

平成24年度（第12回）研究発表会
広域マルチラテレーシヨンの評価試験結果

独立行政法人 電子航法研究所 監視通信領域

島田 浩樹，宮崎 裕己，古賀 禎，角張 泰之，二瓶 子朗



発表内容

- 研究の背景・目的
- W A Mの概要
- W A M実験装置
- 評価試験
- まとめ

研究の背景（１）

→ 空港容量の拡張

1. 主要空港の滑走路の増設・延伸

羽田 D 滑走路供用開始（2010年10月21日）

成田 B 滑走路2500m供用開始（2009年10月22日）

2. 新たな誘導路やターミナルビルの整備

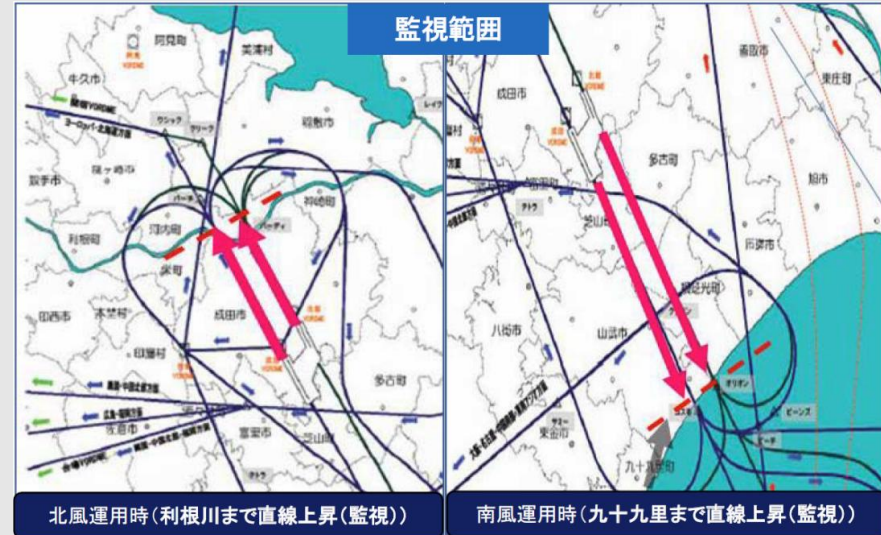
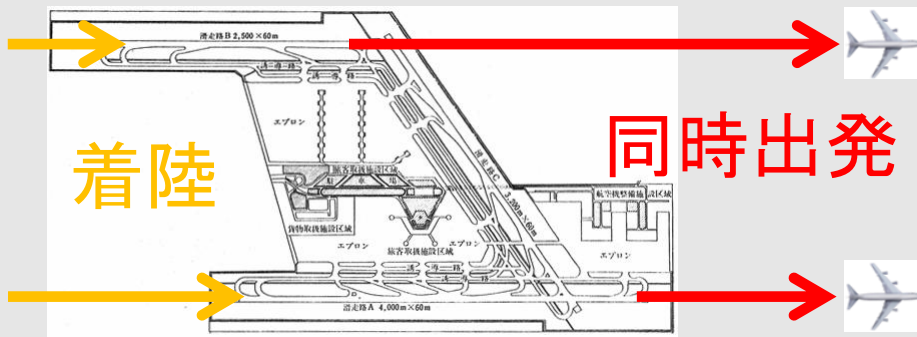
羽田国際線旅客ターミナル供用開始（2010年10月21日）

成田 B 滑走路と第 2 ビルを結ぶ誘導路増設（予定）

高度な運用方式の導入が進められている

研究の背景（2）

成田空港：平行滑走路の同時離着陸方式 開始



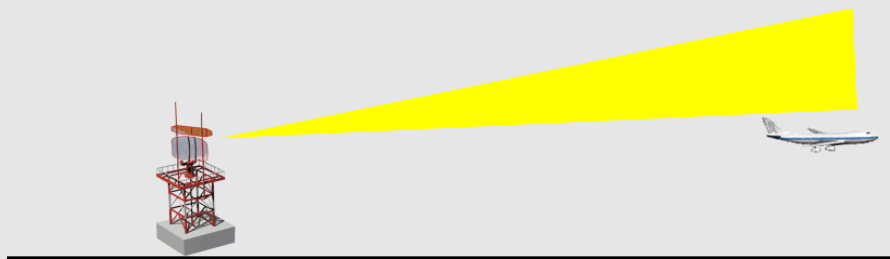
※国土交通省HPより

現在，好天時にのみ限定
低視程時は実施できない

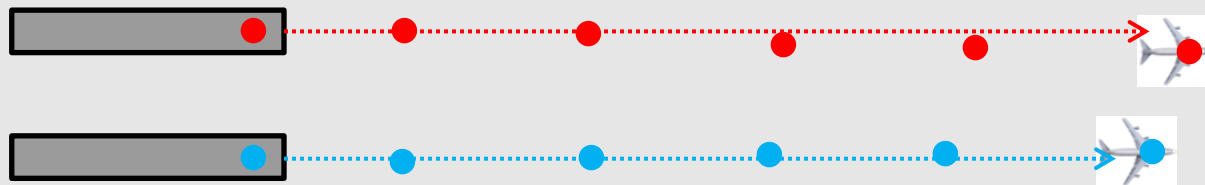
研究の背景（3）

- 現在の空港周辺の空域の監視装置
⇒ 二次監視レーダー（SSR）

SSRの課題1 低高度の性能低下



SSRの課題2 位置の更新頻度が低い



研究の背景（４）

- 空港周辺空域（最終進入、ターミナル空域）
高精度かつ高頻度な監視システムが必要
- 同時平行進入・出発の低視程時等での運用可能
⇒ 処理容量拡大

WAMによる監視の導入が要望されている

WAM : Wide Area Multilateration
(広域マルチラレーション)

研究の目的

- ☆わが国での高度なWAM技術の確立を目的
- ☆重点目標は高い信頼性の確保
実運用を想定した高性能化を目指す

これまでの実施内容

1. WAM実験装置を試作
2. 羽田空港周辺に実験装置を設置
最小構成（受信局4局）の基本性能を確認
3. 実験装置の拡張
本発表で評価試験について報告する

H23年度に報告

発表内容

→ 研究の背景・目的

→ WAMの概要

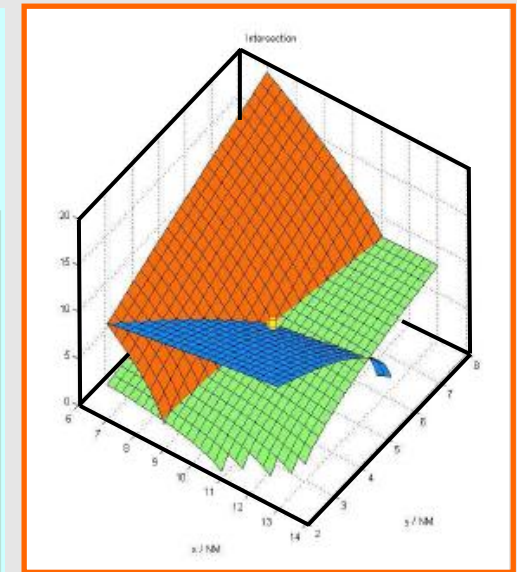
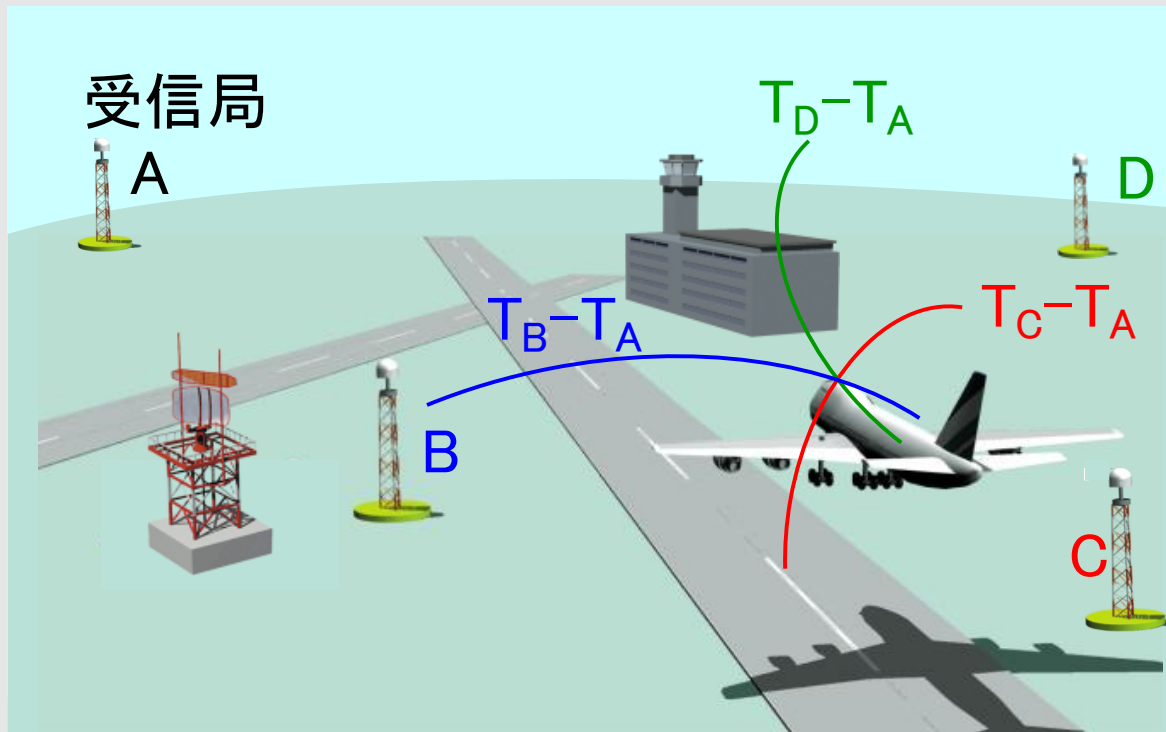
→ WAM実験装置

→ 評価試験

→ まとめ

測位原理

トランスポンダからのSSR応答信号・スキッタ信号を利用
受信局の到達時刻差による楕円双曲面の交点を算出



楕円双曲面の
交点

最低4局の受信局で信号検出することが必要となる

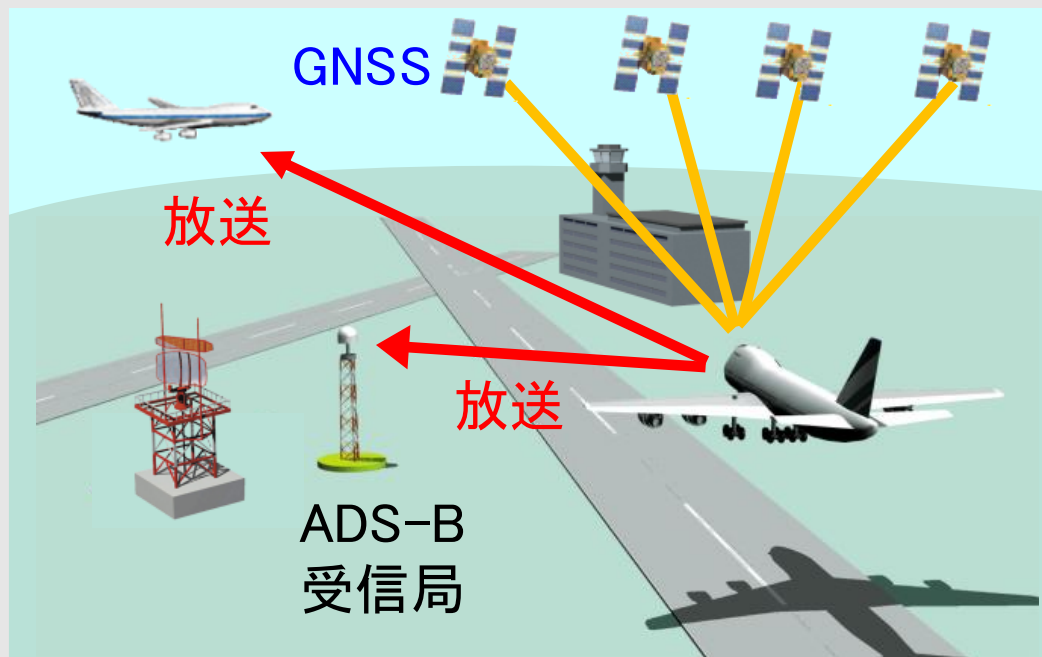
WAMの特徴

- 二次監視レーダー（SSR）の課題（ブラインドエリア・低高度での性能低下）を克服できる
- 更新頻度が高い
- 監視覆域を柔軟に設計できる（受信局の追加）
- 航空機側に追加装備を必要としない
- 将来ADS-Bとの共用ができる

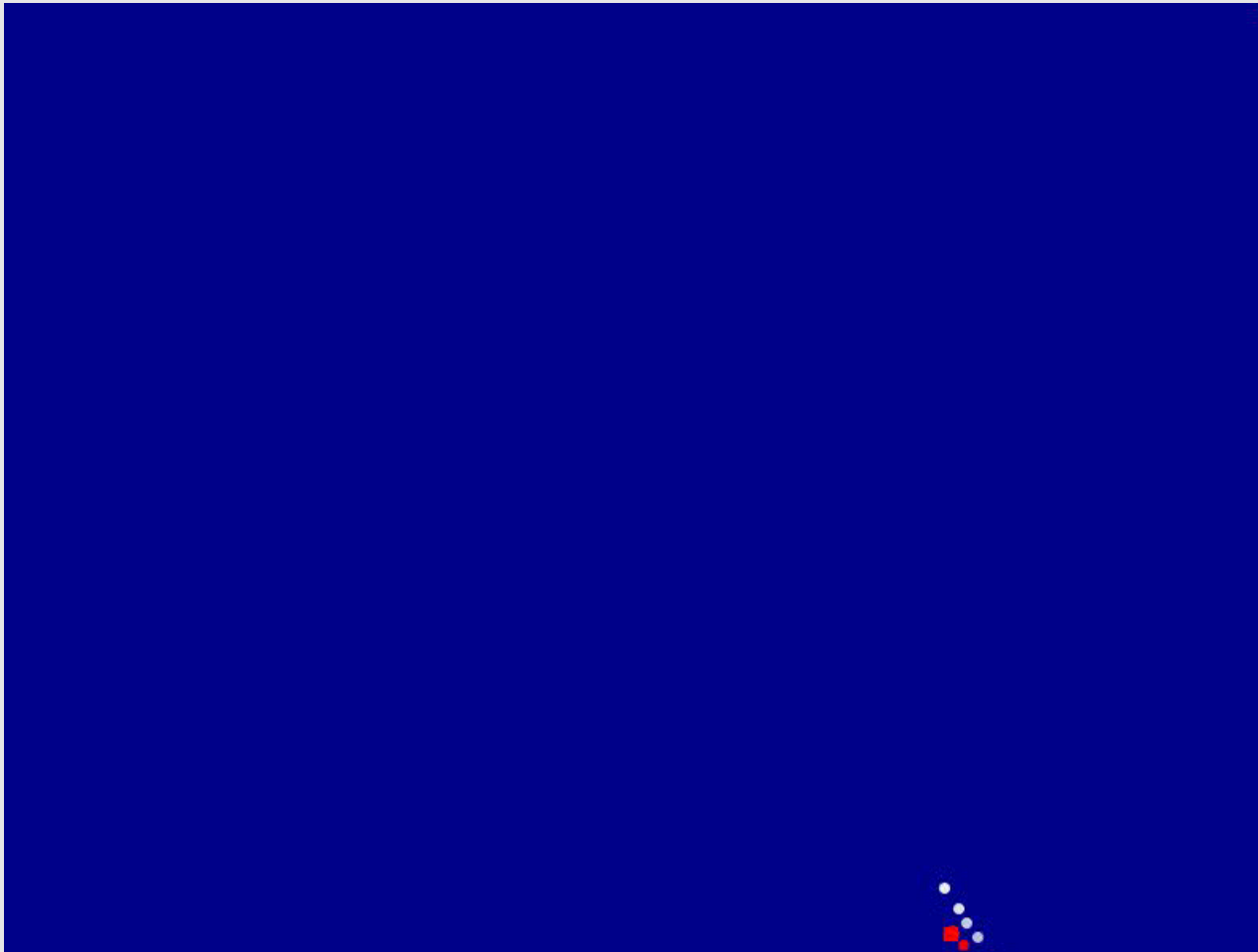
| | ターミナルSSR | WAM |
|-------|----------|--------|
| 更新頻度 | 4秒 | 1秒平均 |
| 監視覆域 | 固定 | 柔軟に設計可 |
| 非検出領域 | 近傍、空中線直上 | 基本的になし |

ADS-Bの概要

ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)
SSR-Mode Sと同一の信号形式・拡張スキッタを使用



ビデオ再生による航跡例



● WAM航跡

○ ADS-B航跡

● SSR航跡

精度、更新頻度ともに良い

高い性能を得るには

WAMの位置精度 $\sigma_t \times \text{DOP}$

σ_t : 信号検出時刻の測定精度

受信局間の時刻同期精度 \Rightarrow GPSコモンビュー方式

時刻検出の分解能 \Rightarrow 高サンプリング (2ns) 検出

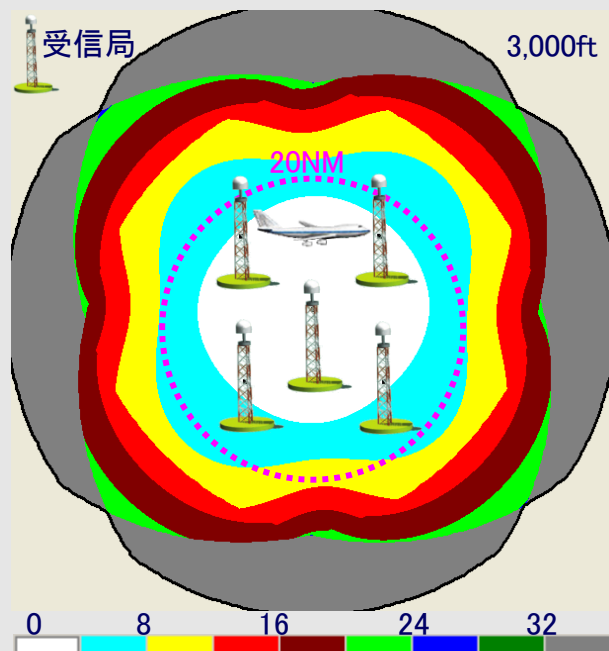
DOP : 精度劣化指数 (Dilution Of Precision)

航空機と受信局アンテナの幾何学的関係の指標値

WAMでは水平方向のDOPを重視

高い性能を得るには

DOP (HDOP) を良好な値 (低い値) にする

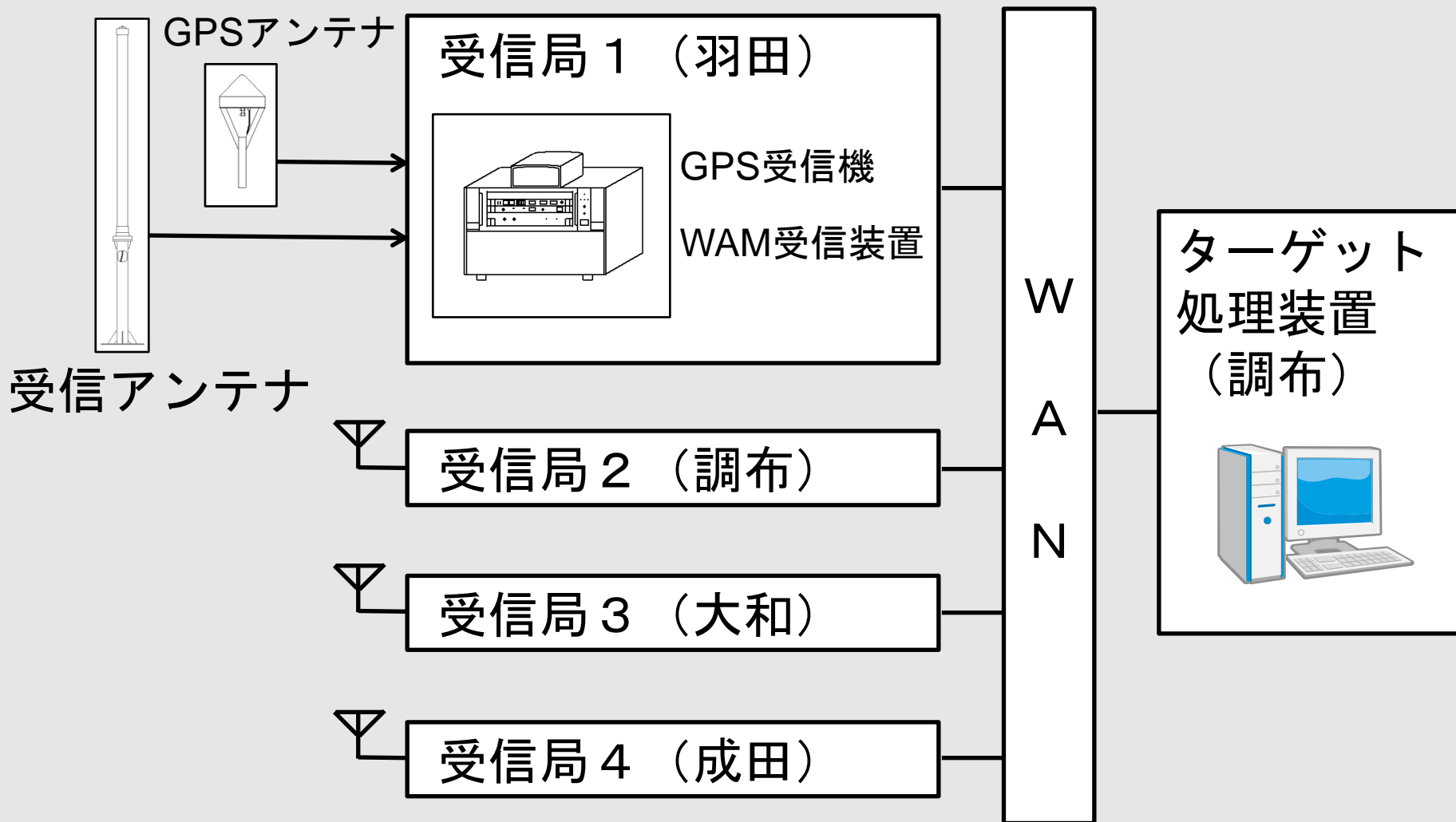


- ・ 受信アンテナを航空機を囲む広範囲に設置
- ・ 受信アンテナと航空機の見通しを良くする

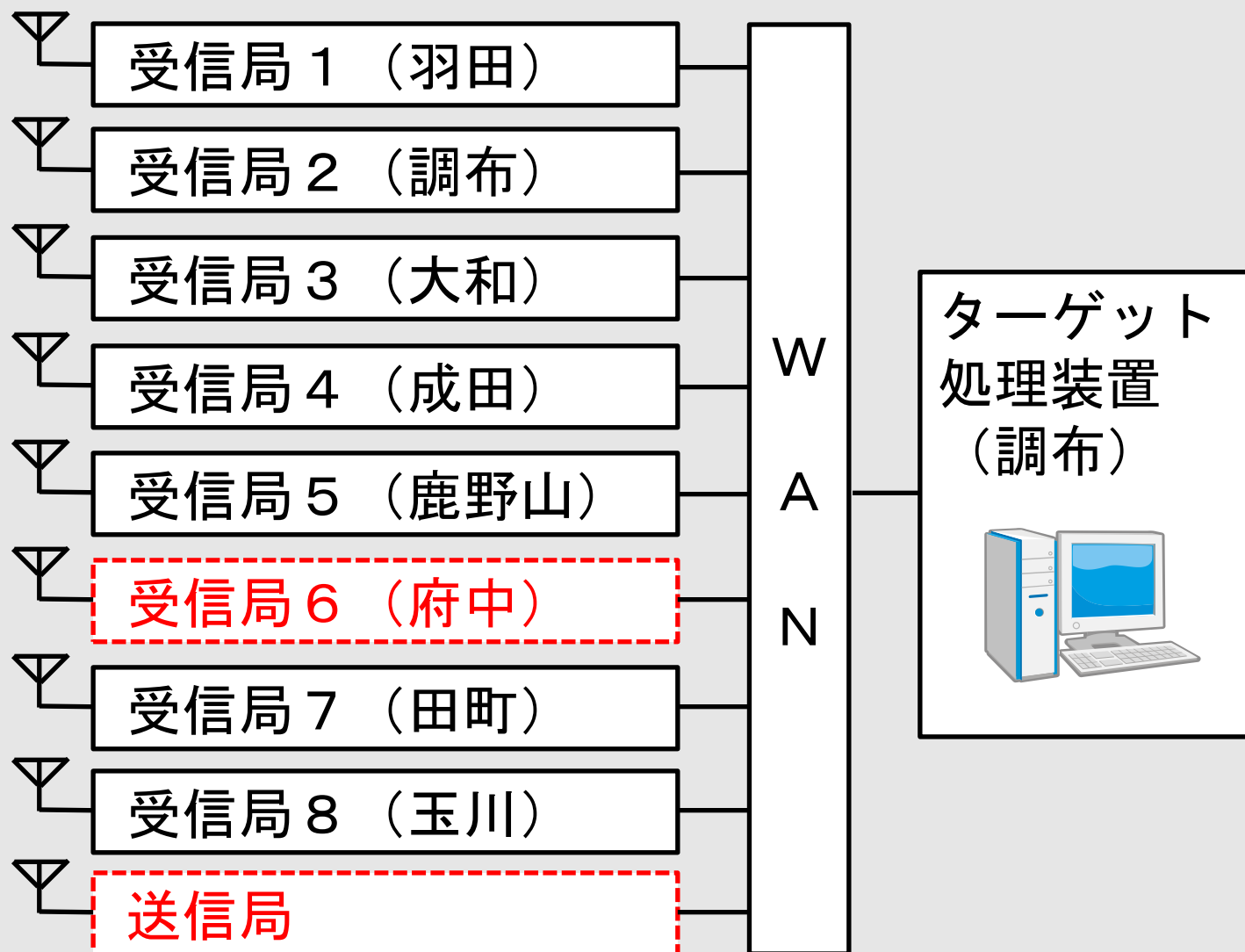
発表内容

- 研究の背景・目的
- WAMの概要
- WAM実験装置
- 評価試験
- まとめ

WAM実験装置の構成（受信局4局）

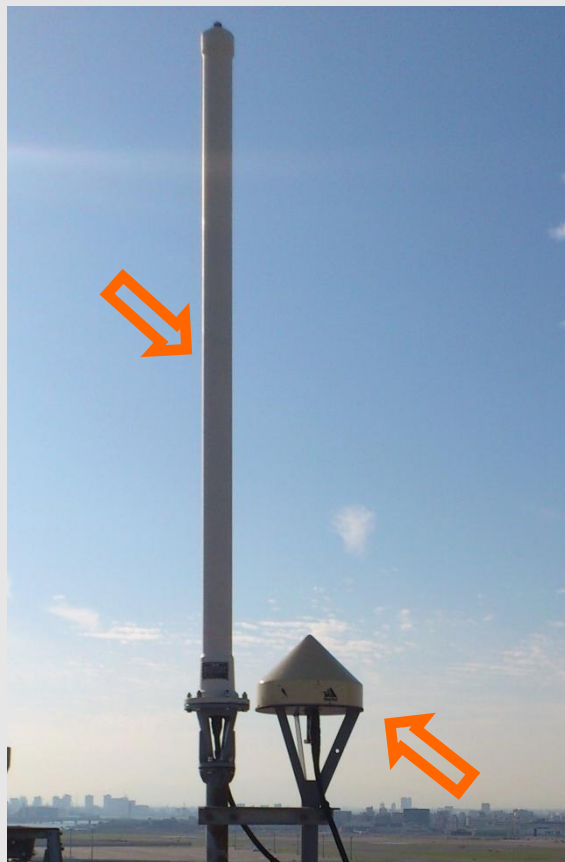


WAM実験装置の構成（受信局7局）



H24年度
稼働予定

WAM実験装置



(左) 受信アンテナ
(右) GPSアンテナ

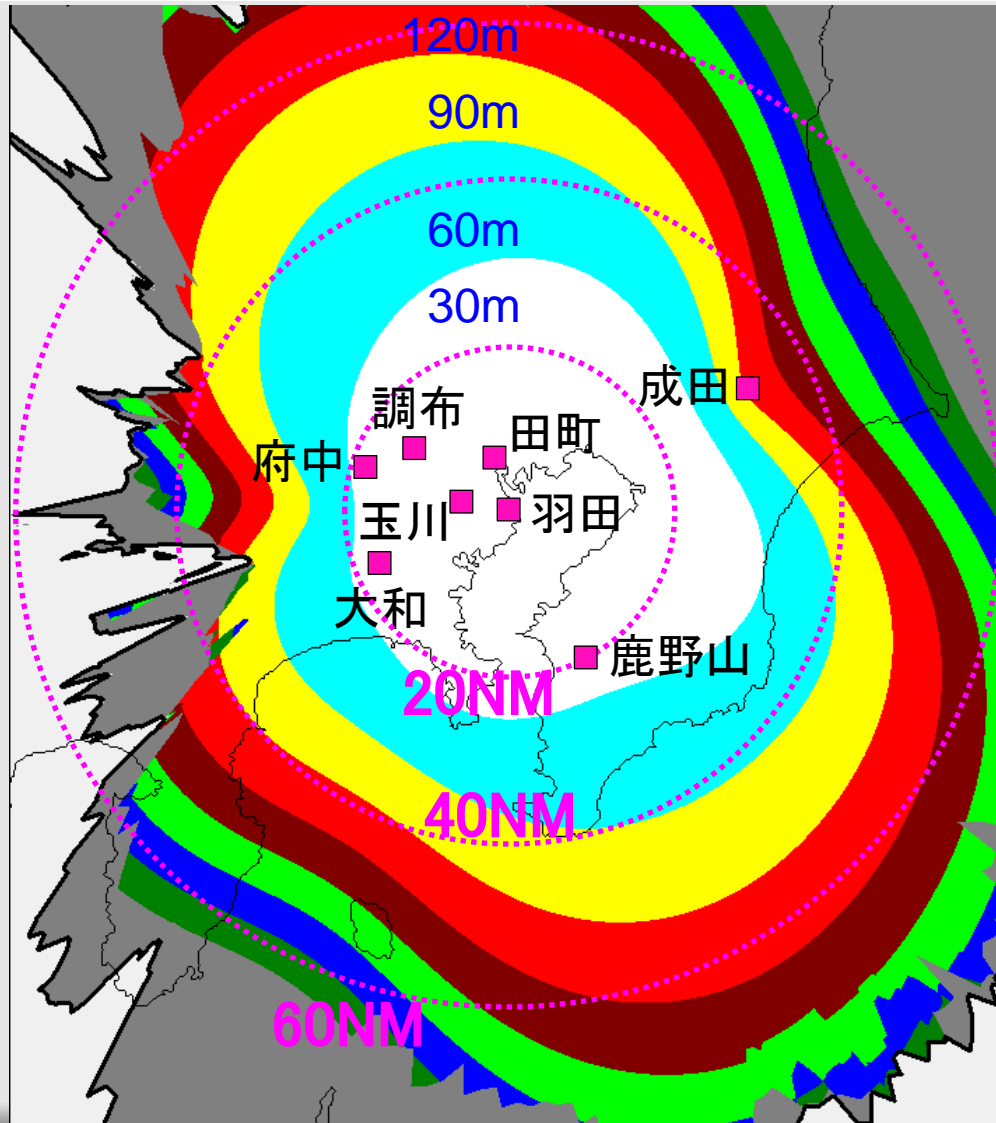


WAM受信装置
(GPS受信機含む)



ターゲット処理装置

受信局の配置



発表内容

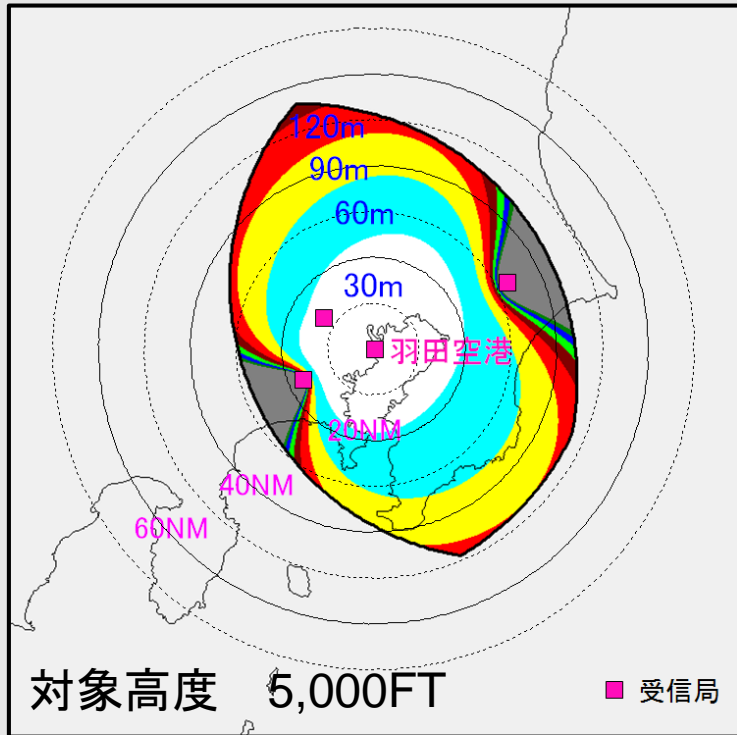
- 研究の背景・目的
- WAMの概要
- W A M実験装置
- 評価試験
- まとめ

評価方法

- 評価項目
 - ・ 監視覆域
 - ・ 検出率
 - ・ 位置精度（真位置にはADS-B位置を利用）
- 評価方法
 - 基本性能値（受信局4局構成）との比較
- 性能要件
 - 欧州が策定したWAM性能要件を基準
- 評価対象航空機
 - エアライン機

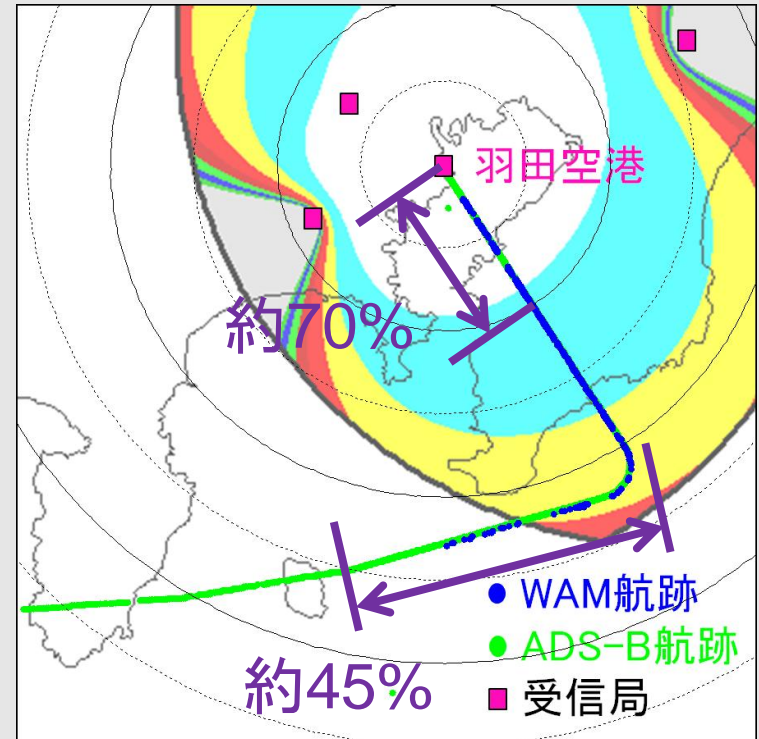
基本性能（受信局4局構成）の課題

→ 監視覆域



監視覆域が狭い

→ 到着機航跡図

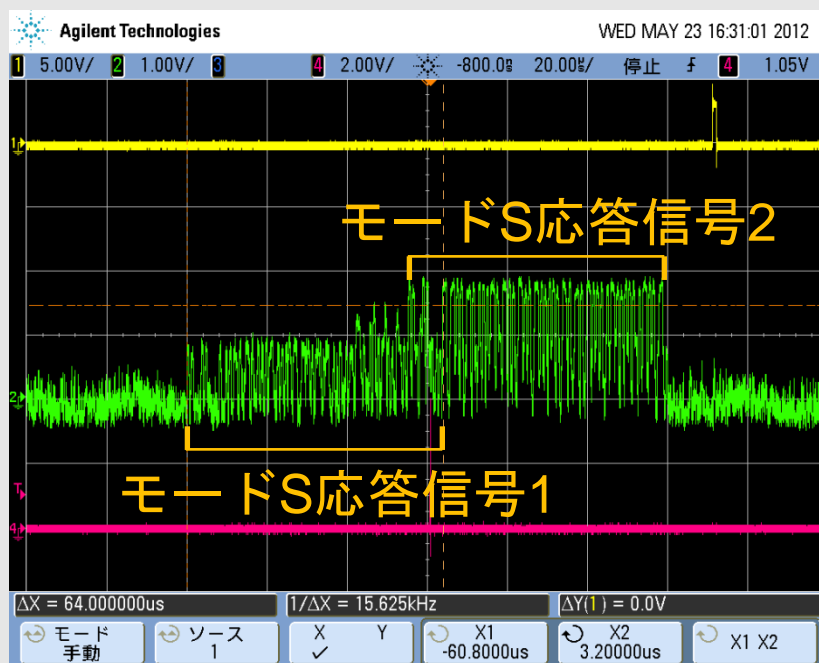


検出率が十分でない

改善のための方策

監視覆域を拡大するために

1. 各受信局の最低受信感度を鋭敏な値に変更



← 信号干渉が増える

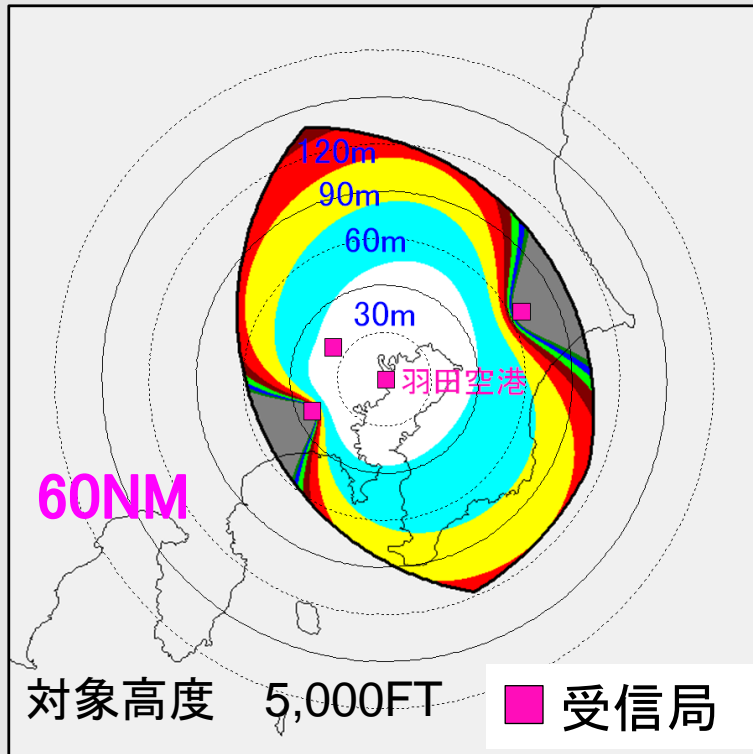


測位精度の低下
検出率の低下

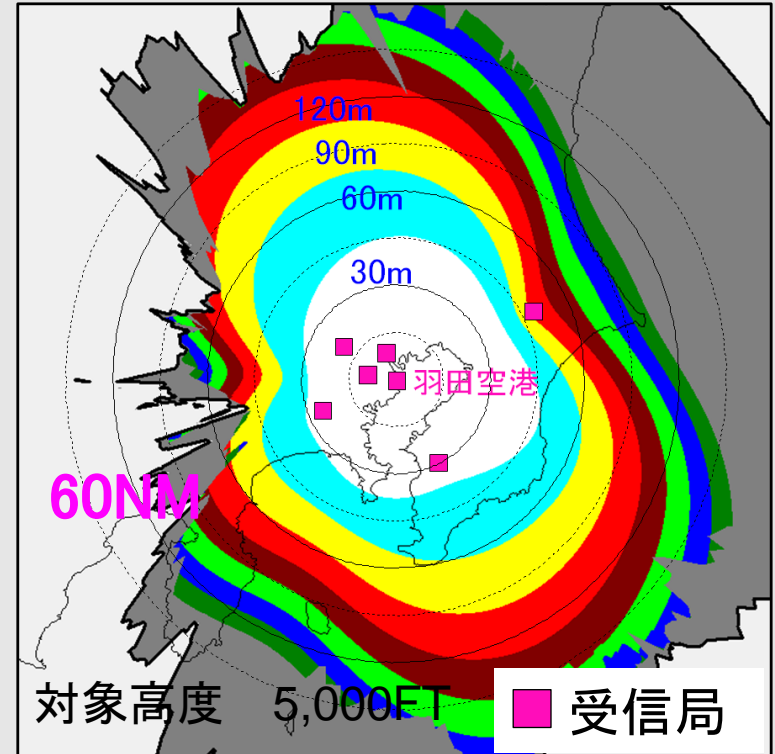
2. 検出率の少ないエリアに冗長的に受信局を配置

監視覆域（DOP値に基づく位置精度）の比較

→ 拡張前（受信局4局構成）



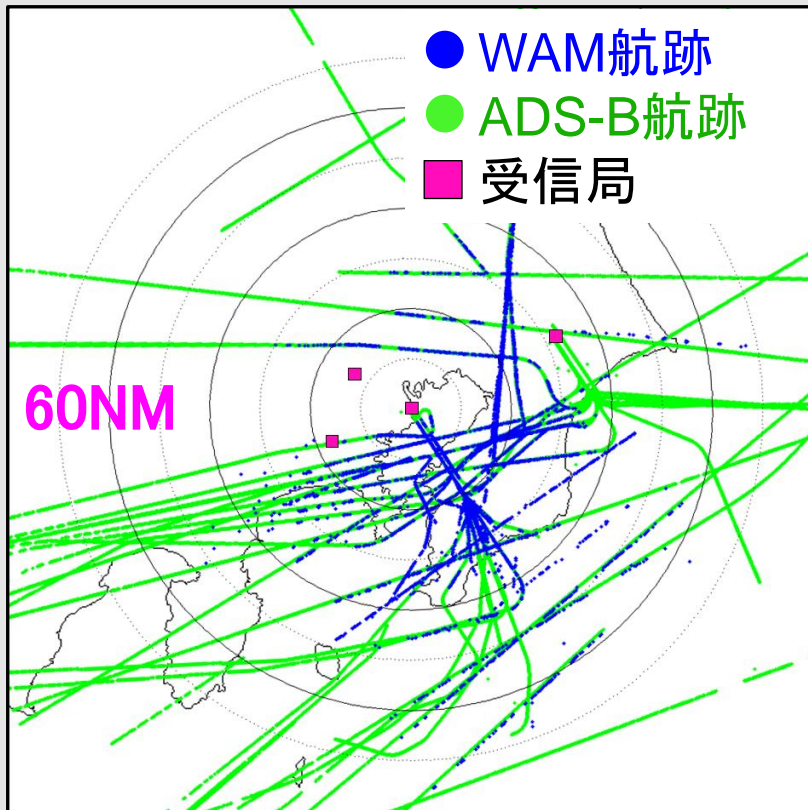
→ 拡張後（受信局7局構成）



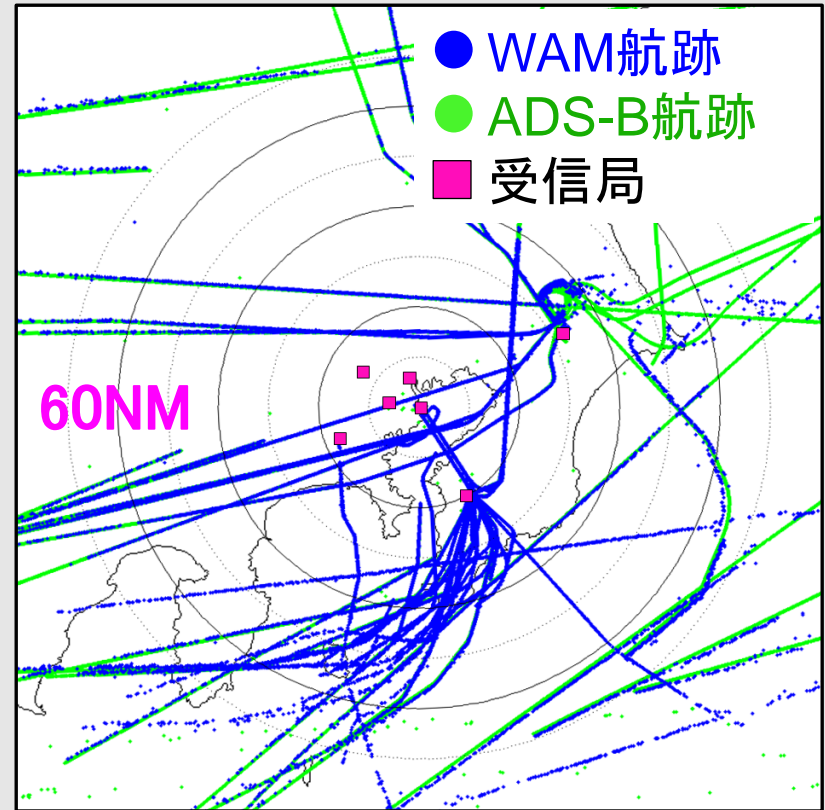
1. 最低受信感度の変更 -81dBm → -85dBm
2. 受信局の追加
遠方 → 鹿野山
空港付近 → 田町、玉川

監視覆域（1時間分全航跡）の比較

→ 拡張前（受信局4局構成）



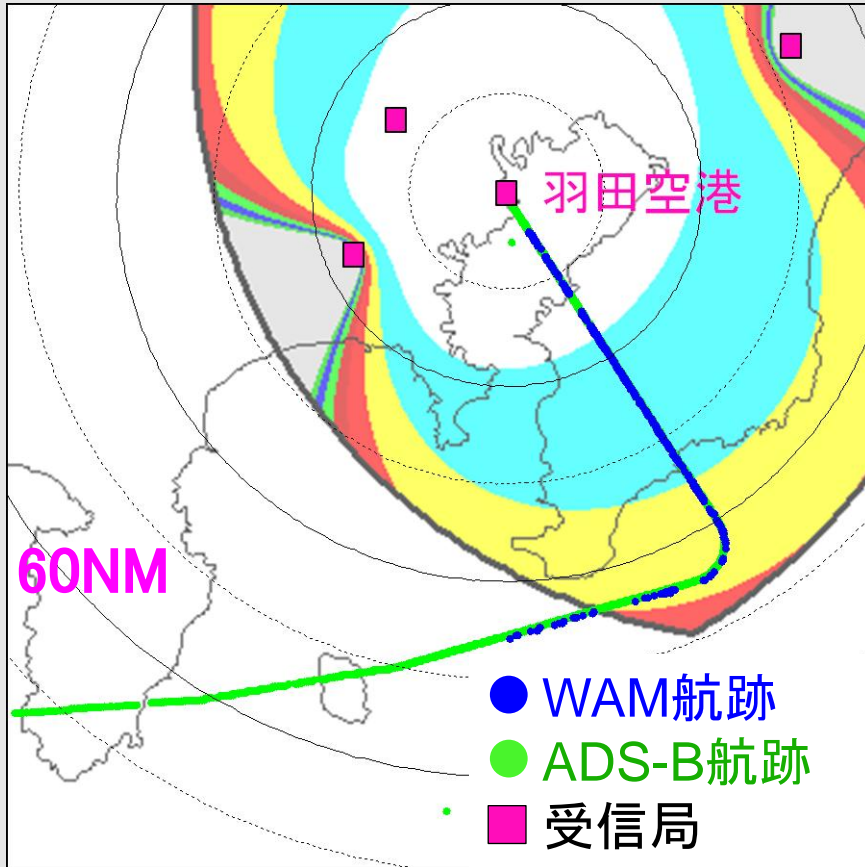
→ 拡張後（受信局7局構成）



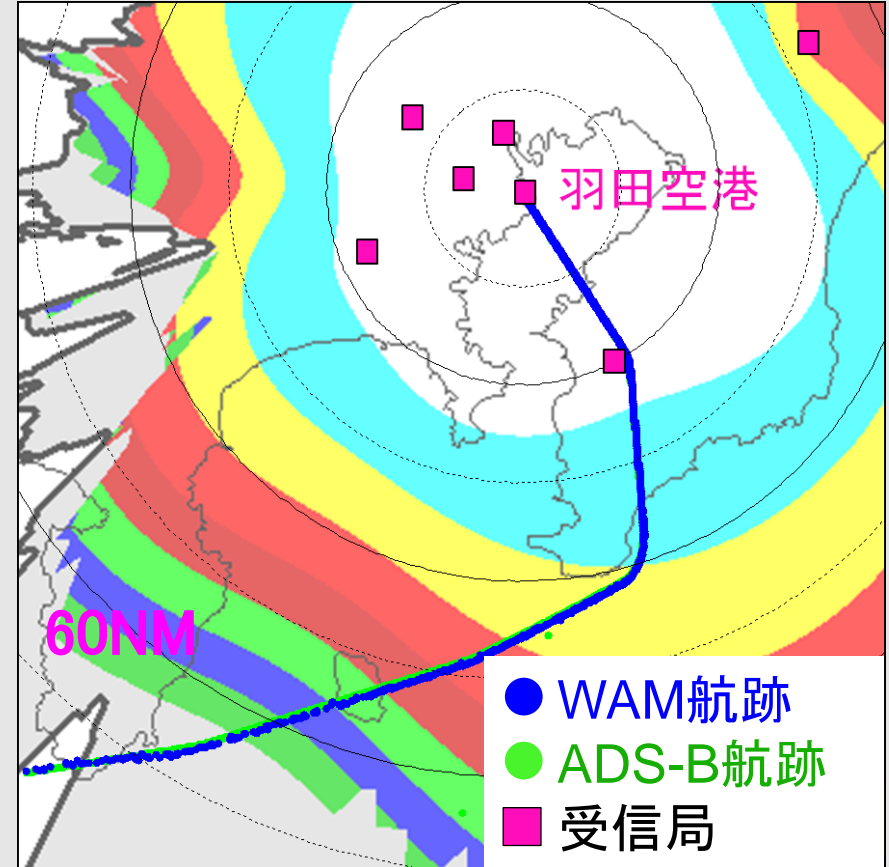
60NM以上のWAM航跡を取得

1 航跡例による比較

→ 拡張前（受信局4局構成）



→ 拡張後（受信局7局構成）



検出率の比較

- 欧州の性能要件 検出率 97%以上
- 検出率は4秒間隔で算出

| 距離 | 拡張前（受信局4局構成） | 拡張後（受信局7局構成） |
|---------|--------------|--------------|
| ～ 5NM | — | 100 % |
| 5～10NM | 70.4 % | 100 % |
| 10～20NM | 70.0 % | 100 % |
| 20～30NM | 93.8 % | 100 % |
| 30～40NM | 90.3 % | 100 % |
| 40～45NM | 45.8 % | 100 % |
| 45～50NM | — | 100 % |
| 50～60NM | — | 93.9 % |

50NMまで性能要件を満たす

位置精度の比較

→ 欧州の性能要件 位置精度 150mRMS以下

→ 二乗平均誤差（RMS）による算出

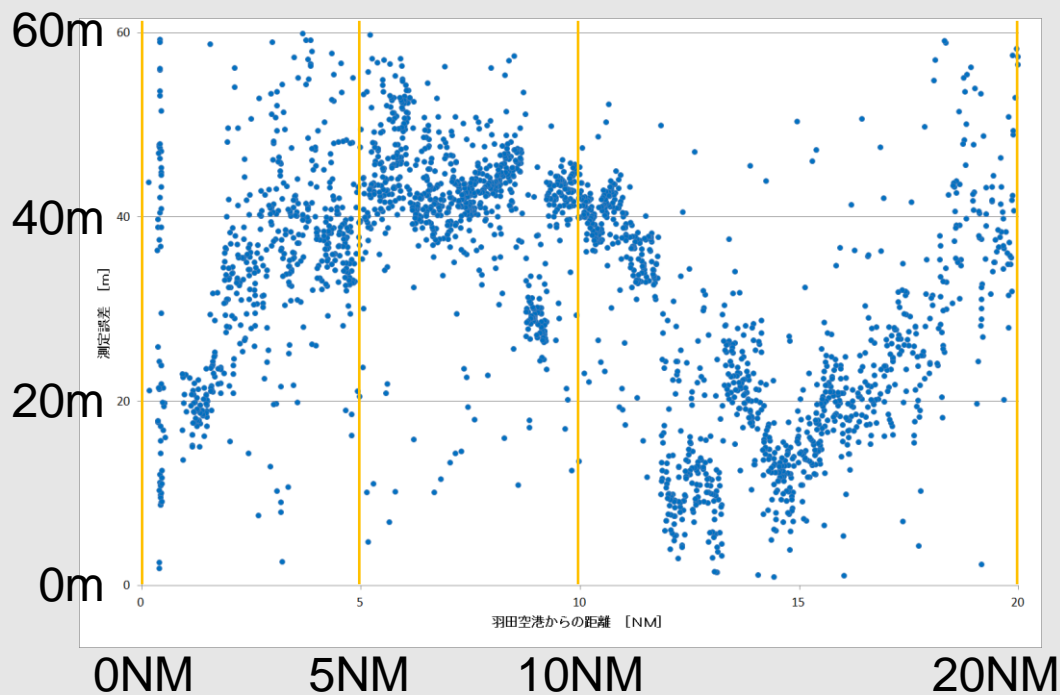
| 距離 | 拡張前（受信局4局構成） | 拡張後（受信局7局構成） |
|---------|--------------|--------------|
| ～ 5NM | — | 38.4 m |
| 5～10NM | 31.0 m | 42.9 m |
| 10～20NM | 59.0 m | 30.8 m |
| 20～30NM | 92.6 m | 105 m |
| 30～40NM | 212 m | 150 m |
| 40～45NM | 430 m | 395 m |
| 45～50NM | — | 538 m |
| 50～60NM | — | 765 m |

40NMまで性能要件を満たす

位置精度が悪化したエリアが存在

位置精度（5～10NM）の分析

羽田空港からの距離（0～20NM） 二乗平均誤差の分布



| 距離 | RMS 誤差 | 標準偏差 |
|---------|--------|--------|
| ～ 5NM | 38.4 m | 12.3 m |
| 5～10NM | 42.9 m | 9.1 m |
| 10～20NM | 30.8 m | 15.6 m |

大きい

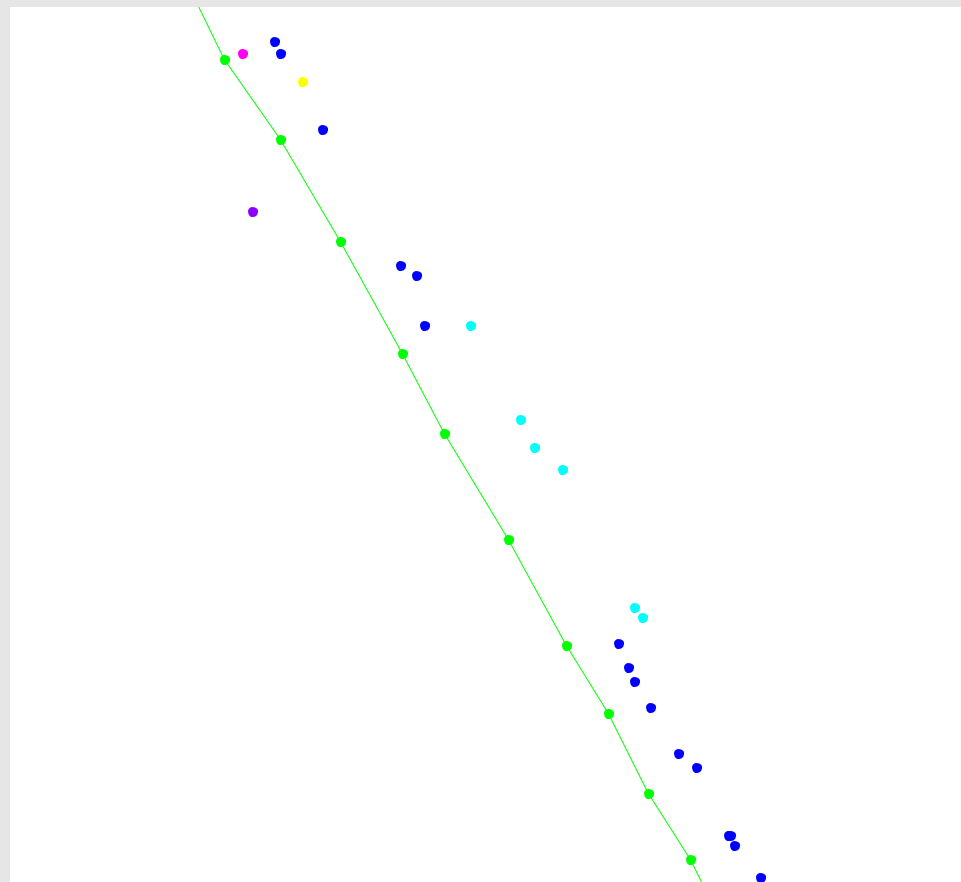
小さい



バイアス値が
上がっている

位置精度（5～10NM）の分析

羽田空港からの距離（7NM付近）
受信局組み合わせ毎の航跡



WAM航跡

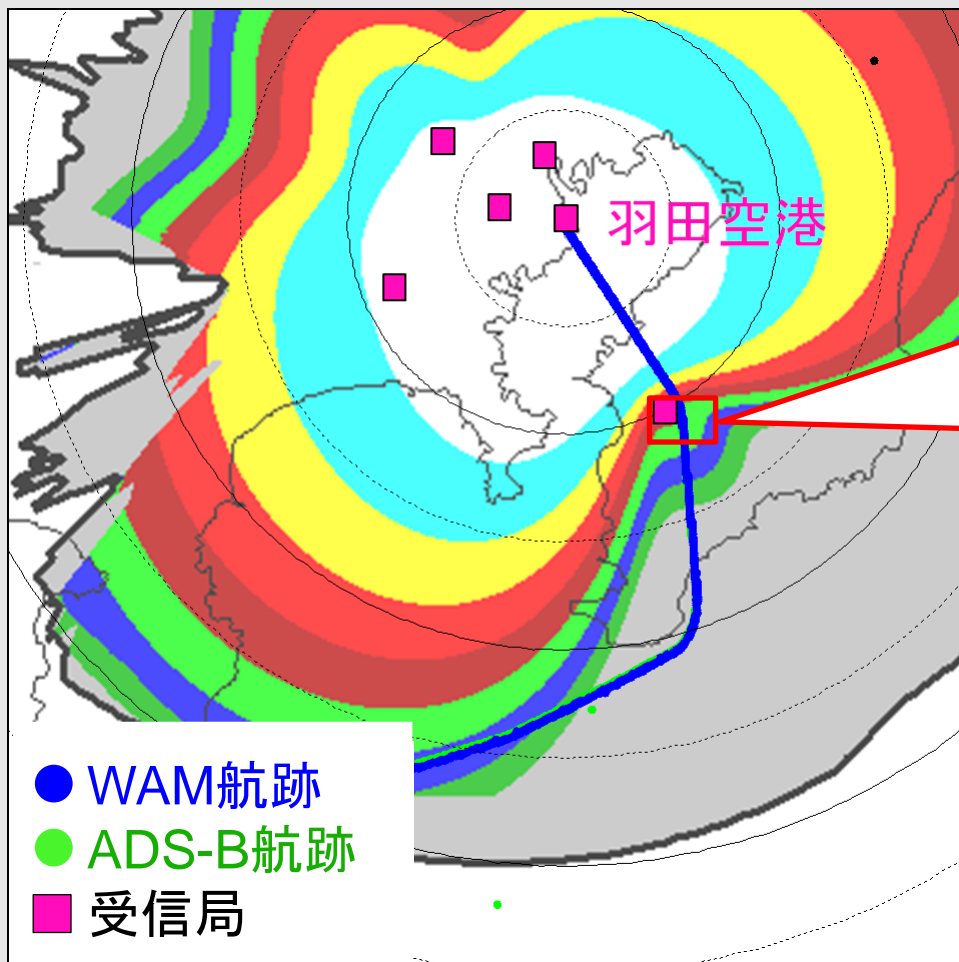
- 全7局
- 大和を除く6局
- 成田を除く6局
- 鹿野山を除く6局

●● ADS-B航跡

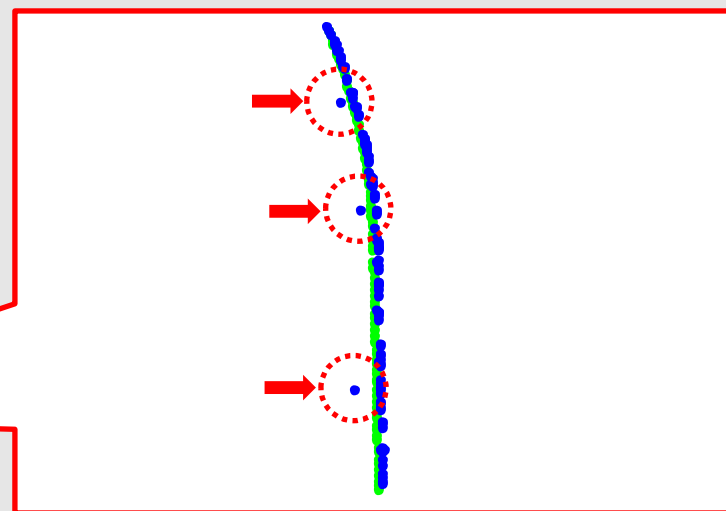
詳細な原因を調査中

位置精度（20～30NM）の分析

成田局を除外したDOP分布



21NM付近の航跡拡大図



成田が受信できない
場合の測位結果
(○で示す)

位置精度の悪化

WAMの課題

位置精度、検出率の改善

一般的な対策 ⇒ 受信局の追加



受信局数の増加による課題

処理装置（測位計算）の負荷増大

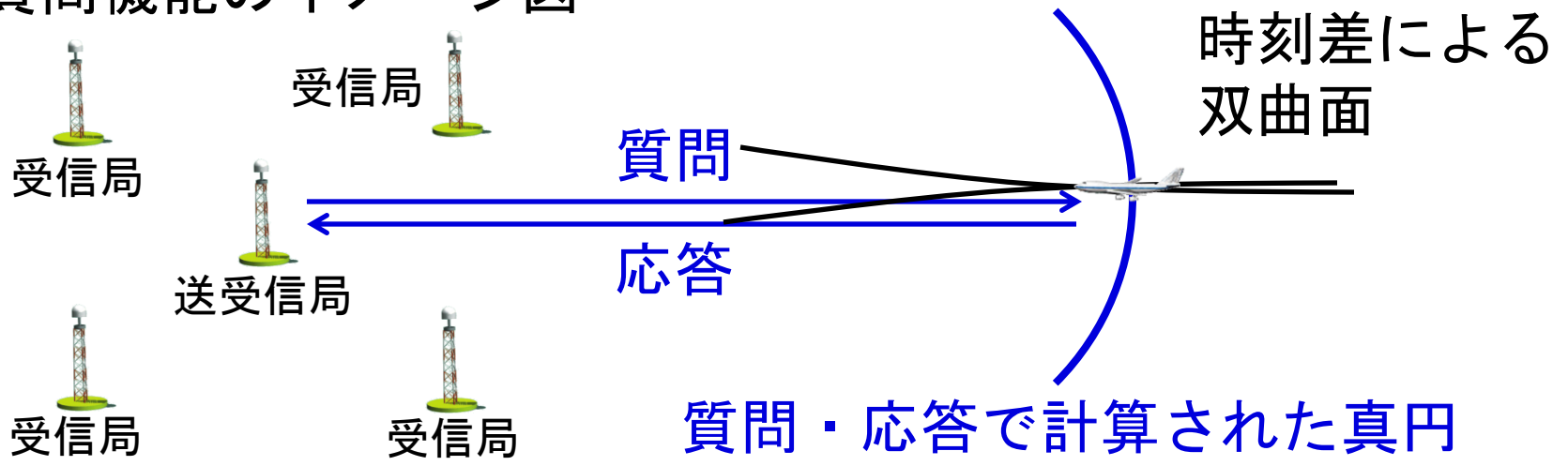
整備費用、維持費用（電源、回線費用）の増大

少ない受信局数での高性能化の達成が重要

課題に対する対策

| 対策 | 効果 |
|-----------|---------|
| 質問機能の活用 | 検出率の改善 |
| 測位計算方式の改良 | 位置精度の改善 |
| 追尾機能の活用 | 位置精度の改善 |

質問機能のイメージ図



まとめ

- 受信局拡張前後の航跡データにより性能値を比較
 - 監視覆域・検出率ともに向上することを確認
- 位置精度が悪化する覆域が存在する
 - 測位計算する受信局の組み合わせが要因
- 遠方では性能要件を満たしていない

今後は・・・

- ☆ 質問機能の活用
- ☆ 測位計算方式の改良
- ☆ 追尾機能の活用

謝辞

実験装置の設置・調整，ならびに評価試験を実施するにあたり，多大なご協力いただきました

- ☆ 国土交通省 東京航空局
- ☆ 東京空港事務所 様
- ☆ 成田空港事務所 様
- ☆ 大和航空路監視レーダー事務所 様
- ☆ 国土地理院 鹿野山測地観測所 様

関係各位に深く感謝の意を表します。

ご清聴ありがとうございました。