

# 講演会プログラム

13:00	開会の辞	電子航法研究所 理事長 山本 憲夫
13:10	電子航法研究所の最近の活動	電子航法研究所 研究企画統括 藤井 直樹
	本日の講演に含まれる以外の電子航法研究所における主な最近の研究活動を、特に空港に関わる研究を中心に紹介します。	
13:30	航空交通管理のパフォーマンス評価	電子航法研究所 航空交通管理領域 上席研究員 蔭山 康太
	CARATSなど将来の航空交通システム変革の構築にはユーザの航空交通に対する期待に基づいた指標および目的の設定、さらには目標と現状値のギャップの算出、すなわち航空交通管理のパフォーマンス評価が不可欠です。当研究所ではパフォーマンス評価手法の検討のために、効率や環境についてのパフォーマンス指標の設定および実データからの現状値の算出を行っています。本発表では、当研究所における最近のパフォーマンス評価例を報告します。	
14:10	日本航空グループにおけるRNP AR進入の実施状況	日本航空株式会社 運航本部 運航部運航基準グループ マネージャー 赤木 宣道 氏
	JALグループでは、2012年5月からRNP AR進入を開始して現在に至っています。現在、国内の8空港に対して14の方式の進入が公示されており、運航効率を高めることができる空港では、RNP AR進入の実施率が高まっています。今回の講演では、一部のRNP AR進入を例として、飛行の航跡、飛行時間、飛行距離および消費燃料を既存の進入と比較しながら、RNP AR進入について考察した結果を紹介します。	
14:50	GBASの研究開発と将来のGLS運航	電子航法研究所 航法システム領域 主幹研究員 福島 荘之介
	衛星航法による精密進入システムであるGBAS (Ground-Based Augmentation System: 地上型衛星航法補強システム) の実用化が始まりました。B787、B747-8は機上装置を標準装備し、昨年は米ニューアーク空港などでGBAS運航 (カテゴリ-I) が開始されました。ICAOの将来計画では、PBNを推進しGLS (GBAS Landing System) により運航を最適化する方針であり、GLSの将来運航が議論され始めています。本講演では、当所のGBAS研究の成果をレビューし、将来のGLS運航に関する国際動向と展望を述べます。	
15:30	休憩	
15:50	新しい運用方式に対応する監視応用	電子航法研究所 監視通信領域 副領域長 小瀬木 滋
	離着陸経路の運用を効率化するため、新しい運用方式が提案されています。ADS-B-INを活用する運用方式として、ATSA-VSA (Visual Separation Approach)、ATSA-SURF (Surface)、FIM (Flight deck Interval Management) など、RTCA/EUROCAEによる運用方式の標準化が進められ、ICAO標準化の準備も進められています。これらの運用方式の概要や、将来の管制官やパイロットの作業負荷の軽減など、期待される導入効果などを紹介します。	
16:30	滑走路上の異物探知システムの研究開発	電子航法研究所 監視通信領域 主幹研究員 米本 成人
	滑走路の安全確保だけでなく、バードストライク等の臨時点検での滑走路の運用停止時間の増加を抑えるため、滑走路異物探知システムの需要が高まっています。本講演では、国際的な技術・規格化の動向、そして当研究所で行っているミリ波レーダーを用いた異物探知システムの研究開発状況について紹介します。	
17:10	閉会の辞	電子航法研究所 理事 台木 一成

※記載の講演時間は、すべて質疑応答を含んでいます。

※内容及び題目等については、現時点での予定であり、事情により変更する場合がございます。予めご了承ください。

～空港を変えるENRIの技術 2013～

# 電子航法研究所の 最近の活動

電子航法研究所 講演会  
研究企画統括 藤井直樹

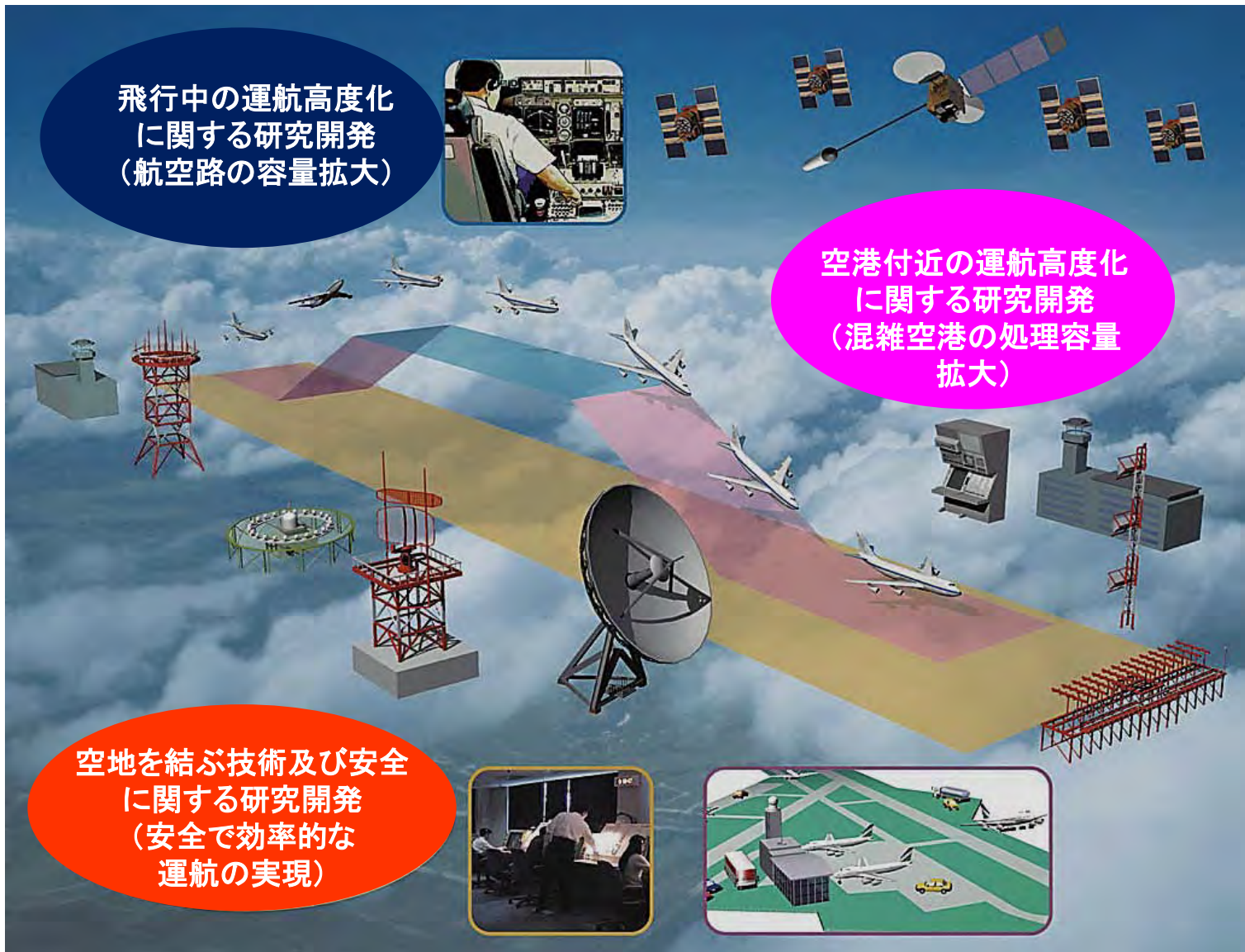
# 今中期(H23~27)研究計画の3つの柱

飛行中の運航高度化  
に関する研究開発  
(航空路の容量拡大)



空港付近の運航高度化  
に関する研究開発  
(混雑空港の処理容量  
拡大)

空地を結ぶ技術及び安全  
に関する研究開発  
(安全で効率的な  
運航の実現)



## ◆ 本日の講演

- 航空交通管理のパフォーマンス評価
- 日本航空グループにおけるRNP AR進入の実施状況
- GBASの研究開発と将来のGLS運航
- 新しい運用方式に対応する監視応用
- 滑走路上の異物探知システムの研究開発

## ◆ 紹介する研究

- 到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究
- 空港及びその周辺における監視技術の研究
- 空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究
- 新しい空港空地通信網に関する研究

## ◆ 活動状況報告

- 電子航法研究所 ATM/CNSに関する国際ワークショップ(EIWAC2013)
- 導入された実験用航空機の概要

# ENRI 到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究

## ■背景

消費燃料削減とCO2排出量削減に向け、世界的にUPR(利用者設定経路)やDARP(動的経路変更方式)といった洋上経路の最適化経路が検討され、導入が行われている。更なる環境負荷の削減に向け、洋上からターミナルまでトータルな経路の最適化の検討が必要とされている。

## ■研究の概要と現状

OCDOなどの調査・分析

- \* サンフランシスコ空港TAの調査を行った
  - ・RW/28LRのみで好天時、実施は5%程度
- \* 関西空港CDOの実績を調査・解析中
- \* 羽田空港の夜間の到着について調査・解析中
  - ・深夜でも交通量が少なくない

OTA経路を飛行する航空機と間隔を保った出発経路(CCO)の検討

ONOPAC空域の有効活用の検討

- \* NOPAC経路を含むPACOTSトラックの条件緩和を提案(一部導入)
- \* TRACK2付近のUPRの条件緩和を提案中
- \* ASPIRE Daily Route認定について便益推定
  - ・10/4に羽田ーサンフランシスコ線が認定
- \* RNP4搭載率による便益推定

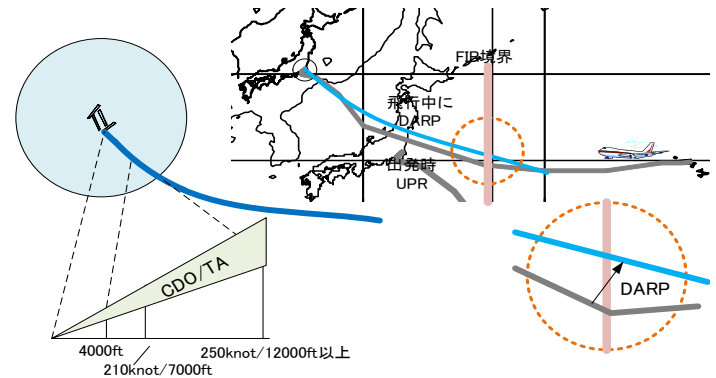
○洋上管制シミュレータの性能向上

- \* ターミナルまで計算の範囲を拡大するシミュレータの性能向上を行う

## ■最終達成目標

- ◆ 羽田空港へのTA(Tailored Arrival)を提案する。
- ◆ 関西空港の昼間のCDO(連続降下方式)を提案する。
- ◆ より最適な太平洋編成経路システムの経路生成条件を提案する。
- ◆ 燃料消費削減(CO<sub>2</sub>削減)が実現できる。

## 到着・洋上経路最適経路の例



### 用語の説明

DARP: Dynamic Airborne Reroute Procedure (動的経路変更方式)

CDO: Continuous Descent Operation (連続降下方式)

TA: Tailored Arrival (テイラードアライバル, CODの一種)

CCO: Continuous Climb Operation (連続上昇運航)

NOPAC: 北太平洋, PACOTS: 太平洋上で設定された公示経路(日替わり)

UPR: User Preferred Route (利用者設定経路)

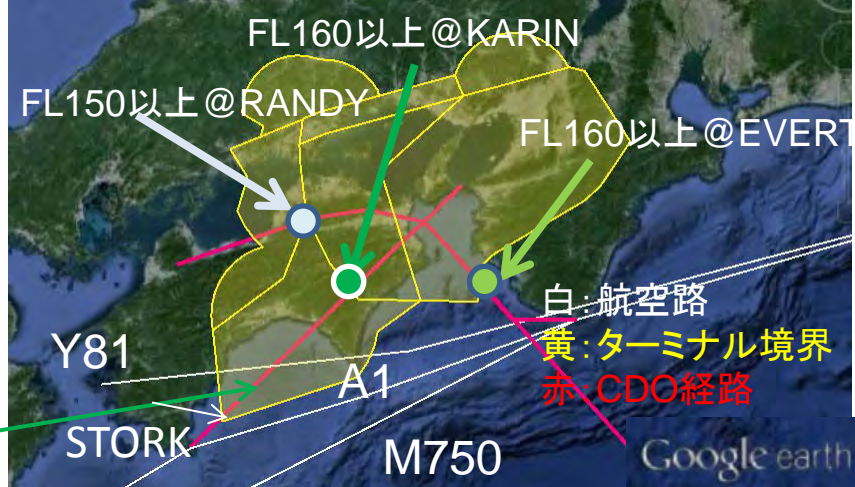
ASPIRE: アジア太平洋環境プログラム, 排出削減を目指す地域のグループ

ASPIRE Daily Route: 日常的に効率的な運航ができると認定された路線

## ■今後の見通し

- ◆ 現在運用中の関西のCDOの運用時間拡大のための要件を検討し、実施のための提案を行う。
- ◆ 羽田空港におけるTA実施のための要件を検討し、実施のために必要な条件の提示提案を行う。
- ◆ 太平洋上の経路の効率性について、NOPAC空域有効活用などの検討を行い、各種国際会議で提案する。

# 研究の成果例

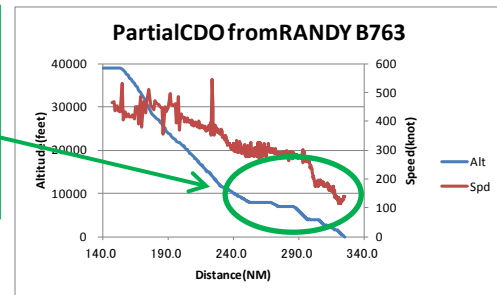


## ◆ 関西CDOの調査 (関西空港, 東京管制部, 福岡管制部)

- CDO判断基準, 制限付の承認, 関連トラフィック, 運用時間拡大の可能性などを調査
- Partial CDOやCDOキャンセルの航跡を解析し, 中止の原因特定
- 昼間の時間の拡大のための条件抽出

例1: CDOでは, STORK(通常FL290以下に降下させる)を通常高度より高く通過が可能なので燃費の節約が期待できる. 南九州, 四国から成田方面に向かうRNAVルートY81を高高度で横切ることになり, 成田到着機との高度間隔が必要となる(夜間, 成田到着機は飛行しない).  
 →Y81に対して, 関西空港移管地点の KARINまでの連続降下可能な条件を検討

例2: 出発機と交差する可能性があったため7000ftと4000ftで水平飛行を行った(ARTSデータより推測)



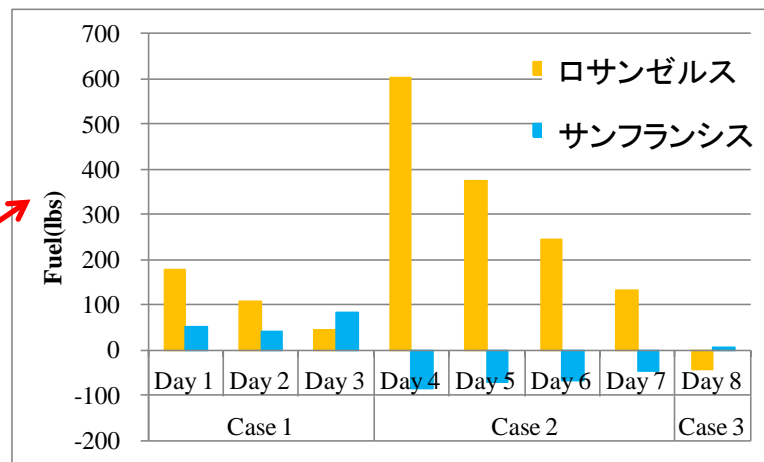
## ◆ 洋上経路の研究

- TRACK2 UPR制限緩和

UPRは現在はTRK2から分岐できない.  
 合流は禁止で分岐のみ可能とする方式を検討



- \* 風が異なる日でシミュレーションを行い, ほとんどの場合で便益(燃料削減)が見られた.
- \* ロサンゼルス行きの便益が大きい.



## ■背景

- ◆増大する航空交通量に対応する空港処理能力の増強が必要とされている、そのため、空港内の航空機に加え、空港周辺を飛行する航空機についても、監視システムの検出率向上や覆域拡大、耐環境性向上等が望まれている

## ■最終達成目標

- ◆空港周辺を監視対象とする広域マルチラレーション (WAM: Wide Area Multilateration) の開発
- ◆干渉に強く高性能な新方式マルチラレーション (OCTPASS: 光ファイバ接続型受動監視システム) の実用化

## ■研究成果

### ①WAMに関する開発

- ・空港近傍の航空機に対して現用SSRと比較して**4倍の更新率を確認**(表1)

WAMを使用することで平行滑走路での同時離着陸が可能となる

- ・実験装置に**質問機能を活用**した改良測位機能を付加するとともに総合的な評価試験を行った

**遠方における測位性能が向上**(表2)

設定覆域(20NM)に対して  
◇1秒間隔での検出が可能!

表1 検出率(欧州性能要件:97%以上)

距離	2-10NM	10-20NM	20-30NM	30-40NM
4秒間隔	100%	100%	100%	93.5%
2秒間隔	100%	100%	98.7%	79.3%
1秒間隔	99.5%	98.9%	85.4%	55.9%

### ②OCTPASSの開発研究

では光給電方式を実装した受信部を製作・設置し、総合的な評価試験を実施

従来型のマルチラレーション(MLAT)装置よりも**マルチパスにも強く少ない受信局数**で我が国の性能要件を満たす高精度を実証する評価結果が得られ、設置場の制限が少ない**光給電方式についても実用可能性を確認**

表2 測位誤差(欧州性能要件:150m以下)

距離	30-40NM	40-50NM	50-60NM
改良方式	80.8m	82.0m	86.7m
従来方式	113m	140m	175m

少ない受信局で性能要件を満たすことを実証し、かつ光給電方式の採用により受信局の小型化が見込まれることから、MLATシステムに関わる**整備コスト及び維持コストの削減が十分期待できる**

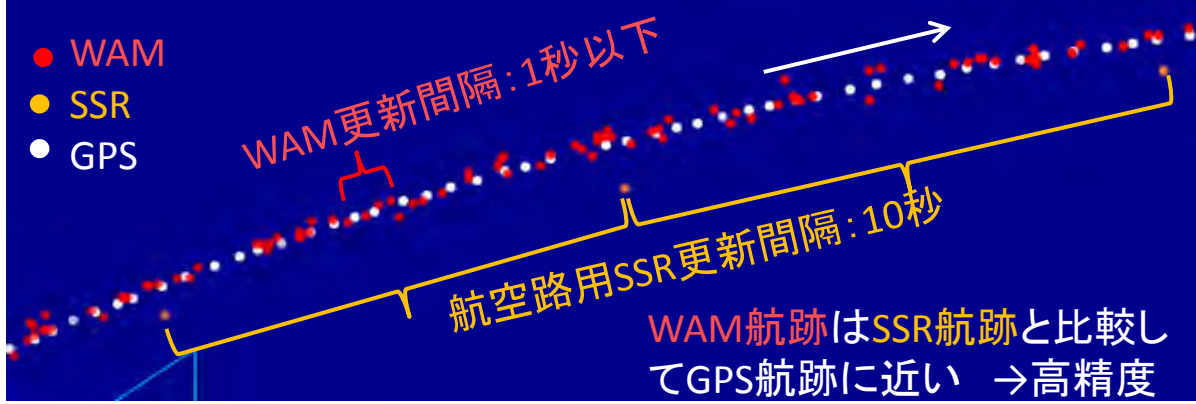
## ■今後の見通し

- 空港の処理能力を増強させるために必要な監視技術として、WAMでは高更新率と覆域拡大並びにOCTPASSでは耐環境性向上を実現。
- ①成田空港での、悪天候時にも同時並行着陸を可能とする成田WAMの整備仕様へ反映され、平成26年10月から運用開始予定である。
  - ②この技術を用い、海外展開などの実用化を目指す

# ◎ WAM開発の成果

実環境下での評価試験

現用SSRと比較して高更新率かつ高精度な監視

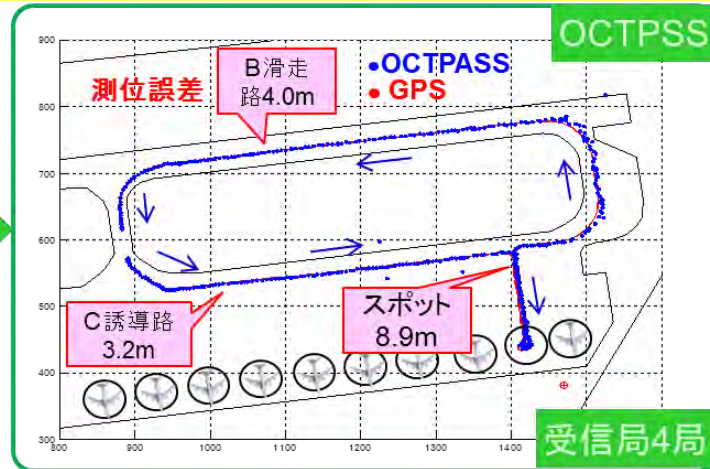
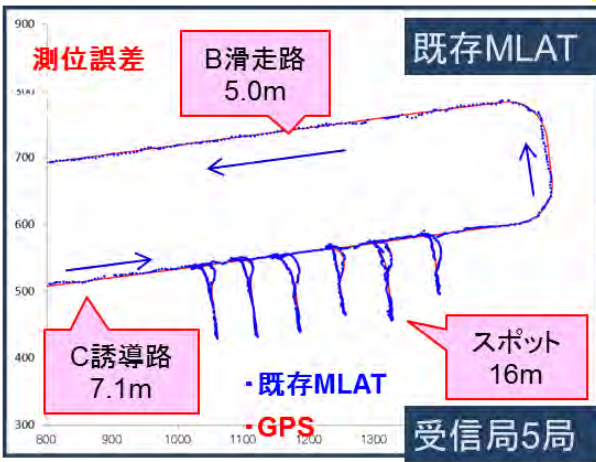


WAM実験装置と航空路用SSRとの航跡比較結果

# ◎ OCTPASS開発の成果

実環境下での評価試験

誤差の大きいスポット地域での低減が顕著





# 空港面の交通状況に応じた 交通管理手法に関する研究

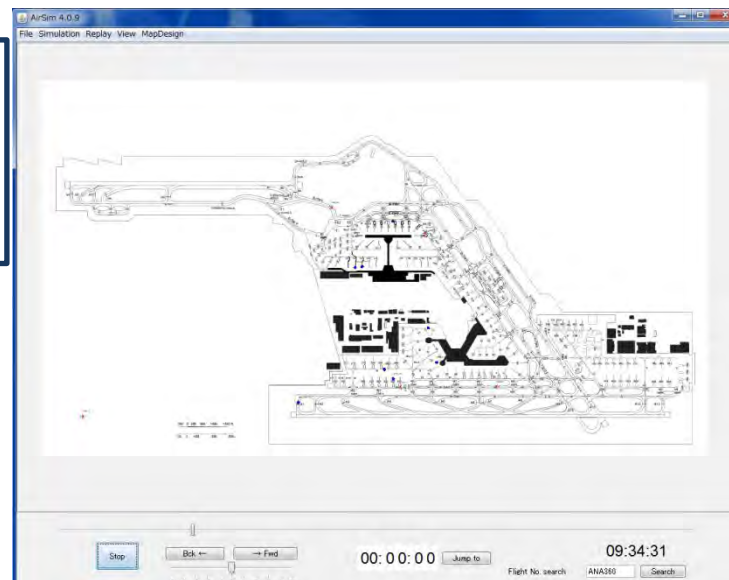
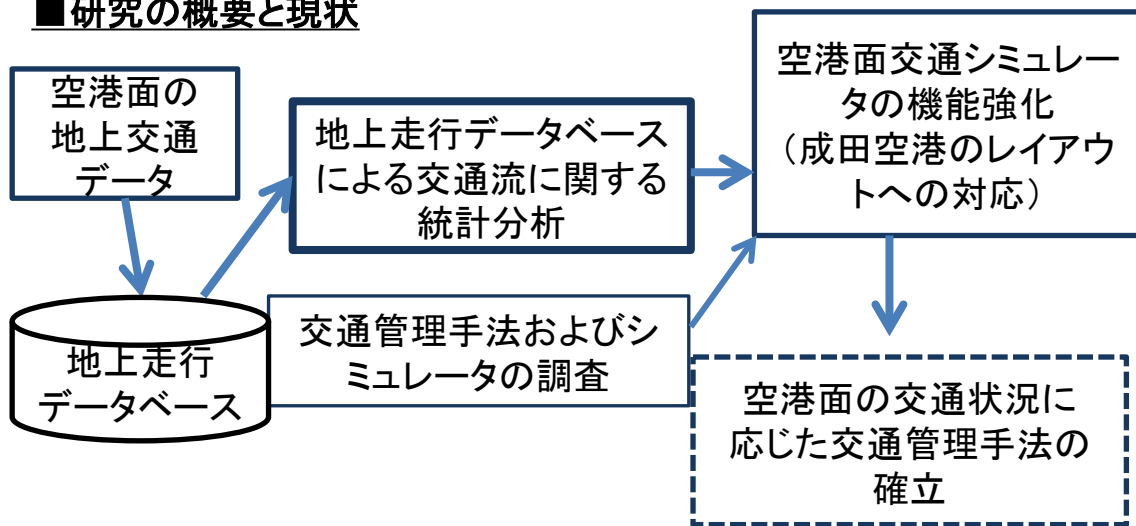
## ■背景

- 空港の容量拡大には効率的な空港面の運航が必要
- 成田空港の効率的な空港面運用を行うためには空港特性に応じた交通状況分析および交通管理手法が必要

## ■最終達成目標

- ◆ 空港面地上交通データ等から成田空港を走行する航空機の交通流分析を行うことにより地上走行状況を把握する。
- ◆ 成田空港のレイアウトに対応したシミュレータを作成する。
- ◆ 成田空港の効率的な空港面運用を行うための空港特性に応じた交通管理手法を提案する。

## ■研究の概要と現状



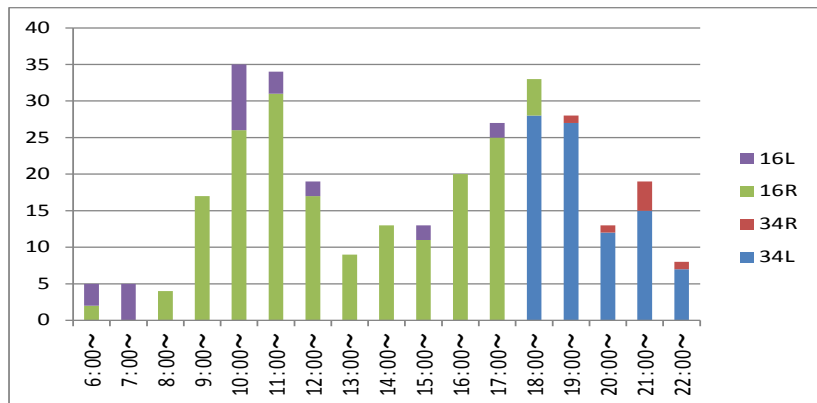
空港面交通シミュレータ画面(成田空港)

## ■今後の見通し

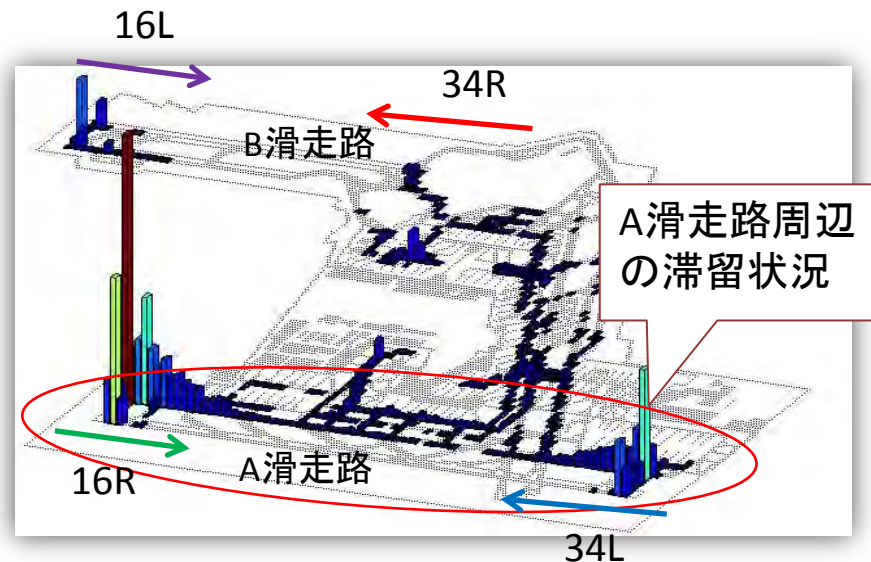
- シミュレータを利用してより効率的な空港面交通管理手法を検討できるようになる
- 成田空港の空港面レイアウトに対応した地上運航状況の把握により効率的な空港面運用に貢献
- 将来の空港面レイアウト変更にも対応出来るシミュレータの作成により、様々な経路運用のシミュレーションが検証できるようになる

# 空港面地上交通データを用いた統計分析

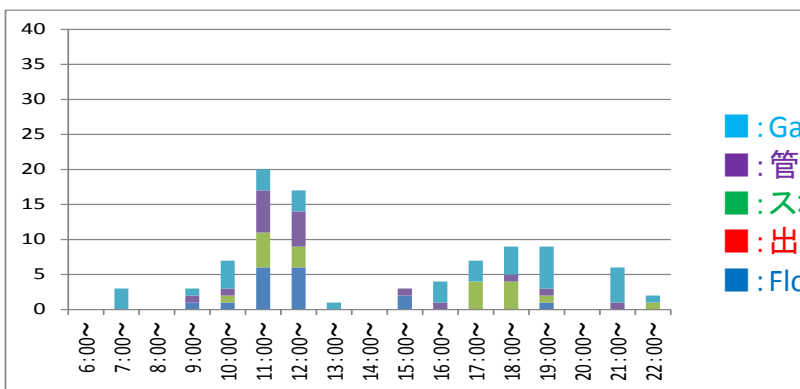
- データベースを整備し、航空局提供の空港面地上交通データに加えて運航票(7日分)も取得して統計分析を実施



時間帯別出発便の滑走路利用状況



成田空港の出発便の滞留地点の例



出発便の制御状況

- Gate Way変更
- 管制間隔による離陸時刻制限
- スポット出発時刻制限
- 出発制御時刻
- Flow Control

## <課題>

- 空港特性(走行経路、走行機数)に着目した交通流の統計分析
- 各便の出発・到着時刻情報の補間作業

## ■背景

- 将来の航空通信量増加に対応するため、空港面で利用可能な高速通信システム(AeroMACS: Aeronautical Mobile Airport Communication System)の国際標準及び勧告方式(SARPs)が策定中
- SARPs策定参画とSARPs案の検証のため実環境を想定した性能評価が必要

## ■研究の概要

- WiMAX機能付き計測器により構築したCバンドAeroMACS基本機能実験システムを仙台空港内に設置
- 実験塔上の送信部からAeroMACS信号を送出し、測定車の受信部で、仙台空港内で信号を受信し、電波伝搬状況に関する実験を実施。
- 今年度から、アプリケーション利用可能な実験用プロトタイプシステムの開発に着手、平成27年度に評価を実施
- 国際民間航空機関(ICAO)の航空通信パネル(ACP WG-S)に上記実験に基づく解析結果を報告し、メンバーとして検討作業に参画。国際標準案(SARPs)の策定作業に寄与

- WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
- AeroMACS: WiMAX規格をもとに航空用に転用したシステム
- Cバンド: 4~8GHzの周波数帯

## ■最終達成目標

- ◆ プロトタイプ開発と高速データリンクの構築
- ◆ 性能評価の解析・検証結果の国際標準規格策定会議等への提案と国際貢献
- ◆ 我が国の利用アプリケーションを想定した評価試験に基づく技術指針の構築

## AeroMACSの実現イメージ



## ■今後の見通し

- ◆ AeroMACS実験用プロトタイプシステムの開発・評価により、今後の国際標準及び勧告方式(SARPs)の策定に大いに寄与する。
- ◆ 空港空地通信に関するCバンドを用いた新しい大容量のデータリンクの開発により、空港面及び空港周辺におけるCPDLC通信などに活用され空港効率化に貢献する。

## AeroMACS基本機能実験システム



## 電波強度解析例 (● &gt; ● &gt; ● &gt; ●)



## 標準化作業動向等

- **航空用技術基準(RTCA/EUROCAE)の動向**
  - 2009.11～ 航空用技術基準(欧米)作業策定開始
  - 2011: 航空用技術基準における仕様プロファイル案策定
  - 2013.6: 米国側の基準として策定作業が終了。欧州側の航空機材搭載装置に関する技術基準の策定は継続作業中
- **国際標準規格(ICAO SARPs)の動向**
  - 2012.3 ICAO 航空通信パネル(ACP) AeroMACS専門WG(-Surface) においてSARPs策定作業開始
  - 2012.10, 2013.7, 2013.10 同WG開催
    - 次回2014.3 WG開催予定
    - 2014年の初稿SARPs案の完成を目指して作業中
  - SARPs策定後、技術マニュアル・ガイダンスマテリアルの策定が開始
- 弊所の実験結果を国際標準規格策定作業において報告し検証作業に貢献するとともに、得られた結果をSARPs案策定後のガイダンスマテリアルやテクニカルマニュアルへの反映を行う。

- ◆ 第3回ATM/CNSに関する国際ワークショップ
  - 【The third ENRI International Workshop on ATM/CNS】
    - \* ~Drafting future sky~
- ◆ 日本科学未来館にて
  - 平成25年2月19日(火)~22日(金)
    - \* (ワークショップ3日間+テクニカルツアー1日)
- ◆ 基調講演者として、ICAOのナンシー・グラハム航空技術局長を招聘
  - これからのATM/CNS技術を討議
- ◆ 延べ参加者は、500名以上(うち外国からは10ヶ国、参加者約80名)にのぼった。
- ◆ 次回 (EIWAC2015) 予定  
2015年11月17~19日



# 実験用航空機の導入

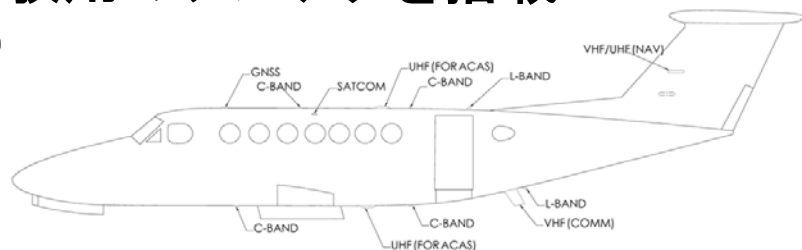
- ◆ 被災した旧実験機に代わる機材として平成25年5月31日に岩沼分室（仙台空港）に納入
- ◆ Hawker Beechcraft社製
  - Super King Air 350 (B300)
    - 機体製造番号 FL-410
    - 2004年製造
- ◆ 登録記号は、「JA35EN」
- ◆ 愛称は、「よつば」



機種	Airliner B99 (被災)	KingAir350
機体メーカー	Beechcraft社	Hawker Beechcraft社
耐空類別	N類	C類
搭乗人員 (実験用改修後)	15名+2名	9名+2名
	7名+2名	5名+2名
最大高度	25,000 ft	35,000 ft
最高速度	226 kt(CAS)	263 kt(IAS)
最大飛行距離	1,482 km	3,268 km
発動機 (メーカー 型式 出力)	Pratt & Whitney PT6A-27 680 hp	Pratt & Whitney PT6A-60A 1,050 hp
全長	13.58 m	14.23 m
全幅	13.98 m	17.65 m
全高	4.38 m	4.36 m
最大離陸重量	4,717 kg	6,800 kg

# 実験用航空機の概要

- ◆ FMSを搭載し、RNP0.3などが可能な高性能な運航能力
- ◆ 実験用機材の搭載が可能で各種実験に対応
  - 運航用のアンテナの他に、以下の実験用のアンテナを搭載
    - \* GNSS受信アンテナ(L1/L2/L5対応)
    - \* VHF/UHF(航法用)受信アンテナ
    - \* VHF(通信用)送・受信アンテナ
    - \* UHF(ACAS用)送・受信アンテナ
    - \* Lバンド送・受信アンテナ
    - \* SATCOM送・受信アンテナ
    - \* Cバンド送・受信アンテナ
  - 実験機材を積むラックを搭載
    - \* 20kg × 2、25kg × 2、30kg × 3
- ◆ 愛称:「よつば」
  - 岩沼市内の小中学生より公募
    - \* 488通の応募あり
  - 岩沼中学校生からの提案を採用



機内の様子(ラック)

## 電子航法研究所と研究員は共に、

- 航空躍進の礎を担う —
- 航空交通の安全性・効率性向上、  
地球環境保全に貢献する —
- 世界に通じる中核的研究機関を目指す —

平成二十三年四月



# 航空交通管理のパフォーマンス評価



電子航法研究所 航空交通管理領域

蔭山 康太

# 内容

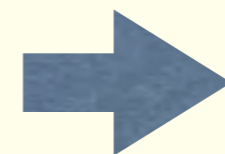
- 航空交通管理（ATM）パフォーマンスの指標
  - 指標の開発（運航実績の評価を目的）
  - 運航時間を指標とした評価例
- 施策の評価例
  - RNP-AR進入（経過報告）

# ATMパフォーマンスの指標

# ATMの長期ビジョン



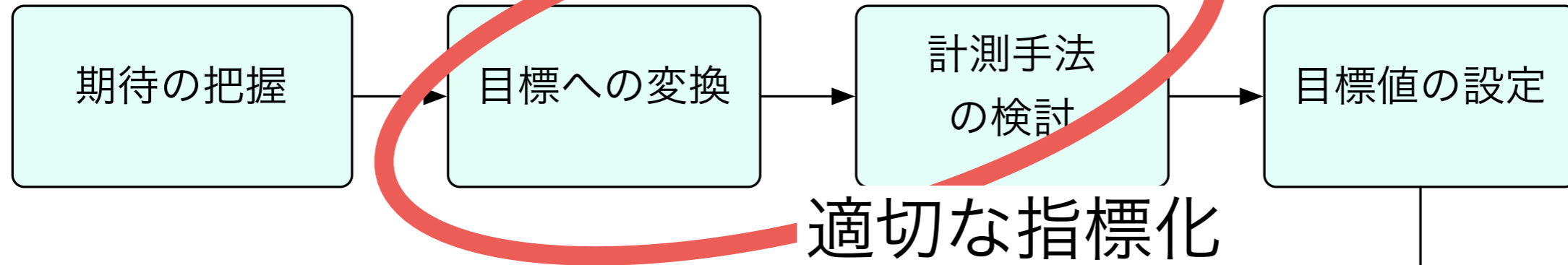
ATMの性能（パフォーマンス）向上



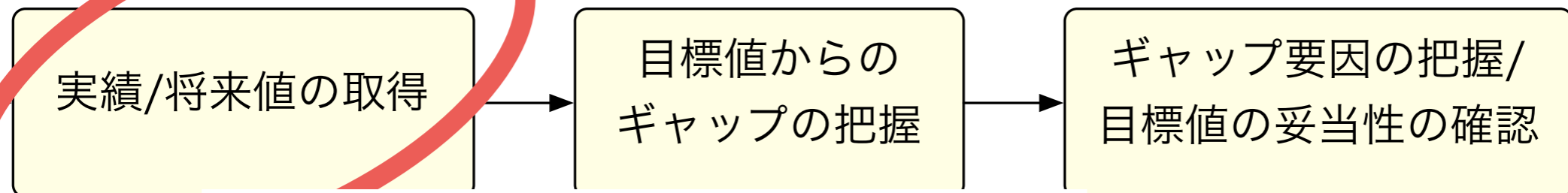
施策のロードマップ

# 施策の実施管理

## Step 1. ATM共同体の期待をパフォーマンス目標値へ変換



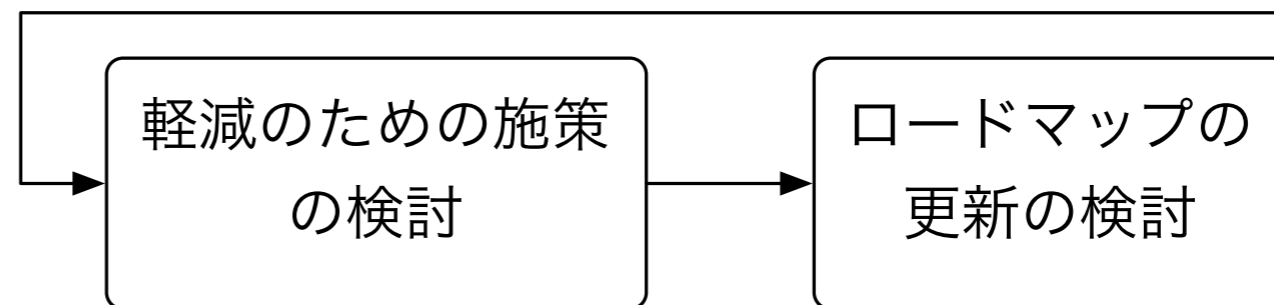
## Step 2. パフォーマンス評価の実施/ギャップ値の認識



実績に基づく指標値の取得

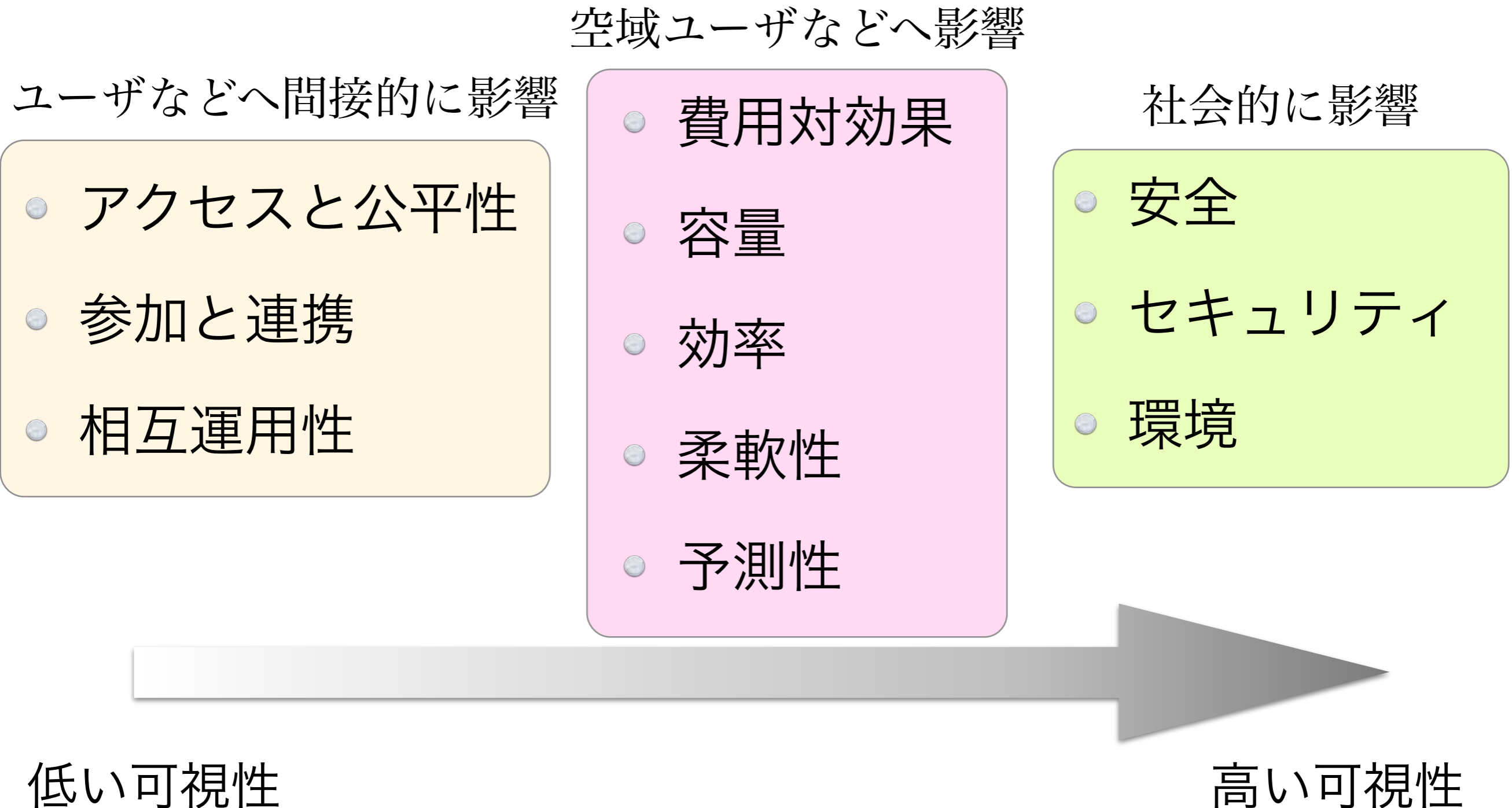
(繰り返し)

## Step 3. ギャップを軽減させるロードマップへ修正



# ATM共同体の期待の分類

ICAO : 11 Key Performance Indicators (KPIs)

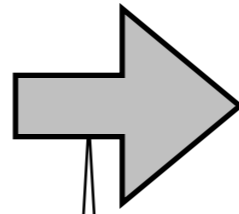


# CARATSにおける指標の例

対応するKPI	指標
安全	航空機事故/重大インシデント件数
容量	混雑空域における処理機数
効率	到着遅延便の割合
アクセス	気象による欠航便の割合
効率	Gate to Gateの運航時間
費用対効果	管制官一人あたりの飛行計画取り扱い機数
	整備費あたり飛行計画取り扱い機数
環境	CO2排出量

# 指標の開発

ATMシステムの  
ジャーナル



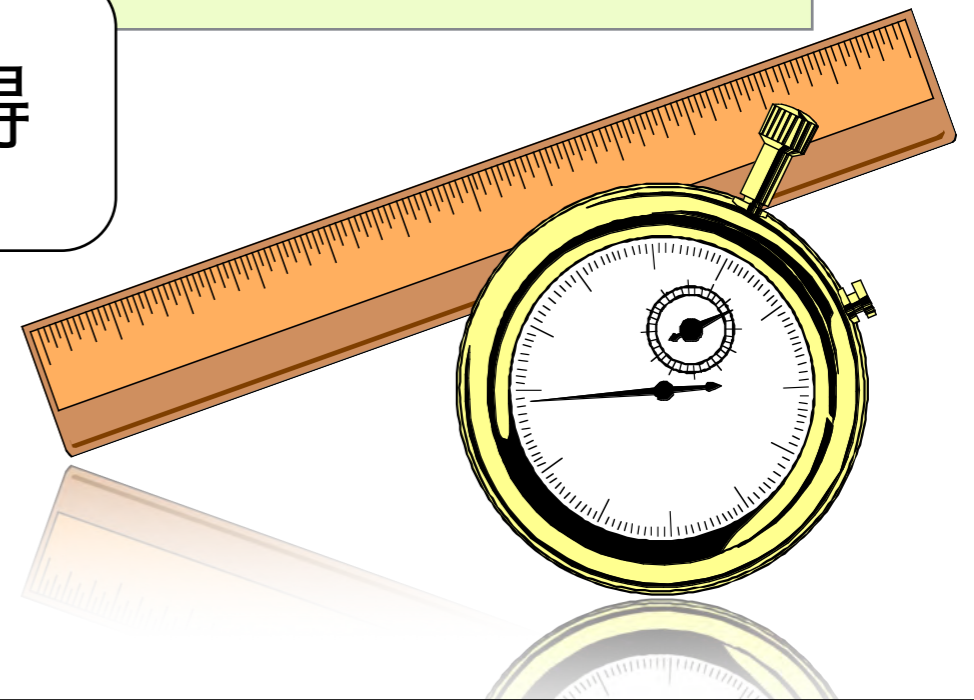
解析

- 空域処理容量
- 飛行距離
- 運航時間
- 定時率
- 燃料消費/CO2推定

運航実績の定量的な指標の取得

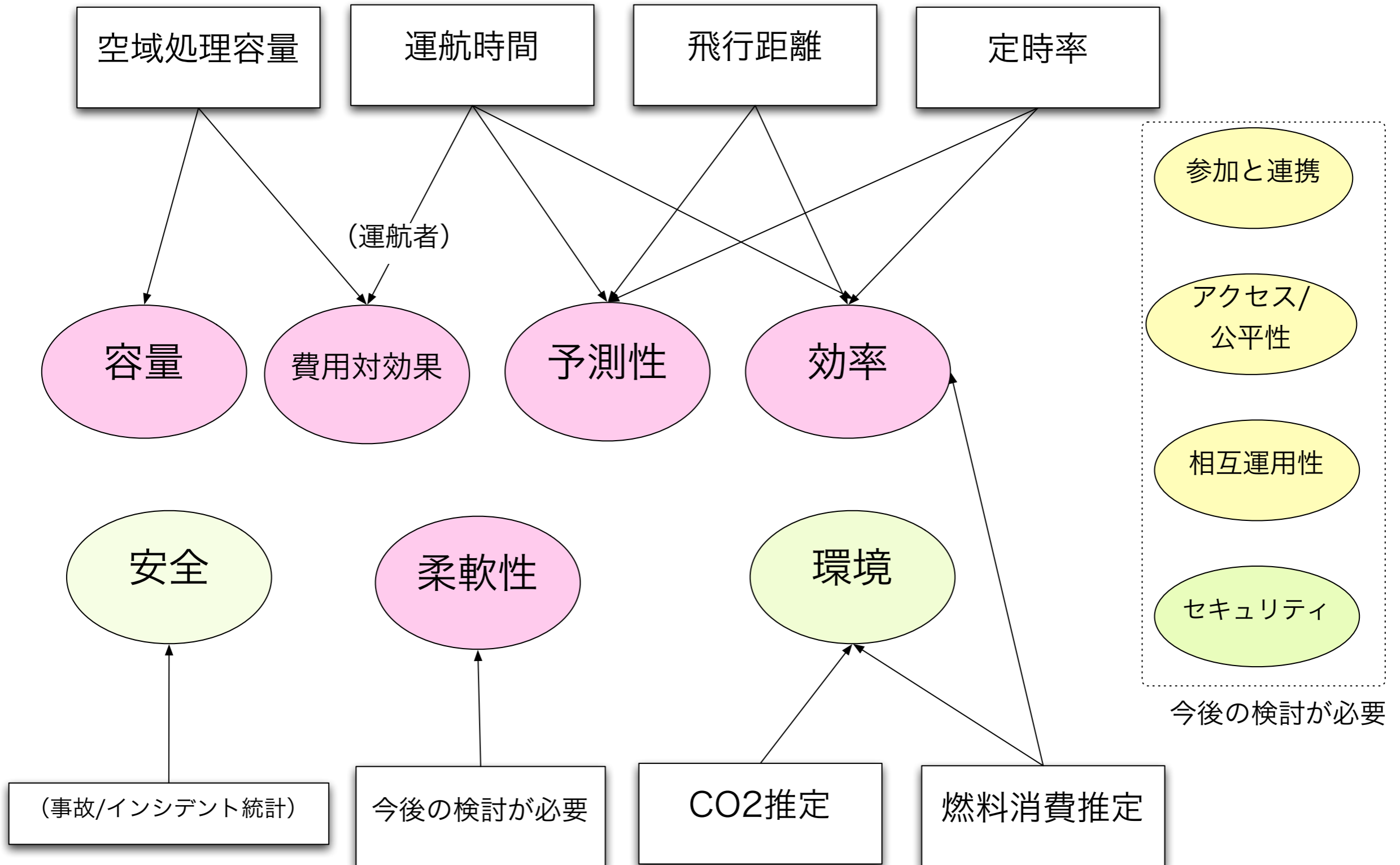


サンプル・データによる実績評価





# 指標のKPIsへの対応



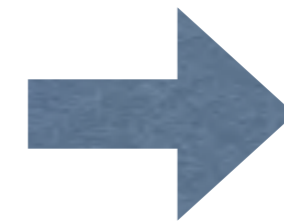
# 運航時間を指標とした評価例

# 指標の定義

運航実績時間

-

標準（計画）時間



指標

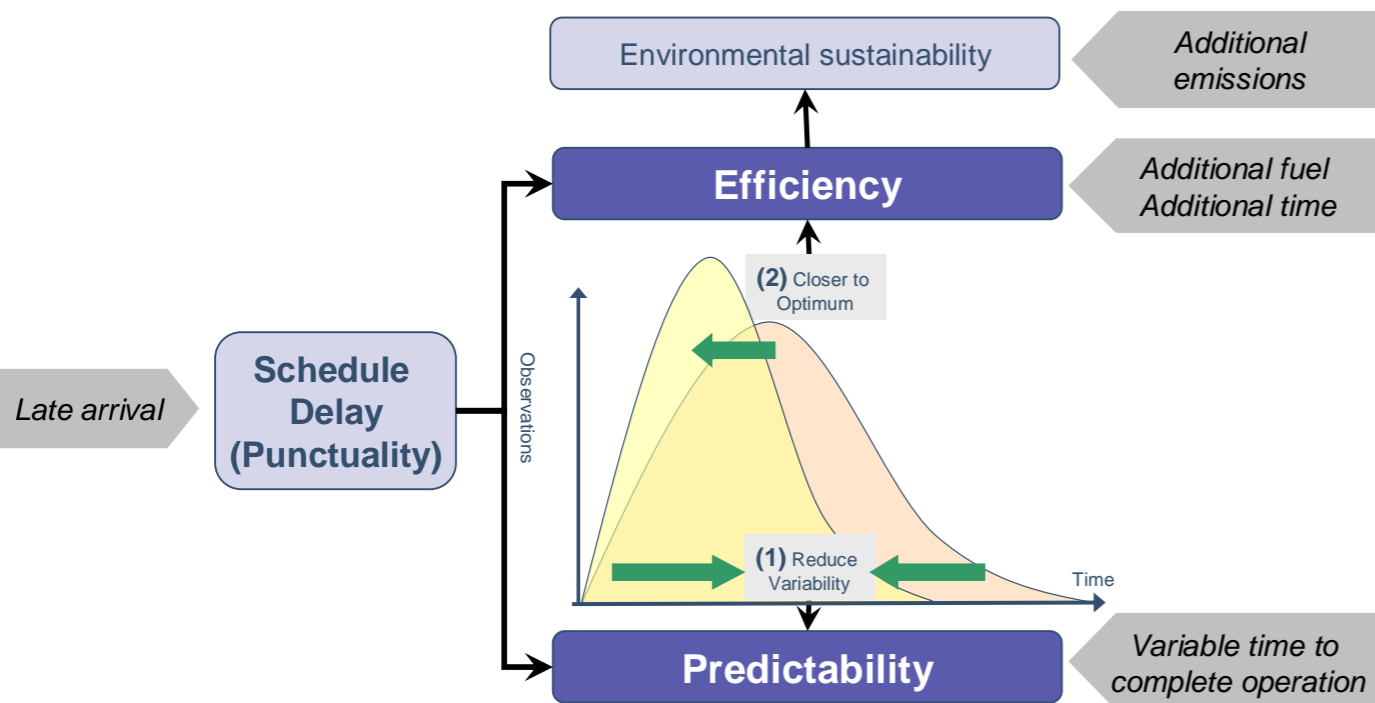
平均

● (運航費用) → 効率

● (排出量) → 環境

ばらつき

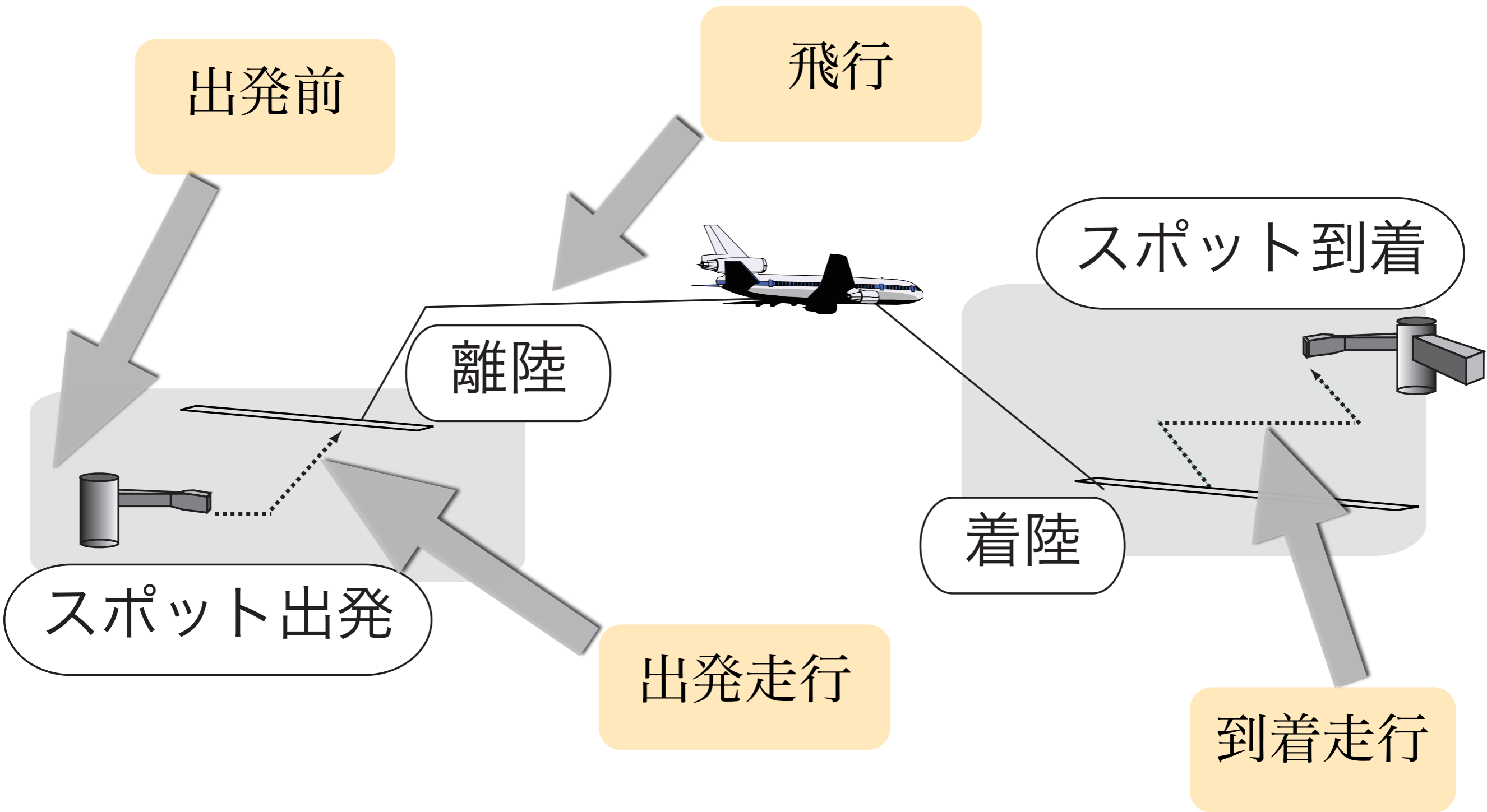
● 予測性



“US/Europe Comparison of ATM-Related Operational Performance”(2012)

小さな平均とばらつき：好ましい

# 運航局面の分類



(局面毎に指標を定義)

# 出発前の指標

スポット出発  
実績時刻

出発スケジュール  
時刻

増加要因（ATM関連）

- ✿ 空港の設計
- ✿ 誘導路・エプロンの混雑
- ✿ ATFM



# 出発走行の指標

走行実績時間

スポット出発～離陸

標準走行時間

定義値

増加要因（ATM関連）

- ✿ 空港の設計
- ✿ 誘導路・エプロンの混雑
- ✿ ATFM



# 飛行の指標

飛行実績時間

-

予定飛行時間

離陸～着陸までの経過時間

飛行計画の記載値

増加要因（ATM関連）

✿ 空域の混雑



# 到着走行の指標

走行実績時間

-

標準走行時間

着陸～スポット到着

定義値

増加要因（ATM関連）

- ✿ 空港の設計
- ✿ 誘導路・エプロンの混雑





# 指標値の算出結果

# サンプル・データへの適用

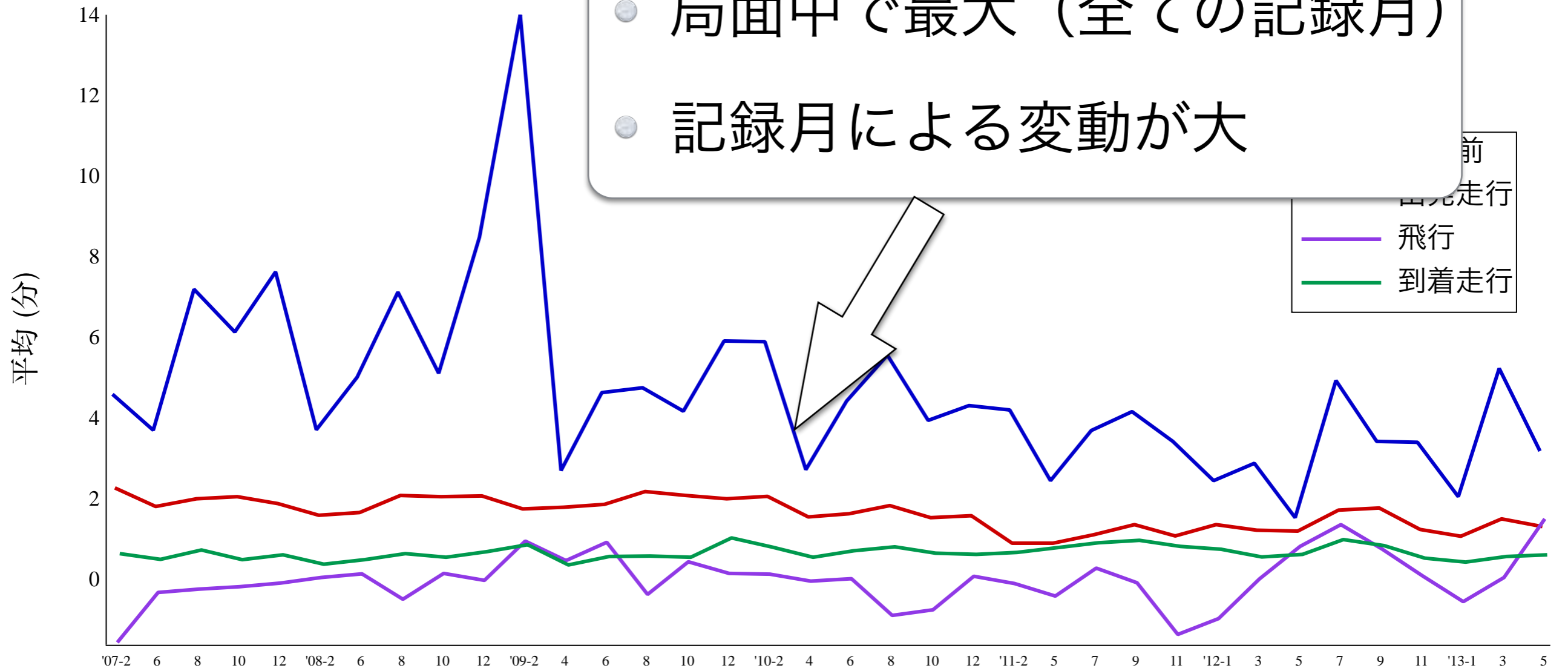


- ✧ 国内主要 5 空港間の運航（10路線）
- ✧ 記録期間：2007年～2013年
- ✧ 2ヶ月毎に連続した1週間（合計244日間）
- ✧ 8,000飛行

# 記録月毎の平均

## 出発前

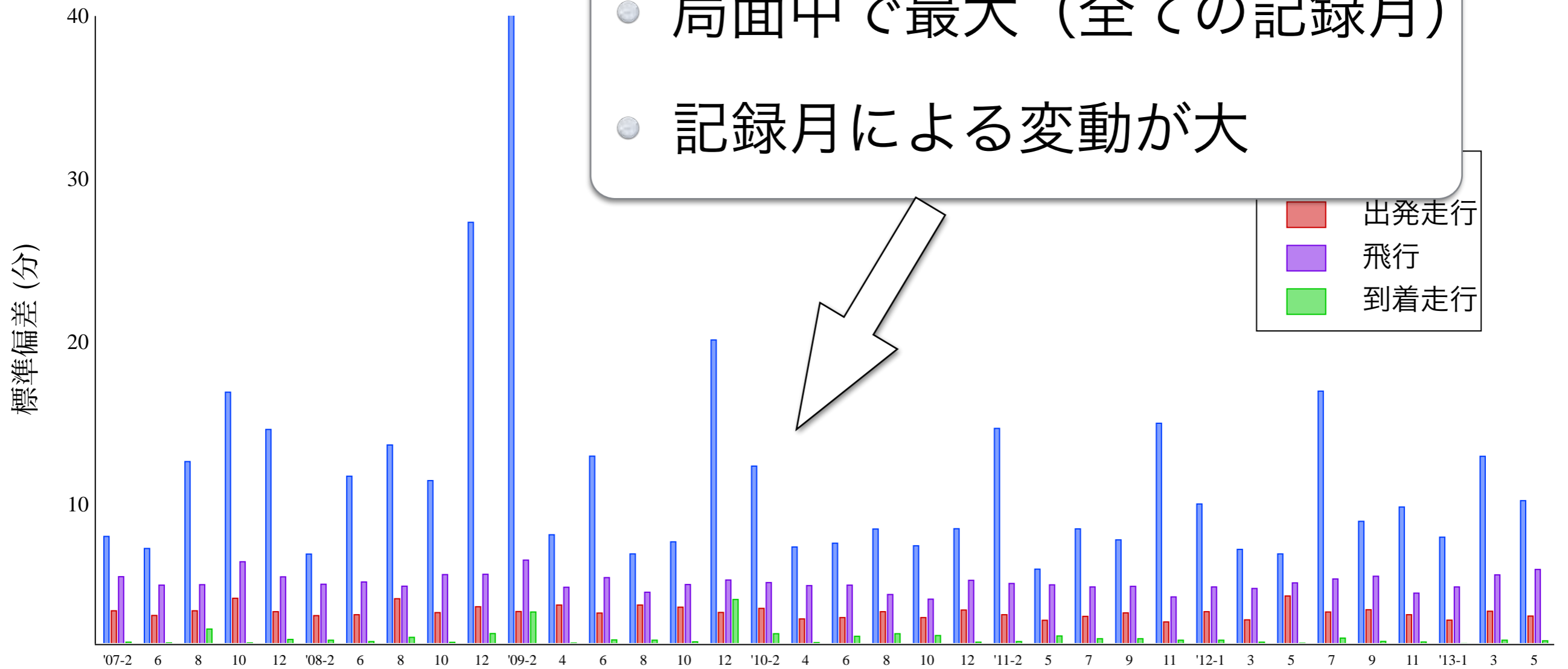
- 局面中で最大（全ての記録月）
- 記録月による変動が大



# 記録月毎の標準偏差

## 出発前

- 局面中で最大（全ての記録月）
- 記録月による変動が大



# 平均値と標準偏差

## データ全体の統計値

効率・予測性の低下

(他の指標による評価も必要)

局面	平均	偏差	メモ
出発前	4.7	13.8	平均・偏差高
出発走行	1.6	3.5	偏差やや高
飛行	0	5.3	平均低/偏差やや高
到着走行	0.7	2	平均・偏差低

(単位：分)

# 定時率の指標

割合

到着

スポット到着実績時刻

-

到着スケジュール時刻

$\leq$  15分間

出発

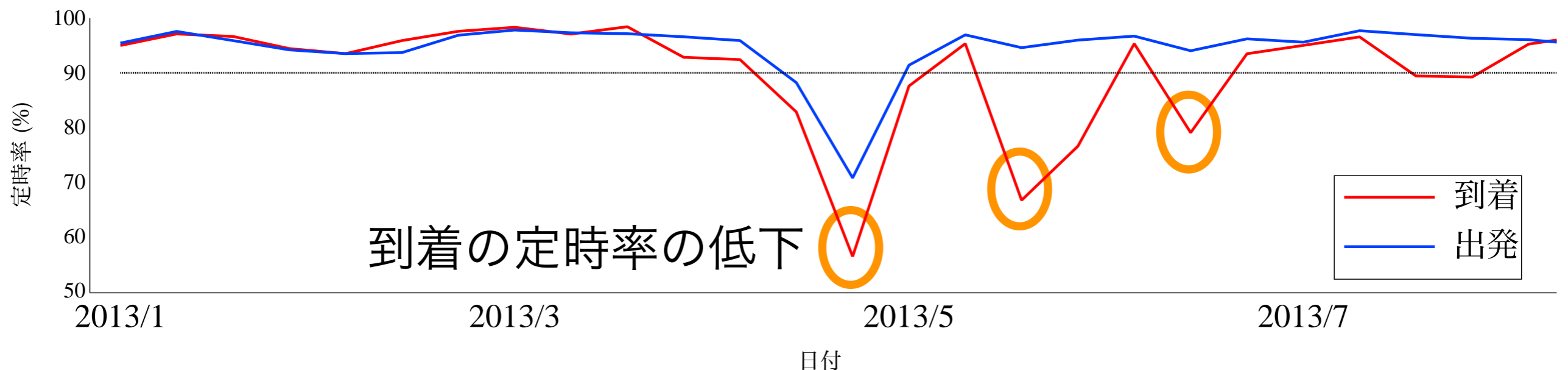
スポット出発実績時刻

-

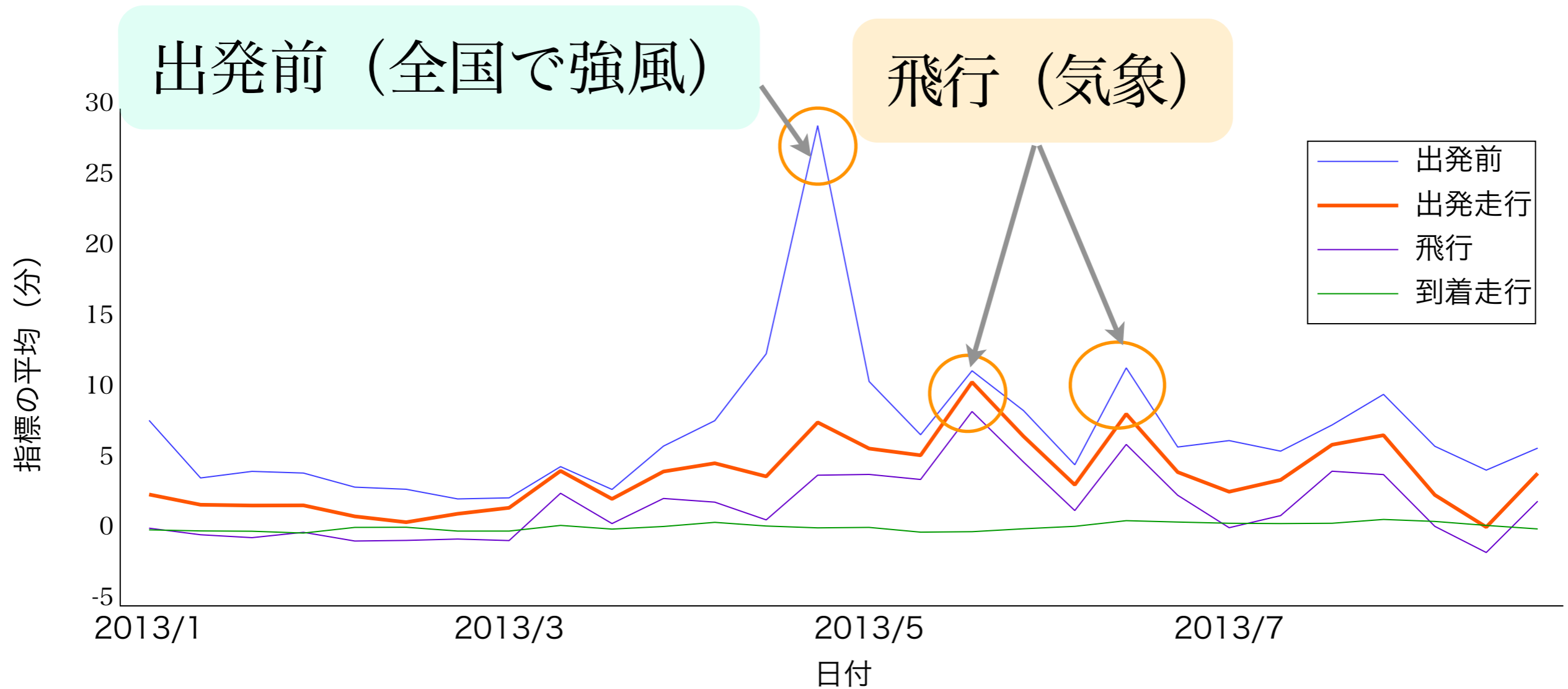
出発スケジュール時刻

$\leq$  15分間

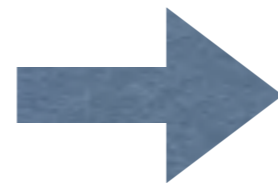
2013年の羽田空港の各日の定時率（サンプル・データに基づく）



# 各日の指標値（羽田到着）



指標値の増減



定時率へ影響

確認

# RNP-AR進入の評価例



# RNP-AR進入

- ✿ 2012年に運用開始
- ✿ (空港) 函館/山口宇部/北九州/熊本/岡山/高知/松山/大館能代/羽田
- ✿ 国内の対応機材：200機弱 (B737-700/800, B787-800)

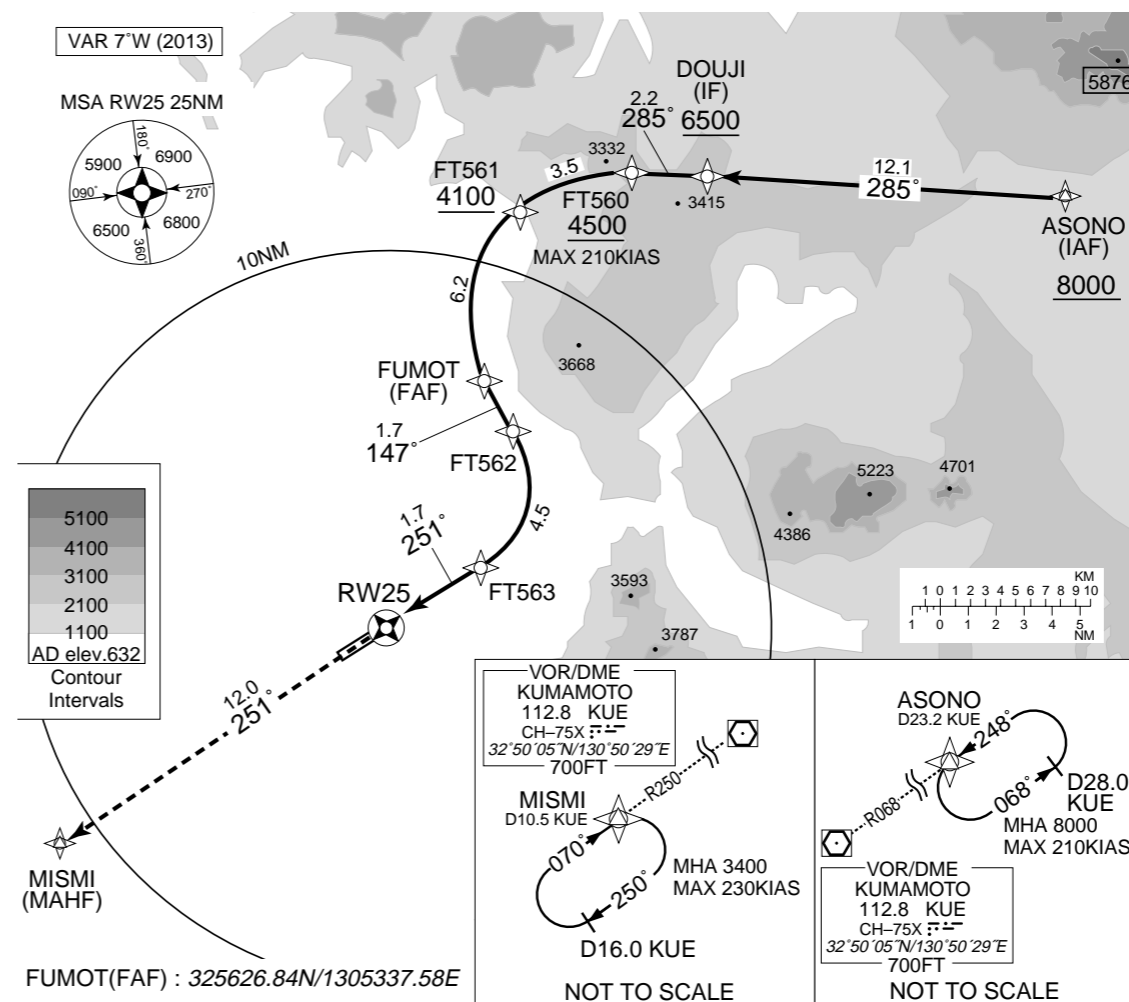
高い航法精度



曲線進入など

✿ 経路短縮

✿ 就航率の向上など



(熊本空港：AIS Japanより)

# 実施者による評価の比較

実施者	データ源	範囲	評価項目
運航会社	<ul style="list-style-type: none"><li>◆フライト・レコーダ</li><li>◆データ・シート</li></ul>	自社	<ul style="list-style-type: none"><li>◆飛行距離/時間</li><li>◆プロファイル</li><li>◆燃料消費</li><li>◆進入中止の要因</li></ul>
ANSPなど	<ul style="list-style-type: none"><li>◆レーダ・ジャーナル</li></ul>	全て	<ul style="list-style-type: none"><li>◆飛行距離/時間</li><li>◆プロファイル</li></ul>

# RNP-AR進入のKPIsへの対応

KPI	記述
安全	地上障害物などとの衝突回避
セキュリティ	N/A
環境	排出の低減/騒音を回避する経路設定
費用対効果*	飛行時間の短縮
容量	着陸復行/作業負担の軽減
効率	飛行時間の短縮
柔軟性	経路設定における制約の減少
予測性	設定経路への追従性
アクセスと公平性	就航率の向上
ユーザ参加	ATM共同体による設定が可能
相互運用性	PBNマニュアルなどの統一規格

\*対象は運航者

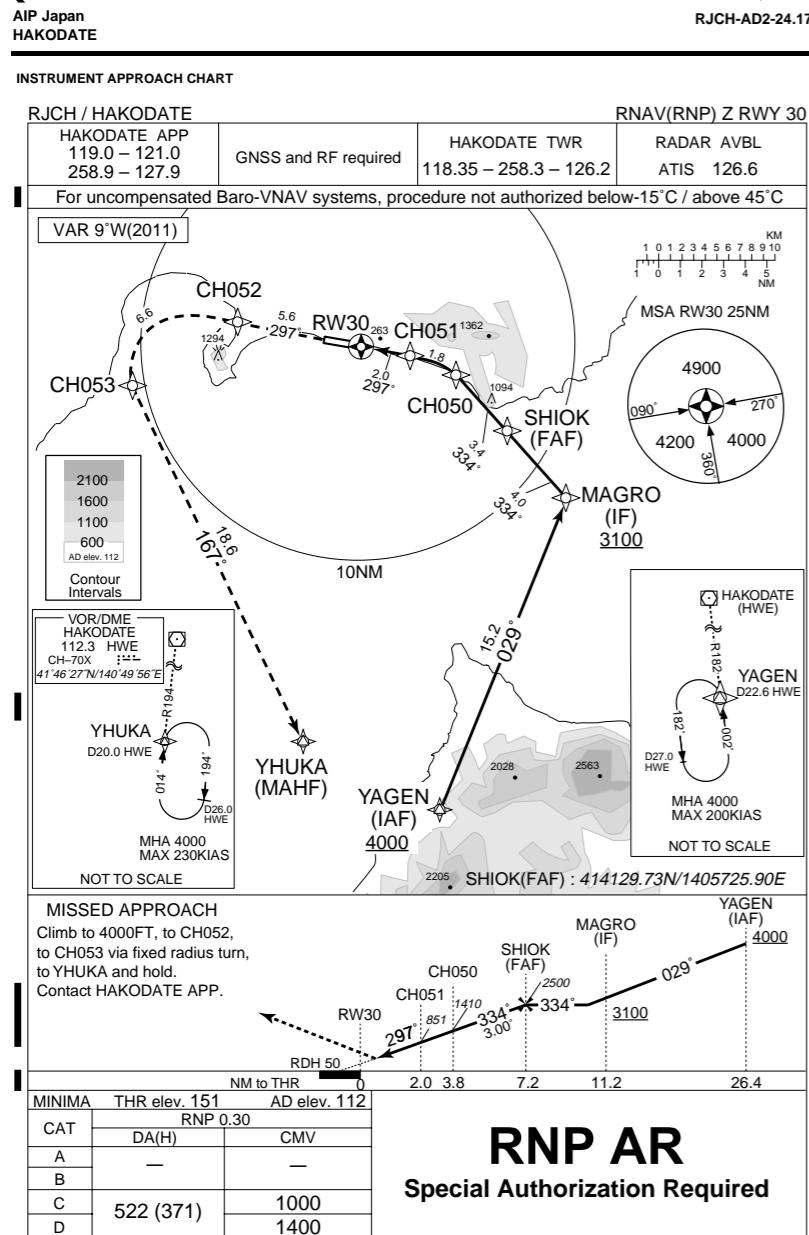
# 評価のためのサンプル・データ

対象空港	函館(RJCH), 岡山(RJOB), 高知(RJOK)
記録期間	2013年/5月, 6月, 7月 (ほぼ全日)
データ種類	TRAD*ジャーナル
RNP-ARの抽出	航跡に基づく
指標	飛行距離 (RNPの使用率の算出: バックデータ)

\*Terminal Radar Alphanumeric Display system

# RNP-ARの割合：函館空港

## (RW30でRNP-AR進入)

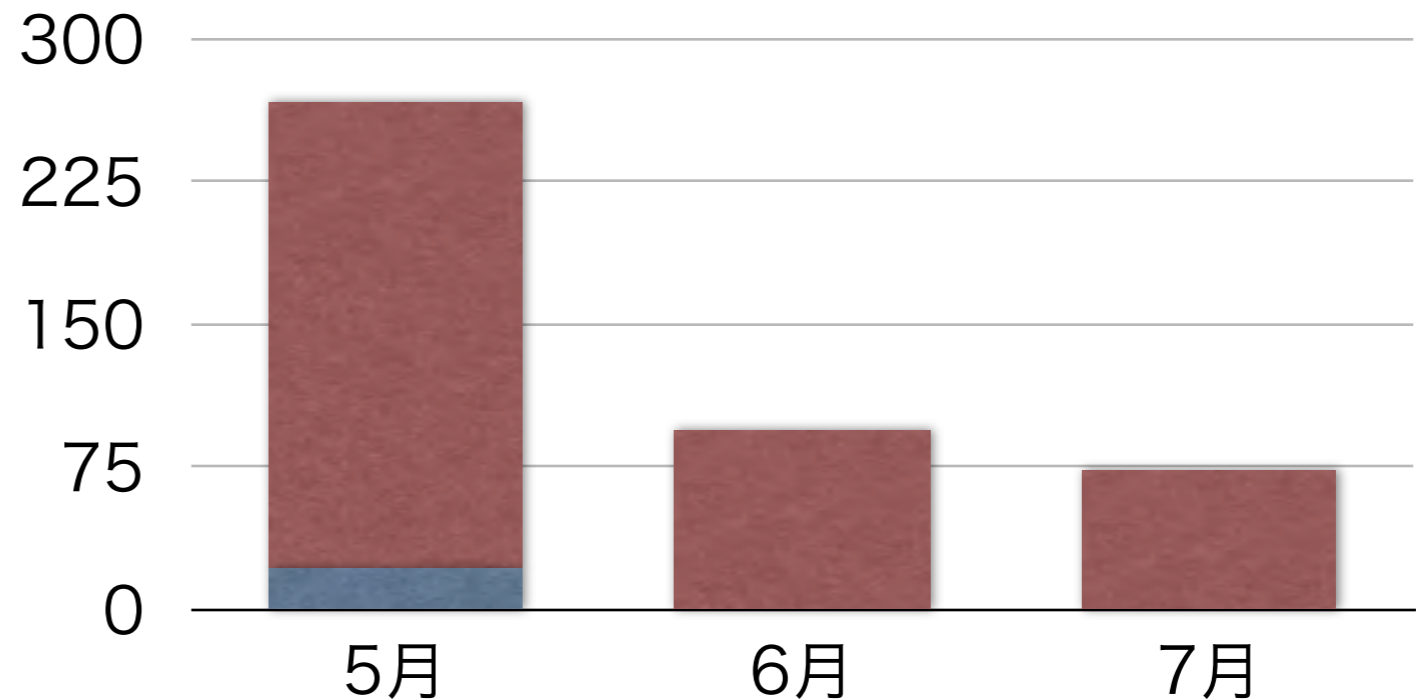


着陸滑走路	RNP-AR以外	RNP-AR
RW12	1,556	N/A
RW30	413	23 (5%*)

\*RW30着陸機における割合 (以下同様)

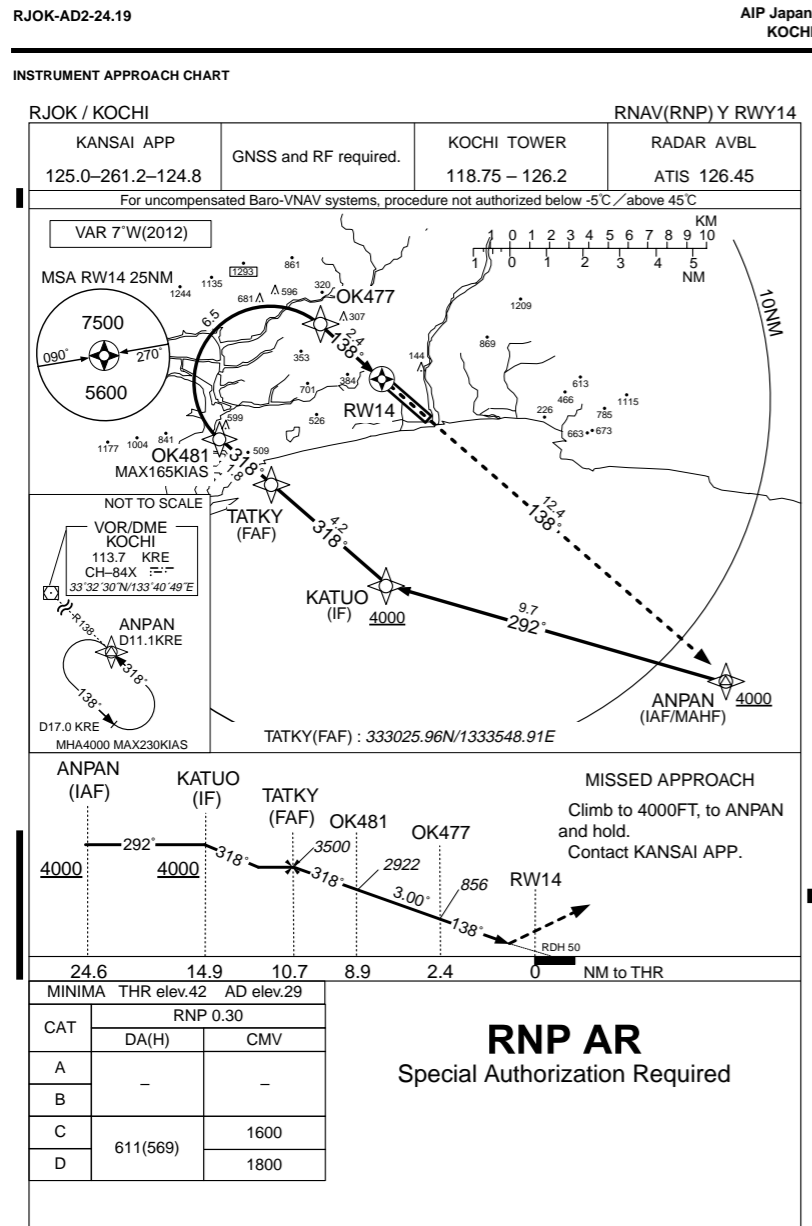
## 月毎のRW30着陸機数

■ RNP-AR以外  
■ RNP-AR



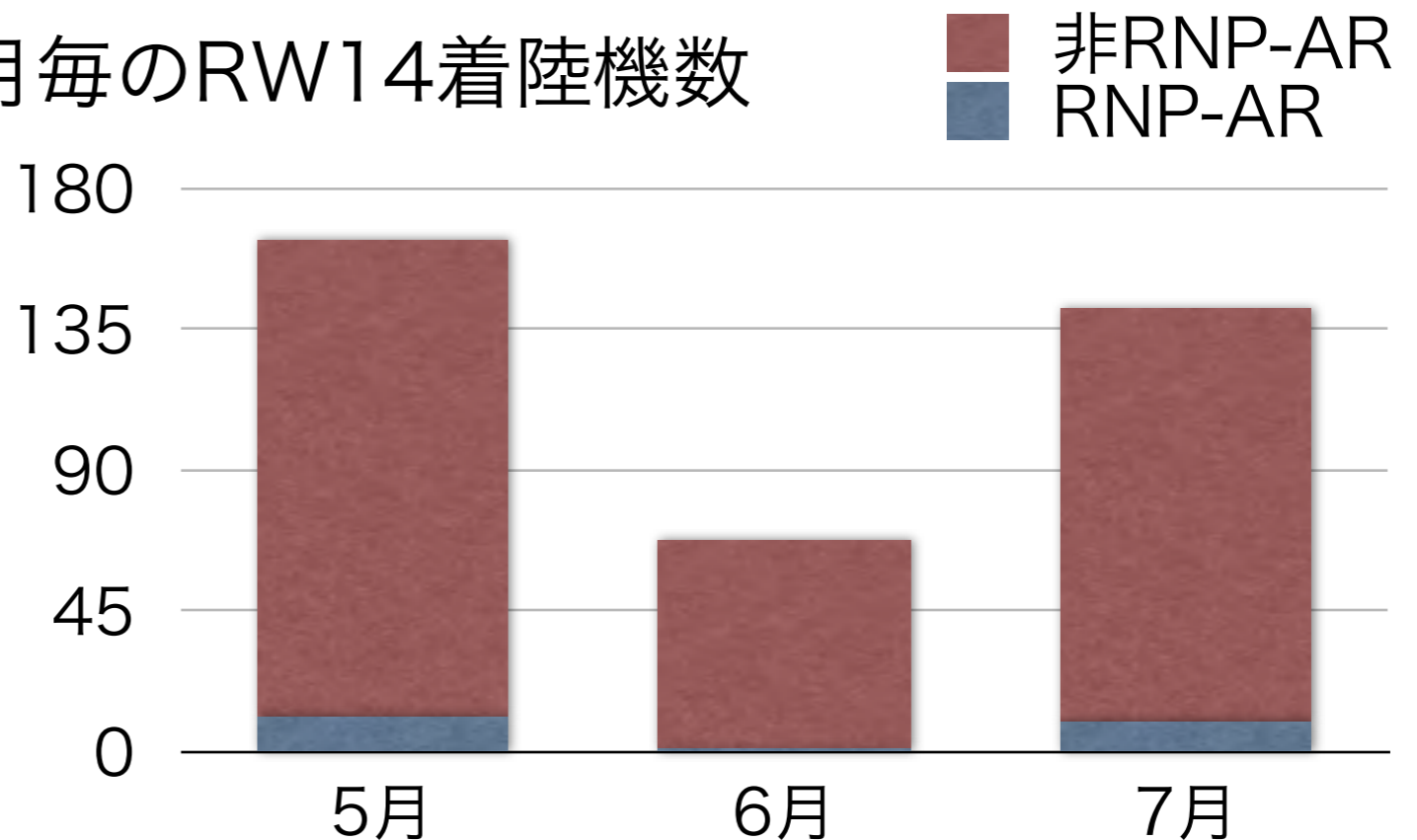
# RNP-ARの割合：高知空港

(RW14でRNP-AR進入)



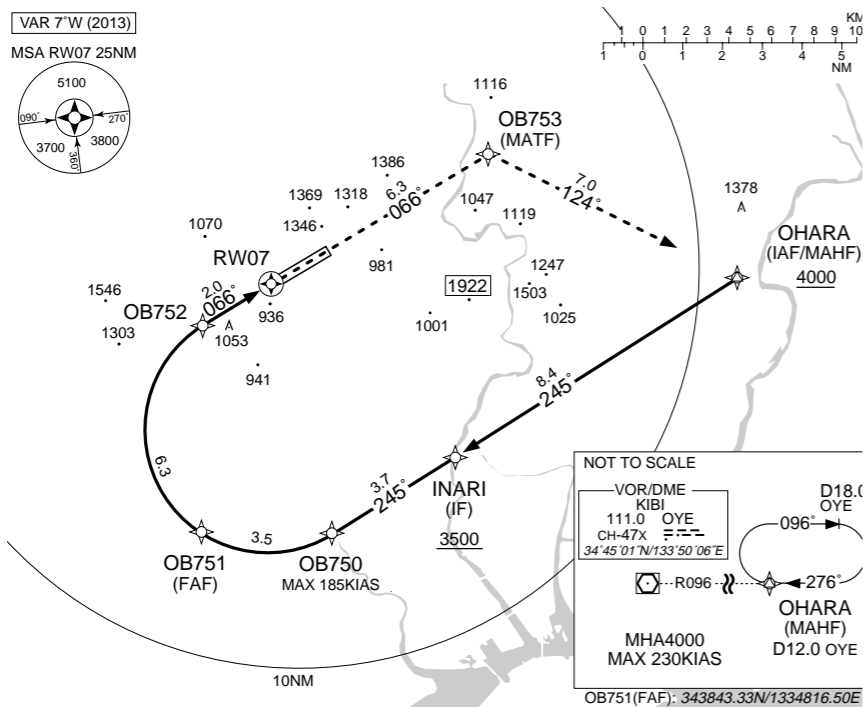
着陸滑走路	RNP-AR以外	RNP-AR
RW14	352	22 (6%)
RW32	1,466	N/A

月毎のRW14着陸機数

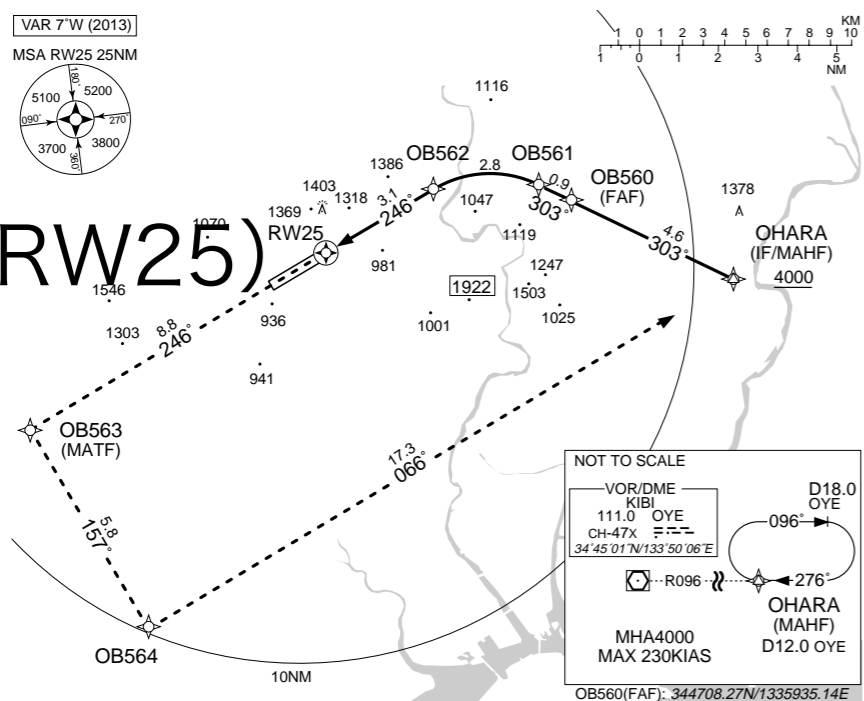


# RNP-ARの割合：岡山空港

(RW07)



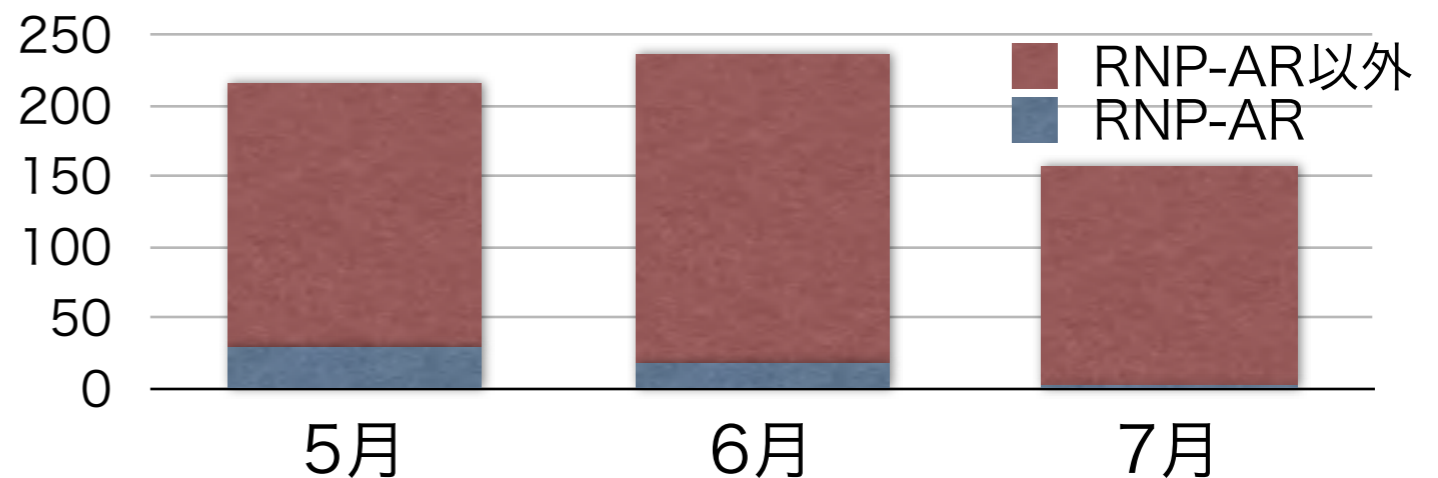
(RW25)



着陸滑走路	視認進入*	RNP-AR	RNP-AR以外の計器進入
RW07	1	48 (8%)	559
RW25	122	228 (32%)	373

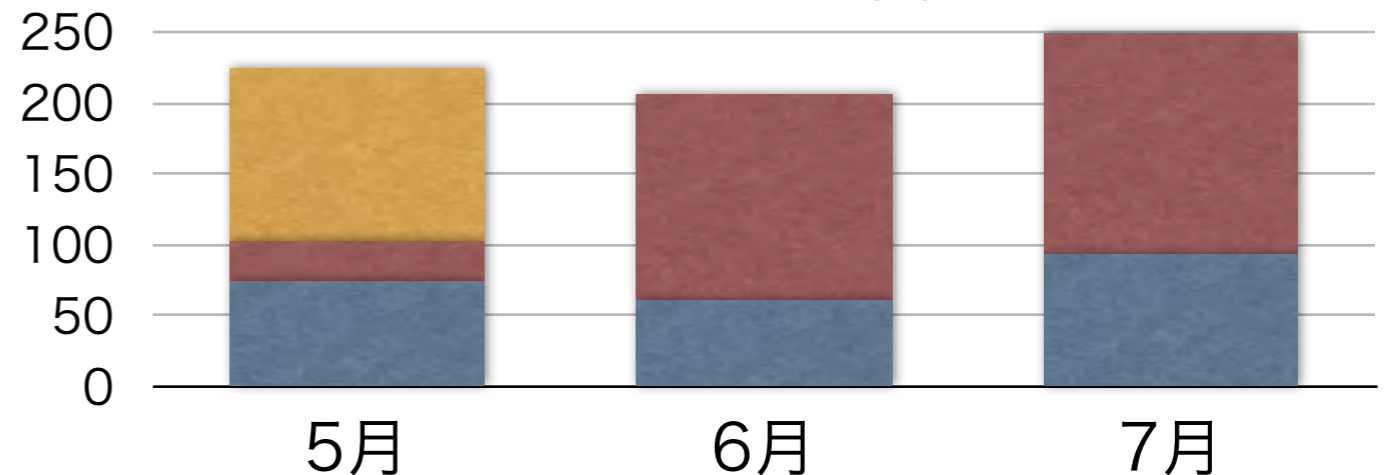
月毎のRW07着陸機数

\*航跡より判断



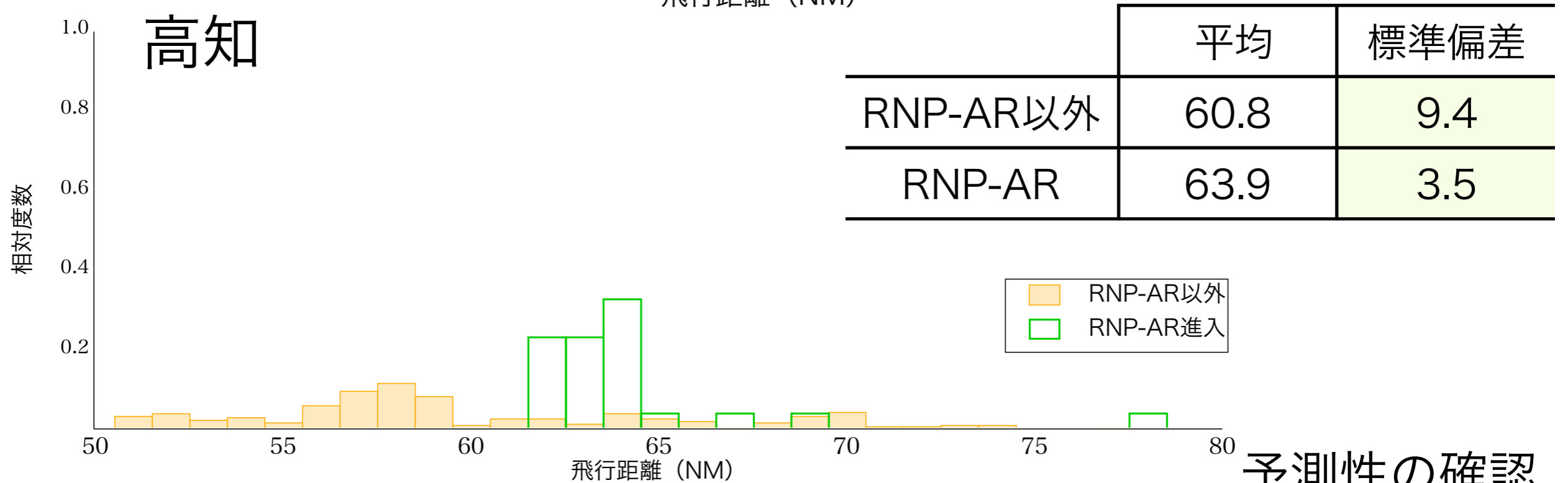
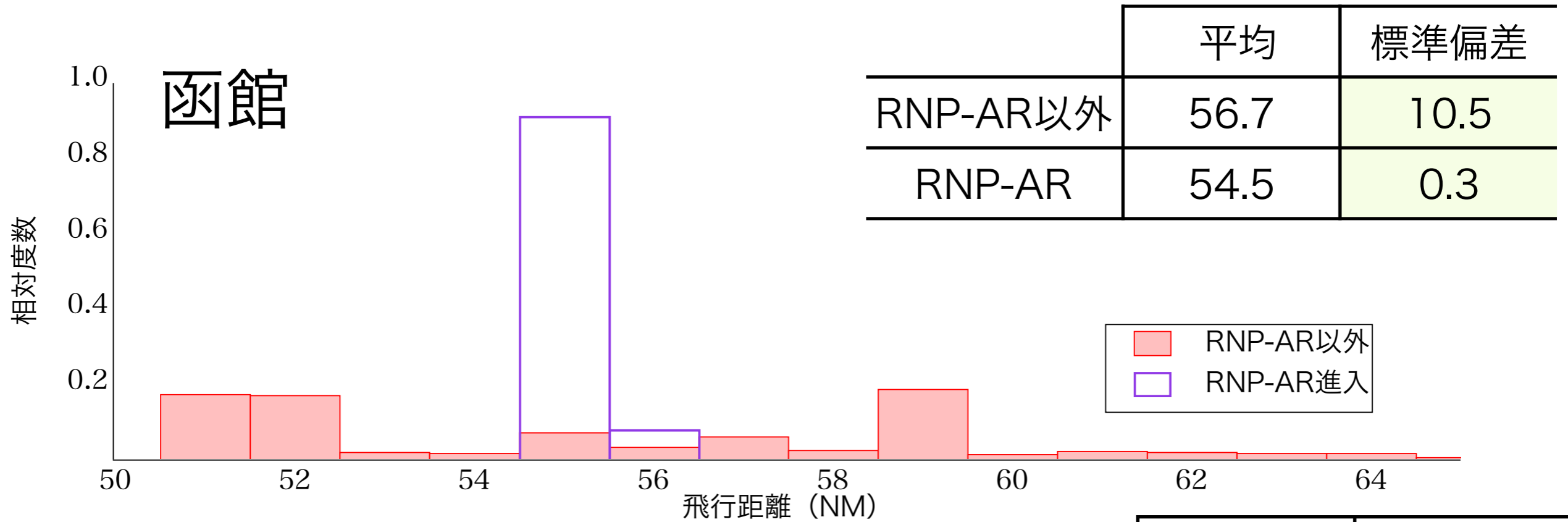
月毎のRW25着陸機数

■ RNP-AR ■ RNP-AR以外  
■ 視認



# 飛行距離の分布例

(空港標点から半径50NMの範囲)



予測性の確認



# まとめ

- 運航時間を指標とした実績の評価
  - 出発前の局面で効率・予測性の低下
  - 指標の増減の定時率への影響の確認
- RNP-AR進入の評価例
  - 全体的に低い利用率
  - 飛行距離の高い予測性
  - 評価の継続を予定

日頃の関係各位のご協力にお礼を申し上げます



平成25年度 電子航法研究所講演会

# GBASの研究開発と将来のGLS運航



Electronic Navigation  
Research Institute

福島 荘之介

電子航法研究所 航法システム領域

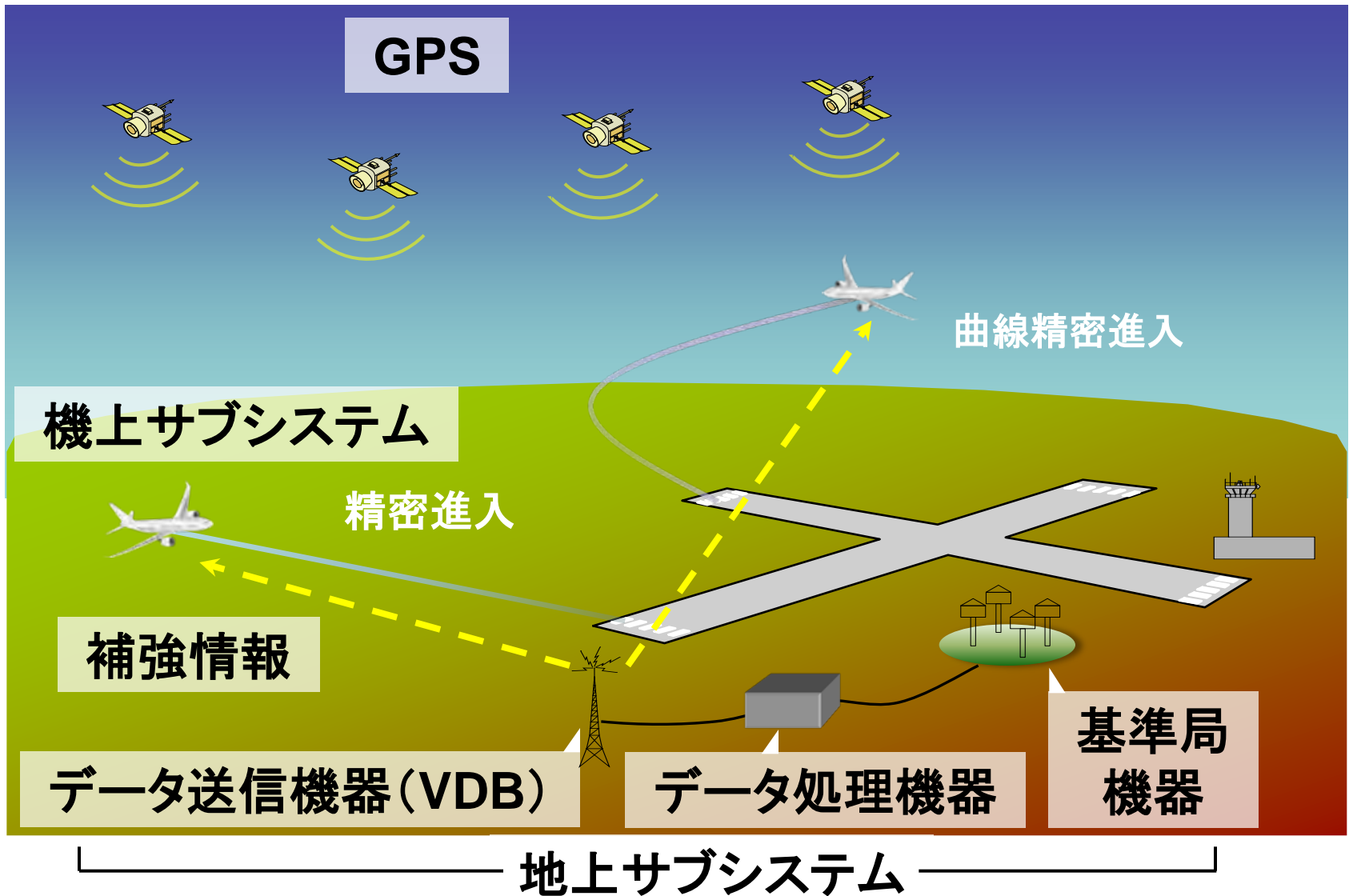
1. GBASの概要と国際動向
2. 国内動向 → 研究開発レビュー
3. 将来のGLS運航 → 運航技術

## 用語

**GBAS**: Ground-Based Augmentation System, 地上型衛星航法補強システム

**GLS**: GBAS Landing System, GBAS着陸システム

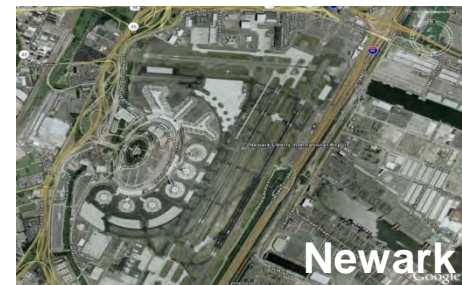
# 1. GBASの概要と国際動向



VDB: VHF Data Broadcast

## 運用開始(精密進入 カテゴリーI)

- ブレーメン空港(ドイツ北部) 2012年2月
- ニューアーク空港(米国NJ州) 2012年9月
- ヒューストン空港(米国TX州) 2013年4月
- ロシア



- Port Authority New York New Jersey
- United Airlines
- Honeywell Corporation
- FAA

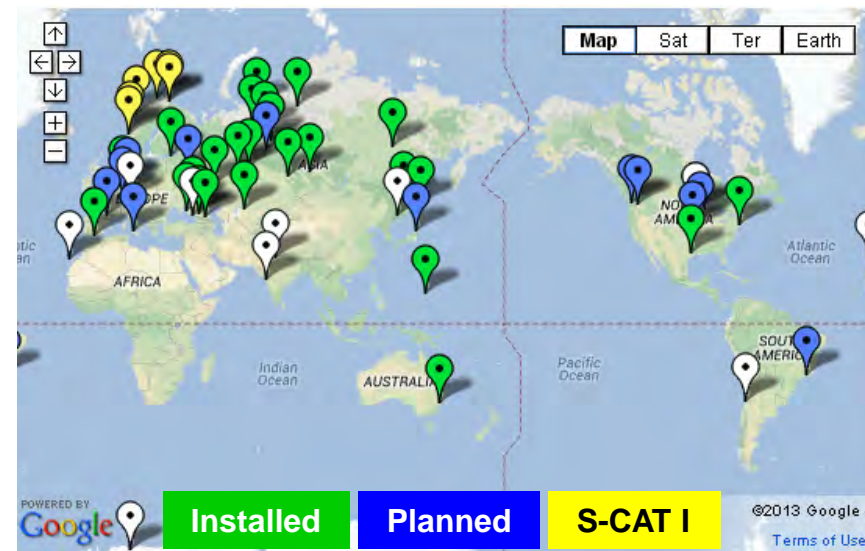
## 準備・計画中

### ◆機材設置完了:

マラガ(スペイン), シドニー(豪),  
金浦(韓国), リオ(ブラジル)

### ◆計画中:

フランクフルト(独), チェンナイ(印),  
メルボルン(豪) ...



世界のGBAS配置

<http://www.flygls.net> by Airbus

FAA SDA(System Design Approval) → Honeywell(2009.9)

# 機上装備の動向 (GLS)

Boeing	GLS装備	主な搭載航空会社(計画も含む)
B737-NG	オプション	United*, Airberlin* , Qantas
B787	標準装備	ANA, JAL, United, ...
B747-8	標準装備	NCA, Lufthansa
B777	計画中	

\*Unitedは66機:737-900(60),787(6), \*Airberlinは29機:737

Airbus	GLS装備	主な搭載航空会社(計画も含む)
A380	オプション	9 customers
A320	オプション	7 customers
A330/340	計画中	5 customers
A350	計画中	2 customers

Lufthansa, Monarch, comlux, ISRAIR, ETIHAD, Emirates, Air Austral, THAI, Malaysia, Korean, Asiana, CASC, EVA, Qantas

ボーイング社は2030年に大型商用機の約半数にGLSが搭載されると予測

国内787導入状況:  
 ◆羽田路線:30便(国際線7便)  
 ◆成田路線:16便

(2013.10 本邦航空会社運航便)



Multi-Mode Receiver

[J.Willett, "Rockwell-Collins Current GBAS Relevant Activities," 10<sup>th</sup> IGWG, June, 2009 ]



## 従来システム (ILS) の制限解消

- 安定した進入経路 (航法システム誤差: 1m以下)
  - 周辺障害物件 (周辺地形) の影響により進入経路の乱れを生じない
- 複数進入経路に対応
  - 1式の地上設備で全ての滑走路端に進入方式を設定可能
- 設置制限によるコース・オフセットが生じない
- 制限区域 (クリティカル・センシティブエリア) の保護が不要

## 将来運航による利点

- 自由度の高い進入経路設定が可能 (高度運用)

## ➤ 2013-2028 Global Air Navigation Capacity & Efficiency Plan

国と産業界の合意に基づく開発技術を活用するための15年間の戦略

## ➤ Aviation System Block Upgrades

国, 製造者, 運航者, サービス提供者の責務を伴う5年毎の計画



## PBN・GLS方式による安全性・利便性・効率性の向上

PBNとGLS方式の活用は, 滑走路進入の信頼性と予測可能性を増加

- BLOCK 0(2013~2017年): 現存技術の適用 → GLS (CAT I)
- BLOCK 1(2018~2022年): 近い将来の技術 → GLS (CAT II/III)


## 2. 国内動向（研究開発レビュー）

- 1995 ICAO国際標準の検討開始
- 1996 放送型データリンクの研究開始
- 1998 VHFデータ送信機の開発評価(飛行実験)
- 2001 CAT-I 国際標準発効(ICA0)




データリンク  
開発評価

- 2002 GBASテストベット設置(仙台)
- ~2004 飛行実験(GBAS航法誤差の計測)  
GBAS航法システム誤差:80 cm(95%)



精度要求  
飛行評価

- 2005~ 安全性研究開始(衛星故障モニタなど)
- 2008~ GBASプロトタイプ開発
- 2010~ 関西国際空港に設置(評価実験)



安全性要求  
✓ 要素技術  
✓ システム設計  
✓ 保証技術

## 課題

- 国際標準の安全要求を保証したシステム開発
- 日本独自の脅威(電離圏擾乱)を保護する設計

## 研究成果

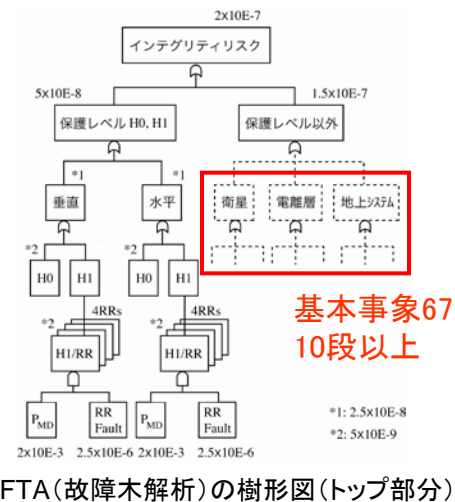
### ➤ 安全性評価を適用した設計手法を開発

- インテグリティモニタ, リスク緩和アルゴリズムを開発
- 日本の電離圏脅威モデルを構築, IFM(電離圏フィールドモニタ)を考案

### ➤ 安全性要求(カテゴリーI)を検証可能なプロトタイプを開発

- 安全性設計(FTA, ADD, SSA, デザインレビュー)
- 国内電離圏環境でカテゴリーI安全性要求を達成
- プロトタイプの性能を評価(関西国際空港に設置)

カテゴリーI GBASの国内での実用化を可能とした

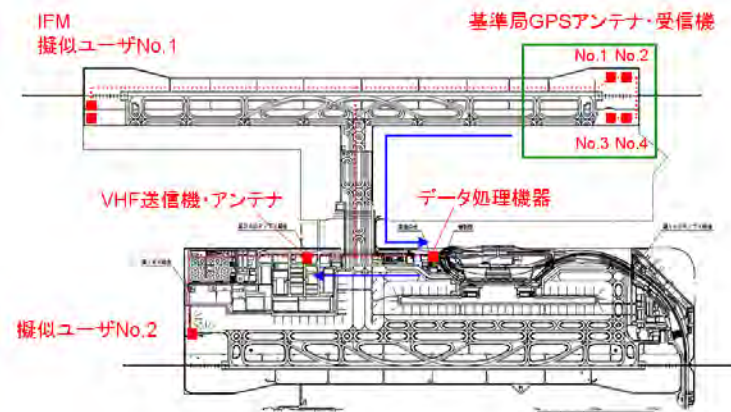


FTA(故障木解析)の樹形図(トップ部分)

# プロトタイプの設定と性能評価

## ➤ 大規模空港への設置位置の検討

- 同時マルチパス誤差に対して航空機との離隔距離
- 関西国際空港への設置



## ➤ 基本性能評価

- 滑走路走行による放送コース検証(車両実験)
- 経路上の航法システム誤差, VDB受信強度・誤り率(飛行実験)



Multi-mode Receiver



Experimental Aircraft Beach Craft 99



# 787によるGLS実証



[関西国際空港でのANA787初飛行]

航空会社	期間	回数
Boeing 787SROV	2011年7月6日	1
ANA 787	2011年10月12日～20日	10
JAL 787	2012年4月1日～8日	9

\* VMC状況下,VFRまたはVisual飛行

➤相互運用性: 正常

➤インタビュー・アンケート:

「GLSのパスはILSと同様で違和感なく、非常に安定しており、PAPIとも整合していた」

➤データ取得(AIMS), ILSと比較

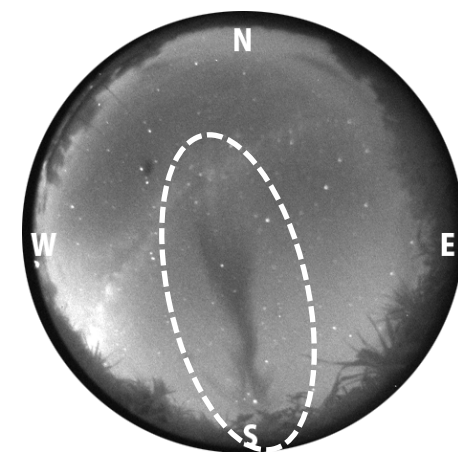


[JAL787によるブルーピング飛行とデータ取得]

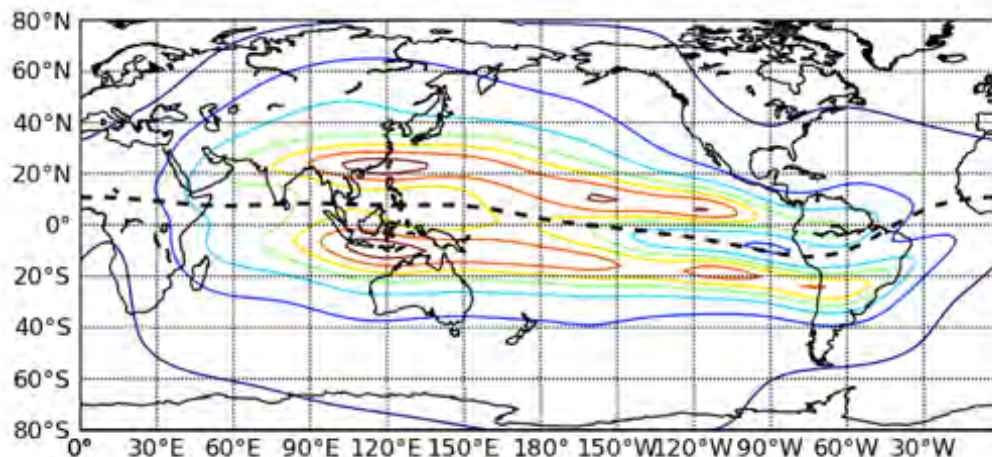
[関西国際空港SROV時]

# カテゴリーIII GBASの研究開発

- カテゴリーIII, ICAO国際標準原案が策定(2010.5)
- 検証作業段階(米国, 欧州, 日本がプロトタイプ開発)
- 米国は2016年にシステム認証の計画
- 日本は唯一低磁気緯度の検証が可能のため期待
- プロトタイプを新石垣空港に設置準備(2014.3)
- プラズマバブルが頻発する環境で電離圏脅威への対策を検証(2014.4~)

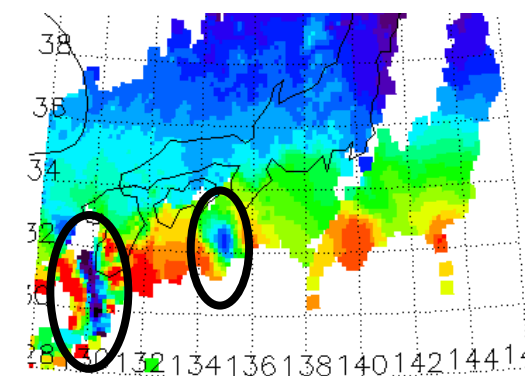


プラズマバブル撮影画像



電離圏遅延量の分布

(日本の経度付近では赤道を挟んで2つのピークが生じ、国内南方と欧米では大きな差が存在する)



プラズマバブルによる電離圏遅延量の変化



# 3. 将来のGLS運航

- FAAとユーロコントロールが共同開催するGBASに関する作業部会
- 世界の航空当局, 航空サービス機関, 航空会社, 研究機関, 大学, 航空機製造会社, 地上・機上装置製造会社などが参加
- GBASの研究開発や実用化に向けた取り組みを議論
- 第14回会合は2013年6月にシアトルで開催(主催:ボーイング社)
- 本邦から航空局, JAL, ANA, ATEC, NEC, 電子航法研究所が参加

## 主要議題

CAT-I GBAS  
の実用化

CAT-IIIの  
標準化・開発

高度運用  
の検討・開発

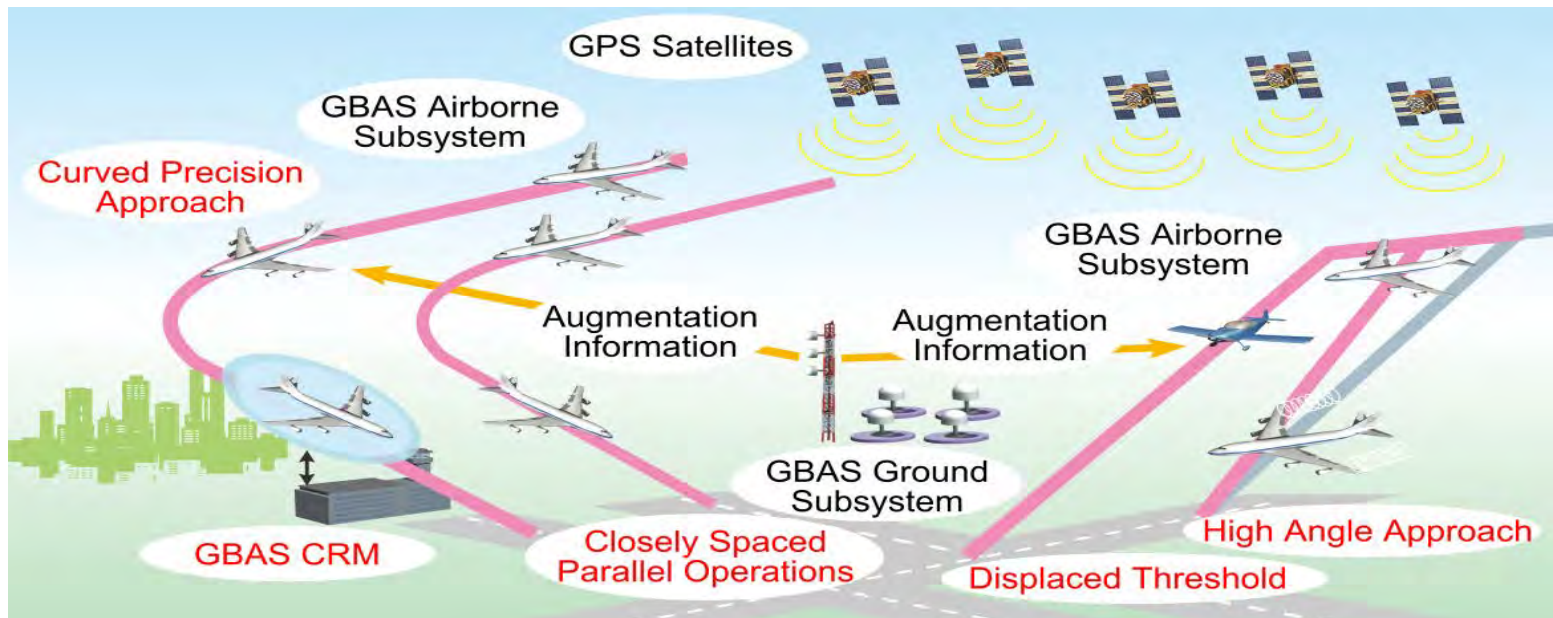


第11回IGWG会議(大阪)主催:電子航法研究所

# GLSの特徴を生かした高度な飛行方式

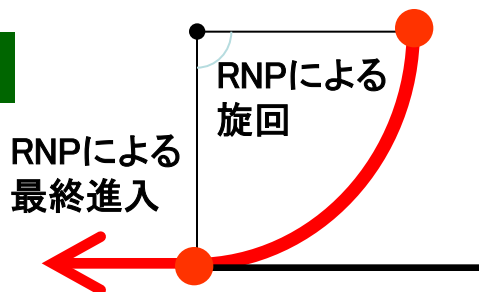
## 検討候補:

- ディスプレースド・スレシホールド(DT)
  - 可変GS進入(高仰角進入)
  - 狭域平行滑走路の同時平行運用
  - 曲線進入[RNP to GLS, TAP(Terminal Area Path)]
- フランクフルト空港の実証実験
- 米国が検討(Newark)



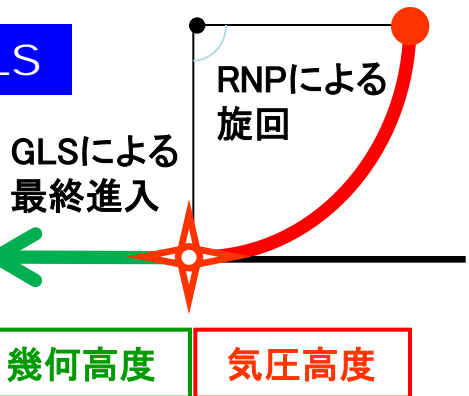
# 曲線進入の特徴 (RNP-AR, RNP-GLS, TAP)

## RNP-AR



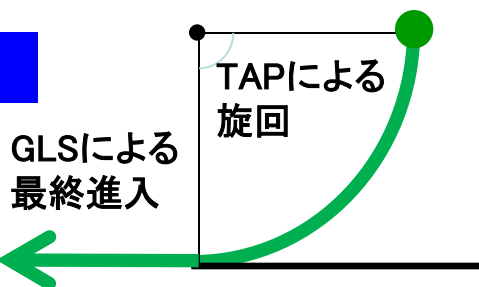
- ・経路短縮, 消費燃料削減, 環境負荷低減など効果
- ・RNP AR対応機材が実施(運航者に対する許可)
- ・APV進入のミニマ (e.g 北九州RWY18 DH 300ft, RVR1400:CAT-D)

## RNP-GLS



- ・経路短縮, 消費燃料削減, 環境負荷低減など効果
- ・787などRNPおよびGLS搭載機材が実施可能
- ・GLSカテゴリーI~III 運航が可能
- ・方式設定基準(PANS-OPS)が未開発
- ・諸外国で数例の方式が存在(民間方式設計会社が活動)
- ・実施可能機材でTAPより先に導入されると予測(中期)

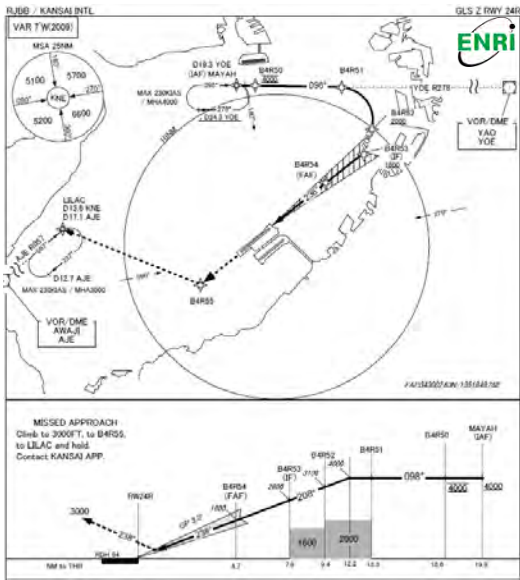
## GLS TAP



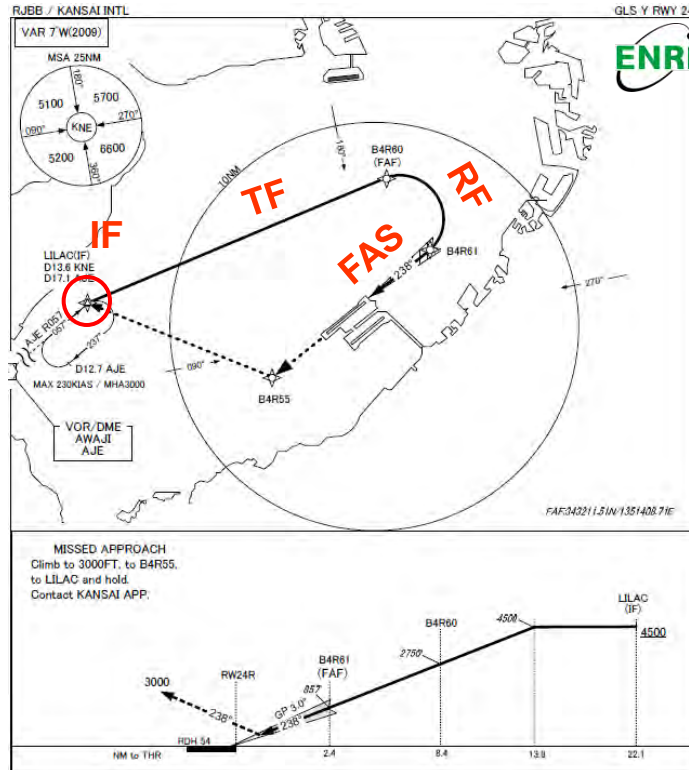
- ・経路短縮, 消費燃料削減, 環境負荷低減など効果
- ・RNP AR非対応機材 (GLS搭載機材) が実施可能(小型機も含む)
- ・GLSカテゴリーI~III 運航が可能
- ・方式設定基準(PANS-OPS)が未開発
- ・787などRNPおよびGLS搭載機の現行機能ではAPなど未対応
- ・実用化はRNP-GLSより将来となると予測(長期)

# TAPの飛行実証(課題抽出)

- GBASプロトタイプによるTAP経路の放送
- RTCA文書のフォーマット(TYPE4)を利用(国際標準未開発)
- 関西空港において飛行実証(JAXA共同研究)
- GLS曲線セグメントの課題検討(方式設計・伝送フォーマット)



GLS TAP(オーバレイ経路) ↑



GLS TAP(短縮経路)



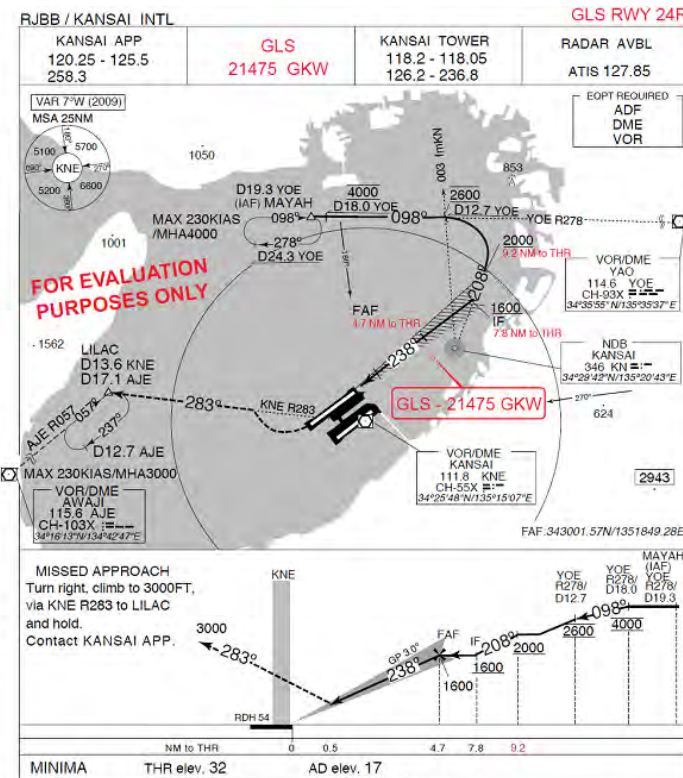
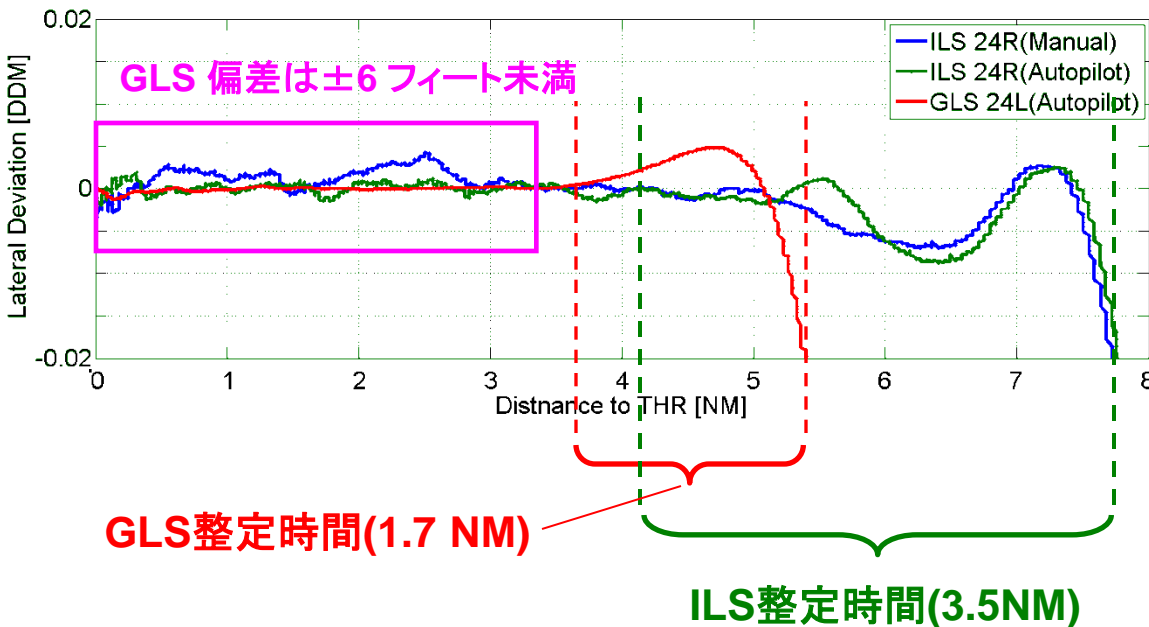
JAXAトンネルディスプレイ



実験用航空機 (JAXA Dornier228)

# 関空飛行実証 (GLSとILSの比較)

## LOC偏差の比較



- 会合後のGLS偏差は極めて小さい (ILSとGLSのノイズ特性の差に基因)
- GLSは整定時間が短い (ILSは偏差が正負に変化しながら徐々に減衰)

↓

AFDSの性能向上を示唆

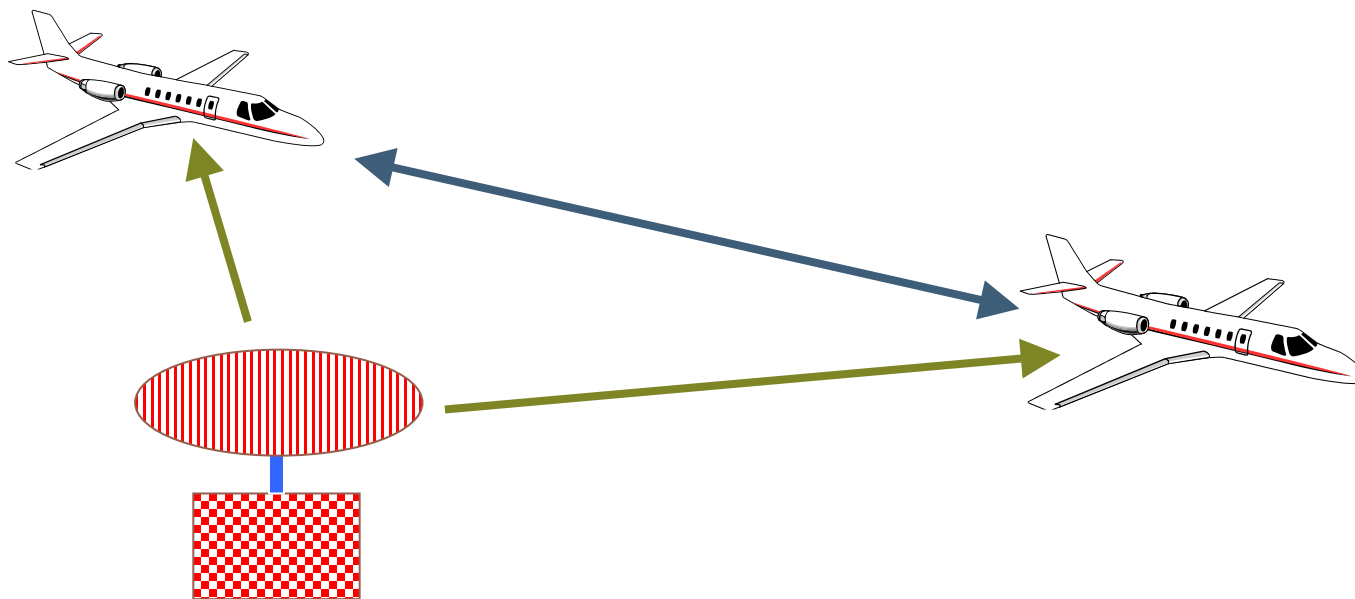
- 海外空港でGBASカテゴリーI運用が開始
- 機上GLS装備の拡大(787, 747-8など)
- 国内でカテゴリーI可能な安全設計技術開発完了
- 787トライアル実施(関西国際空港)
- カテゴリーIII国際標準案が策定, 検証段階(石垣)
- GLS高度運用技術の検討が開始
- 曲線進入(RNP-GLS, TAP)の技術開発

# 謝 辞

ご協力頂きました関係各位に深く感謝致します

国土交通省航空局  
全日本空輸株式会社  
日本航空株式会社  
新関西国際空港株式会社





# 新しい運用方式に対応する監視応用

独立行政法人電子航法研究所 監視通信領域 小瀬木 滋

# あらまし

---

- ▶ 監視の位置づけ
- ▶ 初期の機上監視応用の概要
  - ▶ ATSA-AIRB, -VSA, -SURF
  - ▶ FIM
- ▶ 機上監視応用の標準化動向
  - ▶ RTCA/EUROCAE
  - ▶ ICAO
- ▶ 今後の見通しと課題



# Surveillance : 監視とは

---

## ▶ ICAO文書におけるSurveillance

### ▶ ANNEX 10 Volume IV, Chapter. I Definition

- ▶ *Surveillance radar*. Radar equipment used to determine the position of an aircraft in range and azimuth. 他のICAO文書も引用

### ▶ Doc.4444 PANS-ATM

- ▶ Chapter. 8 ATS Surveillance Systems ATS用監視の条件等

### ▶ Doc. 9643 SOIR 平行滑走路運用におけるPRMなどを記載

### ▶ Doc.9750 GANP 将来構想における監視の位置づけを記載

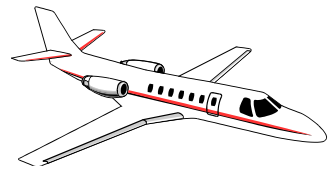
### ▶ Doc. 9994 Manual on Airborne Surveillance Applications

- ▶ *Airborne surveillance application (ASA)*. A set of operational procedures for controllers and pilots that makes use of the capabilities of airborne surveillance to meet a clearly defined operational goal.



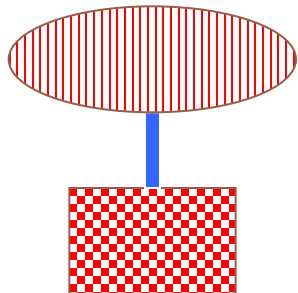
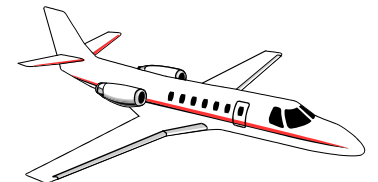
# 航空機の監視とは

- ▶ 航空機等移動体の位置関係の現状を確認する手段



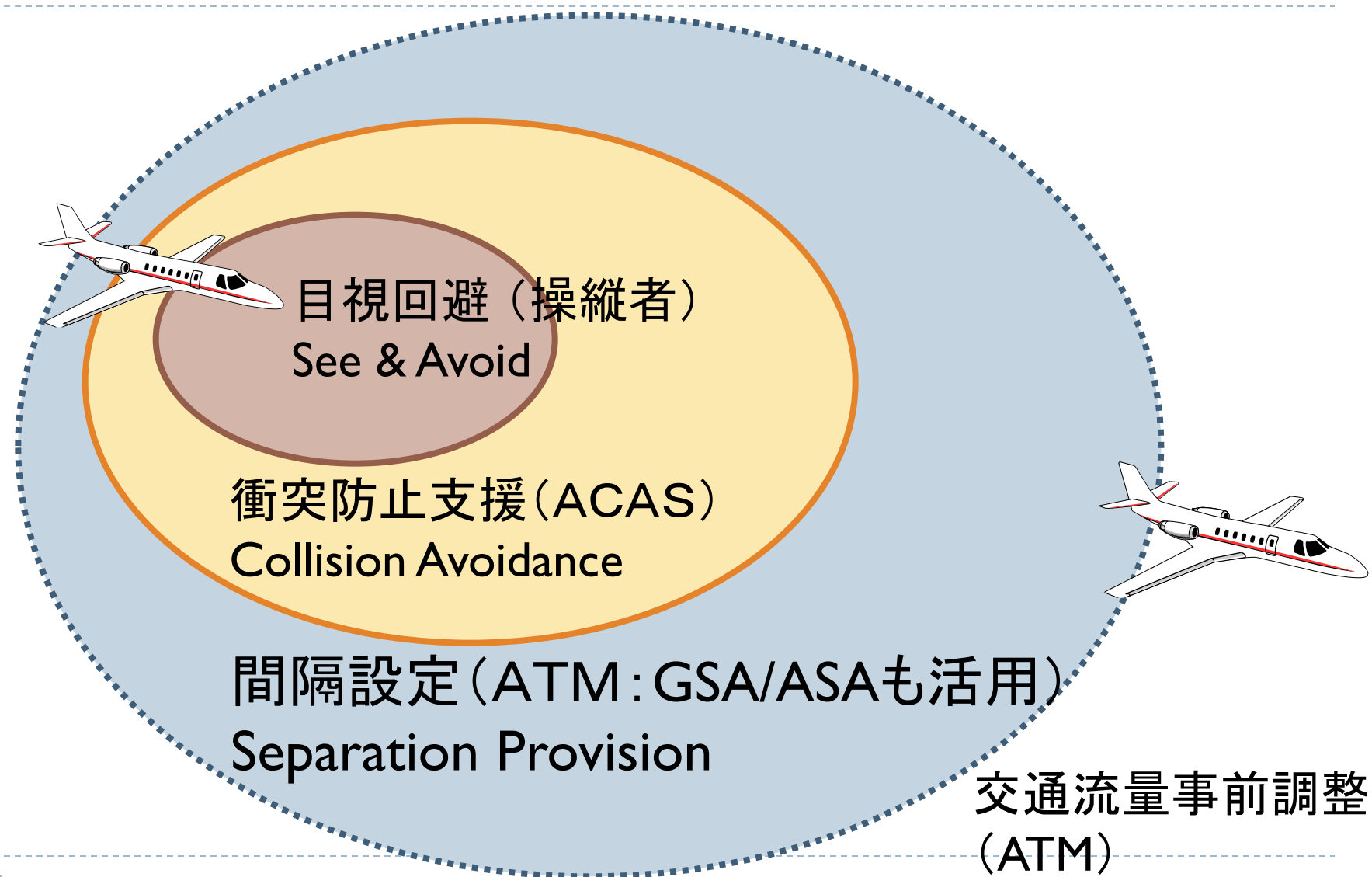
機上監視応用: ASA  
Airborne Surveillance Application  
航空機位置関係の相互確認

間隔設定  
Separation Provision  
のための状況認識



地上監視応用: GSA  
Ground Surveillance Application  
航空管制: 航空機間隔の設定

# 異常接近防止の階層構造



# TCASの表示 通常の運用には不十分



脅威機以外は  
低頻度監視

方位誤差大

識別情報無し

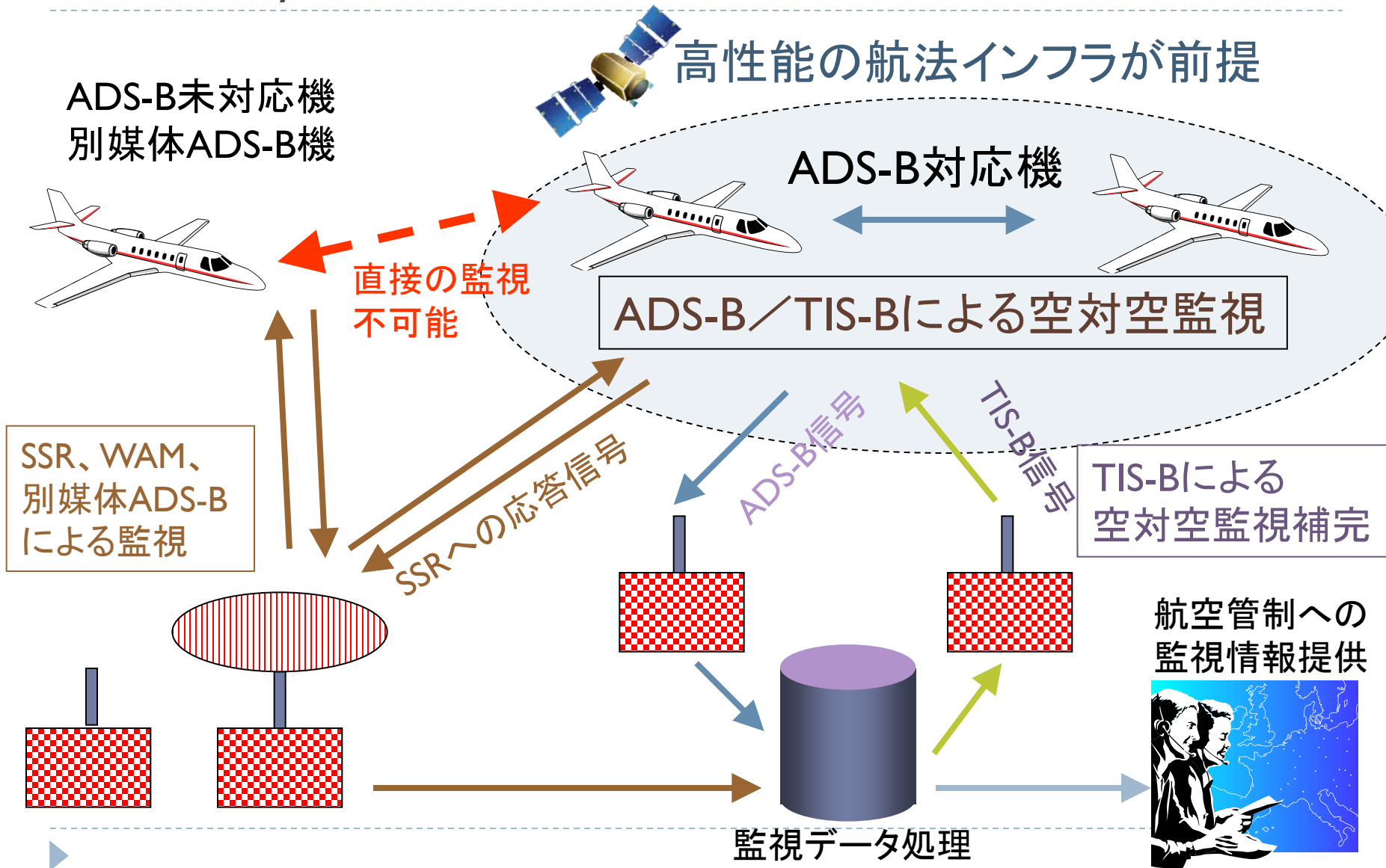
# 監視システム

---

- ▶ 独立監視システム＝監視者側が位置等を測定
  - ▶ 一次レーダ： ARSR, ASR, ASDE, PAR
  - ▶ 二次レーダ： SSR, MSSR, SSR mode S, ACAS
  - ▶ MLAT: MLAT, WAM                      それぞれ5種類のアーキテクチャ
  - ▶ 監視情報のインテグリティは高いが精度はほどほど
- ▶ 従属監視システム＝被監視側が位置等を測定し通報
  - ▶ ADS-B: 1090ES(モードS拡張スキッタ), UAT, VDL-4など放送型
  - ▶ ADS-C: 衛星通信を用いるADS-CなどContract通信型
  - ▶ 監視情報の精度もインテグリティも被監視側搭載機器に依存



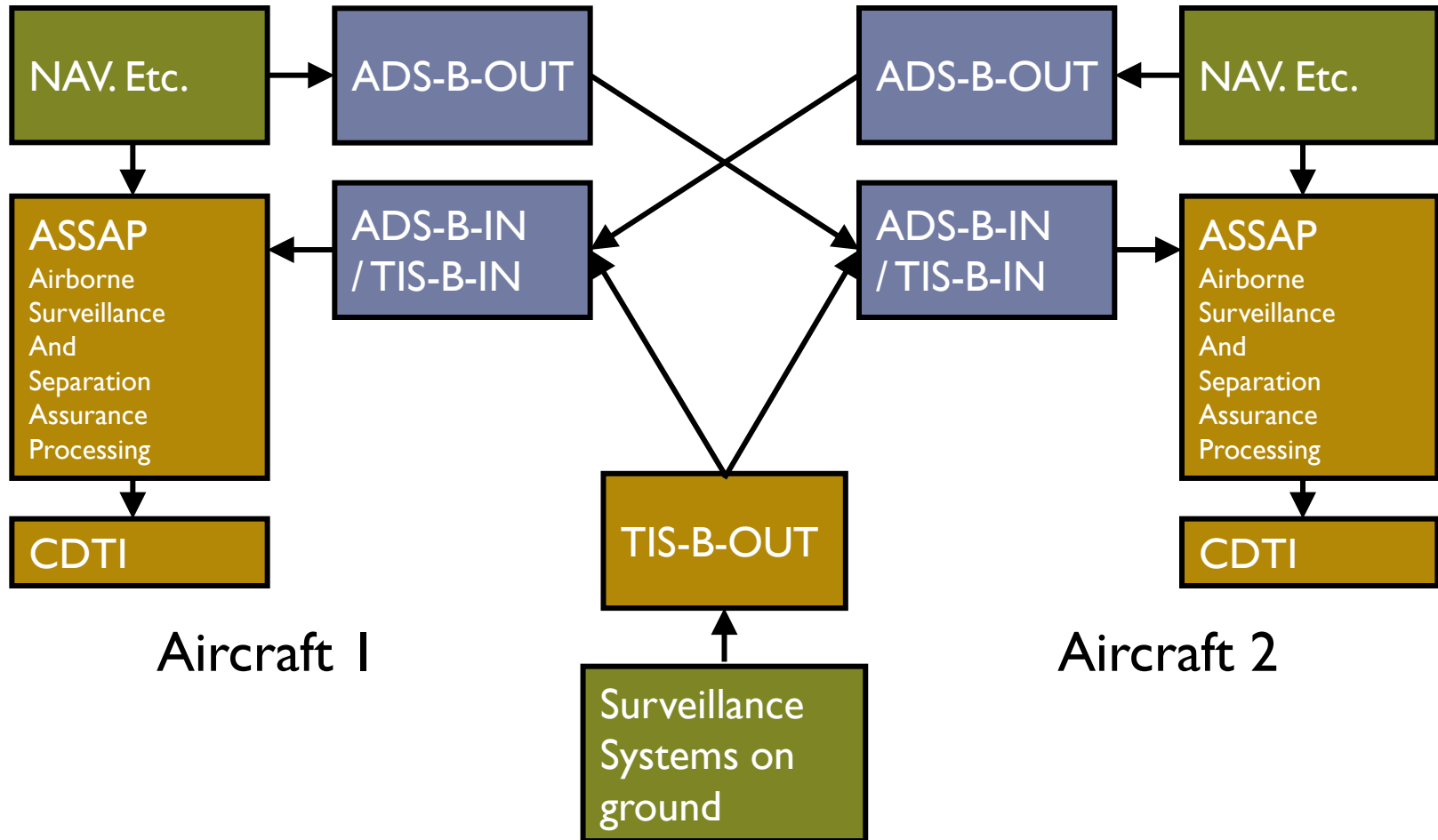
# ADS-B/TIS-B監視方式





# ADS-B/TIS-B機上監視の基本構成

高性能の航法インフラが前提



# 空港周辺空域の課題（管制）

## ▶ 交通量が多い = 効率的な確認, 判断, 連絡が必要

- ▶ 監視すべき機体が多い
- ▶ 通信すべき機体が多い
- ▶ 飛行方向や高度等, 位置関係の調整項目が多い
- ▶ 管制官とパイロットの情報格差を埋めるための通信負荷

作業負荷軽減の手段は？

## ▶ 状況変化が激しい = 頻繁な現状確認が必要

- ▶ 飛行経路が直線ではない
- ▶ 飛行高度が一定ではない
- ▶ 飛行速度が一定ではない

WAM等対策の可能性

## ▶ 設定飛行経路が接近 = 高精度な現状確認が必要

- ▶ 平行滑走路の離着陸経路
- ▶ 離着陸経路の交差

PRMによる監視を実現

# 空港面の課題（監視に関連するもの）

---

## ▶ 見えない航空機の存在

- ▶ タワーからの視界を遮る建築物等
- ▶ ASDEにブラインド
- ▶ MLATの性能劣化区域

## ▶ 航空機の識別困難

- ▶ 同じ型式, 同じペインティング, 同じ方向に移動する機体

管制官  
OCTPASS等対策の可能性

パイロット  
空港面監視は可能か？

---

# 空港周辺の課題（機上）

---

## ▶ 飛行操作の課題

作業負荷軽減の手段は？

- ▶ 着陸準備のため基本的に作業負荷が高い

## ▶ 交通量が多い

- ▶ 目視捕捉すべき機体が多い
- ▶ 航空機の背景(地表)によっては目視捕捉が困難

## ▶ 航空機相互の位置関係の変化が激しい

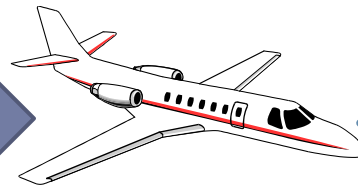
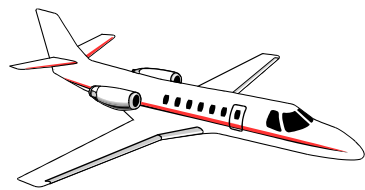
- ▶ 自機の飛行方向, 速度, 高度が一定ではない
- ▶ 見失った相手機の再捕捉が必要になる事例
- ▶ 先行機との目視距離確認は錯覚の影響を配慮

初期捕捉の作業負荷軽減方法は？  
より正確な位置関係の把握方法は？

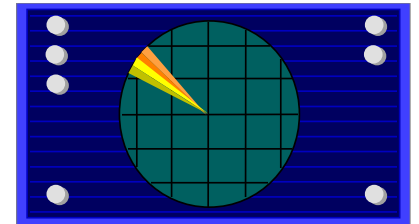


# Airborne Traffic Situational Awareness

## パイロットへの監視装置提供



機上監視



航空管制

従来の運用方式  
+

機上監視追加と改善



現状と同じ運用方式の円滑化と安全性向上

# ADS-B INを用いる機上監視の活用 ATSA

## ▶ 目視監視の際の初期捕捉を支援

- ▶ ATSA: Air Traffic Situational Awareness
- ▶ 基本は目視監視: PANS-ATMに変更無し
- ▶ パイロットへのADS-B IN監視情報提供
- ▶ 目視初期捕捉のための参考情報
- ▶ 相手機監視の維持継続は目視による

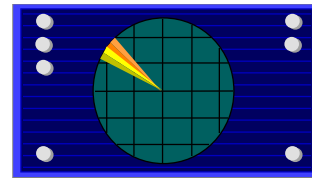
## ▶ 飛行フェーズ毎の安全性や性能分析

- ▶ RTCA/EUROCAEによるSPR/INTEROP文書
  - ▶ Safety, Performance and Interoperability Requirements
- ▶ ATSA-VSA: DO-314 着陸経路
- ▶ ATSA-AIRB: DO-319 飛行中
- ▶ ATSA-SURF: DO-322 空港面
- ▶ ITP: DO-312 洋上等での飛行高度変更支援

本格的応用の前段階  
ITP用機器の流用可能

▶ 監視情報に依存し新しい運用手順を持つ本格的な機上監視応用

# Airborne Spacing



機上監視を用いる  
位置関係測定  
間隔調整

航空管制



監視情報の共有と  
管制通信の効率化

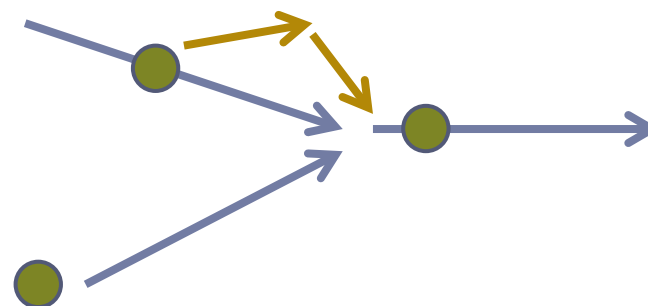


- JA8801, keep 5 NM after JA8804
- Tokyo ACC, 5NM after JA8804 kept by JA8801 (用語は検討中)

情報共有による管制通信方式の円滑化と安全性向上

# ADS-B INを用いる機上監視の活用 ASPA-FIM

- ▶ **Flight deck Interval Management**
  - ▶ 以前は Sequencing and Merging などとも呼ばれた
- ▶ **管制官に指示された航空機間隔の実現作業負荷軽減**
  - ▶ 管制官とパイロットの責任関係は従来通り
  - ▶ パイロットにADS-B IN監視情報を提供 = 位置関係確認
  - ▶ 監視情報提供を前提とした新しい運用手順(通信作業軽減)
  - ▶ 標準的な管制間隔設定の実現を効率化
- ▶ **安全性や性能分析(改訂中)**
  - ▶ RTCA DO-328 SPR/INTEROP




新しい運用手順を持つ本格的な機上監視応用



# 機上監視応用の標準化動向

---

- ▶ RTCA SC-186 / EUROCAE WG-51
  - ▶ ADS-B INの使用方法や運用手順を想定
    - ▶ ATSAはほぼ作業終了, ASPA-FIMを作業中
    - ▶ GSA/ASA Package-1に対応したRFG会議が事の始まり
  - ▶ 想定毎にSPR/INTEROP文書を作成
    - ▶ Safety, Performance and Interoperability Requirements
    - ▶ OSED: Operational Service and Environment Description
    - ▶ OSA: Operational Service Assessment
    - ▶ OPA: Operational Performance Assessment
    - ▶ INTEROP: Interoperability
    - ▶ ADS-B媒体に依存しない要件(機能, 性能)
  - ▶ ADS-B媒体毎に機器の運用最小性能基準MOPS文書を作成
    - ▶ DO-317A                      ATSAやITP用のADS-B INのMOPS
    - ▶ DO-???                         ASPA-FIM用のADS-B INのMOPS 作成中



運用方式  
想定から  
機器要件  
を導出

# 機上監視応用の標準化動向

---

## ▶ ICAO

- ▶ ASP: Aeronautical Surveillance Panel
  - ▶ ADS-B媒体としてモードS拡張スキッタを標準化
- ▶ ASTAF: Airborne Surveillance Task Force
  - ▶ 機上監視応用関連調査報告作成と必要なICAO作業の立案
  - ▶ Doc.9994 Manual on Airborne Surveillance Applications 作成
- ▶ SASP: Separation and Airspace Safety Panel
  - ▶ ITPについてRTCA案を再検討し安全性向上の上でICAO標準化
    - ANNEX2やPANS-ATMなどICAO文書改定案作成
    - ITPサーキュラー作成
- ▶ OPSP: Operations Panel
  - ▶ PANS-OPS改定案作成
- ▶ ANConf12では機上監視応用を含むASBUに基本合意
  - ▶ 実装は地域協定を経るものも有る

2014年発効か

ITP関連改定を機会に  
PANS-ATMやPANS-OPS  
に機上監視の記載

# 今後の課題と見通し

---

## ▶ 機上監視応用の追加

- ▶ CAVS: CDTI Assisted Visual Separation
- ▶ TSAA: Traffic Situational Awareness with Alerting
- ▶ CDOとの連携手法
- ▶ その他, RTCA/EUROCAEは追加提案を検討中

## ▶ ACASとの整合性

- ▶ ACASのTAやRAとの整合性の確認

## ▶ 監視性能

- ▶ ADS-B監視情報のインテグリティの限界
- ▶ 応用の必要に応じてACAS監視情報を用いる補強

## ▶ 通信と監視

- ▶ 役割分担
- 



# 今後の課題と見通し

---

## ▶ 機器や搭載方式の認証

### ▶ ITP関連の認証作業の進展

- ▶ ICAOのITP運用方式標準化

- ▶ RTCA/EUROCAEによるMOPS 当面はDO-260BとDO-317A

### ▶ ITP用機器を流用するATSA運用の導入可能性

### ▶ FIMはさらに高い機器性能を要する別規格

- ▶ 監視情報への依存度が高い

## ▶ 各国運用方式標準との整合性

### ▶ ATSA-VSAは欧米で温度差

- ▶ 欧州はVisual Separationを用いるApproachは着陸千回あたり数回

- ▶ 米国は平行滑走路VSAを認めるがICAOと欧州は認めない

### ▶ 地域協定の進展状況

---



# まとめ

---

- ▶ **空港周辺の運用課題**
  - ▶ パイロットの目視監視における初期捕捉の作業負荷
  - ▶ 航空管制における通信作業負荷
- ▶ **機上監視を用いる問題の軽減は数年以内に試験可能**
  - ▶ ATSAによる初期捕捉の作業負荷軽減
    - ▶ 経済的効果が見込めるITP用機器を流用可能
    - ▶ RTCA/EUROCAEのSPR/INTEROPとMOPS
    - ▶ ICAO標準化も進展
  - ▶ ASPA-FIMによる新しい運用方式による作業負荷軽減
    - ▶ 新しい機器性能基準を検討中
  - ▶ ICAOも作業リスト(ASBU)に登録
    - ▶ ATSAに始まり, FIM等に進展するなど将来は段階的改善



# 滑走路上の異物監視システムの 研究開発

監視通信領域

米本 成人

# 研究の背景

チタン製金属板 (42cm x 3cm)

→3分前に離陸した航空機より脱落

→金属板が燃料タンクに穴

→墜落



→このような異物を早期に発見できるシステムへの要望が高まる

- コンコルドの事故-  
仏、ル・モンド紙より

Le Monde  
Samedi 8 septembre 2007

Economie & M

AÉRIEN FIN DE L'ENQUÊTE SUR LE CRASH DU 25 JUILLET 2000

## Concorde : la justice pointe vingt ans de défaillances

LES DÉFAILLANCES qui ont ponctué l'exploitation du Concorde dès 1980 auraient pu causer d'autres catastrophes similaires à celle qui a causé la mort de 113 personnes le 25 juillet 2000 près de Roissy.

C'est l'une des conclusions phares de l'enquête menée au tribunal de Pontoise (Val-d'Oise). La justice retient, aussi, au terme de son travail, la responsabilité des autorités aéronautiques françaises, d'Aérospatiale, constructeur du Concorde, et de la compagnie Continental Airlines dont l'un des avions avait perdu la pièce métallique à l'origine de l'accident.

La juge d'instruction chargée de l'affaire a indiqué aux parties qu'elle notifierait prochainement la fin officielle des investigations. Il reste aux enquêteurs à obtenir des éléments sur le statut juridique d'Aérospatiale vis-à-vis d'Airbus.

La compagnie Continental Airlines, en tant que personne morale, et l'un de ses chefs techniques, Stanley Ford, deux responsables du programme Concorde à Aérospatiale, Henri Perrier et Jacques Héribel, et enfin l'ex-directeur du Service de la formation aéronautique et du contrôle technique (Sfact), au sein de la Direction générale de l'aviation civile sont poursuivis pour « homicides involontaires ». Après les réquisitions du parquet, la juge dira si elle renvoie ces personnes pour un procès prévu pour l'automne 2008.

Le jour du drame, sur la piste 26 D de l'aéroport de Roissy, entre 16 h 42 et 16 h 43, alors qu'il est déjà lancé à 176 nœuds, la deuxième roue du train gauche du Concorde roule sur une lamelle en titane de 42 cm de long sur 3 cm de large. Elle a été perdue par un DC10 de Continental Airlines qui a décollé à 14 h 39.

Le pneu est tranché net et laisse échapper un puissant jet d'azote qui se mêle aux débris métalliques projetés sur l'enveloppe du réservoir situé juste au-dessus. L'enchaînement des événements sera fatal à l'ensemble des passagers, dont la plupart sont Allemands. Les communications s'in-

terrompent brutalement à 16 h 44 et 31 secondes. L'avion s'est écrasé sur un hôtel de Gonesse (Val-d'Oise). Fin 2005, les experts ont relevé d'autres causes de l'accident : « Le comportement de l'équipage (rotation anticipée de la part du commandant de bord et coupure d'un moteur par le mécanicien navigant), de même qu'une fragilité connue et non suffisamment traitée de l'intrados [surface intérieure de l'aile] et donc des réservoirs qui s'y trouvent. »

### « Passivité attentiste »

Les experts assurent que, depuis 1980, « exploitants, autorités et constructeurs ont failli sur le point de mettre en place un système de report d'incidents [remontées d'informations]. [...] Des incidents graves, consécutifs aux éclatements de pneumatiques se sont produits tout au long des années d'exploitation du Concorde et les problèmes posés par les conséquences très souvent graves, parfois potentiellement catastrophiques, dues à ces éclatements de pneumatiques n'ont jamais été complètement résolus. »

A la « passivité attentiste » du constructeur, précisent-ils, s'est greffée la négligence de Continental Airlines. La lamelle incriminée, fabriquée dans un métal inusité et dangereux selon les experts, avait, de plus, été posée lors d'une réparation sujette à caution à Houston le 9 juillet. Les enquêteurs découvriront, fin 2000, un cas identique lors de l'examen d'un DC10 de la même compagnie.

« Le DC10 était en meilleur état que le Concorde, rétorque M' Olivier Metzner, avocat de Continental, d'autres avions sont passés sur la piste avant le Concorde sans incident, nous n'avons pas à être l'extremisme des faillites d'un symbole français. »

Pour M' Soulez Larivière, conseil de la DGAC, « le déroulé de l'accident était imprévisible, il ne peut y avoir d'infractions, donc le traduire dans un procès pénal est un non sens. C'est une réponse française qui n'existe dans aucun autre pays. » ■

JACQUES FOLLOROU

# 日本の繁忙空港

- 羽田(主として国内線)、成田(主として国際線) 両空港では日本の全旅客数の60%が利用
- 両空港とも、1日2回の定時点検を実施(通常、運用前と運用中のどこか)
- その他、バードストライク等により、年間百回以上の臨時点検

**->実効的な空港運用時間の減少**



# 研究の目的

- 空港運用者のニーズに合わせた滑走路監視システムの開発・評価

# 本講演の内容

- 国際的な研究動向
- ENRIにおけるミリ波レーダー研究開発
- 今後の開発の方向性

# FOD検出システムの国際動向

- 英国、シンガポール、イスラエル製をはじめとする、評価運用機器の登場
- 使用するセンサーにより、得手・不得手がある。
- 多様なニーズへの対応、導入後の運用方法の策定の必要性

→最低性能基準が必要

# 国際規格化動向

- 2008年にFAAは当時のシステムをACで追認
- 欧州では、EUROCAE経由でICAOに規格化を答申
  - Annex 14 AerodromesにFOD検出システム導入に対応した修正を行う（2014年3月を目途）
  - 新しい自動FOD検出システムの運用・その手続きについて策定する（2015年3月を目途）
- EUROCAEではWG-83を設立し、最低航空システム性能規格(MASPS)のドラフトを2014年1月末までに策定予定

AC: Advisory Circular

MASPS: Minimum Aviation System Performance Standards

# EUROCAE MASPSの方向性

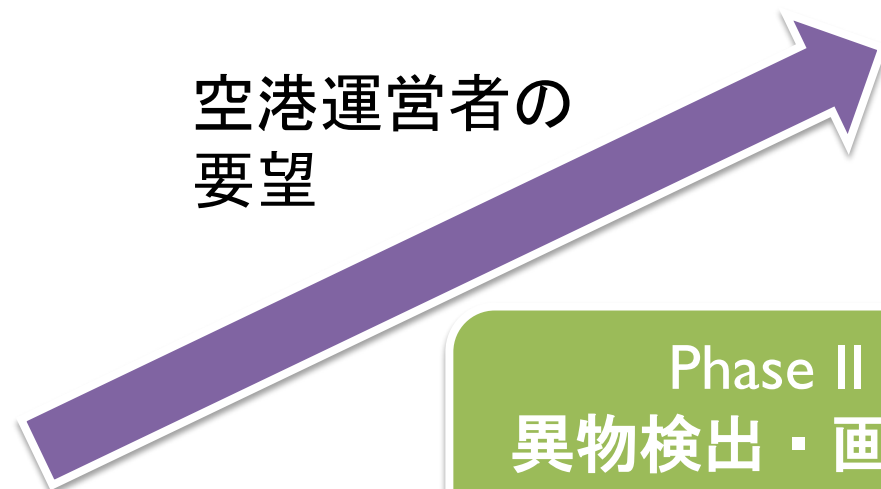
- 空港運用者のニーズを元に高い検知性能を実現する必要性
  - 運用時間中はいつでも
  - どんな材質でも
  - どんな色でも
  - 3cm以上の基本形状（円柱形、球形、立方体形状）の物体を検出できること。
- 検出したFODのイメージを記録
- FODシステムの誤警報規定を設定し、導入後のスムーズな運用を規定
  - 野生動物による警報は誤警報か？→警報でよい
  - 誤警報率はどれくらい？→当面15%以下

# 各種FODセンサーの性能要件

EUROCAE等 議論と要望	英国 Tarsier	シンガポール iFerret	イスラエル FODetect	米国 FOD finder	ENRI方式の 目標
形式	レーダー	高感度カメラ	ハイブリッド	レーダー	ハイブリッド
測定方法	固定式	固定式	固定式	車載式	固定式
滑走路当たり センサー台数	2個	8~10個	30~50ペア	1個	10個程度
常時監視	○	○	○	×	○
更新頻度 (30秒未満)	×	×	×	×	10秒以下
FODの 特長推定	△	△	○	×	○
システム 冗長性	×	×	○	×	○
設置工事費	×	△	×	○	△→○へ

# 空港面異物監視システムの分類

空港運営者の  
要望



Phase III  
滑走路状態監視  
ENRI's System

現在

Phase II  
異物検出・画像化  
FODetect, iFerret

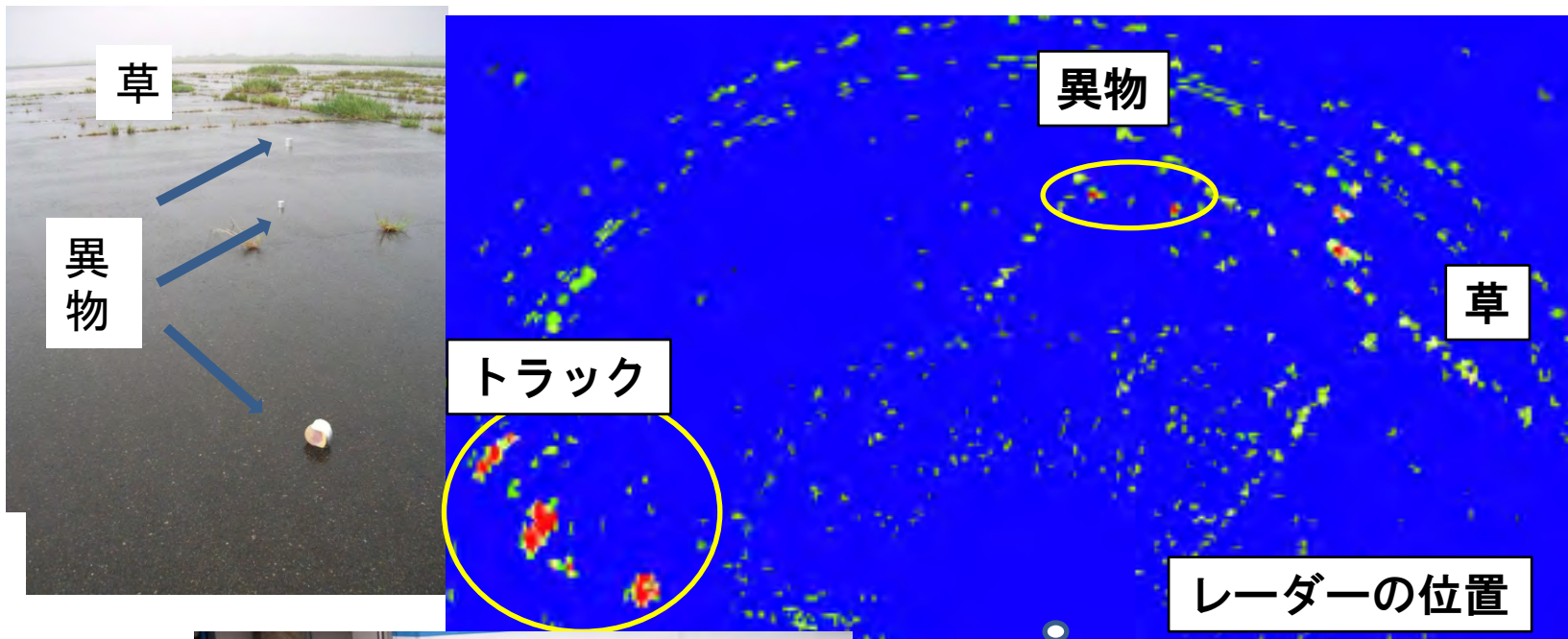
2000年代後半

Phase I  
異物検出  
Tarsier, FOD finder

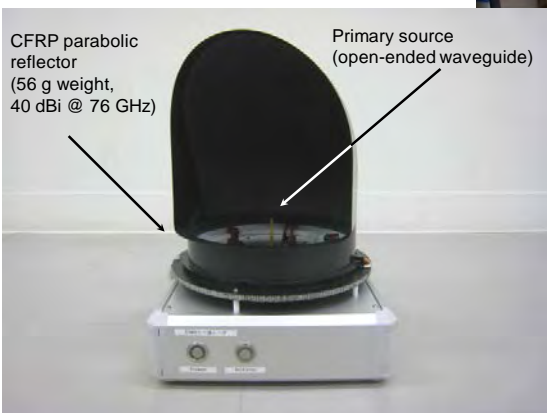
2000年代前半

異物監視目的から  
滑走路の状態監視へ

# 現在までの研究成果 |



レーダーシ  
ステム

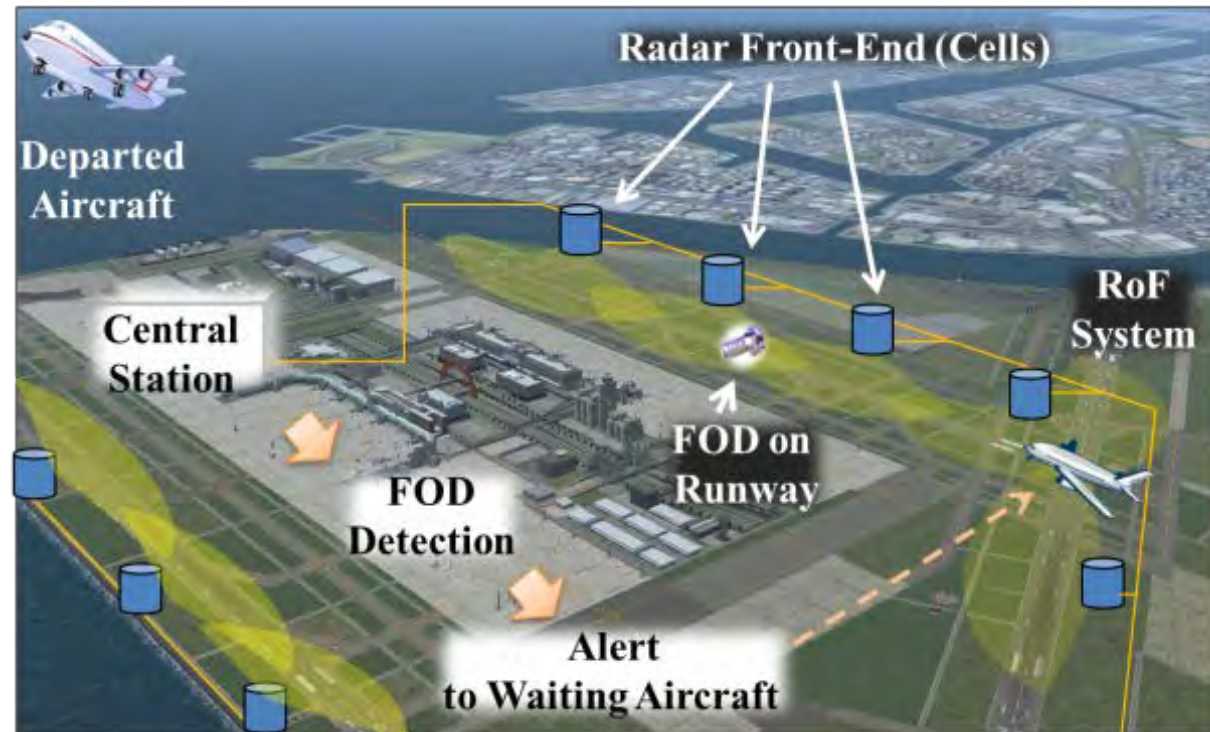


豪雨の中、50 m  
離れた3cm程度の  
金属円柱を検出

→更なる探知距離  
の延長を検討中

# 新しい滑走路監視システム

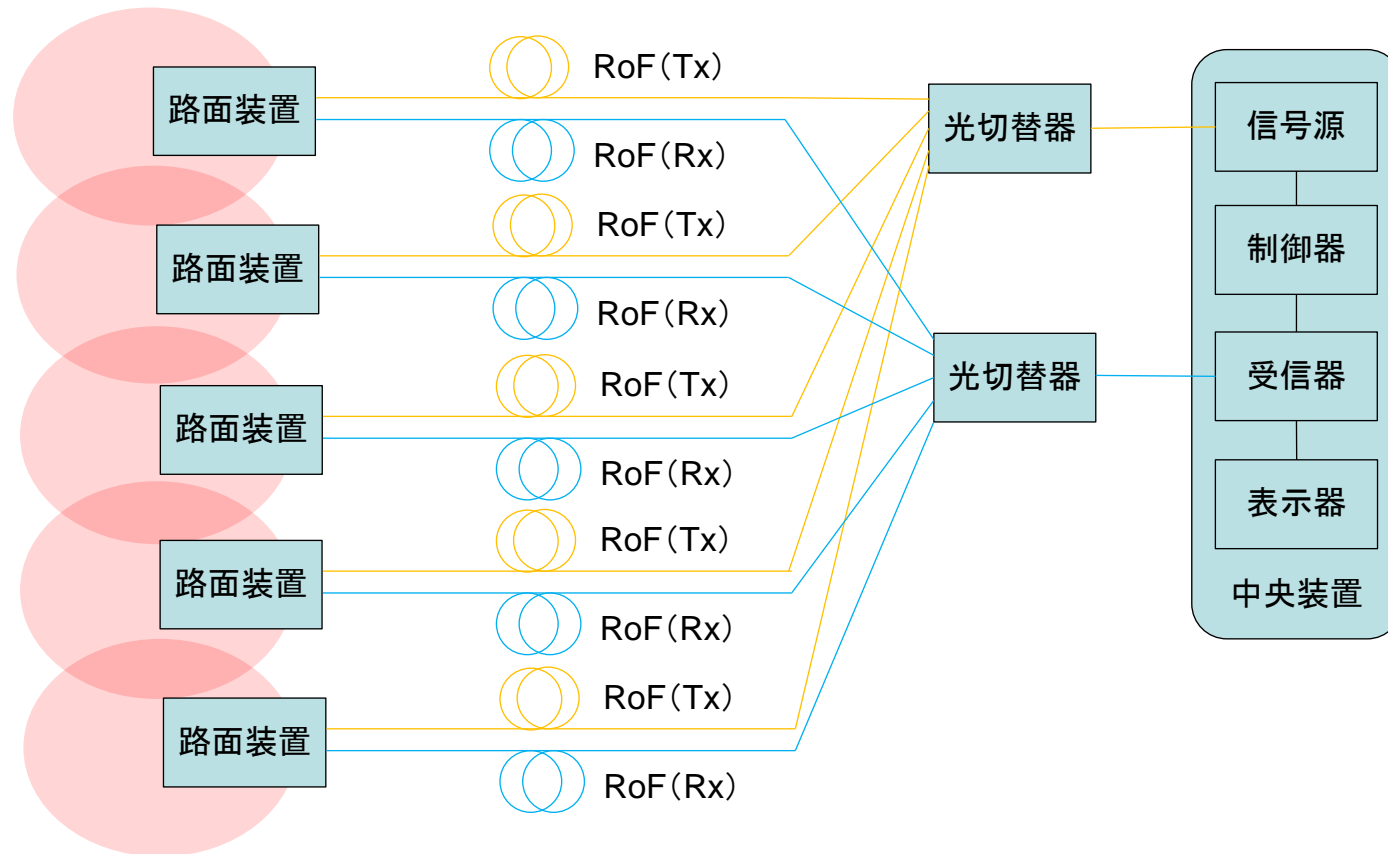
- 滑走路上の小さな異物を検出するセンサシステムの研究
  - 直径3cm程度の小さな金属片を検出
  - 24時間365日、全天候で運用
  - 設置、性能要件に制約多い



RoF: Radio over Fiber

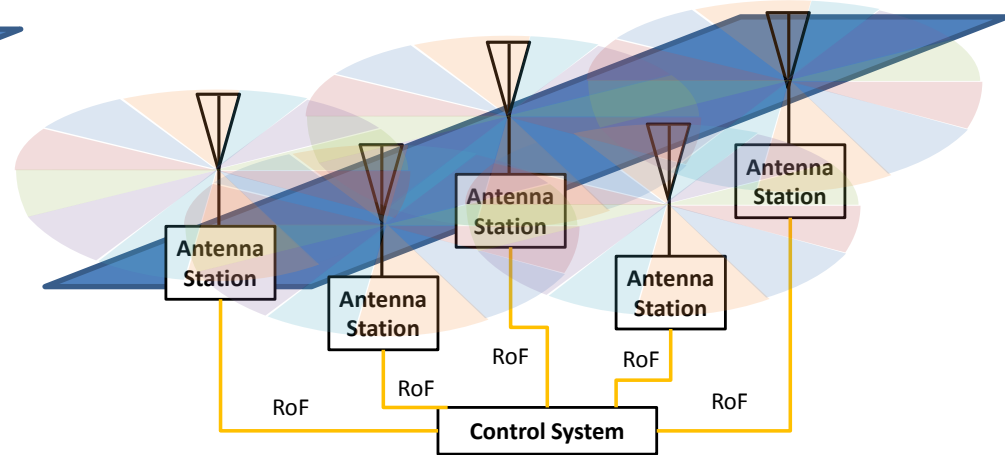
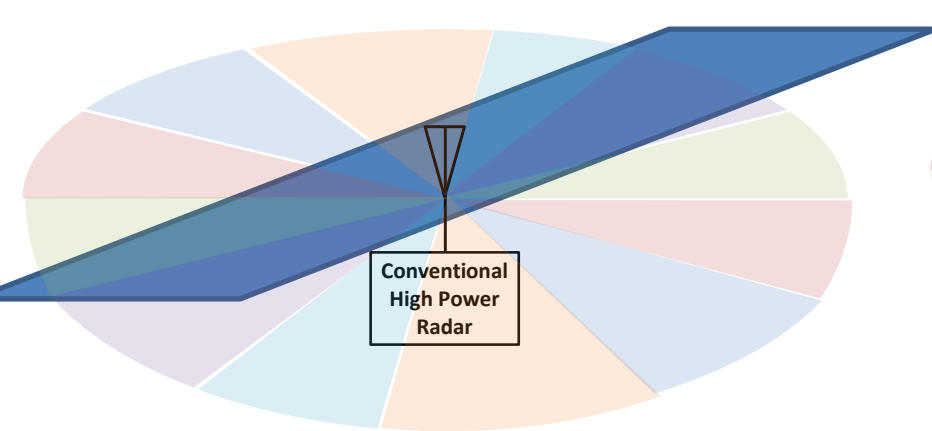


# 光ファイバー接続型ミリ波レーダー



- 高価な中央装置の数を減らして低コスト化

# 従来レーダとの比較

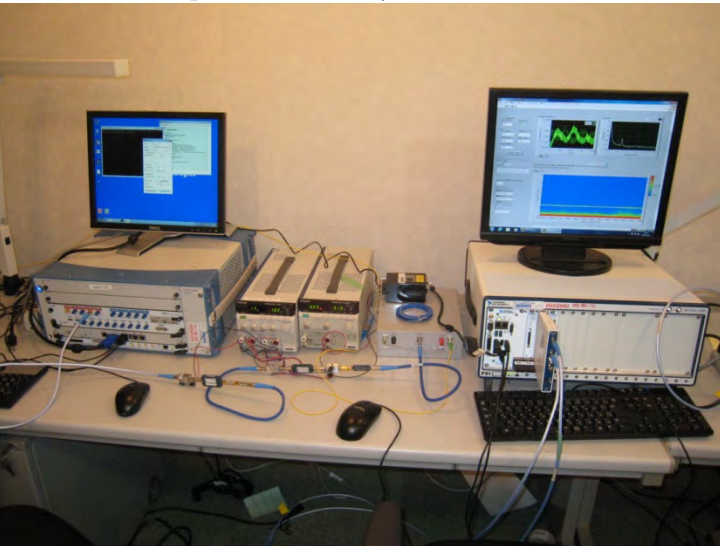


- 低いアジマス精度
- 高い消費電力
- 周波数再利用に難

- 高いアジマス精度
- 低消費電力
- 効率的な周波数再利用

# 96GHz RoFレーダー

管制側装置



アナログRoF送信



光ファイバー50m



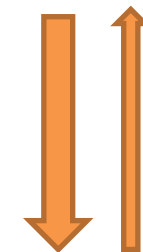
デジタルRoF受信

路面側装置

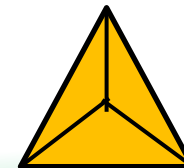


送信

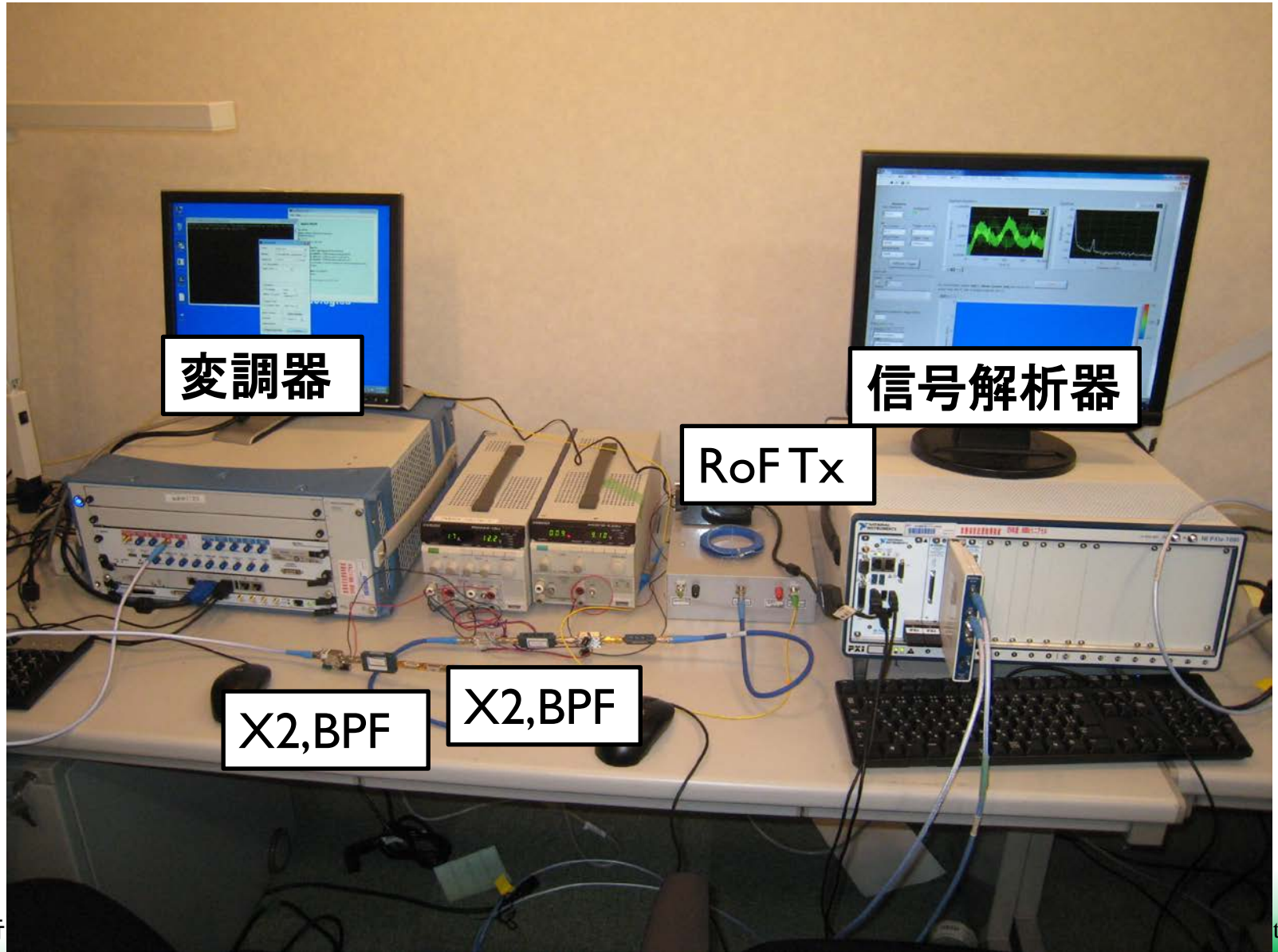
反射波



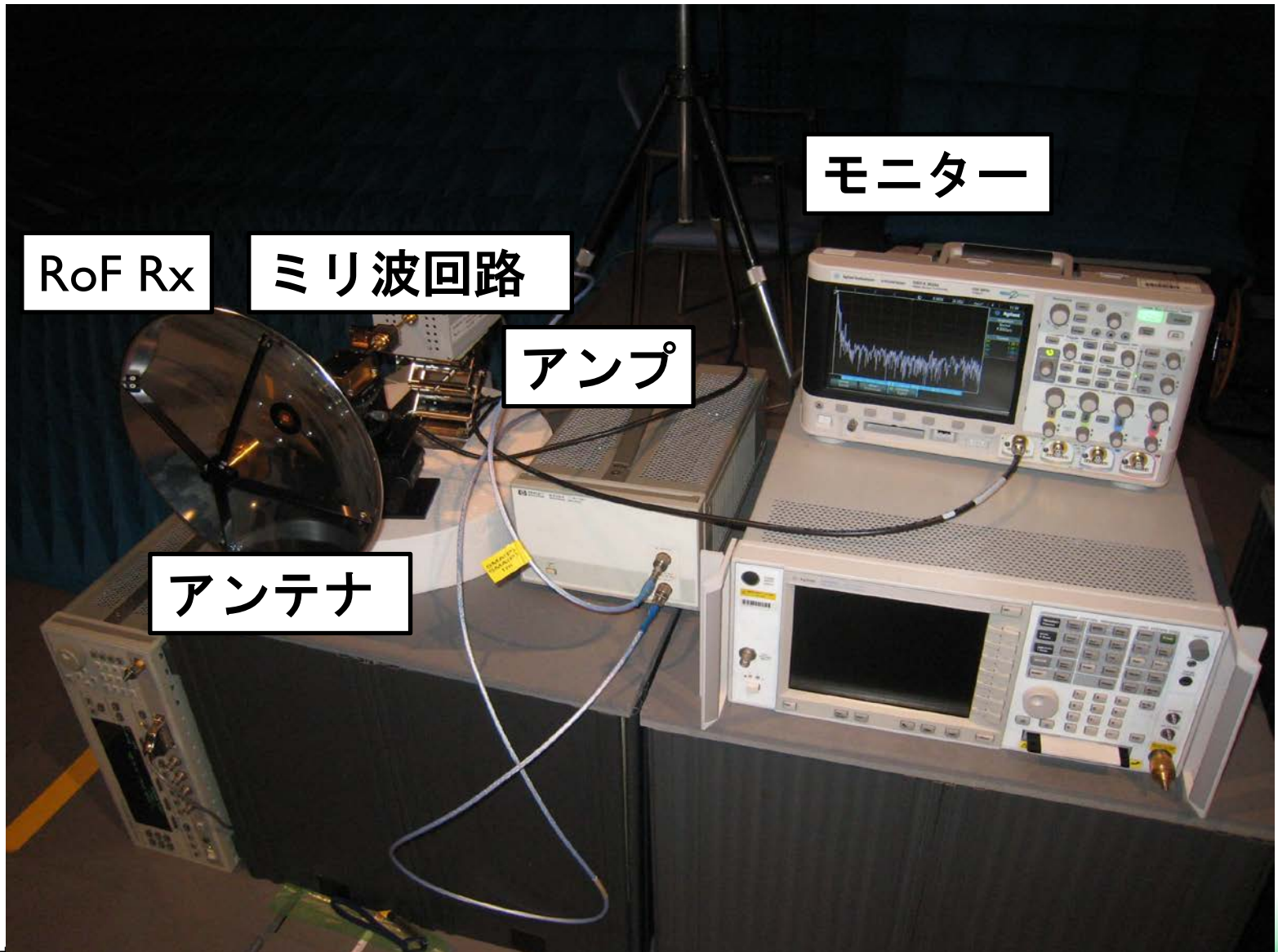
コーナーリフレクター



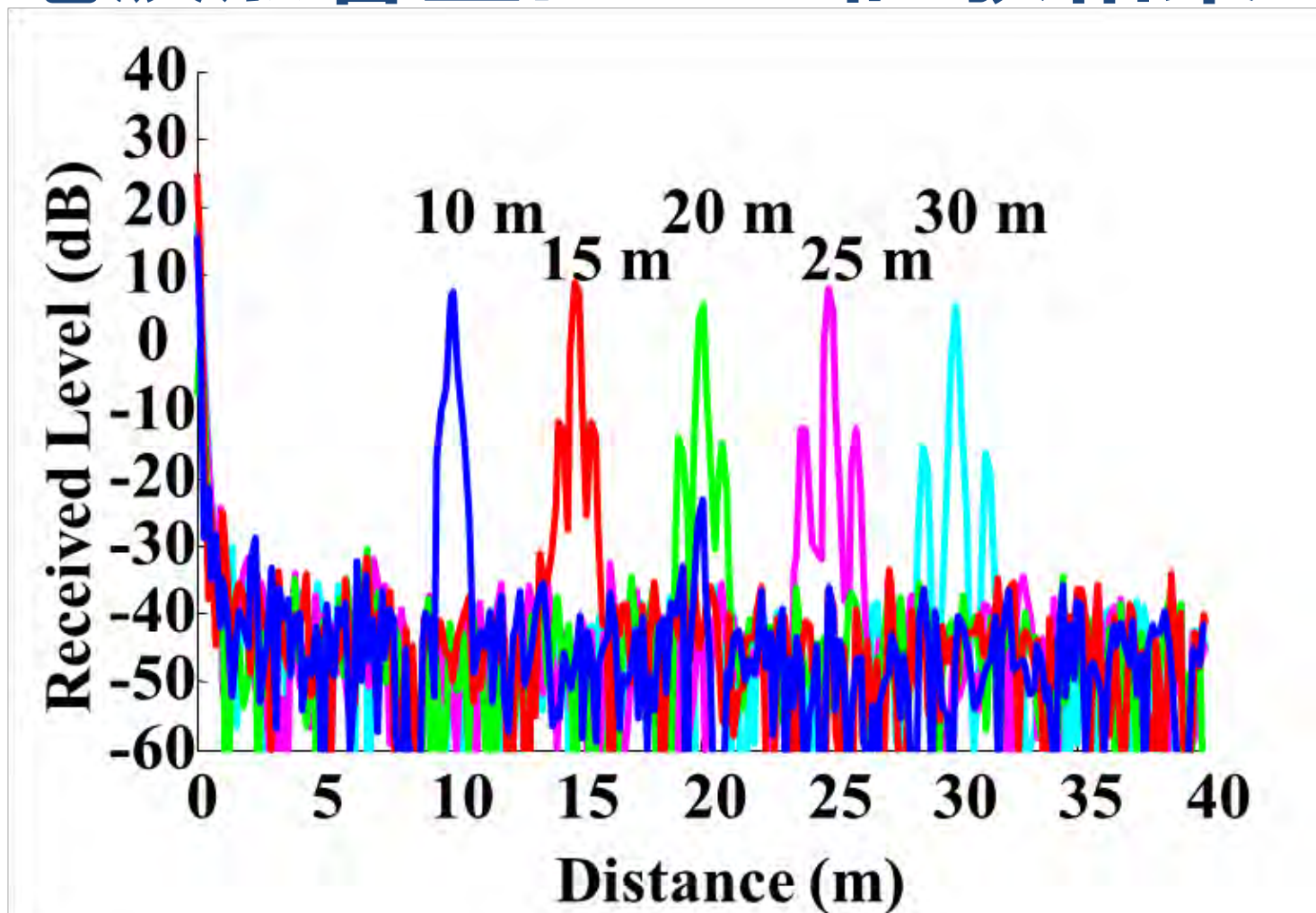
# 管制側裝置



# 路面装置



# 電波無響室内での試験結果



- 光ファイバーで信号を分配することが可能

# 今後の開発の方向性

- 空港の最小RVR時にも動作可能なレーザー・高感度ITVカメラ連動型ハイブリッドセンサーシステム

ITV: Industrial TeleVision (工業用カメラ)

- 2種のセンサー情報を元に異物の特徴抽出、滑走路の状態を判定する警報生成アルゴリズムの開発
- CAT-III b空港での確実な動作

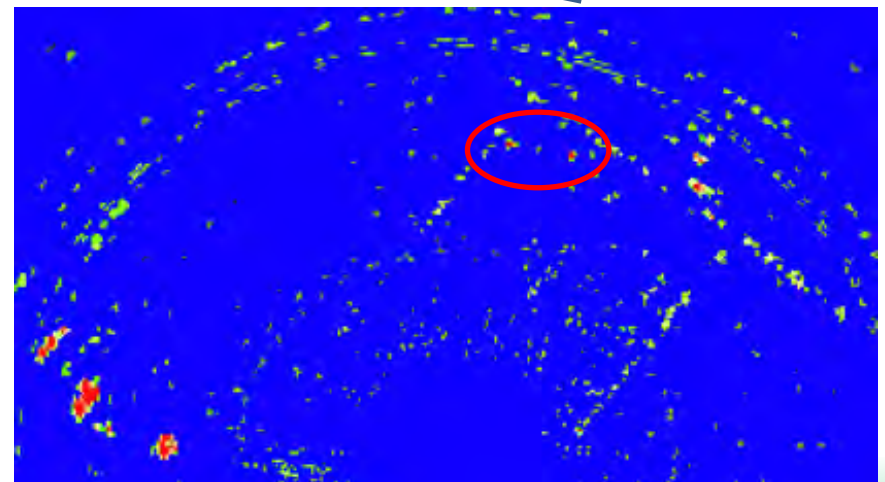
# ハイブリッドセンサーシステム

- できるだけ高速に滑走路全体の情報を入手  
→10秒以内
- レーダーと高感度ITVカメラの連動
- 異物の特徴が分かる画像を取集

夜間の画像例



異物検出・撮影



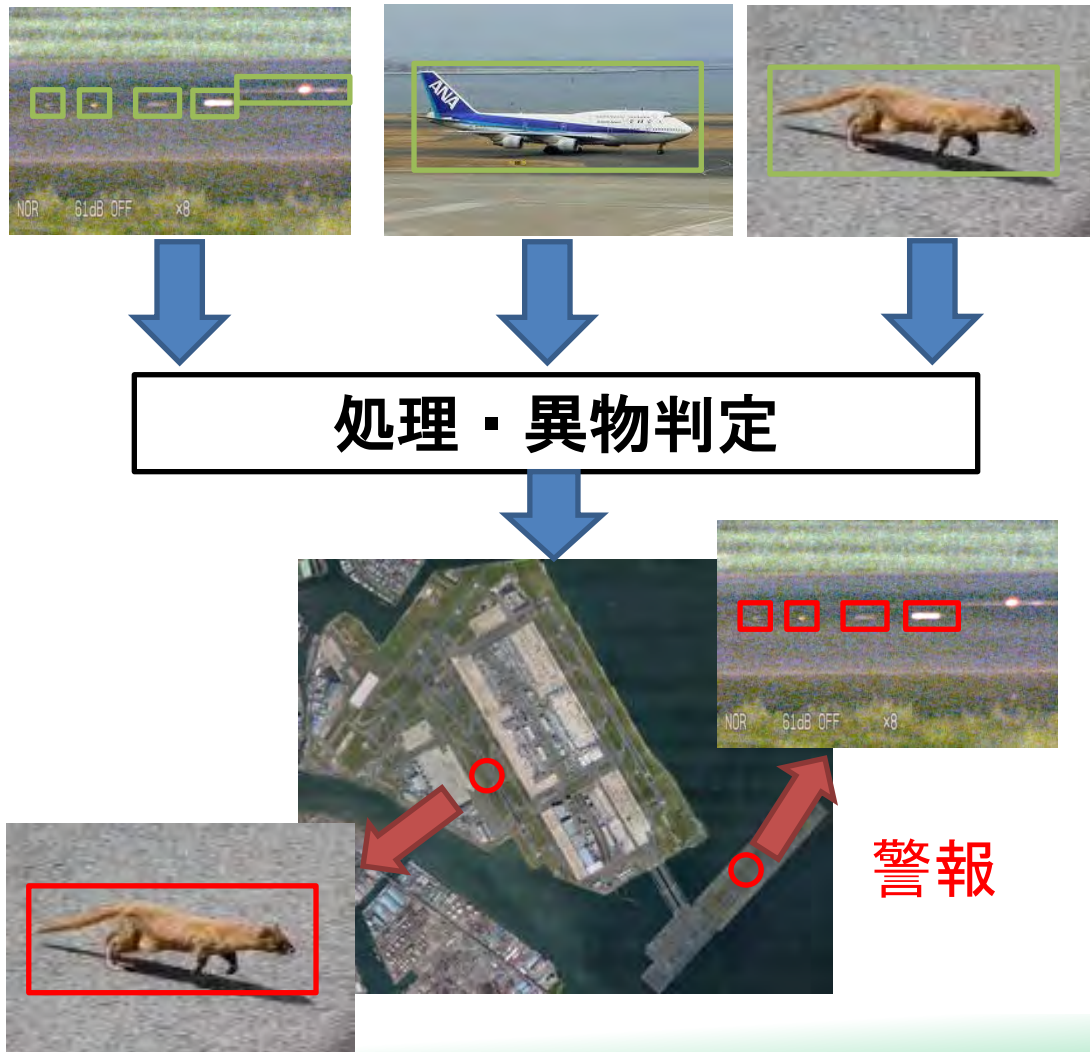
ITV: Industrial TeleVision (工業用カメラ)



# 警報生成アルゴリズム開発

データ収集・記録

- レーダーデータ・画像データを高速処理（間引・圧縮等）
- 航空機や野生動物を識別するアルゴリズムの開発
- 滑走路状態の変化の有無を判定するアルゴリズムの開発



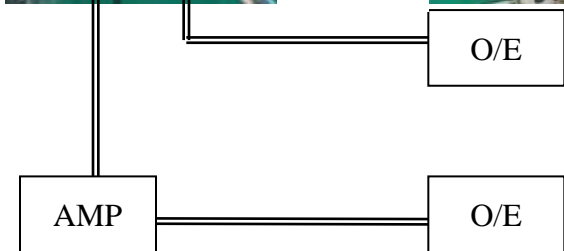
# CAT-III b空港での確実な動作

- 空港によってRVR (Runway Visual Range) の最低値が異なる。
  - CAT-II (羽田空港34R, RVR 350m以上)
  - CAT-III b (成田空港16R, RVR 50m以上)
  - 同じ空港でも滑走路によって異なる。
- 限界の低視程時に如何にFODのイメージを取得するか
  - カメラの距離？
  - 赤外線対応？

# 本日のデモ機

## 【路面側装置試作機】

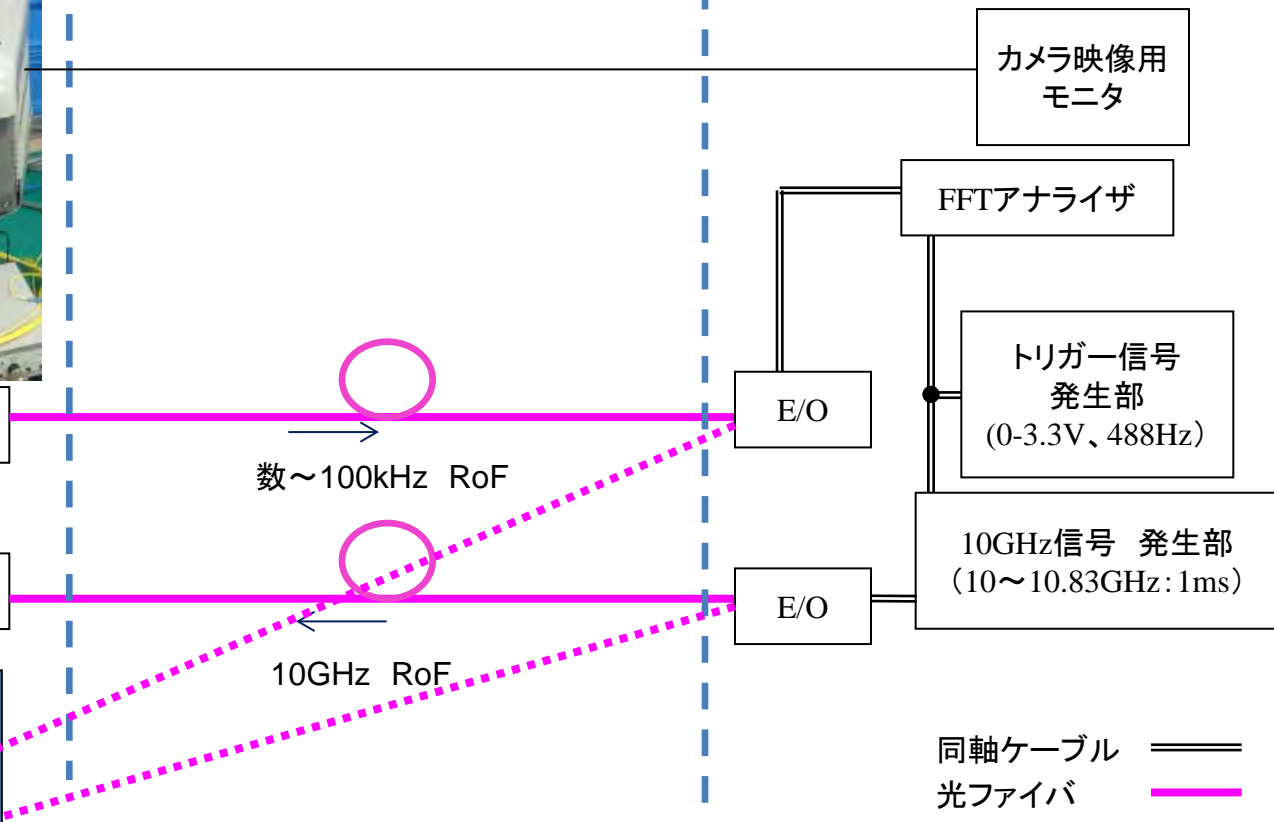
レーダー部      カメラ部



路面側装置 #2  
(増設可能)

## 【空港内ファイバー網イメージ】

## 【管制側装置イメージ】



講演後もしばらく展示しますので是非お立ち寄りください。

# まとめ

- 空港面異物監視システムの要望と国際動向を概説した。
- 光ファイバー接続型レーダーシステムの概要を紹介した。

# 謝辞

- 本研究の一部は総務省の電波資源拡大のための研究開発「90GHz帯リニアセルによる高精度イメージングの研究開発」により実施されました。