI-26) 固定メーリングフィックス(OI-19: ◆H25) 以降 高度化(OI-23-1) 他空港展開(OI-23-2)	以降 システムの支援によるリアルタイムな軌道修正(OI-22) 軌道ベース運用の実現  高精度な予測に基づく4次元(空間+時間)の軌道を整然と飛行 データリンクによる空地の軌道共有(OI-21) 動的メーリングフィックス(OI-19: ◆H25) 4D TRAD FLIPINT 航空路3NM管制間隔(OI-27) 重点 3NM 3NM 3NM 気象情報から運航情報、容量への変換(EN-6) 重点 DAPs気象データ活用(EN-5-1: ◆H29予定)
				運航中	観測情報の高度化(EN-4) H31年度～ 新たな衛星観測情報(EN-4-4: ◆H28) 地上 約2km → 1kmまで観測 低高度レーダー可視化(EN-4-2: ◆H24) 予測情報の高度化(EN-5) H35年度～ 予測誤差の定量化(EN-5-4: ◆H29予定) 重点 DAPs気象データ活用(EN-5-1: ◆H29予定)	データベース等情報基盤の構築(EN-2) / 情報共有基盤(EN-3) H30年度～ 海外とのIPネットワーク構築(EN-3: ◆H26) SWIM的対応(EN-3: ◆H26) 国際標準データ様式採用(EN-2: ◆H26) 以降 デジタルノータム(EN-2) FF-ICE(EN-2) 重点 4D気象データベース(EN-2) SWIM(EN-3: ◆H30予定) 重点 AeroMACS(機上通信)L-DACS(EN-15)	
EN (Enabler)	情報管理	監視通信	・航空路用の例> ・5Kmメッシュ(メゾメテ) ・1時間おき ・39時間先まで ・3時間毎に更新 導入済 運航情報データベース(EN-2) H27～ GIS情報データベース(EN-2) H28～ 平行滑走路の監視能力向上(EN-11) H27～成田WAM/PRM  監視通信 *航法除く	H30年度～ 海外とのIPネットワーク構築(EN-3: ◆H26) SWIM的対応(EN-3: ◆H26) 国際標準データ様式採用(EN-2: ◆H26) 以降 デジタルノータム(EN-2) FF-ICE(EN-2) 重点 4D気象データベース(EN-2) SWIM(EN-3: ◆H30予定) 重点 AeroMACS(機上通信)L-DACS(EN-15)	データベース等情報基盤の構築(EN-2) / 情報共有基盤(EN-3) H30年度～ 海外とのIPネットワーク構築(EN-3: ◆H26) SWIM的対応(EN-3: ◆H26) 国際標準データ様式採用(EN-2: ◆H26) 以降 デジタルノータム(EN-2) FF-ICE(EN-2) 重点 4D気象データベース(EN-2) SWIM(EN-3: ◆H30予定) 重点 AeroMACS(機上通信)L-DACS(EN-15)	重点 DAPs気象データ活用(EN-5-1: ◆H29予定) 重点 4D気象データベース(EN-2) SWIM(EN-3: ◆H30予定) 重点 AeroMACS(機上通信)L-DACS(EN-15)	

① CARATS施策の全体の進捗状況

PBN導入展開計画（案）

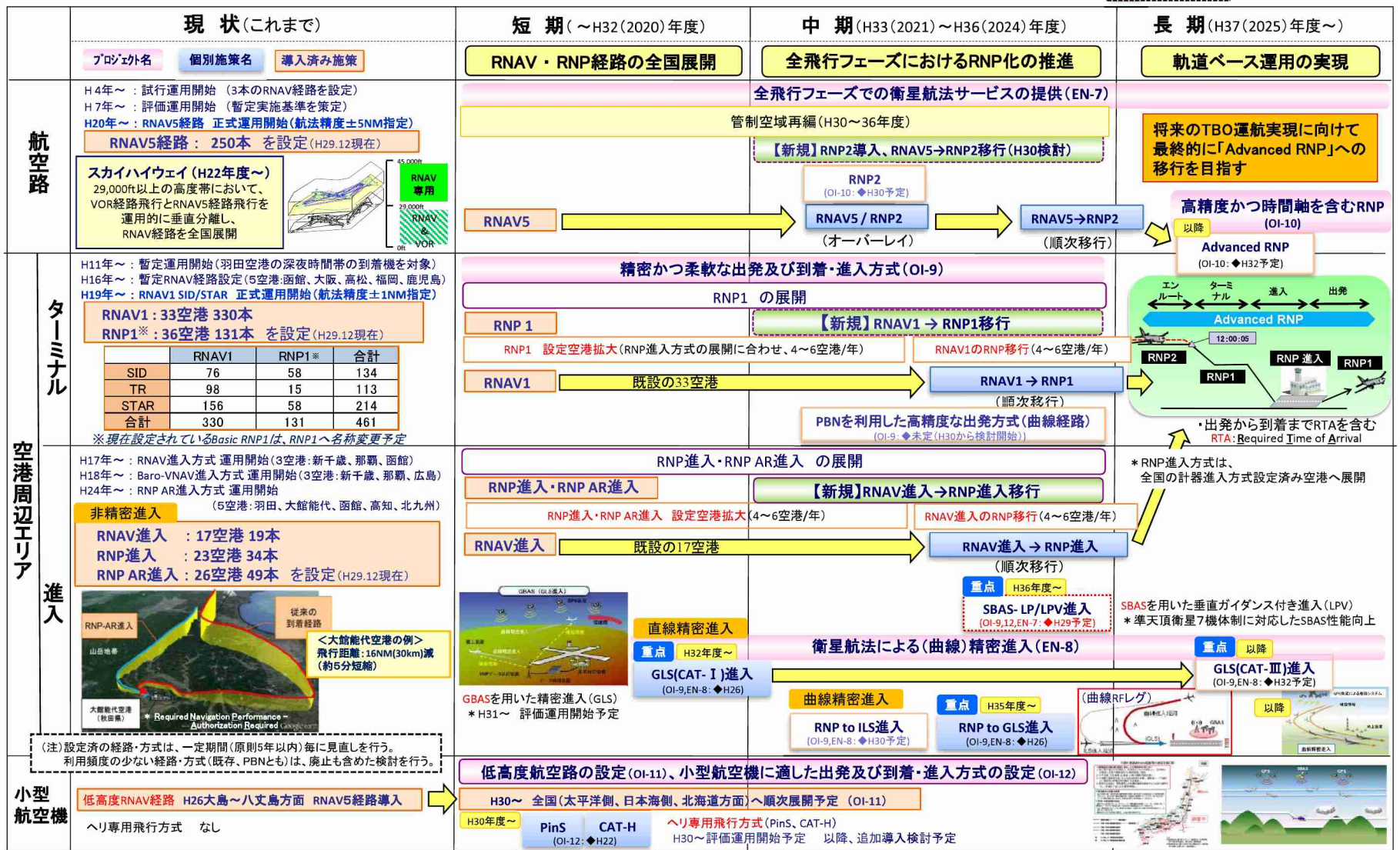
RNAVロードマップ(H19年第2版)の改訂版として策定

【期間の設定と目標】

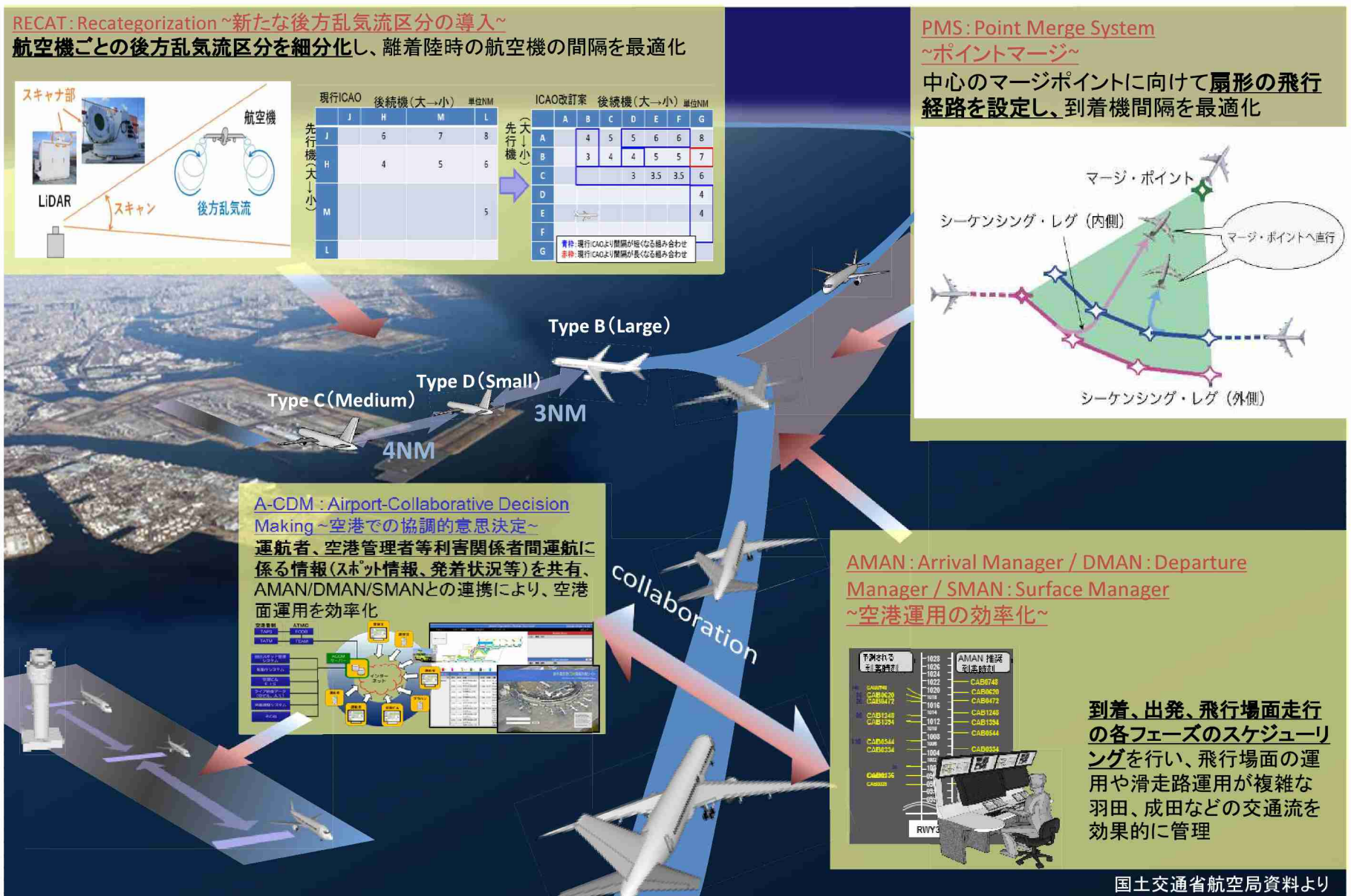
短期(～H32(2020)年度) : RNAV・RNP経路の全国展開
 中期(H33(2021)～H36(2024)年度) : 全飛行フェーズにおけるRNP化の推進
 長期(H37(2025)年度以降) : 軌道ベース運用の実現

平成30年 3月13日
 第8回CARATS推進協議会

別紙1-2



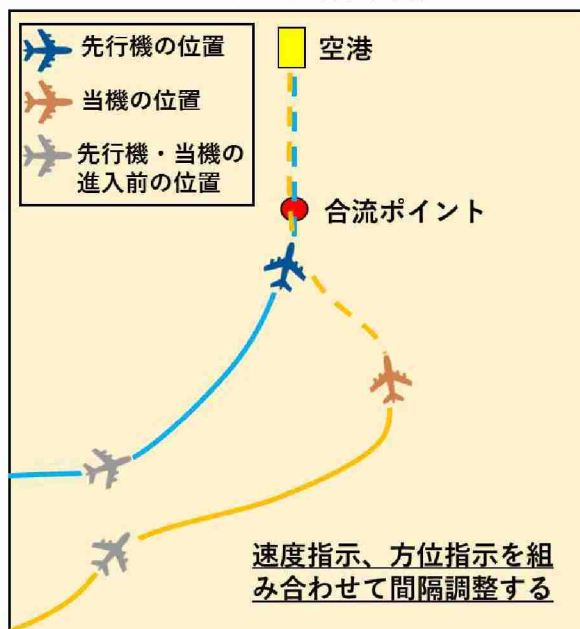
首都圏機能強化とCARATS施策



4. チャレンジングな技術課題の例

着陸時の管制処理方式の例

セパレーションの取り方



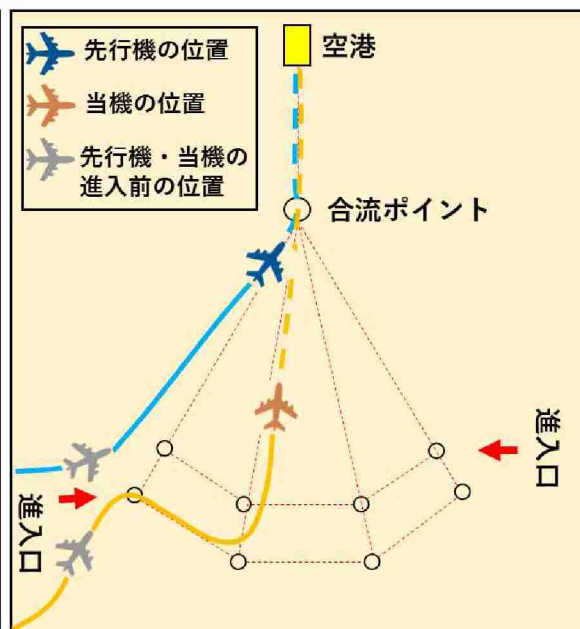
■ ベクタリング(羽田空港)

■ メリット

- 管制官の技量によって容量が上がる

■ デメリット

- 指示回数が増え、管制官の負荷増



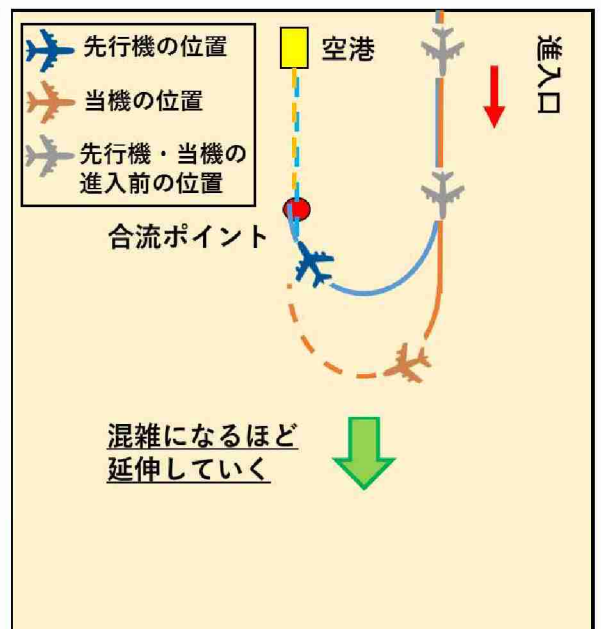
■ ポイントマージシステム

■ メリット

- 管制官の負荷が少ない
- 順序入替など他の運用がし易い

■ デメリット

- 交通量が多いと待機経路延伸の必要



■ リニアホールディング

■ メリット

- 順序入替など他の運用がし易い

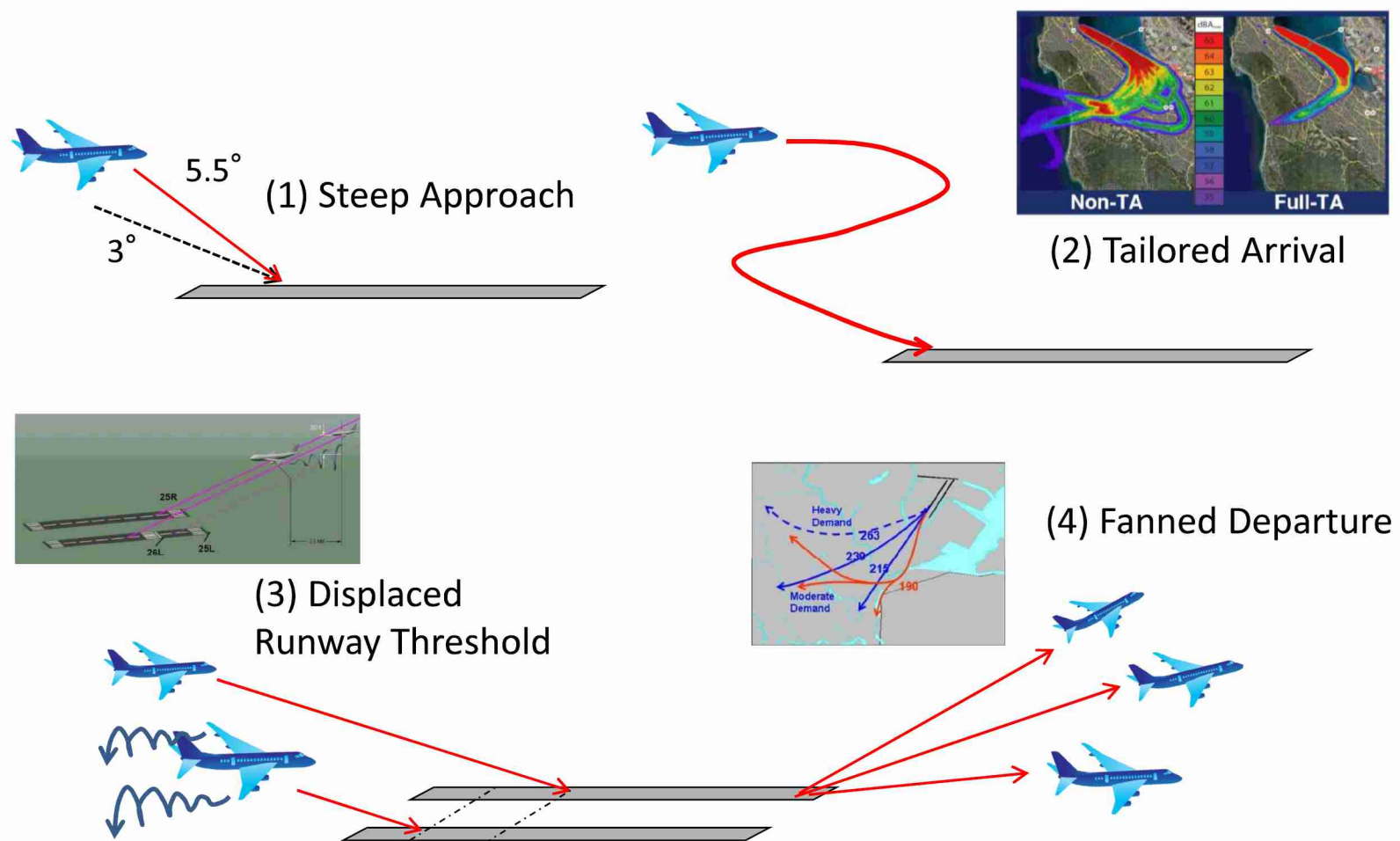
■ デメリット

- 低空での飛行が長く燃料消費が多い
- 旋回が大きい

⇒これら以外にも将来的に様々な工夫が可能になるだろう

離着陸時の管制処理方式

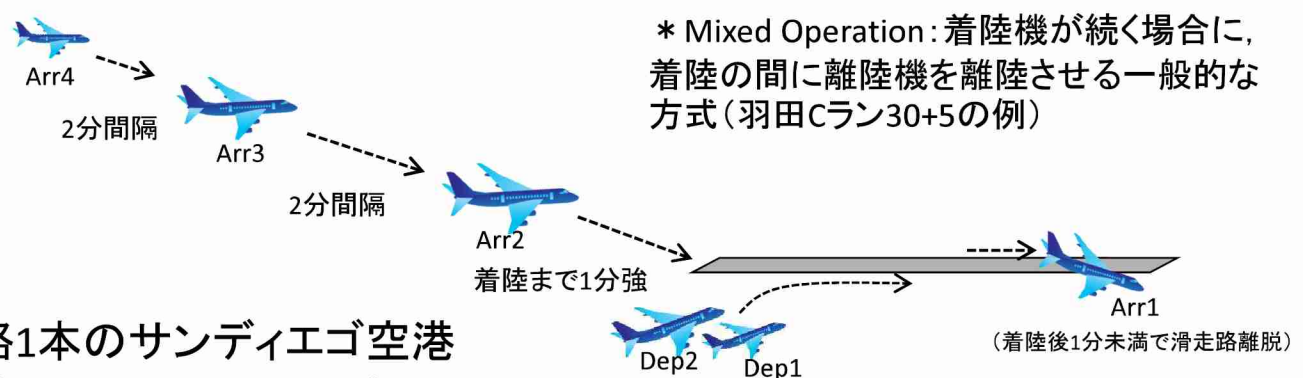
: 現行の離着陸の工夫例(環境対策, 容量拡大)



⇒これら以外にも将来的に様々な工夫が可能になるだろう

Yai@2019

機材の小型化とMixed運用の高度化



【外国の例】滑走路1本のサンディエゴ空港の容量は、48回/時(Visual: 48-57回/時)



現空港敷地内で構想された様々な将来の計画(新幹線駅、空港アクセス鉄道駅、駐車場等々(同空港の将来計画HPより))



ほぼ2分間隔で住宅地の上を降下して着陸する航空機(右写真はサウスウエスト)



22

⇒空港容量が増し、小型化も進展すれば、さらに容量を増加させる可能性あり
(到着・出発の機材順序づけの最適化, 環境に配慮した機材・ルート of 優先化)

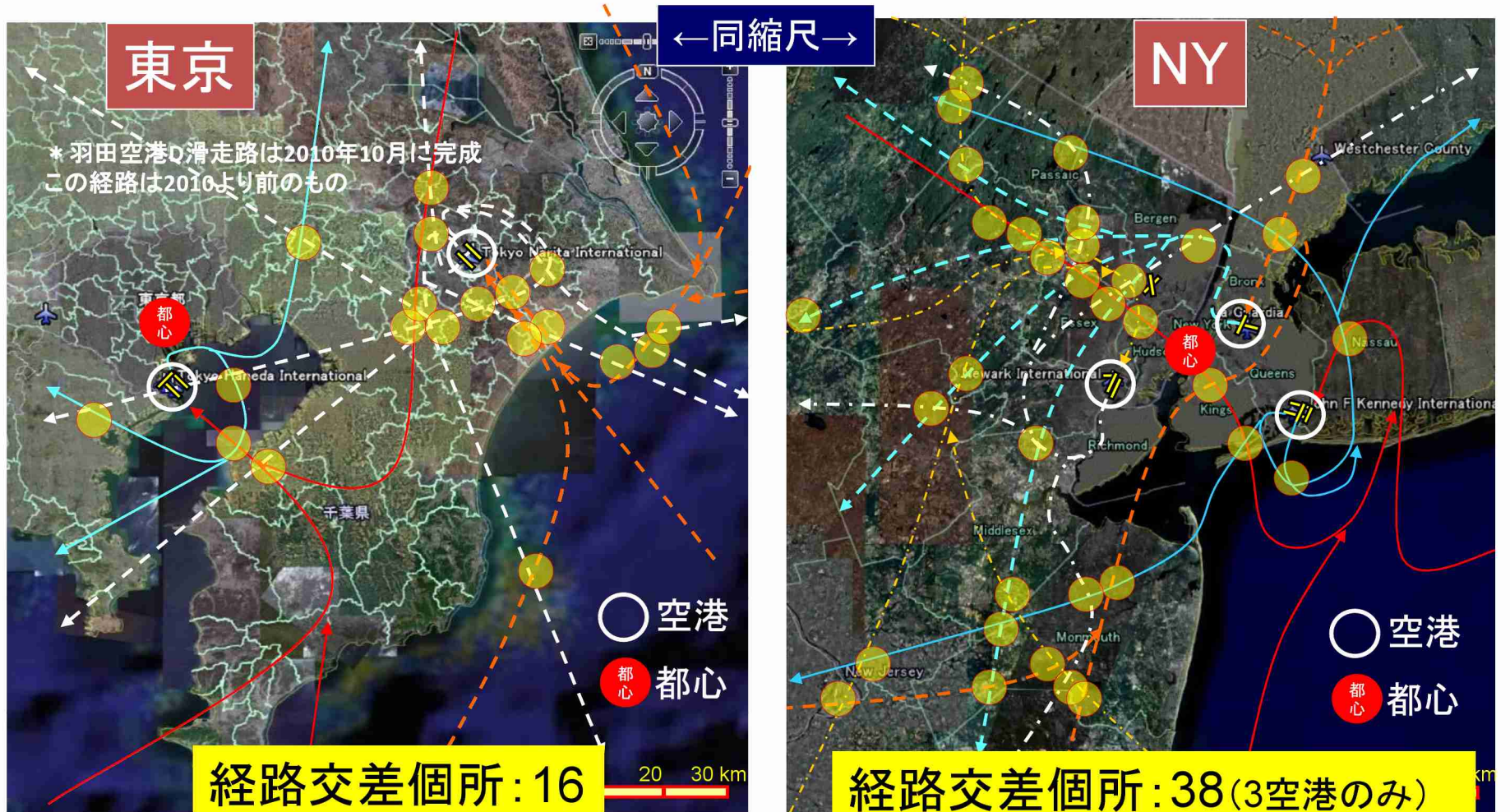
Yai@2019

サンノゼ(シリコンバレー)の中心部

サンノゼ空港の滑走路端から4-5km



人口集中地域での高密度な空域活用の例



NYでは空域を3次元で高度利用し, 多くの離着陸経路を設定

首都圏空港将来像シンポジウム(2009.9)より

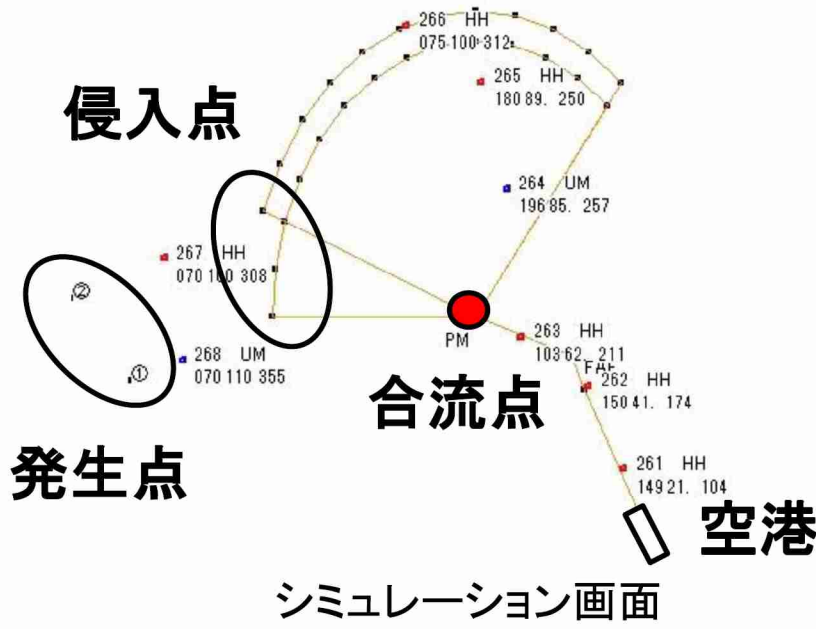
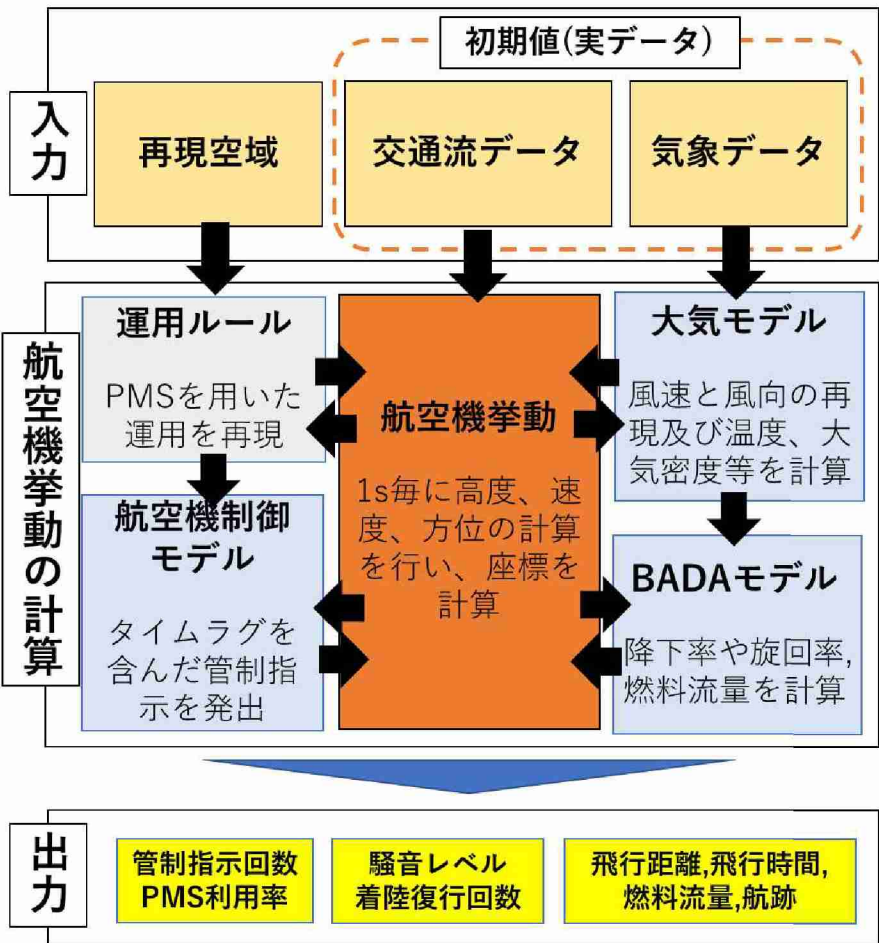
⇒テクノロジーによる高度化の未来が待っている

研究例：管制処理システム案のシミュレーション分析

◆ 空域シミュレータの概要

管制処理システムの試案の効果を定量的に分析するシミュレータ

◆ 空域シミュレータの構成



使用目的
不確実要素を含む実際の航空交通に近い状態を再現
様々な要因を考慮して、試案した運用による効果を評価

Sakunaka, Yai@2019

研究例：管制処理システム案のシミュレーション分析

◆ 横田空域活用案の概要



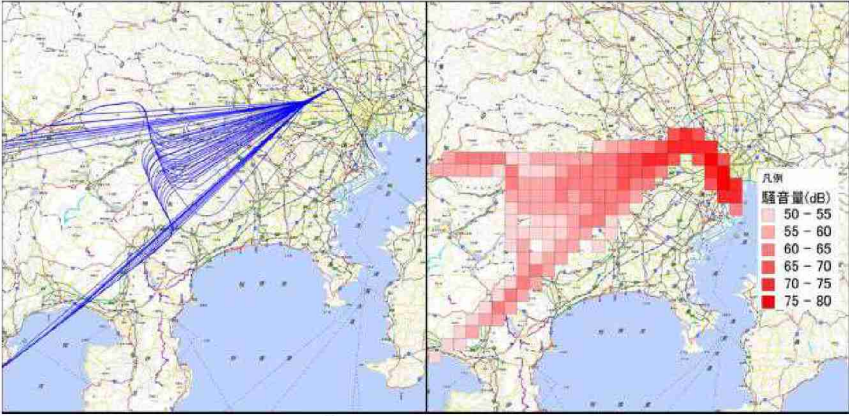
設計基準
侵入高度: 15000ft(内), 14000ft(外)
合流高度: ③, ④: 5000ft, ⑤: 6000ft
半径: 28NM(内), 31NM(外)

検証する管制案
管制案③: 通常のPMS
管制案④: 遠方に侵入地点
管制案⑤: 2つのPMSを活用

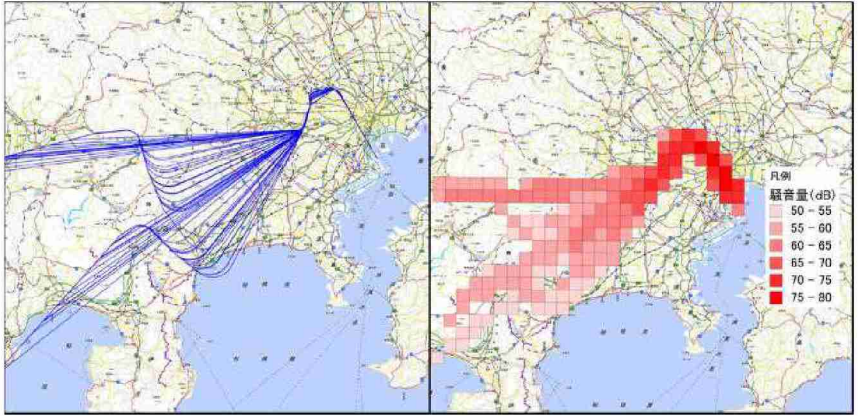
Sakunaka, Yai@2019

研究例：管制処理システム案のシミュレーション分析

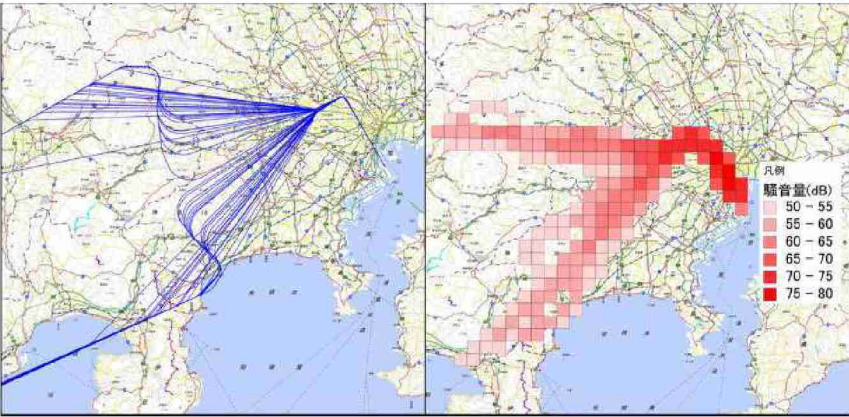
◆ シミュレータによる試算の例



管制案③の航跡と騒音図



管制案⑤の航跡と騒音図



管制案④の航跡と騒音図

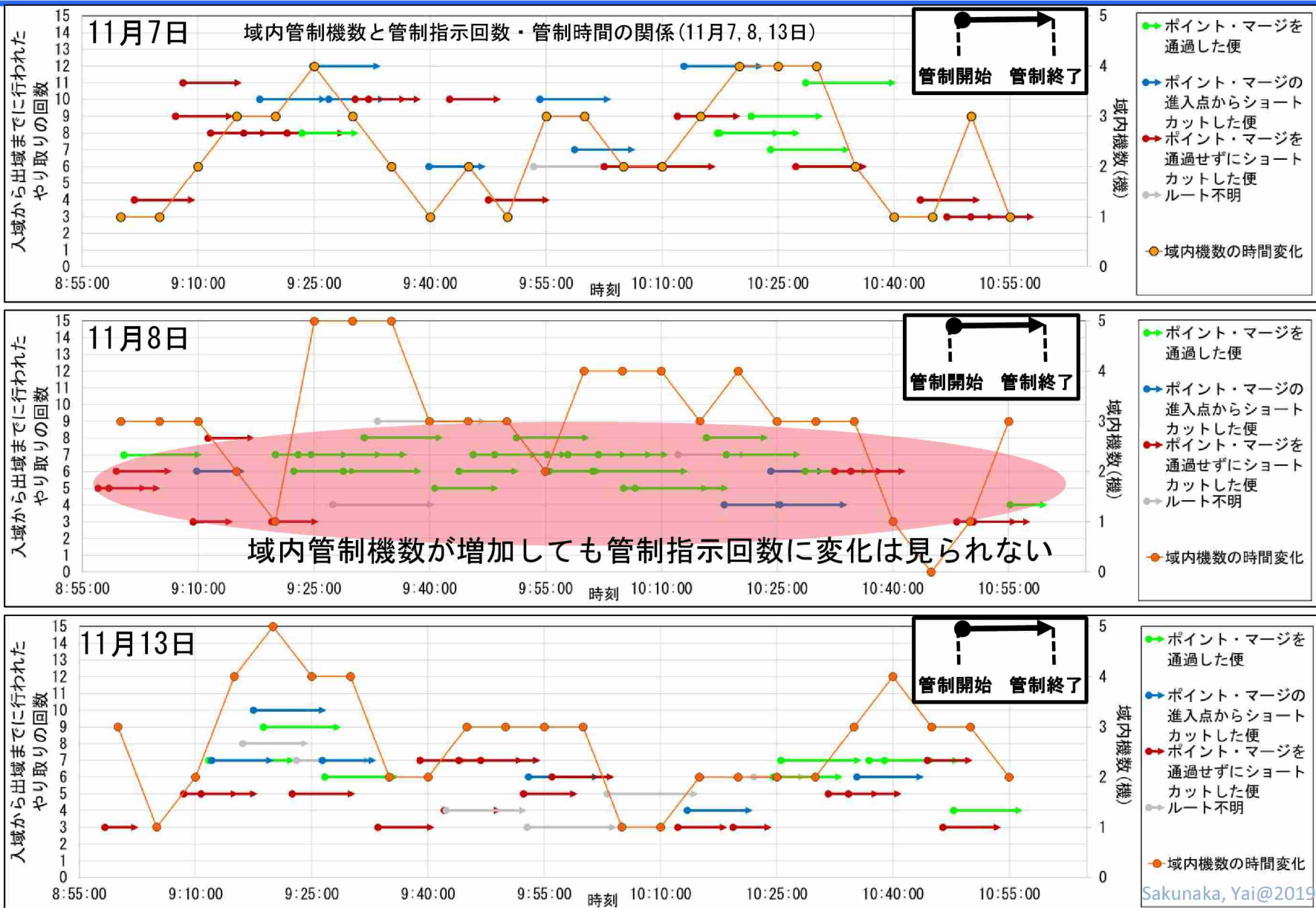
飛行距離・飛行時間・燃料流量の平均値

	飛行距離(NM)	飛行時間(s)	燃料流量(kg)
管制案③	100.9	1284.1	619.4
管制案④	101.1	1283.7	605.6
管制案⑤	101.8	1335.6	635.1

本試算から、(1)飛行距離は大差ないが、飛行時間は、管制案⑤が若干長い、(2)燃料流量は、管制案④で低く、管制案⑤が高い、(3)騒音範囲が案によって異なるが、合流後はどれも大差はない、といった結果が得られた。

Sakunaka, Yai@2019

オープンデータの活用 (PMSの運用状況, ダブリン空港)



CARATSオープンデータ提供(研究の裾野拡大)

提供の目的

- ・交通管制部所有のデータを外部提供することにより、大学等の公的研究機関における航空交通分野の研究開発の裾野拡大を図ることを目的に平成27年度より提供開始。
- ・提供開始から現在まで64機関に提供済み。

拡充検討

- ・現在、CARATSオープンデータでは国内+洋上経路(H29年度から開始)の航跡データを公開済み。
- ・第7回推進協議会(H29.3)において、データ提供の拡充が求められているところ、H29年度はユーザーニーズ調査を行い、更なるデータの公開に向け拡充計画を検討。
- ・H30、H31に新規に公開するデータの拡充計画案を取りまとめ。

提供年度	H27	H28	H29	H30	H31	H32以降
データソース	国内航跡(H24)	羽田空港レーダ追加(H25、H26)	洋上航跡追加(H27)	羽田空港面追加(H28)	福岡空港レーダ及び空港面追加(H29)	H30年度検討予定
対象日	6週間(奇数月)	6週間(奇数月)	6週間(奇数月)	6週間(奇数月)	12週間(毎月)	

国内+洋上 航跡

空港面 赤:出発 青:到着

今後の進め方

- ・ニーズ調査で要望のあった「飛行計画時の経路情報」、「統合管制情報処理システム上の算出時刻(EDCT等)」及び「ノットム情報(過去データ)」について、当該システム及びビッグデータツールの整備後(H32以降)の提供を目指し、更なる拡充検討を行う。

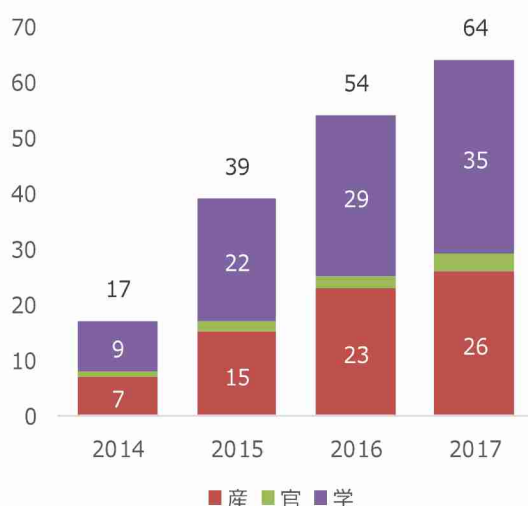
国土交通省航空局資料より



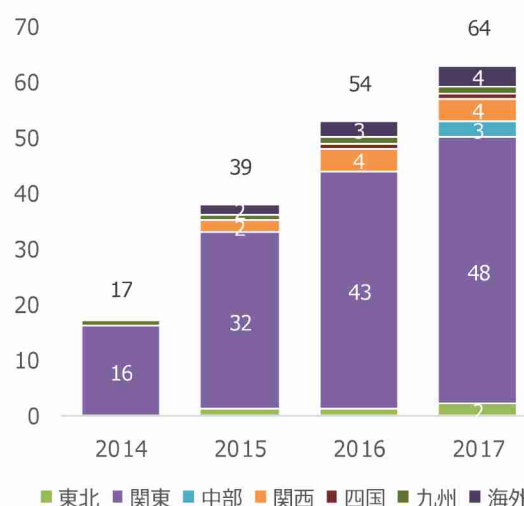
CARATSオープンデータ提供の状況

- ・CARATSオープンデータ提供機関数は毎年増加しており、メーカーやシステム開発会社等の「産」の利用者が40%程度、大学や研究機関等の「学」の利用者が50%程度を占める。
- ・地域別では、大学や企業が集積している関東地方のユーザーが多数を占める。

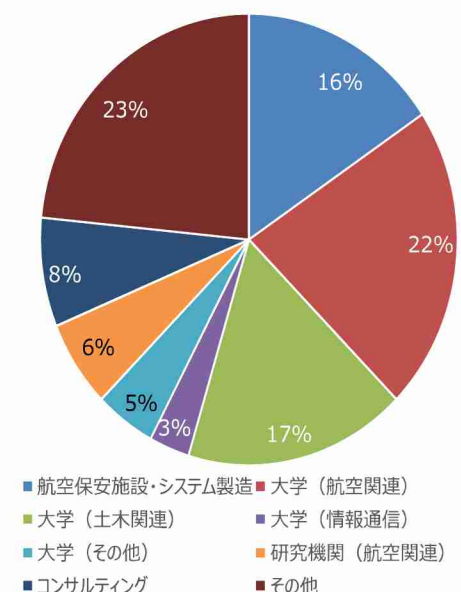
産官学別提供機関数推移



地域別提供機関数



データ提供先機関の構成
(2017年9月末時点)



Civil Aviation Bureau Japan



⇒様々なデータ活用でイノベーションやビジネスに繋がること期待

おわりに

航空交通システムのイノベーションによる国際戦略

- 安全（管制負荷低減、安全技術開発等）
- 地球環境（低排出、バイオ燃料、電動等）
- 地域環境（低騒音化、落下物対策等）
- 経済（観光・インバウンド増、国際競争力）
- 運航効率（空域、航空路、離着陸方式開発）
- 利用者利便（低遅延、高頻度化、低価格化）等

⇒これらの面で航空交通分野のイノベーションに期待するところが大きい！

ご清聴ありがとうございました