

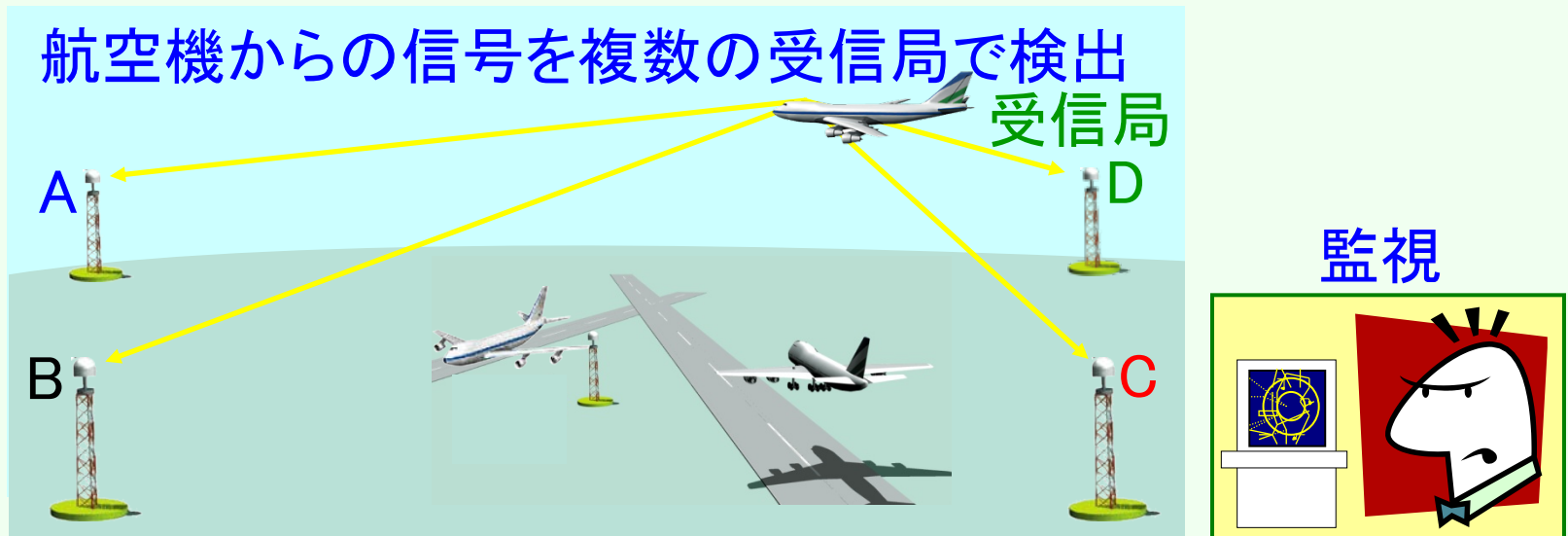


# 広域マルチラレーションの概要と 評価について

電子航法研究所  
宮崎裕己

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

最終進入エリア、空港・航空路空域を  
覆域に持つ航空機監視システム



電子研ではWAM実験装置の試作・評価を進行中

# 講演内容

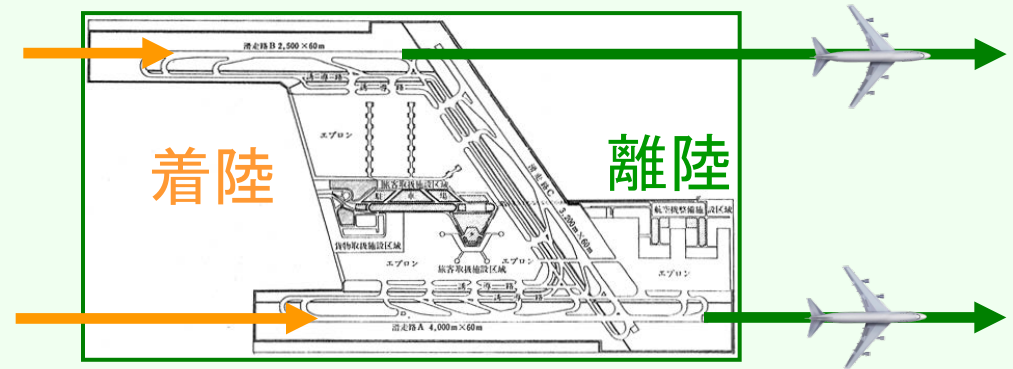
- 評価の背景
- WAMの概要
- 実験装置の概要
- 評価試験

# 評価の背景

- 成田：空港容量の拡張が進められている
  - 平行滑走路の同時離着陸を開始
  - 悪天候時には実施できない



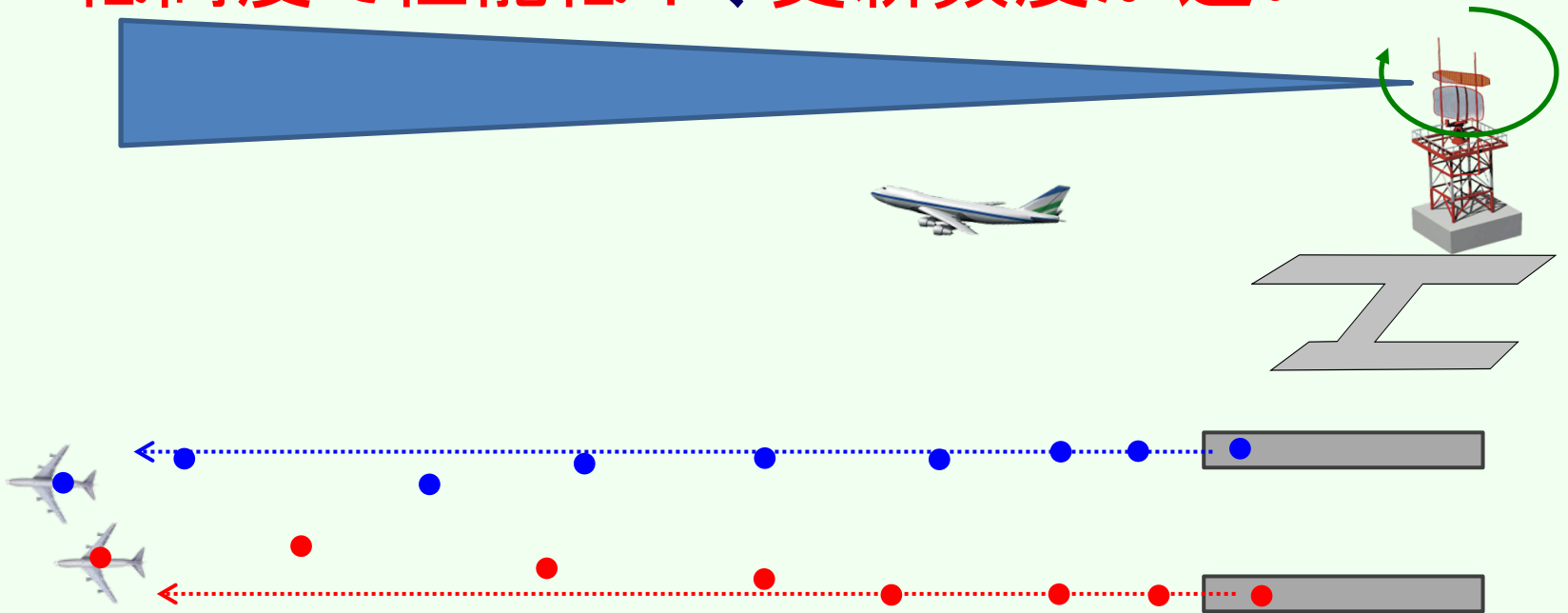
成田：B滑走路延伸



離陸後の並行区間が長い

# 評価の背景

- 空港用二次監視レーダー(SSR)の課題  
→ 低高度で性能低下、更新頻度が遅い



**SSRの課題を解決できる監視システムが必要**

# 評価の背景

## 航空交通管理

変革の方向性

※CARATSより

### 現行(空域ベース運用)



- ・分割された空域、予め定められた経路を基本とした運用
- ・現位置を把握し、将来位置を「予測」

### 将来(軌道ベース運用)



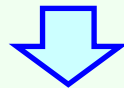
- ・全体を1つの空域として捉え、出発から到着までの軌道を最適化
- ・現位置と将来位置(空間、時間)を「正確に把握」

現位置と将来位置(空間、時間)を正確に把握

技術革新

# 軌道ベースによる運用

- 現位置と将来位置(空間・時間)を**正確に把握**
    - ・シームレスな(ギャップが無い)覆域の実現
    - ・高精度かつ高頻度な監視システムの構築
- 現用の二次監視レーダー(SSR)だけでは困難



## 試作・評価の目的

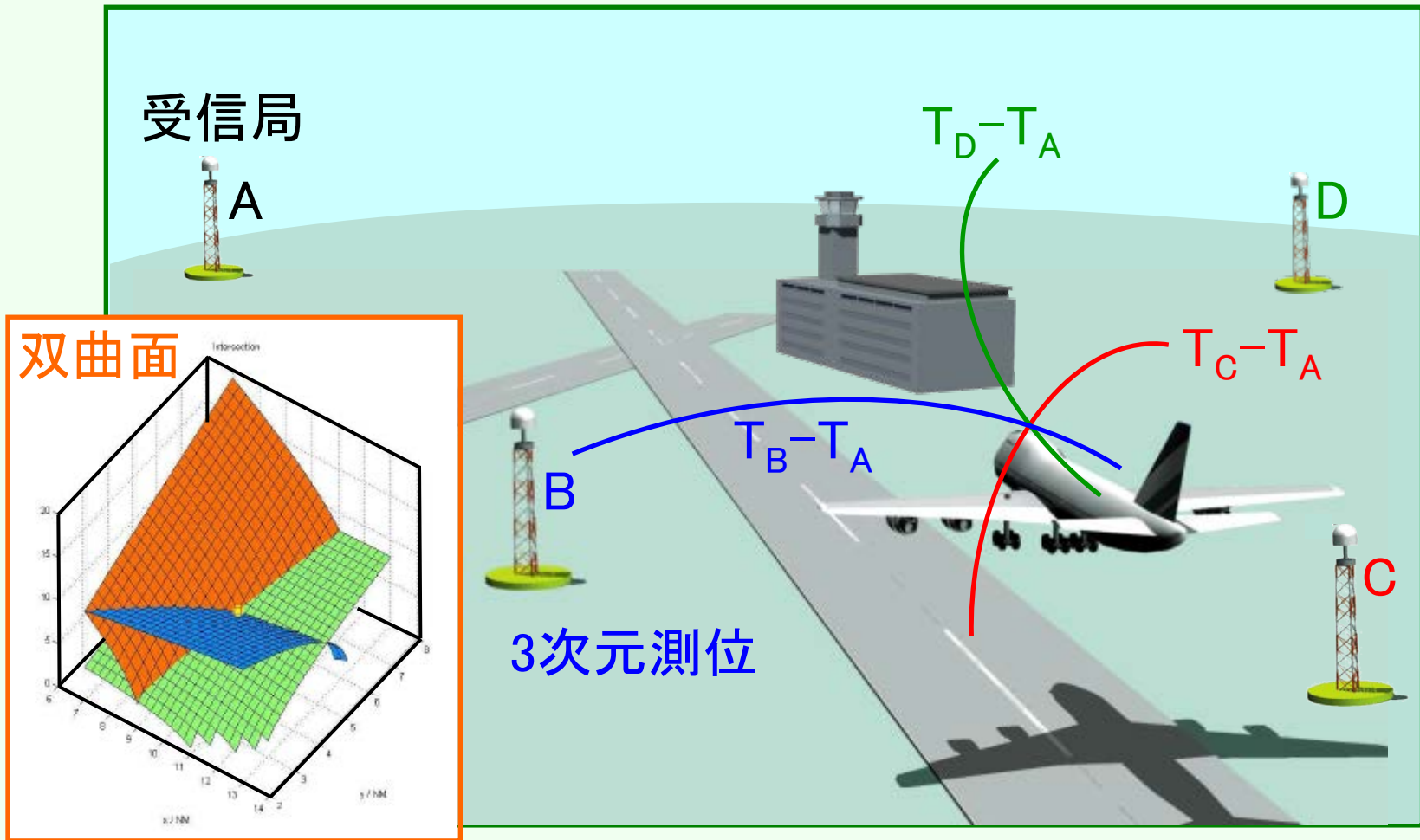
- WAMによる監視導入が期待されている
  - 我が国に高度なWAM技術を確立
  - 重点目標: 高い信頼性(性能)の確保

# 講演内容

- 評価の背景
- WAMの概要
- 実験装置の概要
- 評価試験



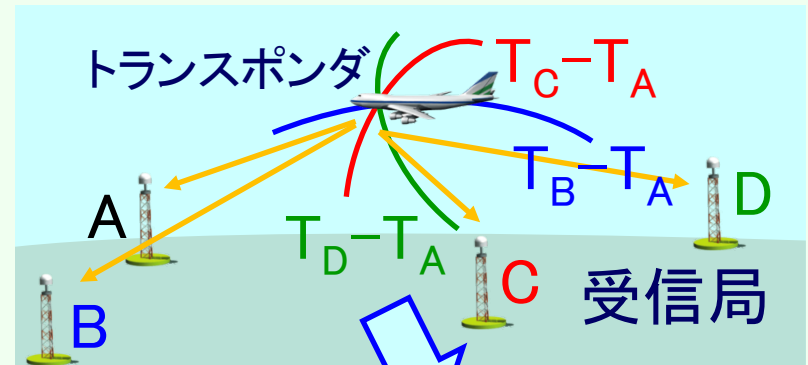
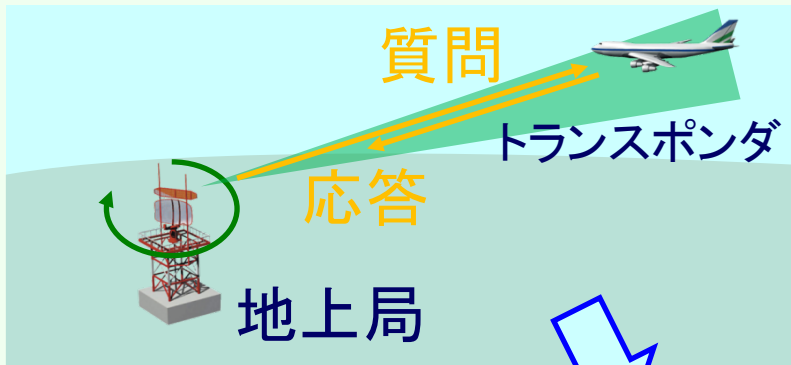
# 測位原理



- 最低4局の受信局で信号を検出
- 信号検出の時刻差から位置を算出

# 特徴

## 二次監視レーダー(SSR)の課題を克服可能

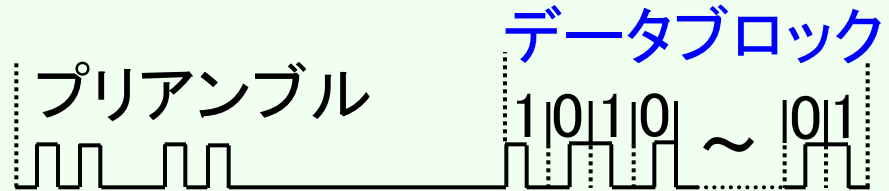
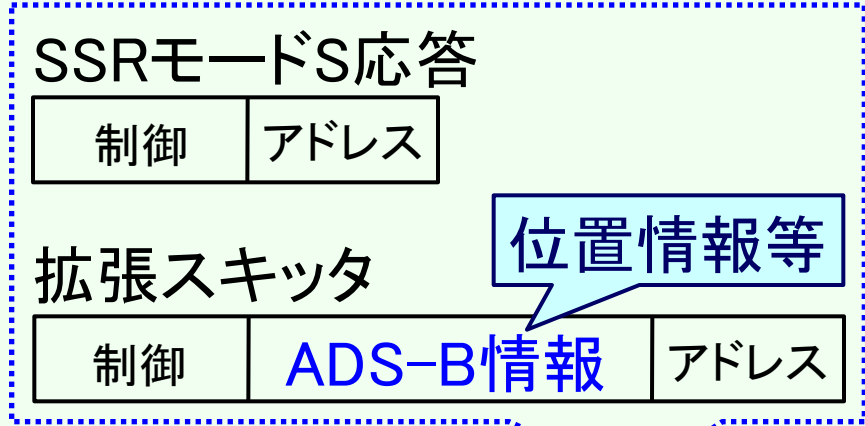
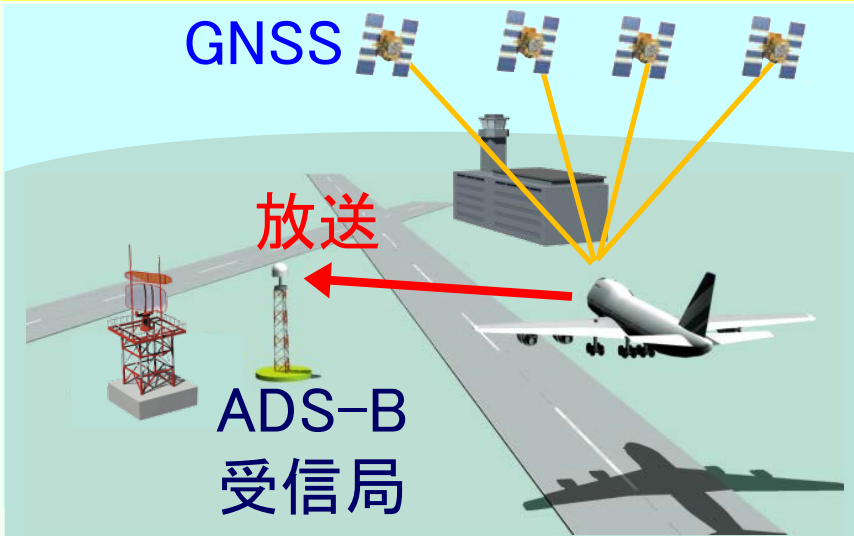


	ターミナルSSR	WAM
更新頻度	4秒	1秒平均
覆域	固定(地形に影響)	柔軟に設計可
低性能領域	低高度, 山岳エリア	基本的になし

受信局配置を工夫

# 特徴

## ADS-Bとの共用が可能



○ADS-B: 高機能・高性能な監視を実現

○WAMとADS-B: 同じ信号形式

同時運用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：既に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

二重投資を避ける効率的移行

- ・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( $\sigma$ )

・時刻検出の分解能(サンプリング周波数)

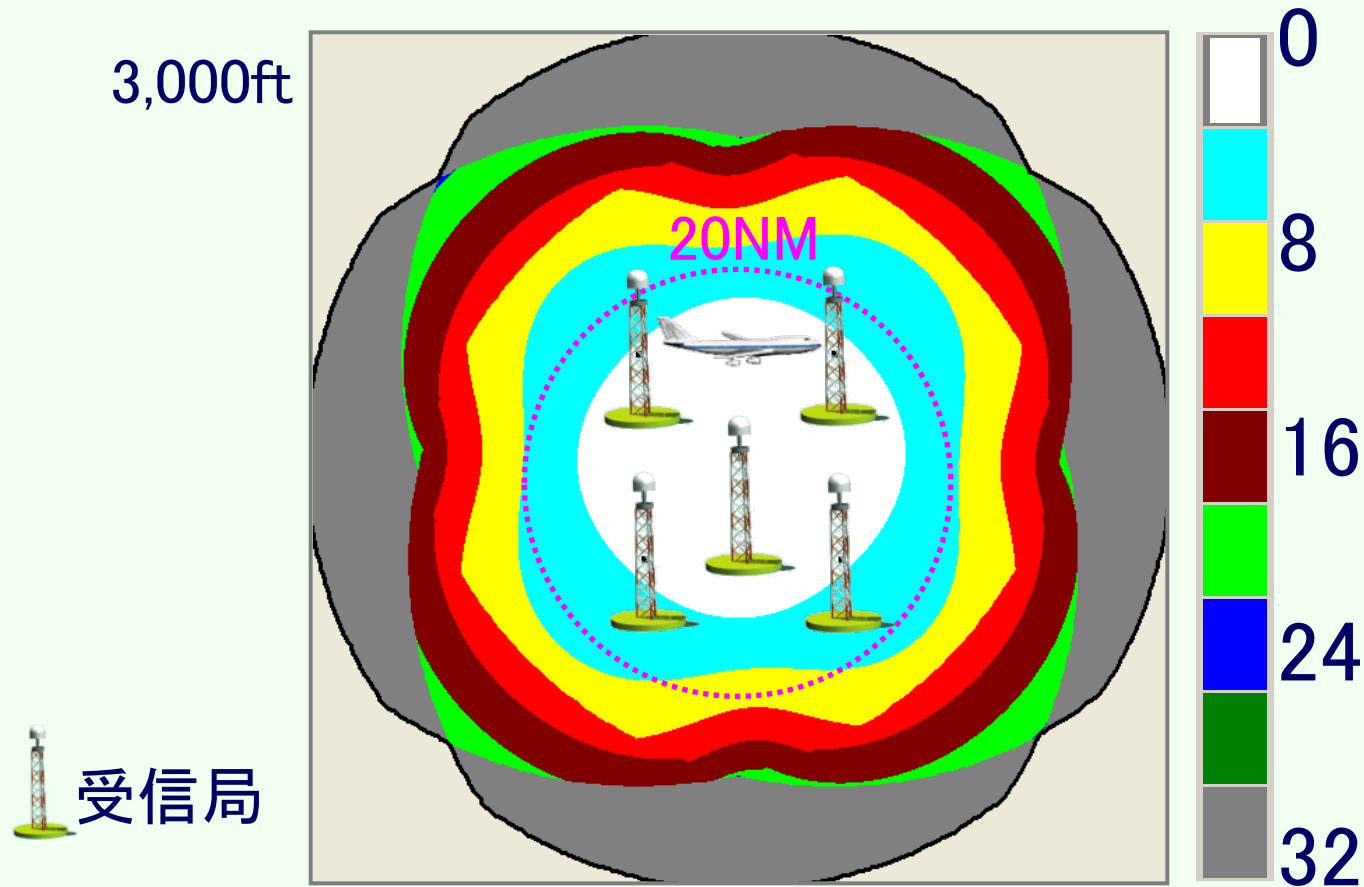
→精度劣化指数(DOP)

・航空機と受信局の位置関係

**位置精度 = 検出精度( $\sigma$ ) × 位置関係(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→測位精度低下
- ・信号内容の誤解読→検出率低下

## ○信号干渉への対策

- ・受信局配置に冗長性を持たせる
- ・ある受信局で検出ロス→他の受信局で測位

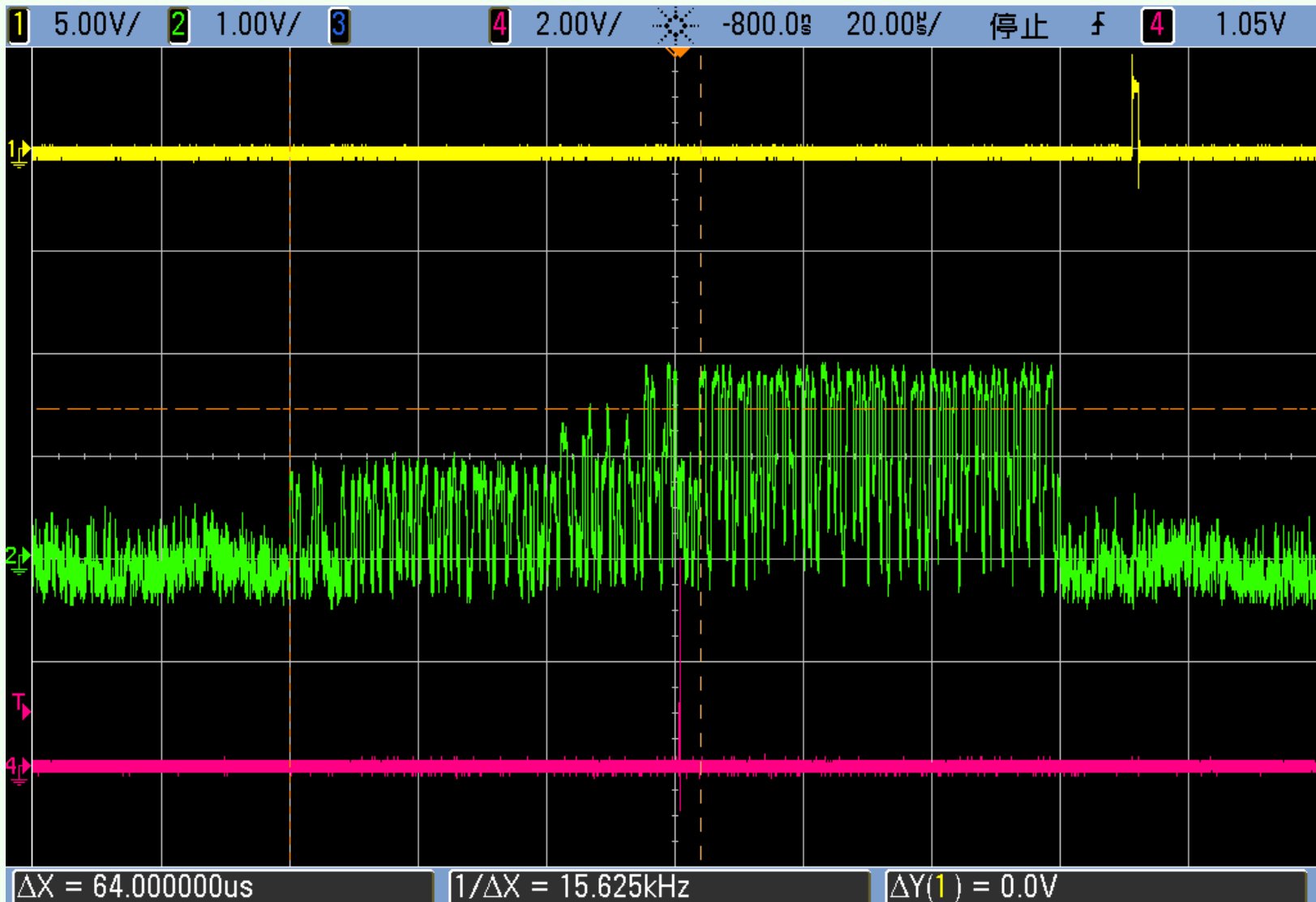
## ○受信局数の増加→弊害も招く

- ・処理装置の負荷上昇
- ・整備や維持費用の増大

理想的な受信局配置  
は現実的に困難

少ない受信局数での高信頼性(性能)の確保

# 信号干涉(重叠)例

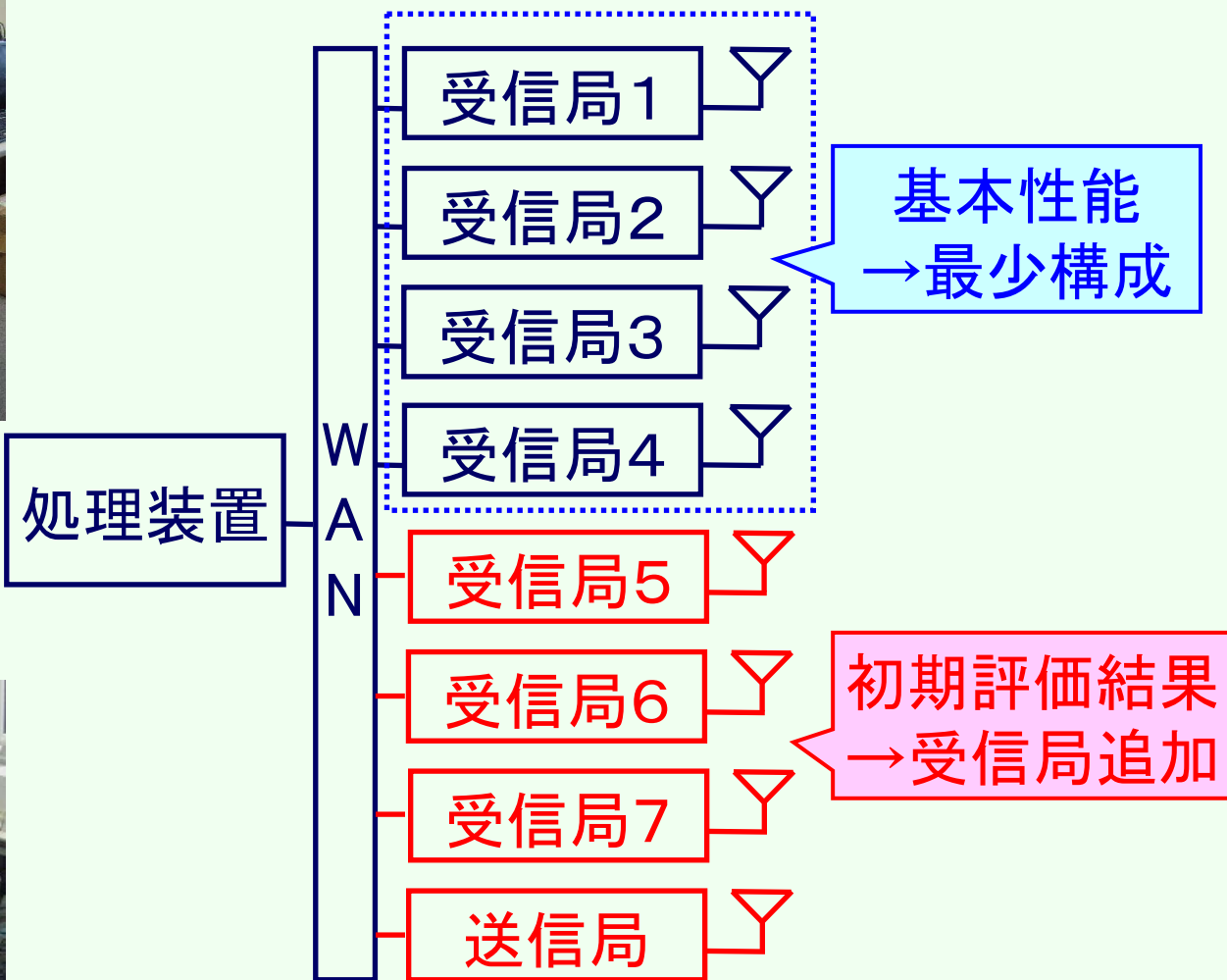




# 講演内容

- 評価の背景
- WAMの概要
- 実験装置の概要
- 評価試験

# 実験装置の構成



WAN: Wide Area Network

# 実験装置の特徴(高性能化)

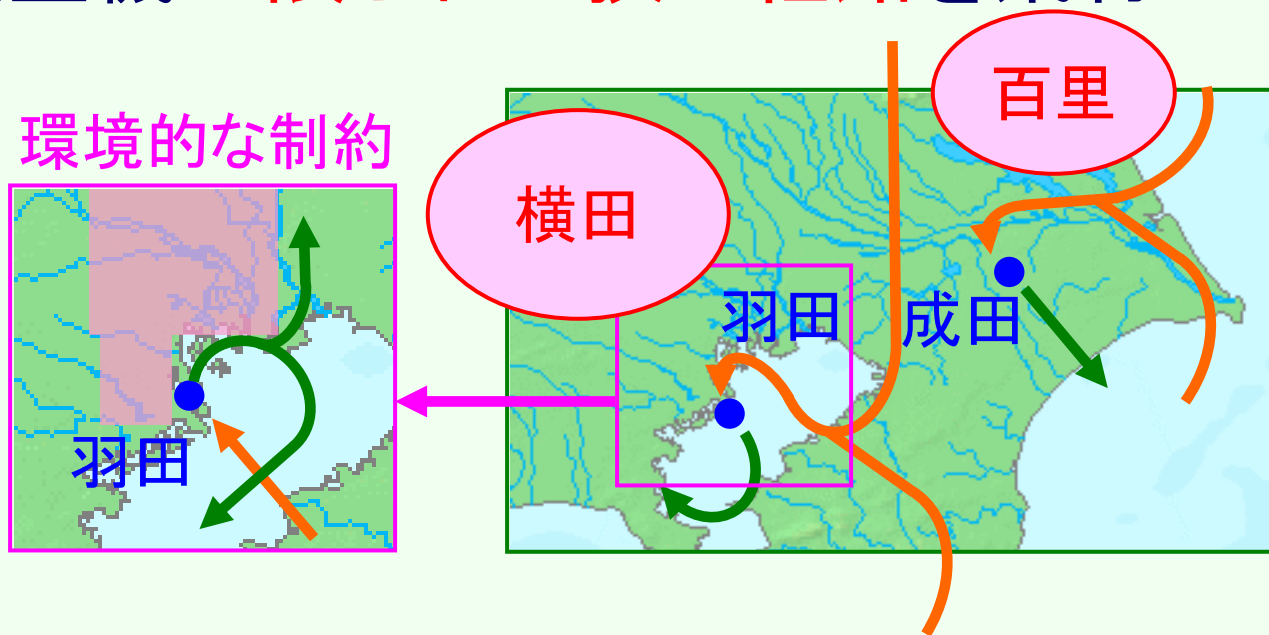
○時刻検出分解能:2ナノ秒(通常10ナノ秒程度)



○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



# 実験装置の特徴(質問機能の活用)

○信号干渉で検出口ス:測位不能

→航空機に質問して得た応答から測位

検出率向上

○質問から応答までの時間:算出距離を利用

位置精度向上

質問・応答で計算された真円

誤差が大きい

質問機能

質問

応答

WAMで計算された  
双曲線

# 基本性能

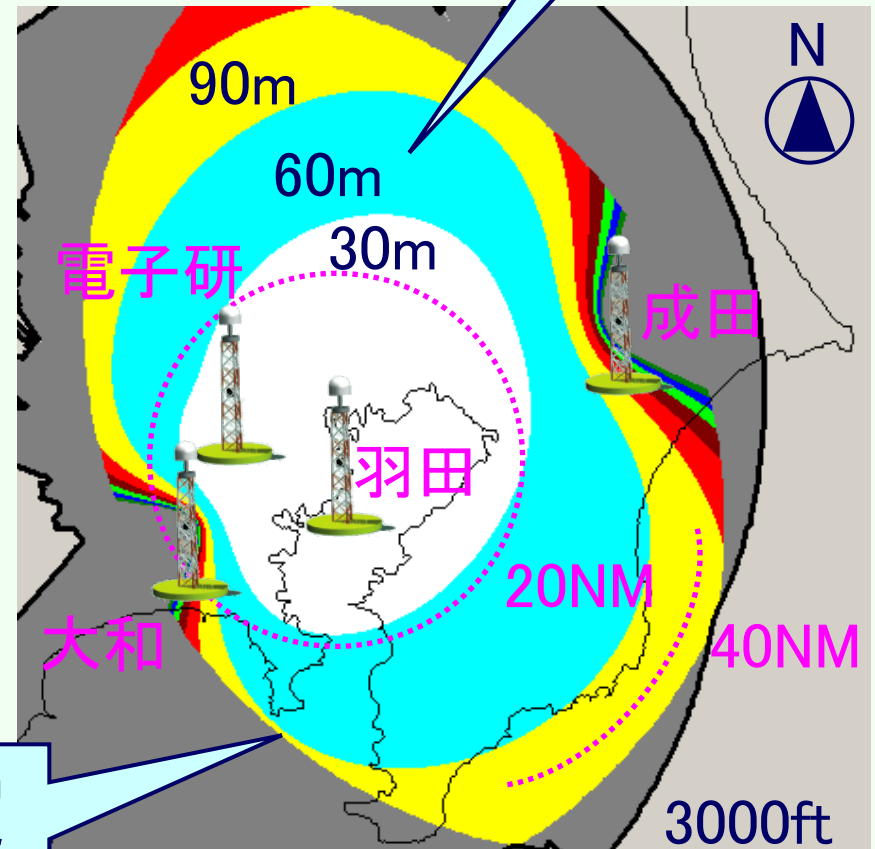
○最少構成での基本性能の確認

○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

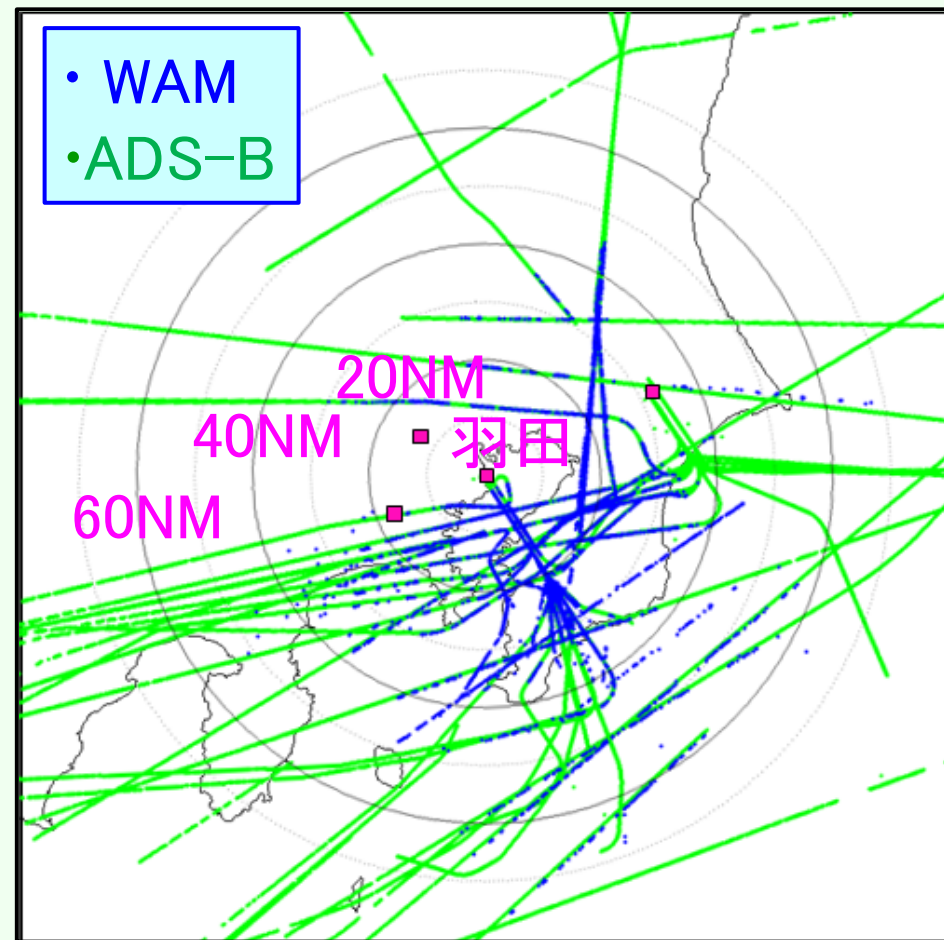
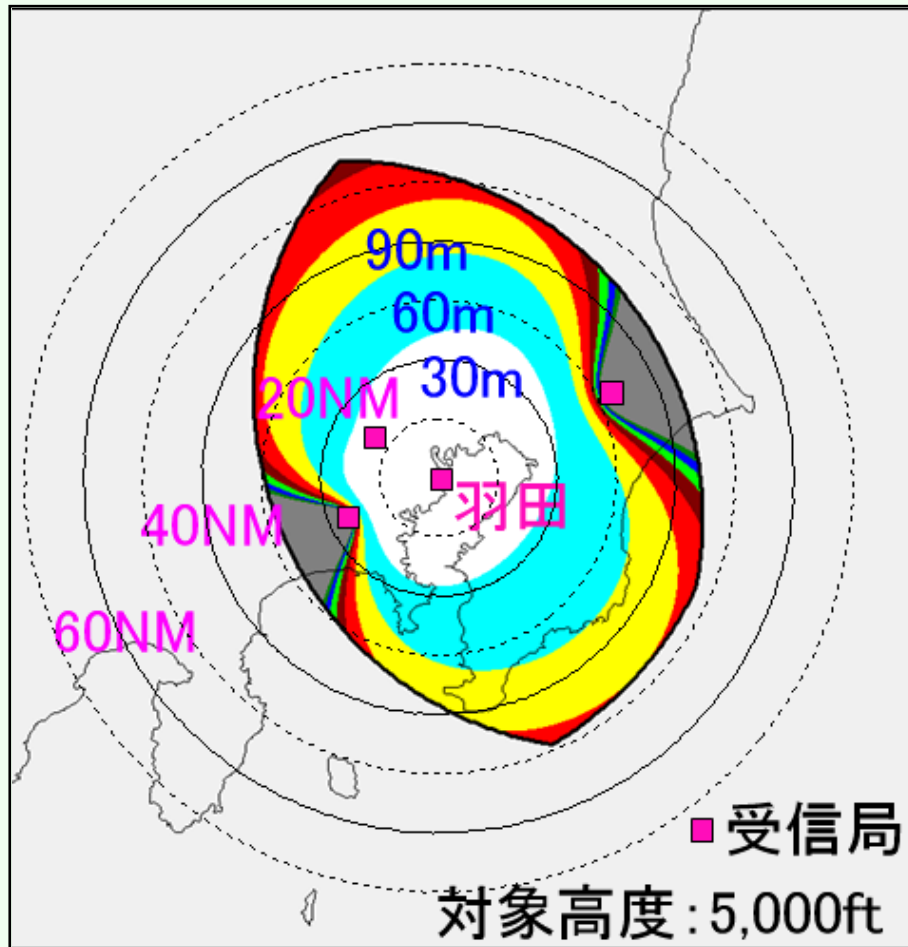
DOP  
想定  
精度



想定  
覆域

受信局配置(4局)

# 監視覆域



○想定される覆域(40NM)を確認

# 位置精度・検出率

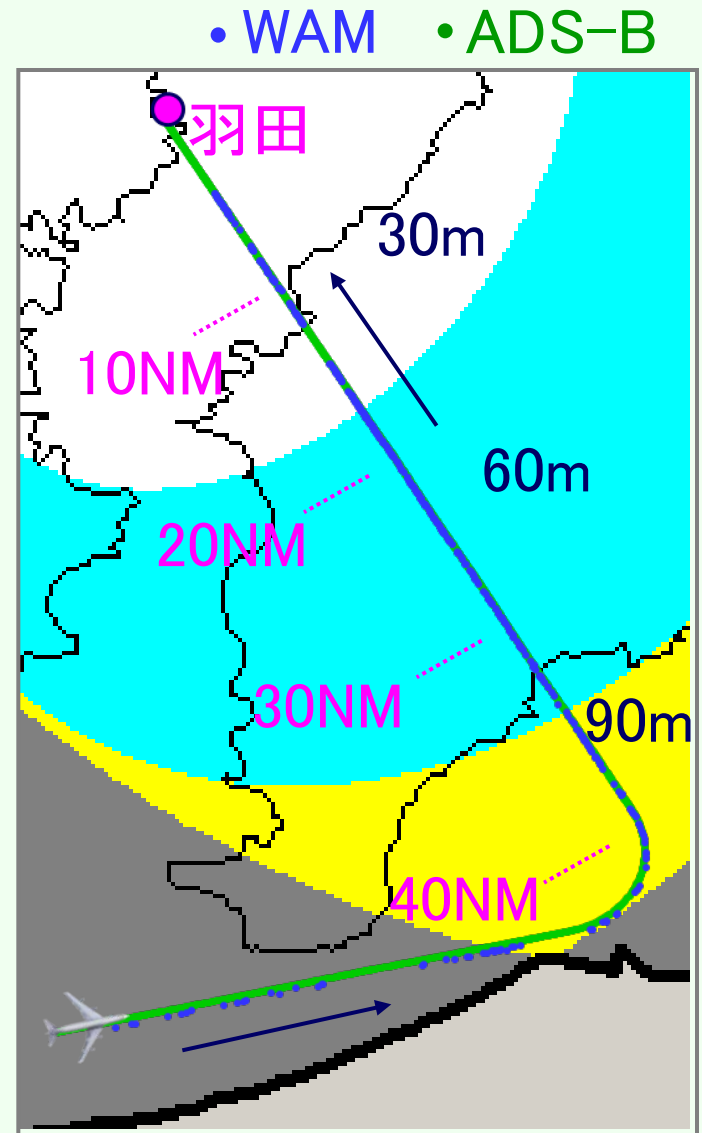
距離	位置精度
～10NM	31.0m
10NM～20NM	59.0m
20NM～30NM	92.6m
30NM～40NM	212m
40NM～	430m

欧州要件  
150m

欧州要件  
97%(4秒)

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







## 基本性能

- おおむね想定される覆域を確認
- 空港近傍での検出口ス
- 検出率は全体的に悪い
- 特に遠方で性能低下(位置精度)

## 対策

- 受信局を追加(受信局冗長性の確保)
- 信頼性を高める技術(質問機能)

# 受信局の配置

追加



受信局1  
(羽田)



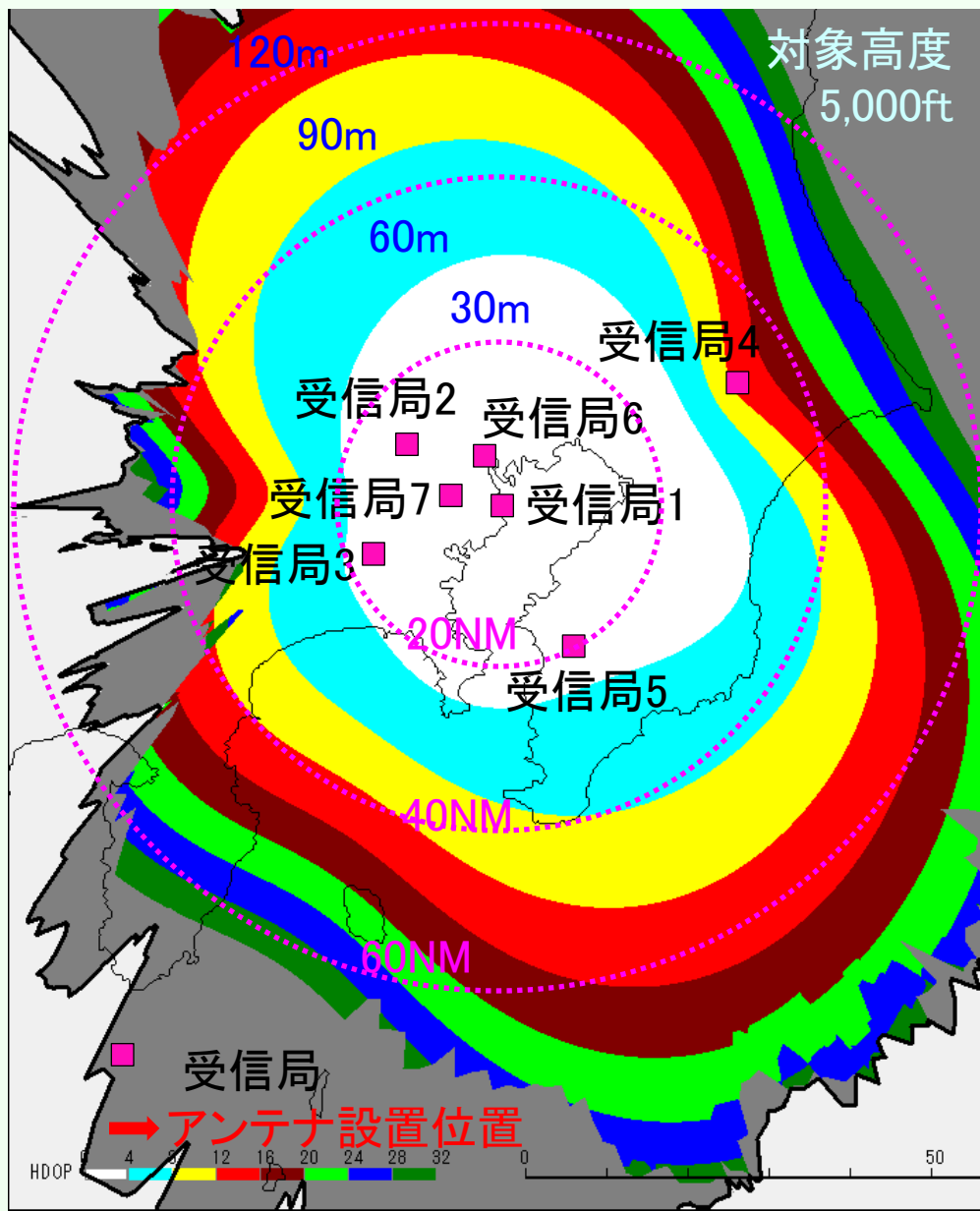
受信局2  
(調布)



受信局3  
(大和)



受信局4  
(成田)



受信局5  
(鹿野山)



受信局6  
(田町)

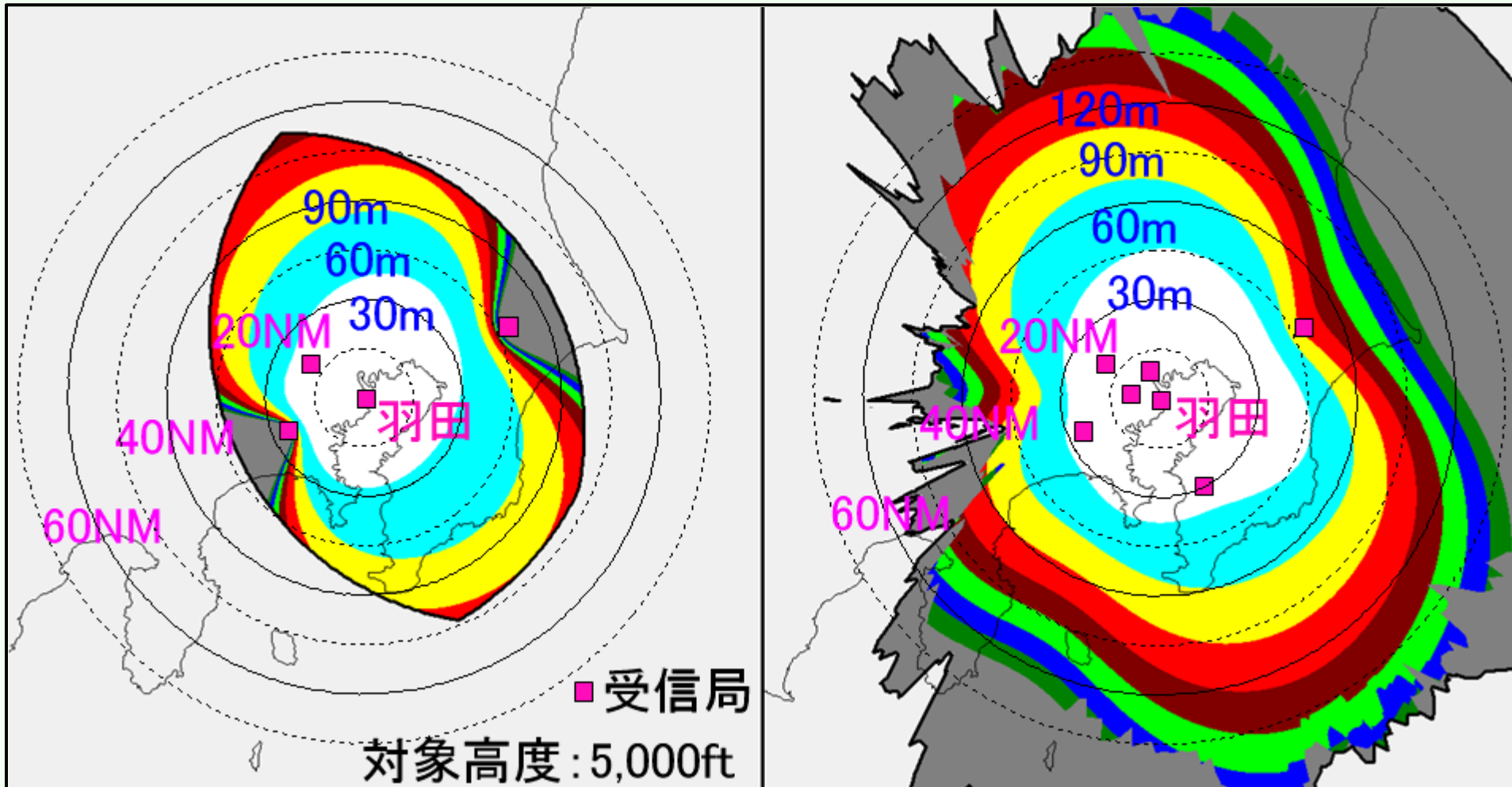


受信局7  
(玉川)

# 講演内容

- 評価の背景
- WAMの概要
- 実験装置の概要
- 評価試験

# 想定覆域

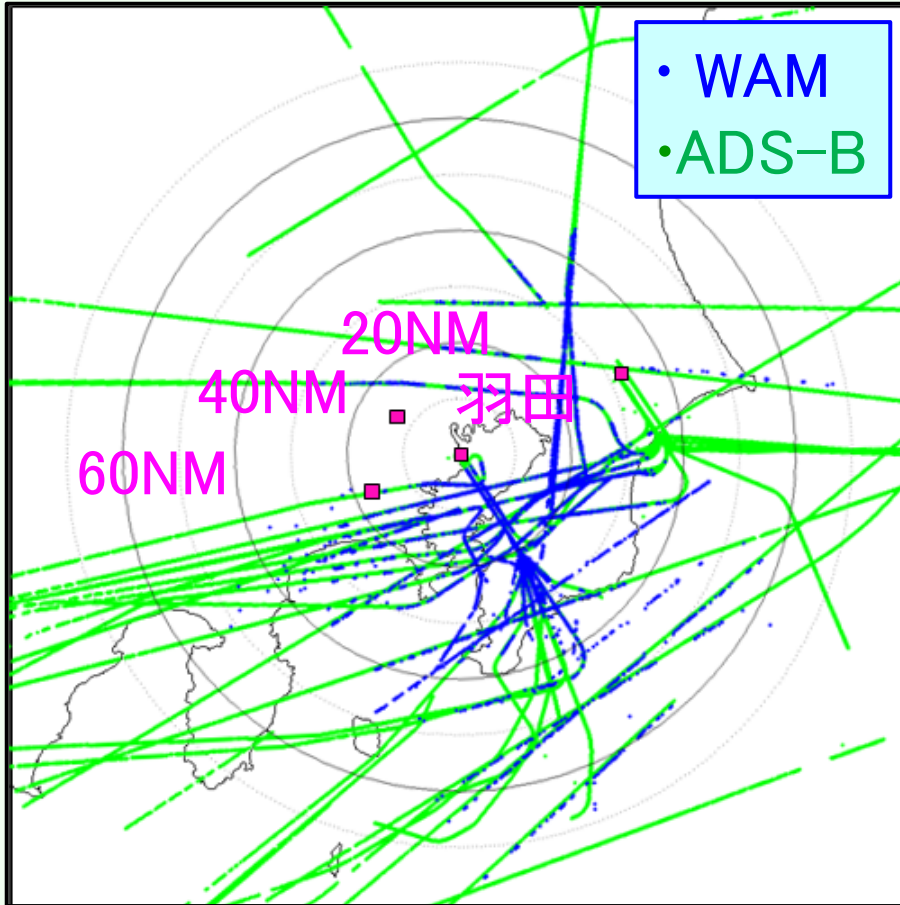


追加前(受信局4局構成)

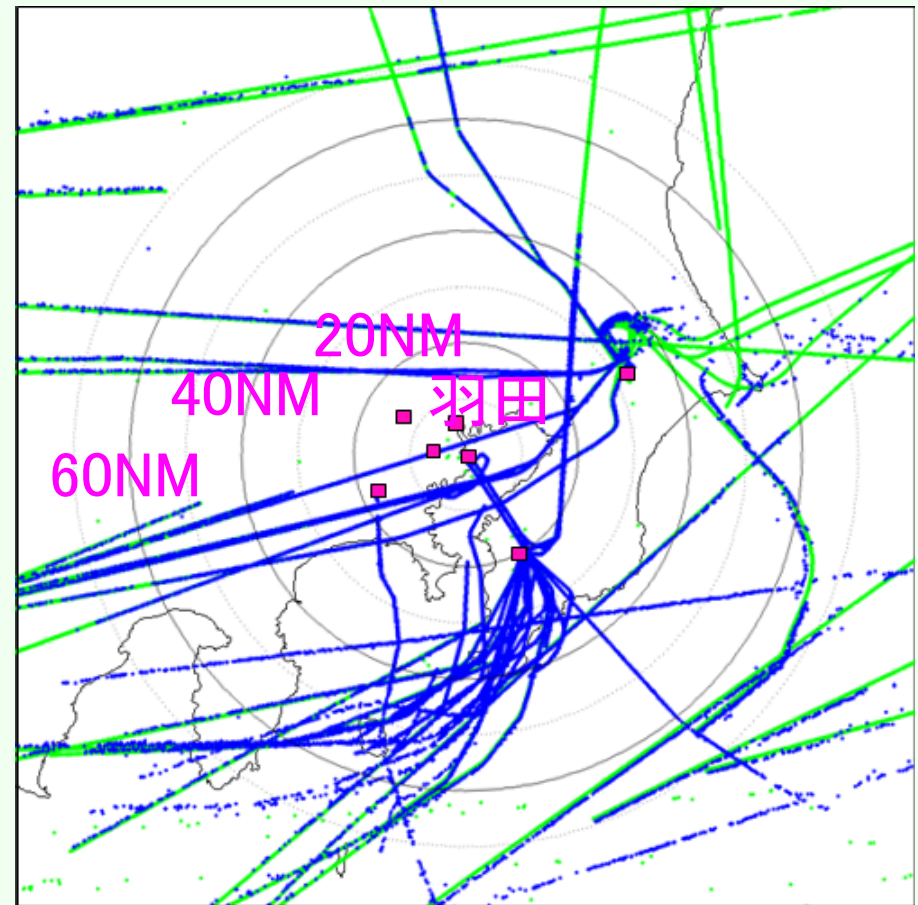
追加後(受信局7局構成)

○想定覆域が約60NMに拡大

# 監視覆域



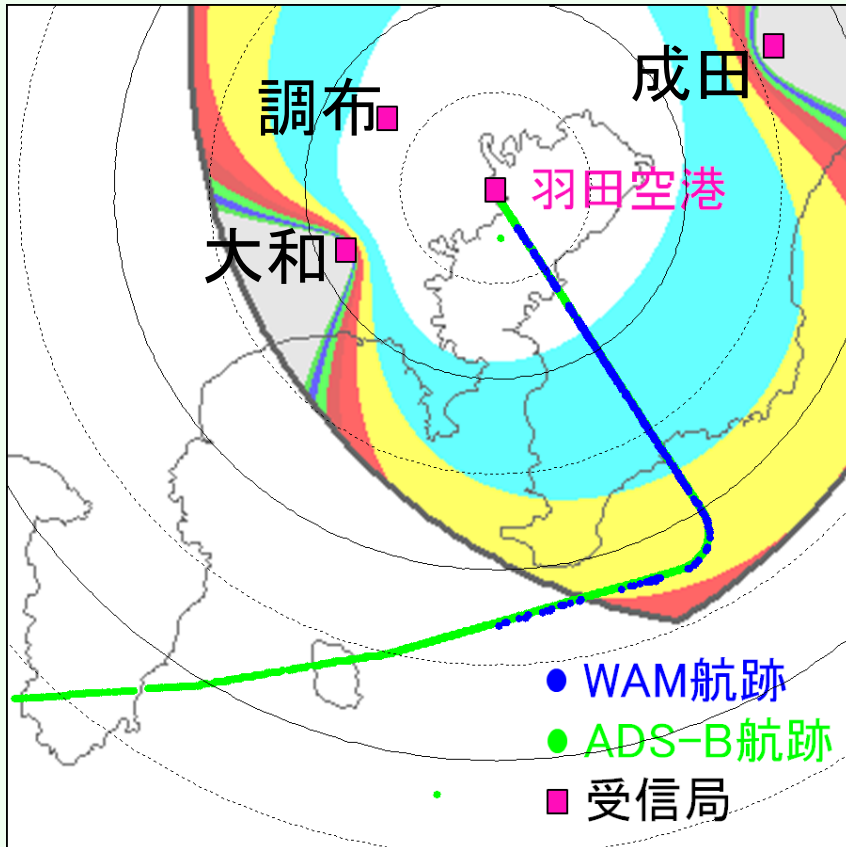
追加前(受信局4局構成)



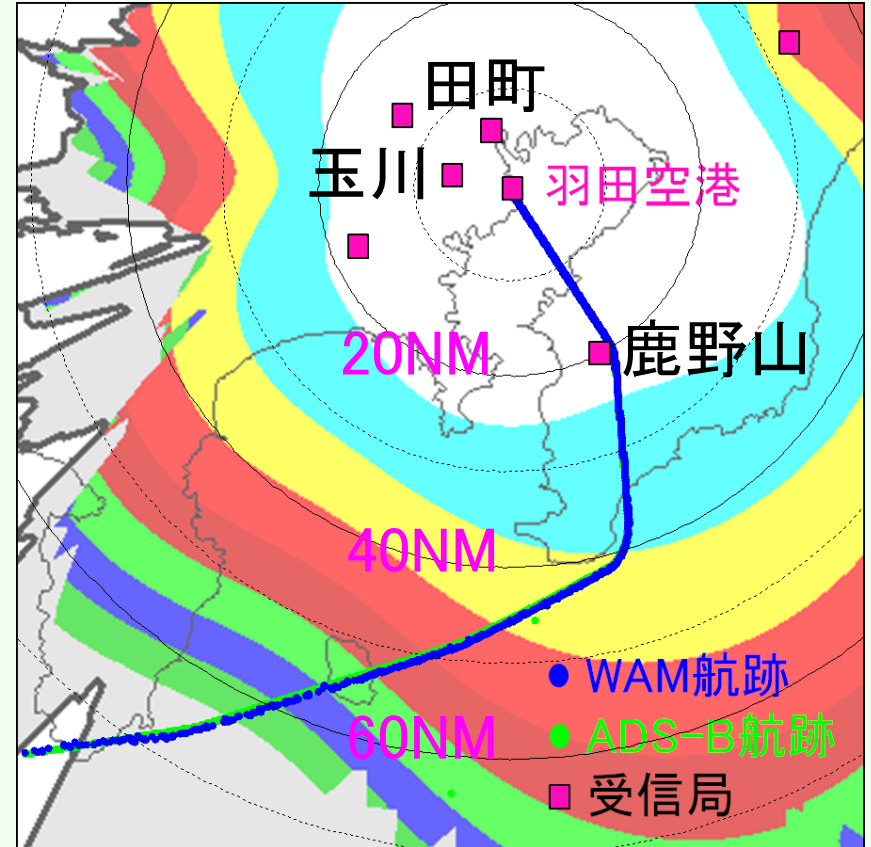
追加後(受信局7局構成)

○受信局の追加により覆域が拡大

# 到着機航跡例



追加前(受信局4局構成)



追加後(受信局7局構成)

○想定される覆域(60NM)を確認



● WAM航跡

○ ADS-B航跡

● SSR航跡

## 検出率

距離	追加前	追加後
～ 5NM	—	100%
5～10MN	70.4%	100%
10～20MN	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%

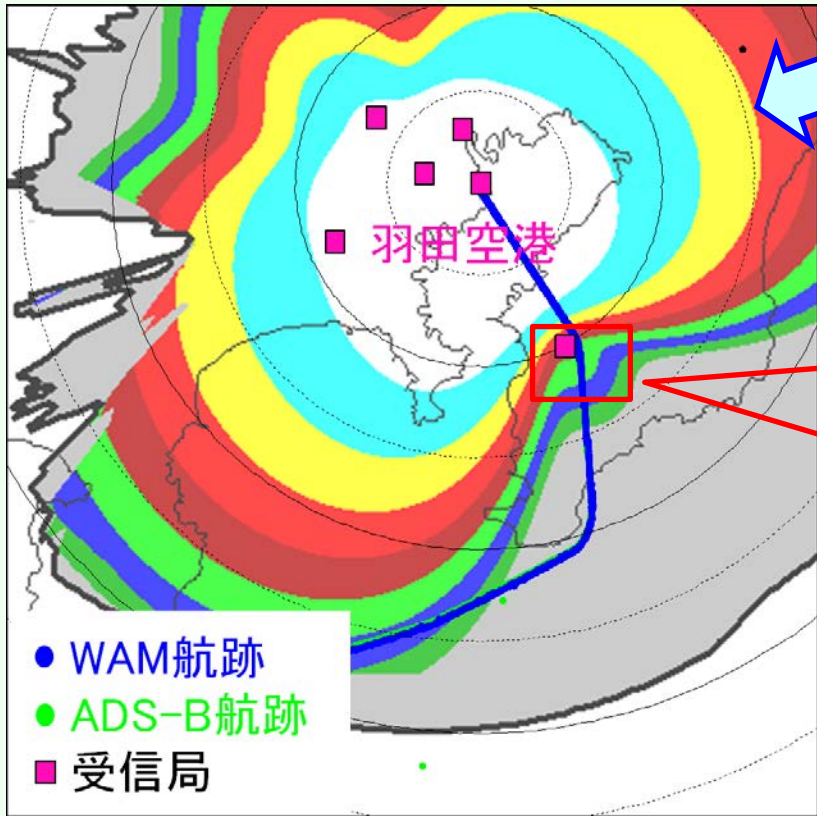
## 位置精度

距離	追加前	追加後
～ 5NM	—	38.4m
5～10MN	31.0m	42.9m
10～20MN	59.0m	30.8m
20～30NM	92.6m	105m
30～40NM	212m	150m
40～45NM	430m	395m
45～50NM	—	538m
50～60NM	—	765m

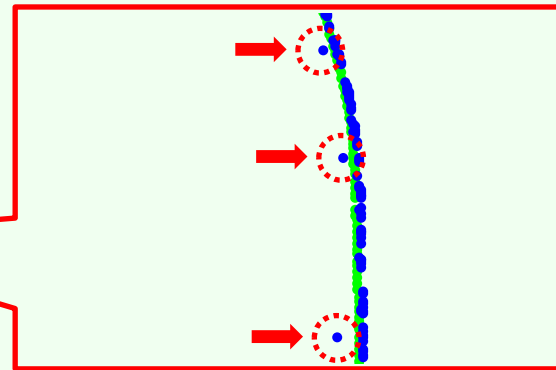
○受信局追加(冗長性確保)により性能向上



# 位置精度の低下(20NM~30NM)



成田局を除いた場合のDOP分布

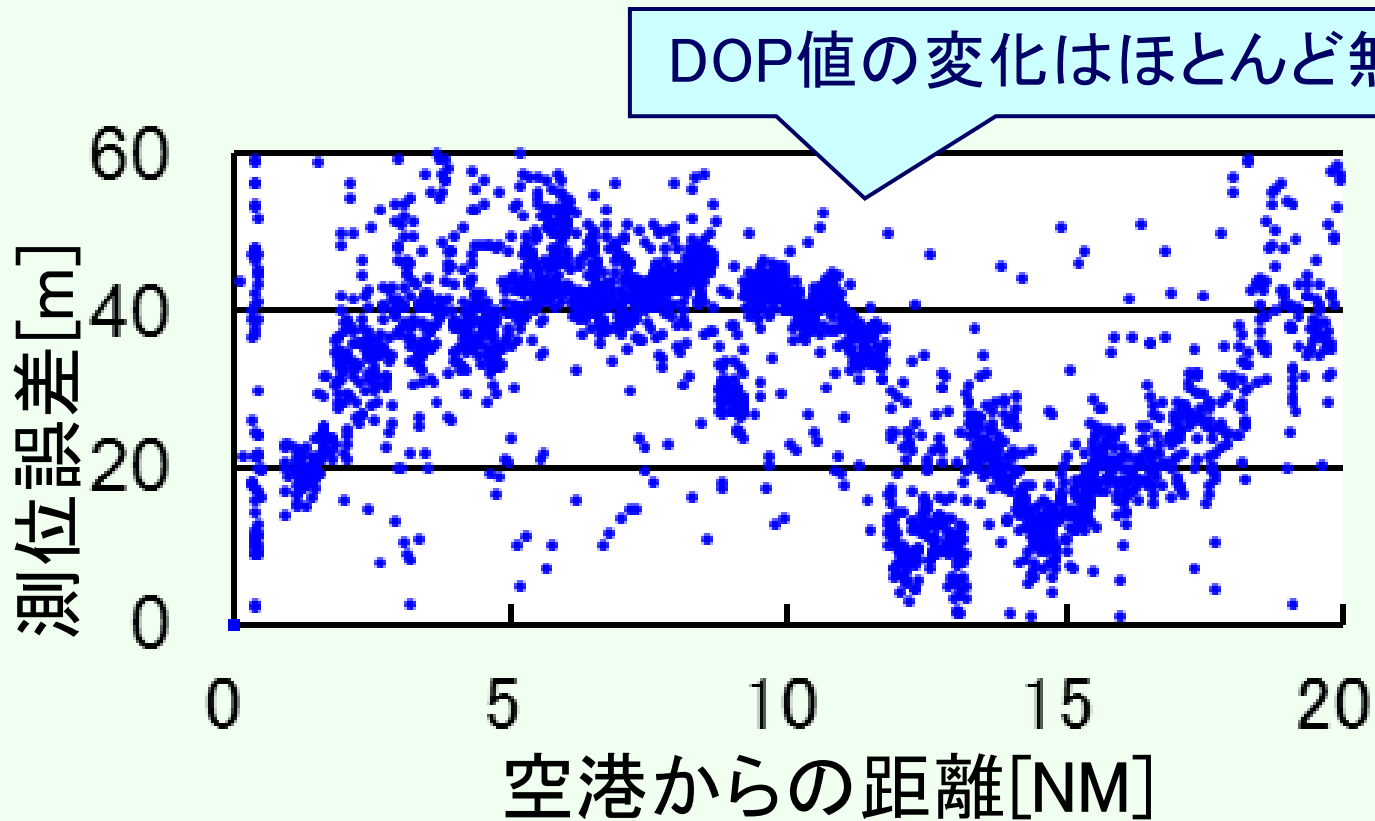


拡大図(21NM付近)

→ 成田局で検出されていない測位結果

○この組み合わせでは測位誤差が大きくなる  
→悪い組み合わせの排除や平滑処理が有効

# 位置精度の低下( ~10NM)



- 信号干渉の影響などが想定される  
→ 詳細な原因を調査中(平滑処理などが有効)

## まとめ

- 羽田空港周辺でのWAM評価結果
- 受信局追加により覆域が拡大
- 冗長性の確保により検出率が向上
- 位置精度が低下したエリアが発生

## 今後は

- 質問機能や追尾処理機能を追加
- 効果的に信頼性を高める技術の評価

**ご静聴ありがとうございました**

質問やアドバイスなどよろしくお願ひします