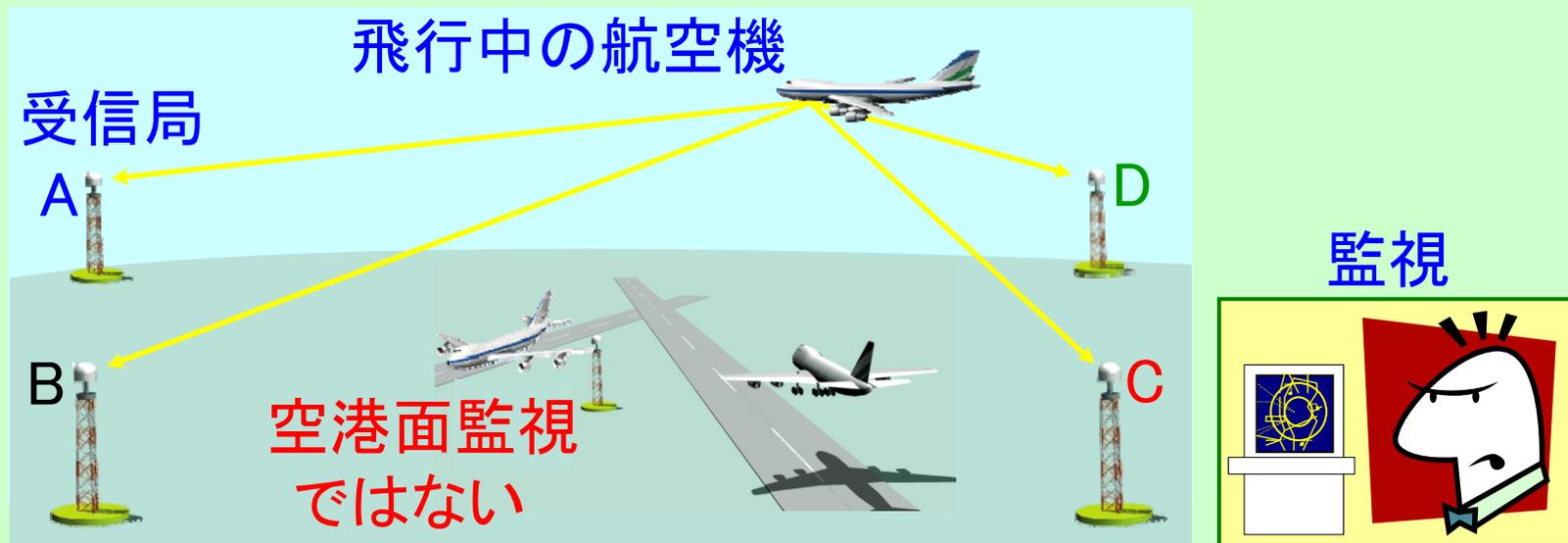


# 広域マルチラレーションの 評価試験

宮崎, 古賀, 島田, 角張, 二瓶, 上田※  
※航空局技術管理センター

# 広域マルチラテレーションとは？ (WAM: Wide Area Multilateration)

○アプローチ, ターミナル等の空域を監視



→当研究所ではWAM開発の研究を進めている

# 発表内容

- 研究の背景・目的
- 広域マルチラテレーションの概要
- WAM実験装置
- 評価試験（初期評価）

# 研究の背景

○羽田・成田では滑走路の増設や延伸  
→空港容量の拡張



羽田：D滑走路増設

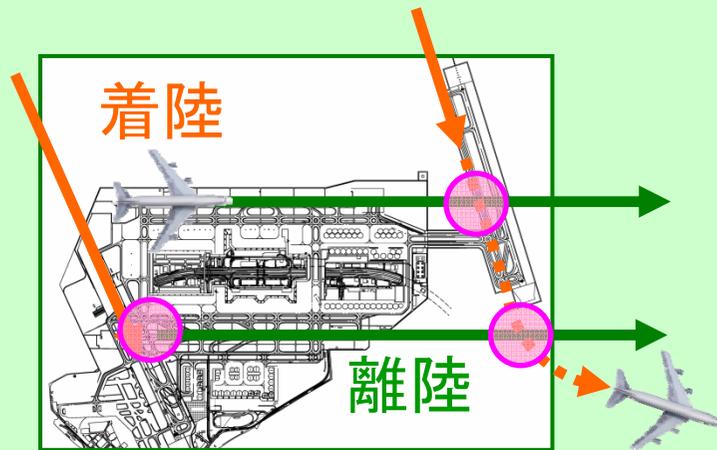


成田：B滑走路延伸

# 研究の背景

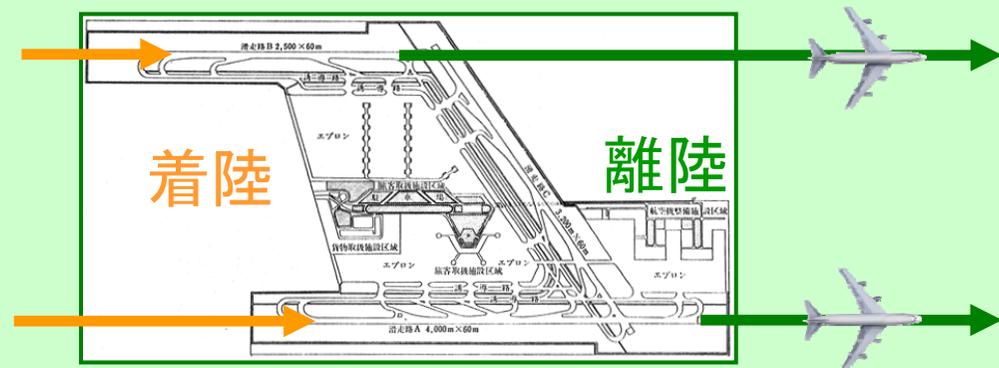
- 空港拡張後：高度な運用方式  
→井桁運用・並行滑走路の同時離着陸

羽田：井桁運用



離着陸のタイミング  
が滑走路間で依存

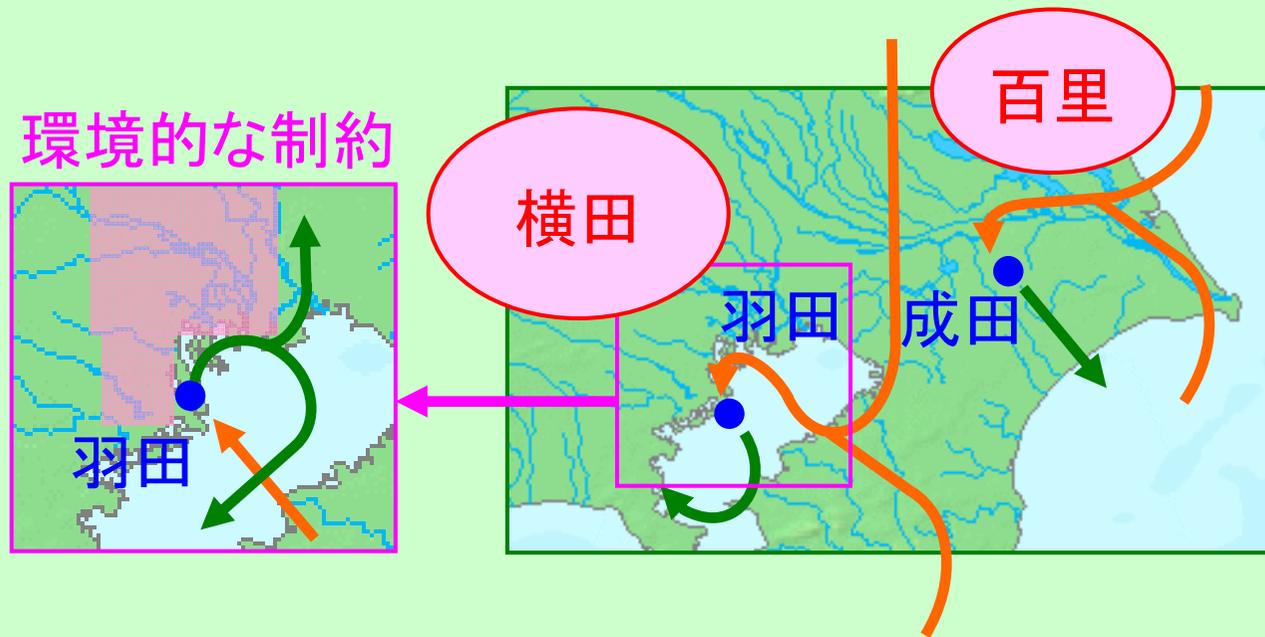
成田：同時出発



離陸後の並行区間が長い

## 羽田・成田周囲の空域

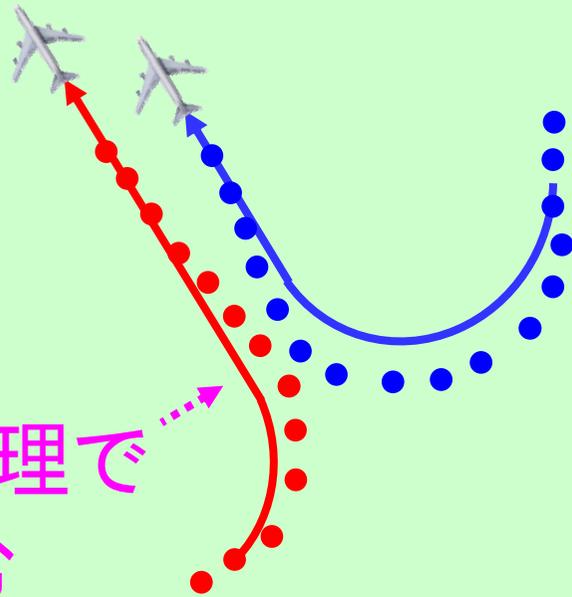
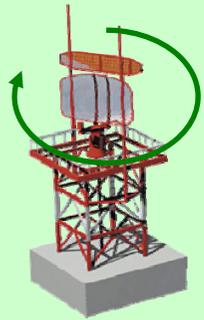
- 米軍・自衛隊の空域や環境的な制約  
→航空機は**限られた狭い経路**を飛行



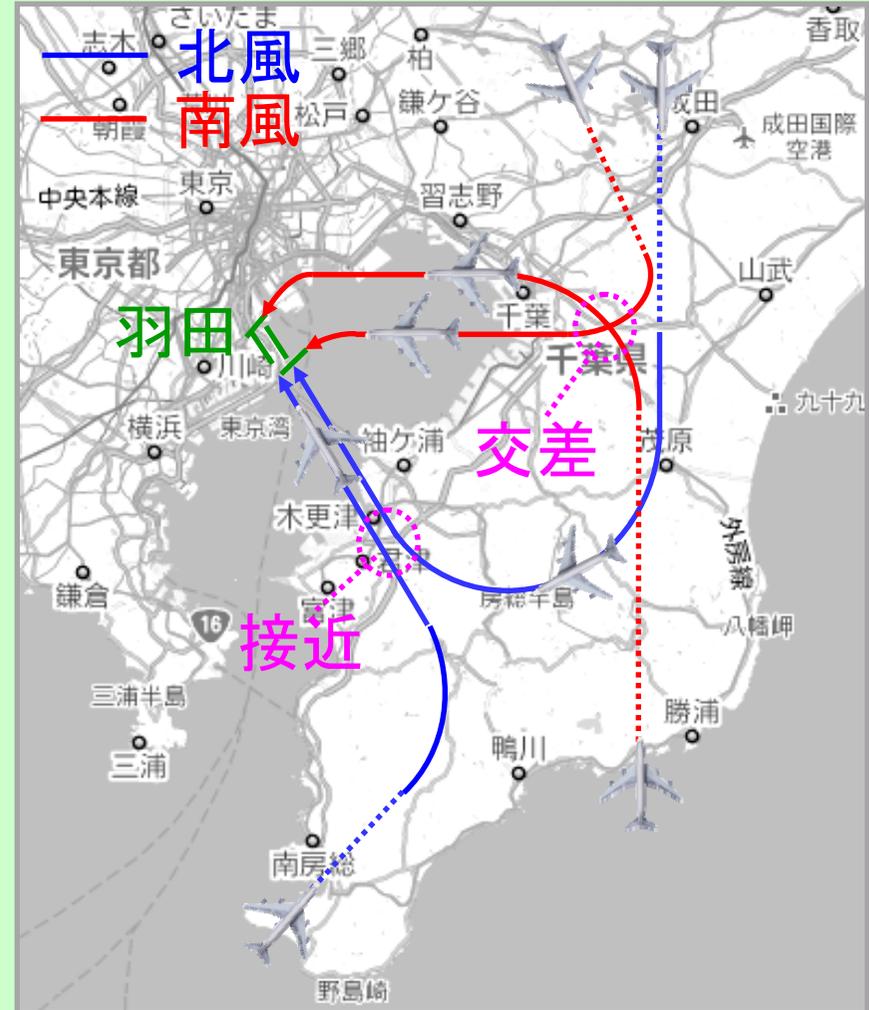
より高性能な監視システムが求められる

# 研究の背景

○ターミナル・レーダー  
→課題: 更新頻度が遅い



追尾処理で  
ふくらむ



広域マルチラレーション(WAM)

## 研究の目的

○WAM実験装置を製作

→高度なWAM技術を確立

→目標:WAM課題(信頼性の確保)の解決

## 初期評価の目的

○羽田空港周辺に実験装置を設置

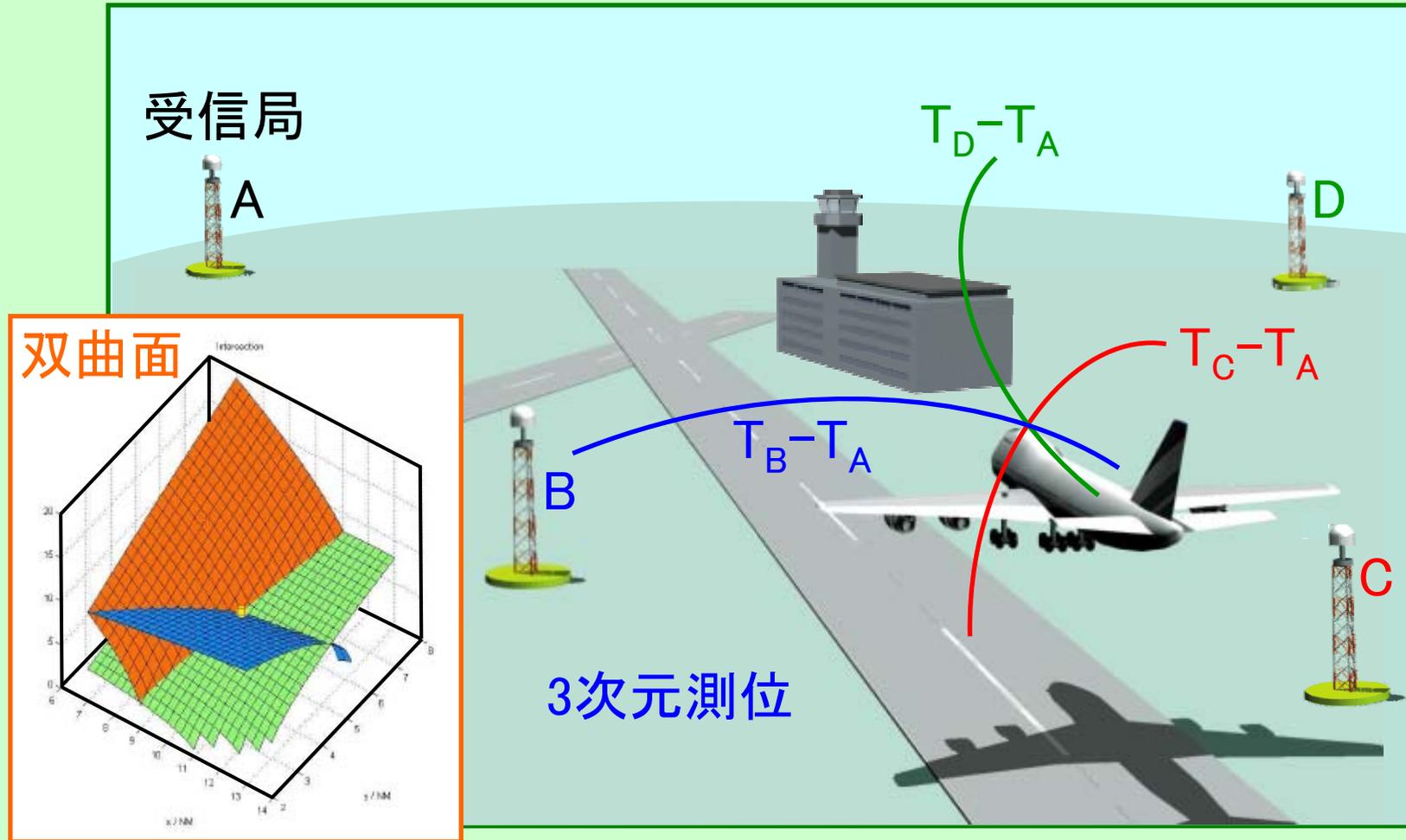
→実験装置の基本性能を確認

最小構成(受信局4局)

# 発表内容

- 研究の背景・目的
- 広域マルチラテレーションの概要
- WAM実験装置
- 評価試験（初期評価）

# 測位原理



○最低4局の受信局で信号を検出

# 特徴

二次監視レーダー(SSR)の課題を克服可能

ADS-Bとの共用が可能

長期的に有効な監視技術

受信局配置  
を工夫

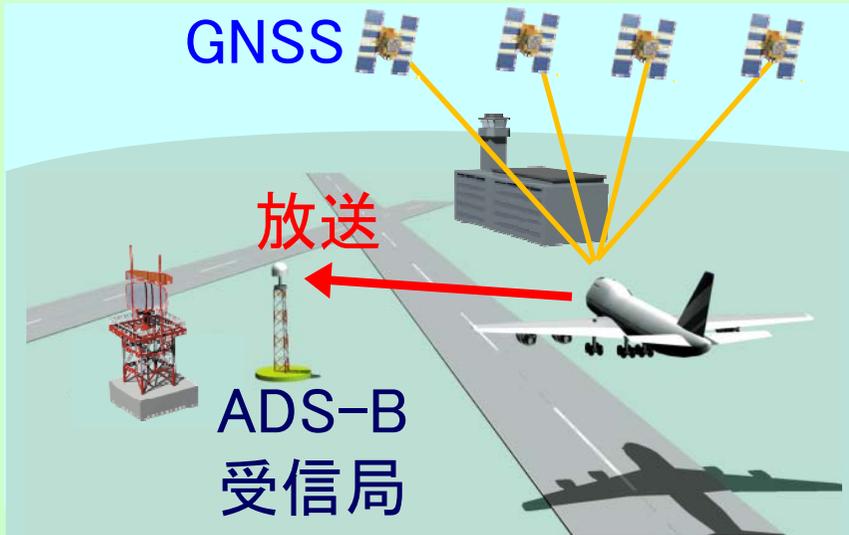
	ターミナルSSR	WAM
更新頻度	4秒	1秒平均
覆域	固定(地形に影響)	柔軟に設計可
非検出領域	近傍, 空中線直上	基本的になし

SSR: Secondary Surveillance Radar

ADS-B: Automatic Dependent Surveillance-Broadcast

# 特徴

## ADS-Bとの共用が可能



補足スキッタ、モードS応答

制御	アドレス
----	------

拡張スキッタ

位置情報等

制御	ADS-B情報	アドレス
----	---------	------

プリアンブル

データブロック



○ADS-B: 高機能・高性能な監視を実現

○WAMとADS-B: 同じ信号形式

運用OK

→ADS-B情報の解読機能を持たせる

# 特徴

## 長期的に有効な監視技術

- ・旅客機や貨物機：モードSトランスポンダを装備  
→WAMは直ちに運用を開始できる

- ・ADS-B：航空機側に搭載装置が必要  
→運用開始は航空機側の装備状況に依存  
→WAM導入時にADS-B機能を実装

要長期間

効率的移行

- ・ADS-B運用開始後：位置情報の検証が必要

WAMが最適

# 高性能化のポイント

○位置を信号到達時刻差から幾何学的に算出

→信号検出時刻の測定精度( $\sigma$ )

- 受信局間の時刻同期精度
- 時刻検出の分解能

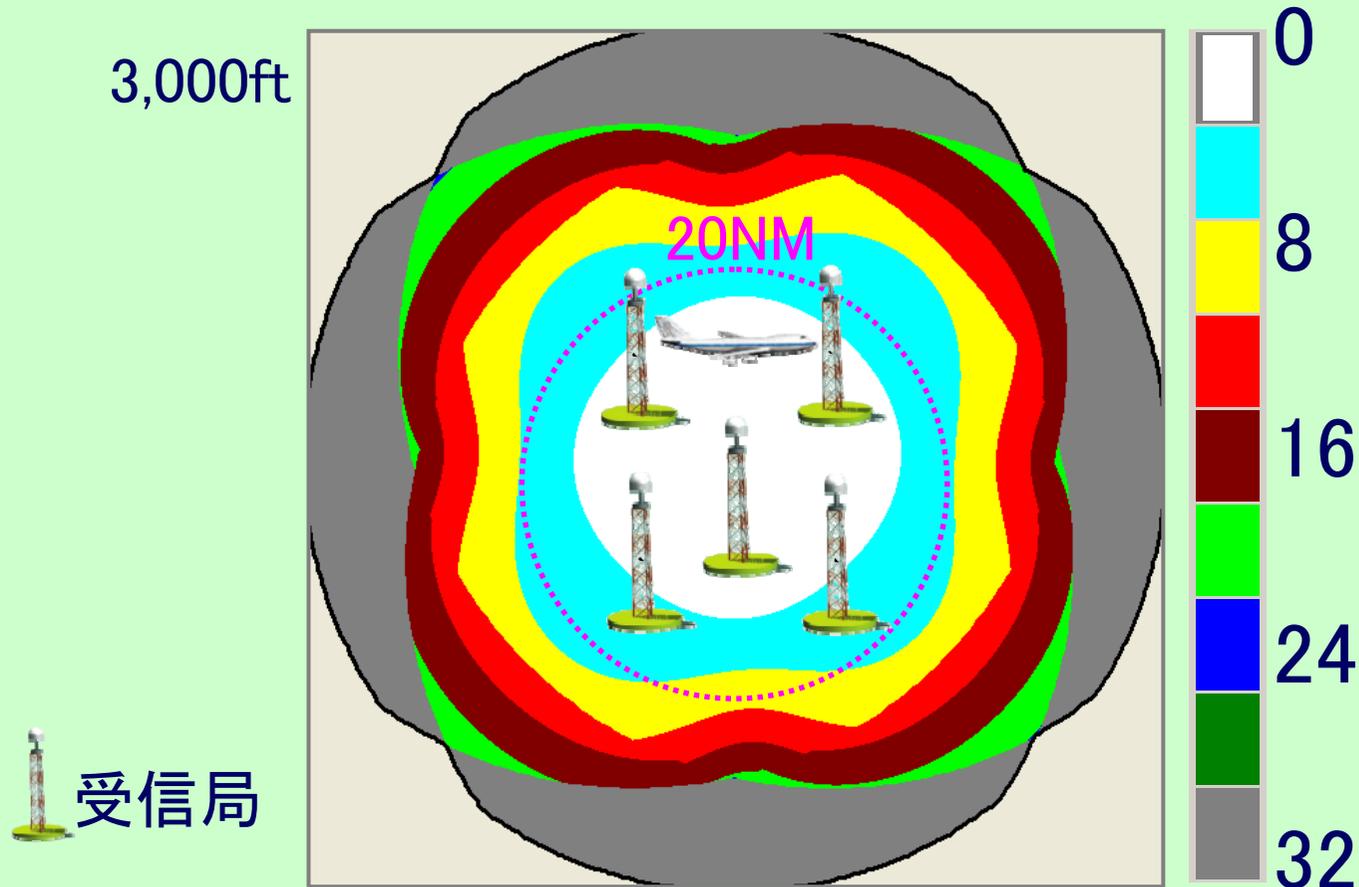
→精度劣化指数(DOP)

- 航空機と受信局の位置関係

$$\text{位置精度} = \sigma \times \text{DOP}$$

# 精度劣化指数(DOP)

○受信局が囲む配置となった場合に良好



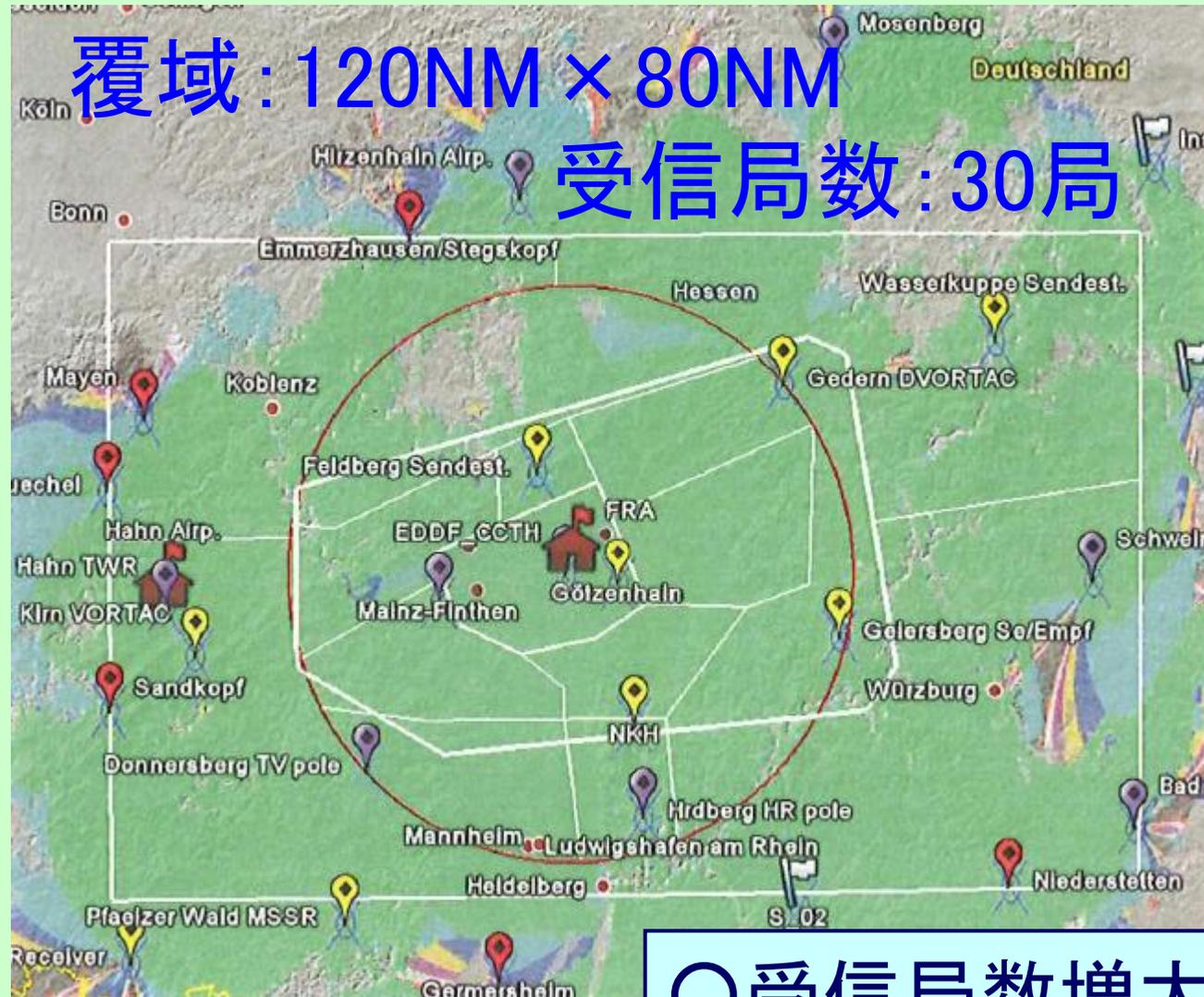
WAMでは広範囲な受信局の配置が必要

## WAMの課題

- WAM性能低下の主な要因→信号干渉
  - ・検出時刻の誤測定→測位精度の低下
  - ・信号内容の誤解読→検出率の低下
- 信号干渉への対策
  - ・受信局配置に冗長性を持たせる
  - ・ある受信局 × →他の受信局で測位
- 受信局数の増加→弊害も招く
  - ・処理装置の負荷上昇
  - ・整備や維持費用の増大

**少ない受信局数での信頼性の確保**

# フランクフルトWAM



○信号数大→性能低下

○受信局数増大  
→処理負荷上昇

# シドニー-WAM

覆域: 45NM

○信頼性確保  
→ 難しい

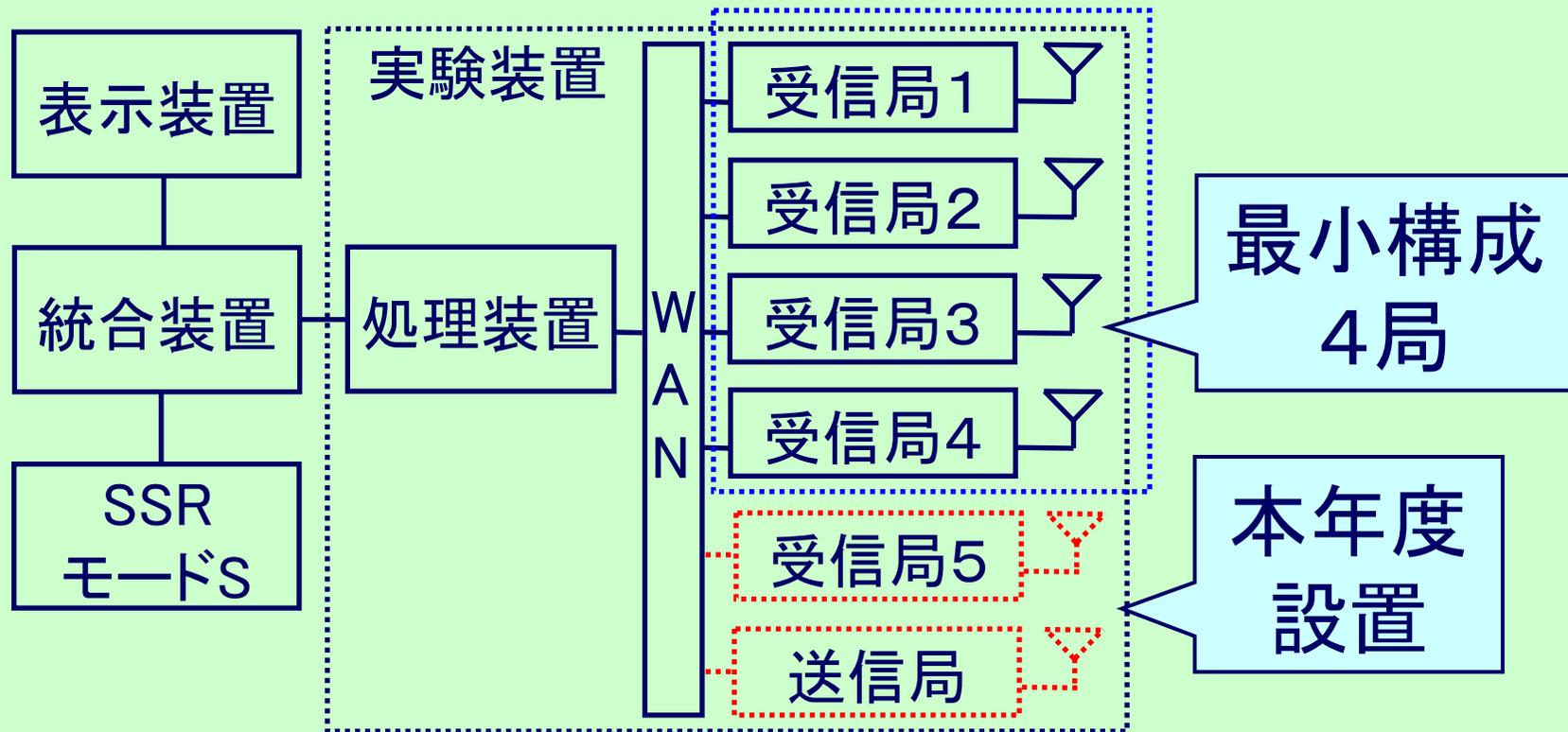
- 覆域(冗長性有)
- 覆域( // 無)
- ◆ 受信局
- モニタ局

○場合によって  
→ 高価になる

# 発表内容

- 研究の背景・目的
- 広域マルチラテレーションの概要
- WAM実験装置
- 評価試験（初期評価）

# 実験装置の構成



○初期評価の対象：受信局4局

# 実験装置の特徴

## ○測位計算方式の改良

- ・幾何演算方式: DOPを基に最適な受信局を選択
- ・収束演算方式: 全ての受信局を利用して計算
- ・平面演算方式: 気圧高度を利用して2次元計算

## ○信号検出時刻の高精度な測定

## ○質問機能の活用

## 信号検出時刻の高精度な測定

$$\text{位置精度} = \sigma \times \text{DOP}$$

- 信号検出を高精度で測定  
→DOPが悪い領域で相対的に位置精度を維持

### 実験装置

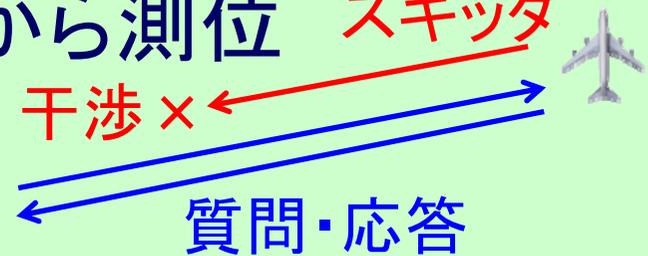
- 時刻検出分解能: 2ナノ秒 (通常10ナノ秒程度)
- 受信局間時刻同期: GPS Common View方式  
→GPS単独方式に対して2~4倍の同期精度

# 質問機能の活用

○信号干渉でスキッタ信号をロス:測位不能

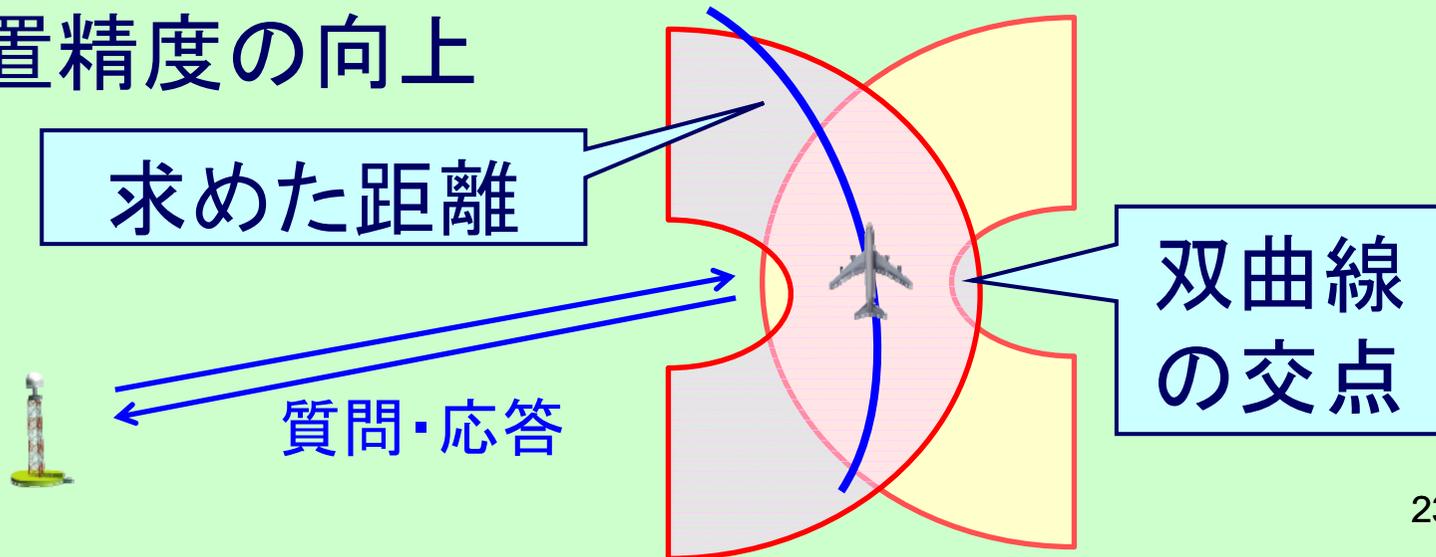
→航空機に質問して得た応答から測位 スキッタ  
→検出率の向上 干渉×

測位○

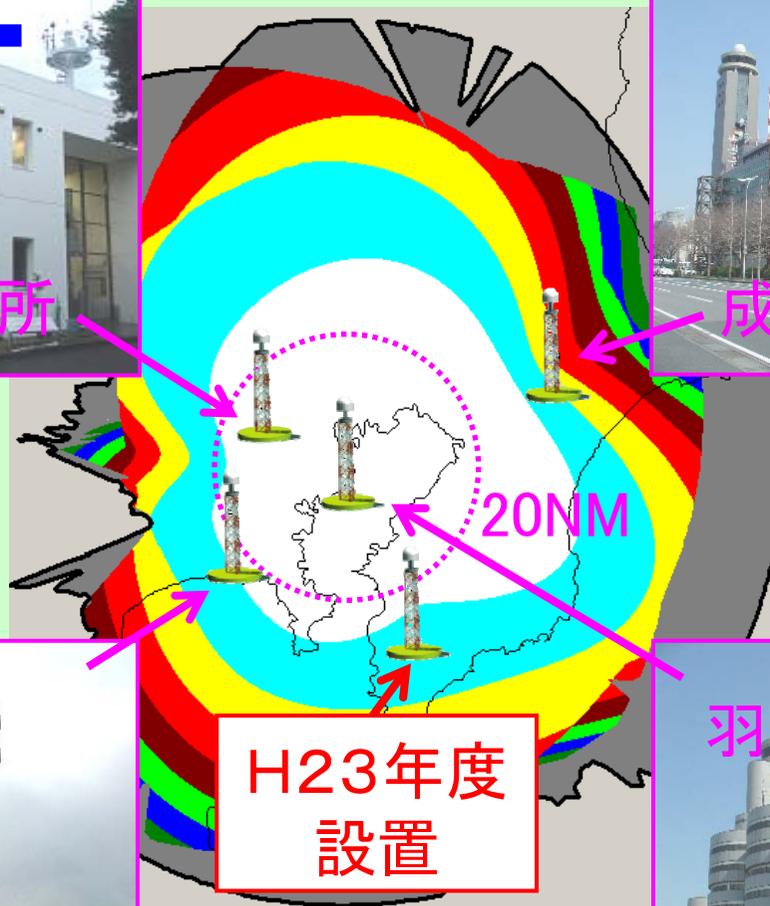


○質問から応答までの時間:算出距離を利用

→位置精度の向上



# 実験装置の配置



# 発表内容

- 研究の背景・目的
- 広域マルチラテレーションの概要
- WAM実験装置
- 評価試験（初期評価）

# 初期評価

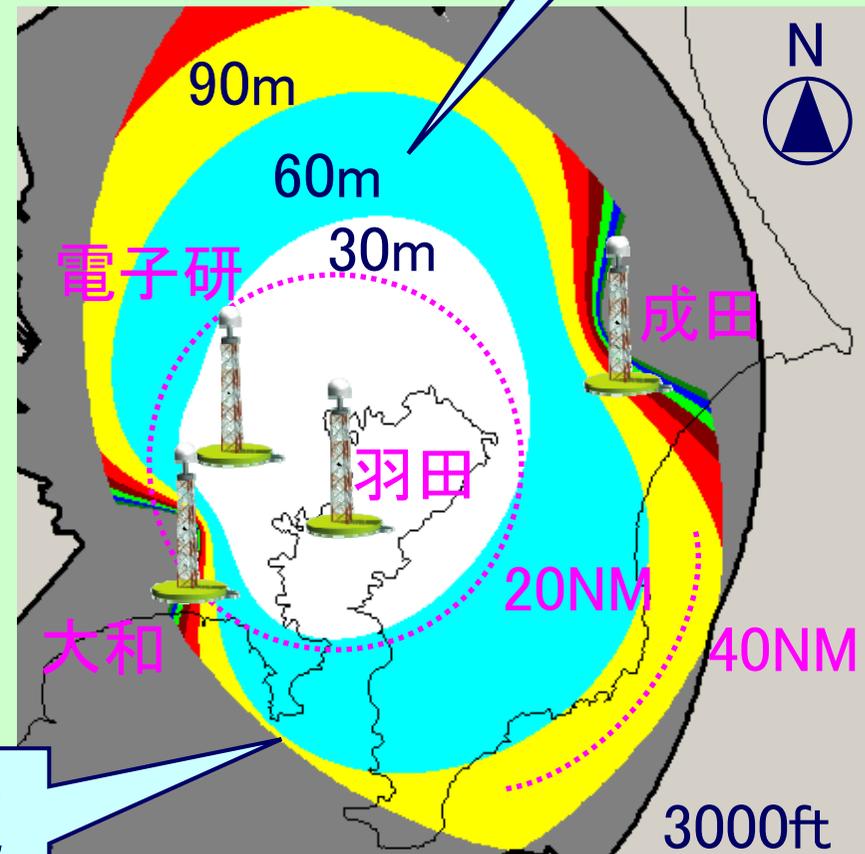
○目的: 最小構成での基本性能の確認

DOP  
想定  
精度

○評価項目: 覆域  
位置精度  
検出率

○評価方法:  
→ 想定値と比較

○対象航空機:  
→ エアライン機



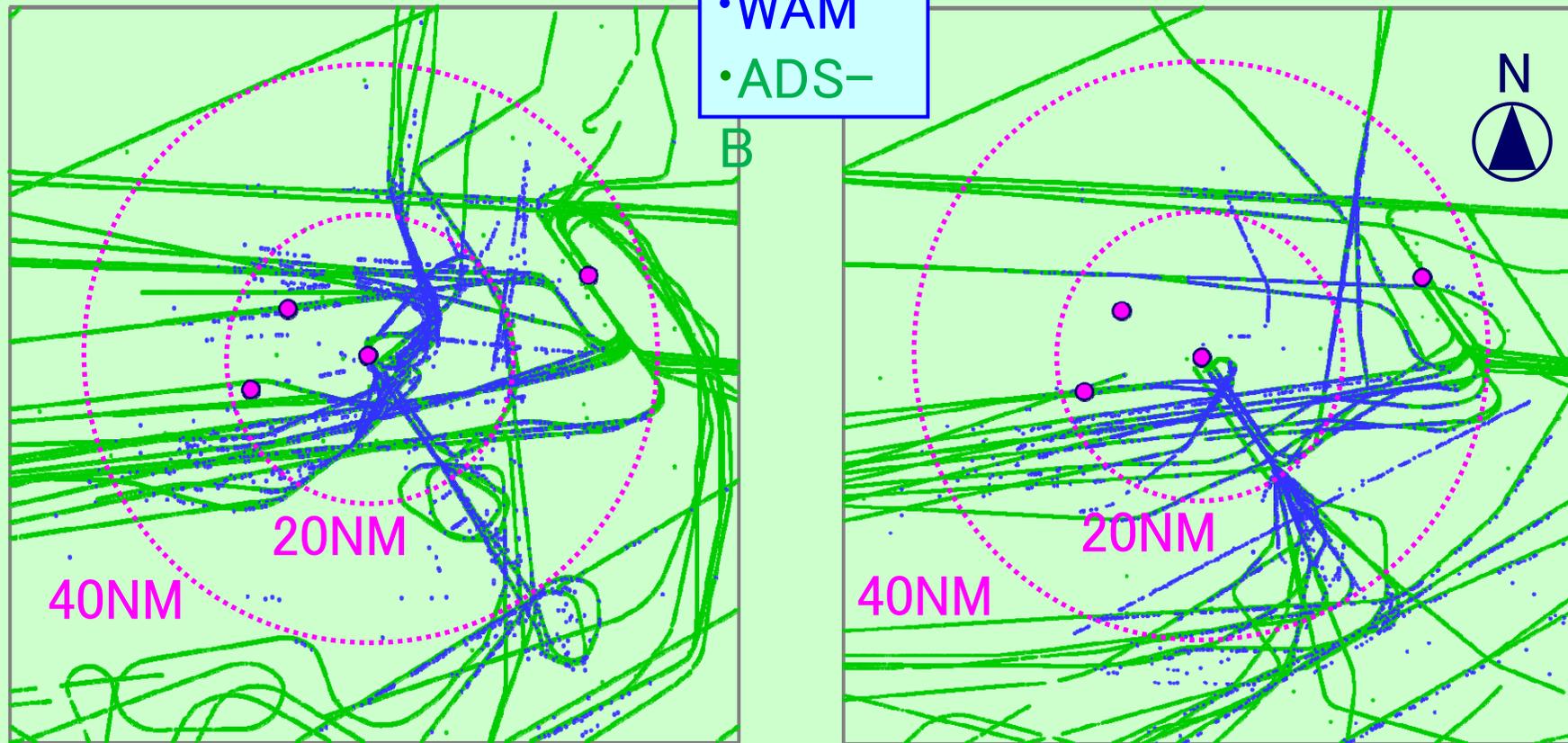
想定  
覆域

受信局配置(4局)

# 監視覆域

繁忙帯(18時頃)

夜間(21時頃)



○想定される覆域(40NM)を確認

○繁忙帯: 誤目標 → 信号干渉の影響

# 位置精度・検出率

距離	位置精度
～10NM	31.0m
10NM～20NM	59.0m
20NM～30NM	92.6m
30NM～40NM	212m
40NM～	430m

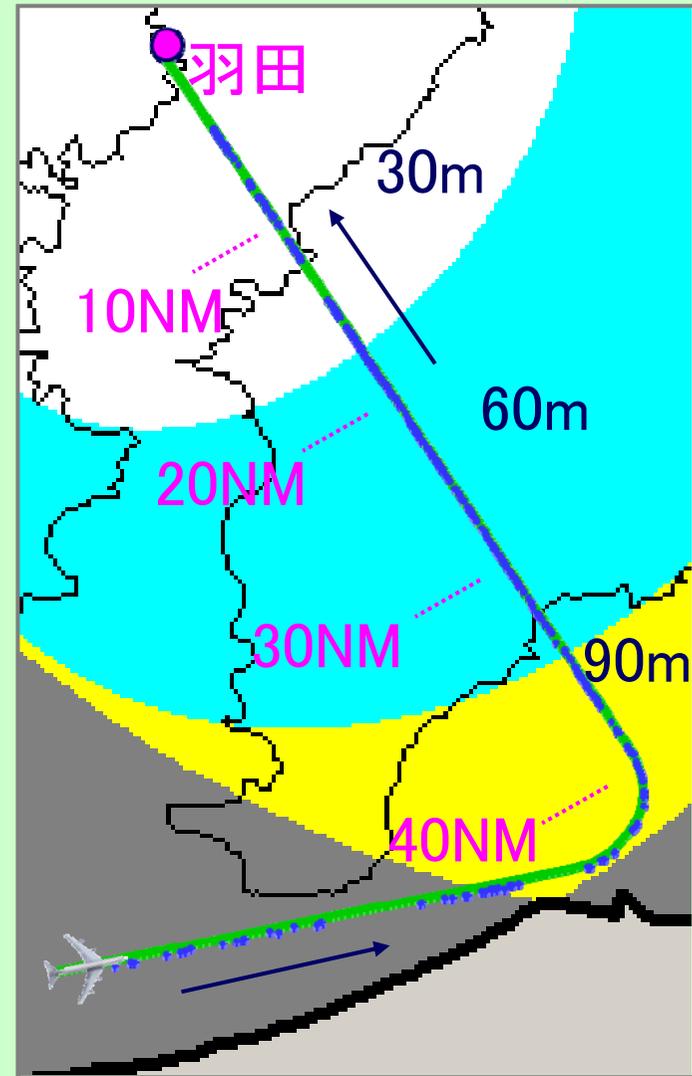
欧州要件  
150m

欧州要件  
97%

距離	検出率
～10NM	70.4%
10NM～20NM	70.0%
20NM～30NM	93.8%
30NM～40NM	90.3%
40NM～	45.8%

空港近傍  
低高度

• WAM • ADS-B



## まとめ

- 羽田空港周辺でWAM初期評価
- おおむね想定される性能を確認
- 特に遠方で性能低下(信号干渉)
- 最小構成での基本性能を把握

## 今後は

- 送信局と受信局を追加
- 効果的に信頼性を高める技術の評価

# 謝辞

実験装置の設置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
- 成田空港事務所
- 大和航空路監視レーダー事務所

関係者の皆様、深く感謝致します。

ありがとうございました