

平成25年度(第13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
- WAMの概要
- WAM実験装置
- 評価試験
- まとめ

研究の背景

空港容量の拡張

→ 供用開始

成田空港B滑走路2500m供用開始(2009年10月22日)

羽田空港D滑走路供用開始(2010年10月21日)

羽田空港国際線旅客ターミナルビル供用開始(2010年10月21日)

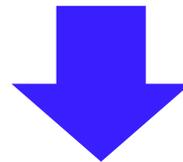
→ 新たな事業

羽田空港C滑走路延伸

羽田空港国際線旅客ターミナル及びエプロンの拡張

成田空港誘導路の新設

駐機場(スポット)の増設等

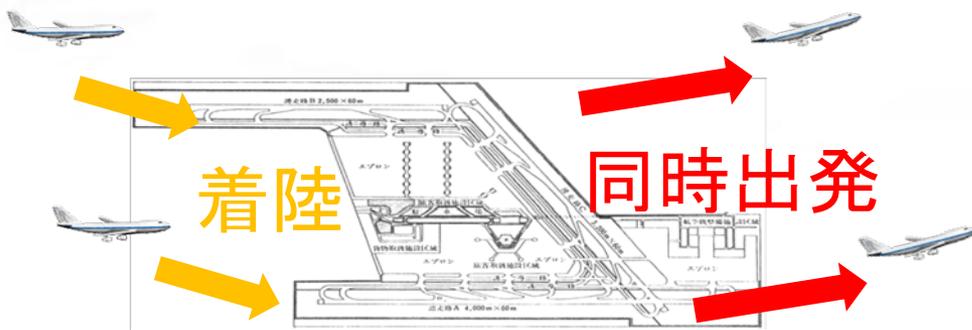


年間発着枠の増加

研究の背景

高度な運用方式の導入

例：成田空港 同時平行離着陸方式



※国土交通省HPより

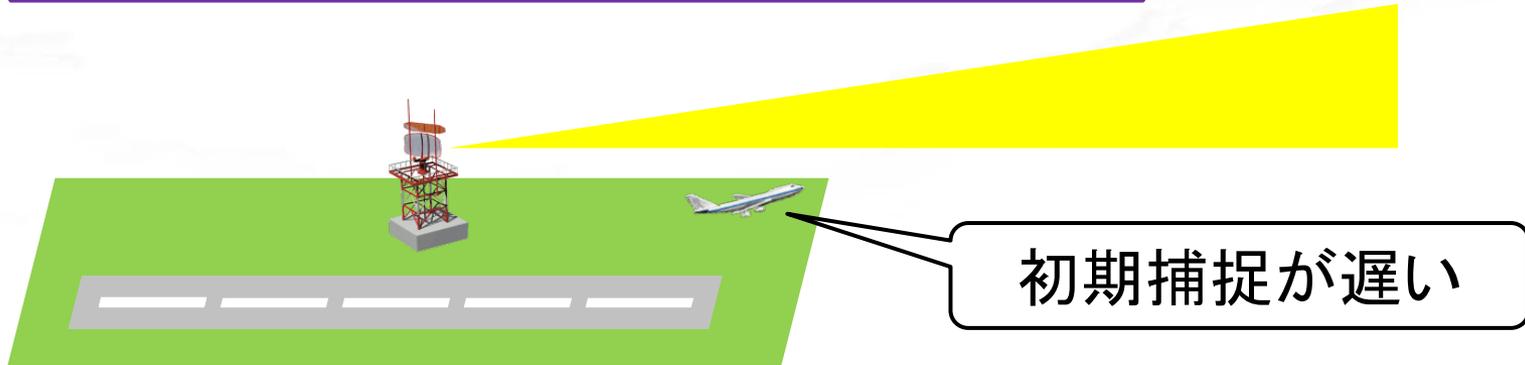
→ 同時出発経路
→ 出発経路

現在、好天時にのみ限定
低視程時は実施できない

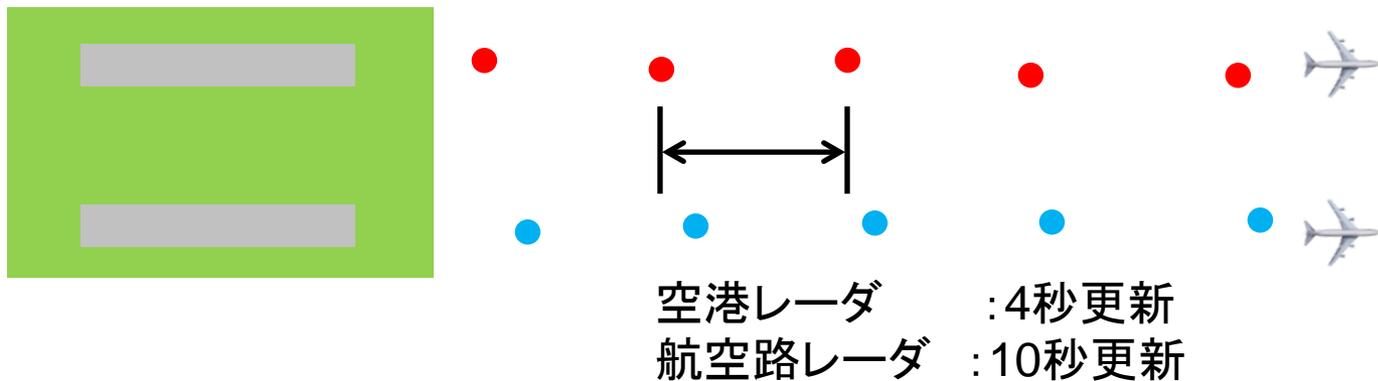
高性能な監視システムが必要！

研究の背景

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

広域マルチラテレーション(WAM)

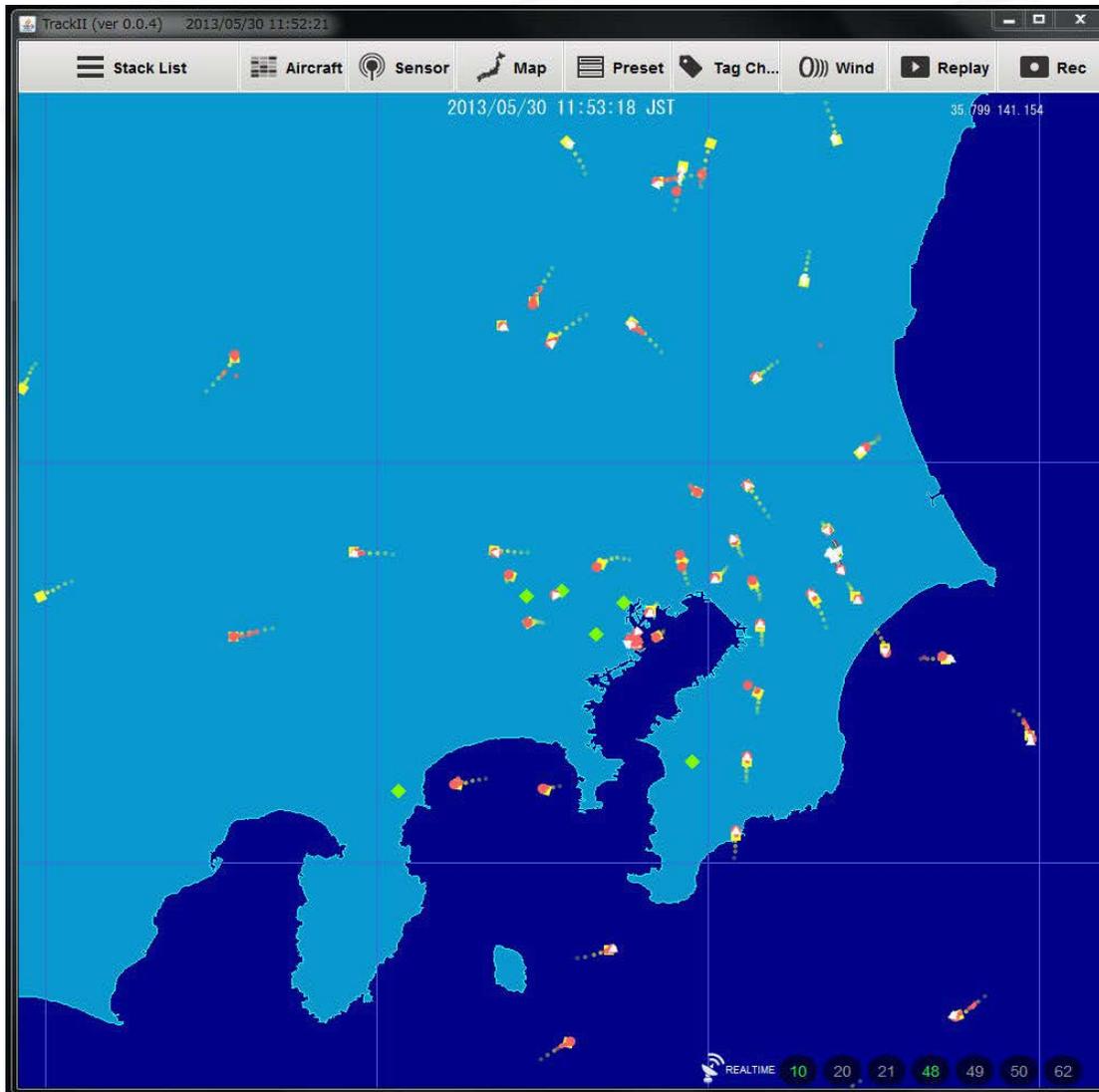
(WAM: Wide Area Multilateration)

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

- 😊 SSRの課題が解決できる！
- 😊 高精度かつ高頻度な監視が実現できる！
- 😊 将来の軌道ベース運用への活用が期待できる！

WAMによる監視が要望されている

研究の背景



- SSR航跡
(実験用SSR
更新頻度10秒)
- WAM航跡
(WAM実験装置)
- △ ADS-B (GPS)航跡
(WAM実験装置)

研究の背景

WAM監視技術の確立を目的として、試作・評価を行う

◎ これまでの実施内容

- ✓ WAM実験装置を製作
- ✓ 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
- ✓ 実験装置の拡張1
 - 受信局を拡張(7局配置)して、性能評価を実施

▶ 実験装置の拡張2

- 受信局の拡張(8局配置)
- 受信局の移設(範囲拡大・8局配置)
- 送信局の追加

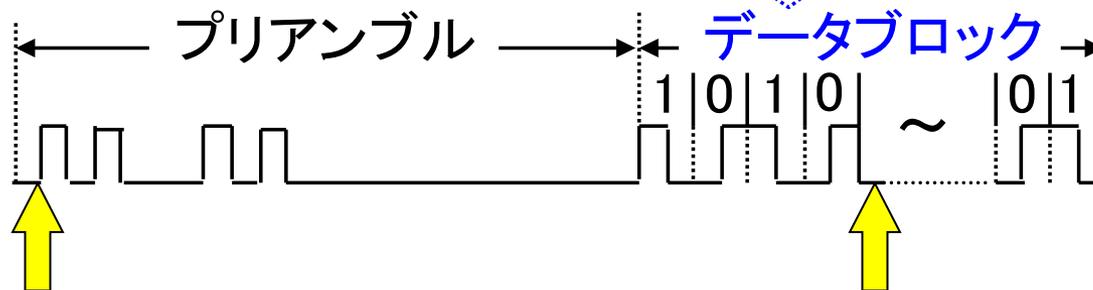
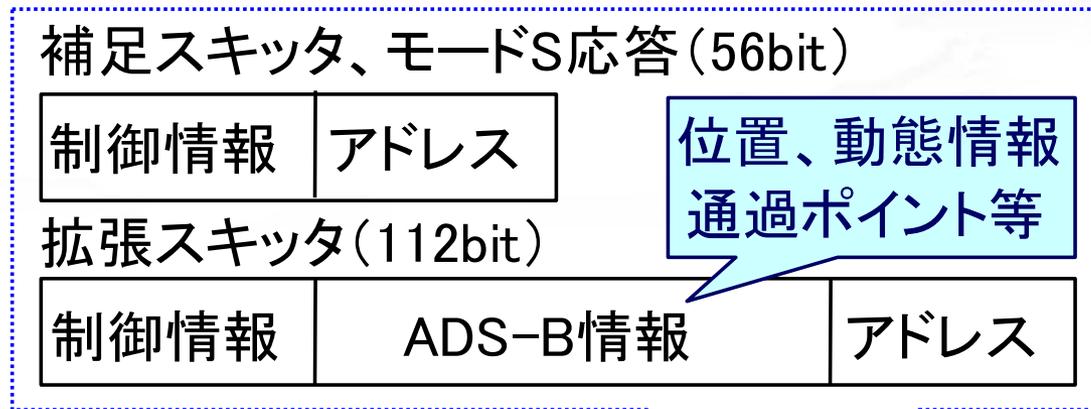
本発表で
報告する

発表内容

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

WAMの概要

■ トランスポンダのSSR応答信号・スキッタ信号を検出

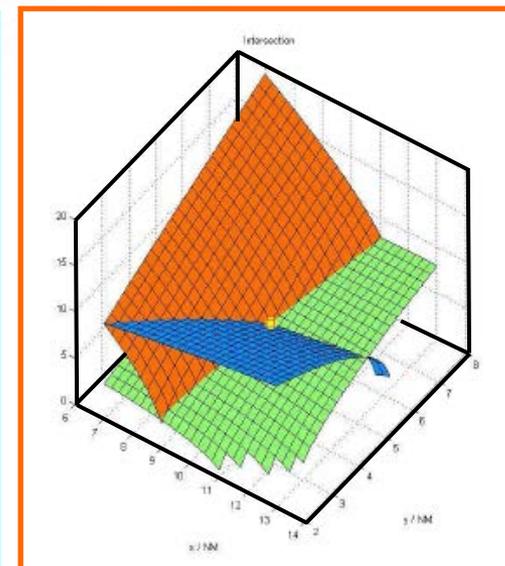
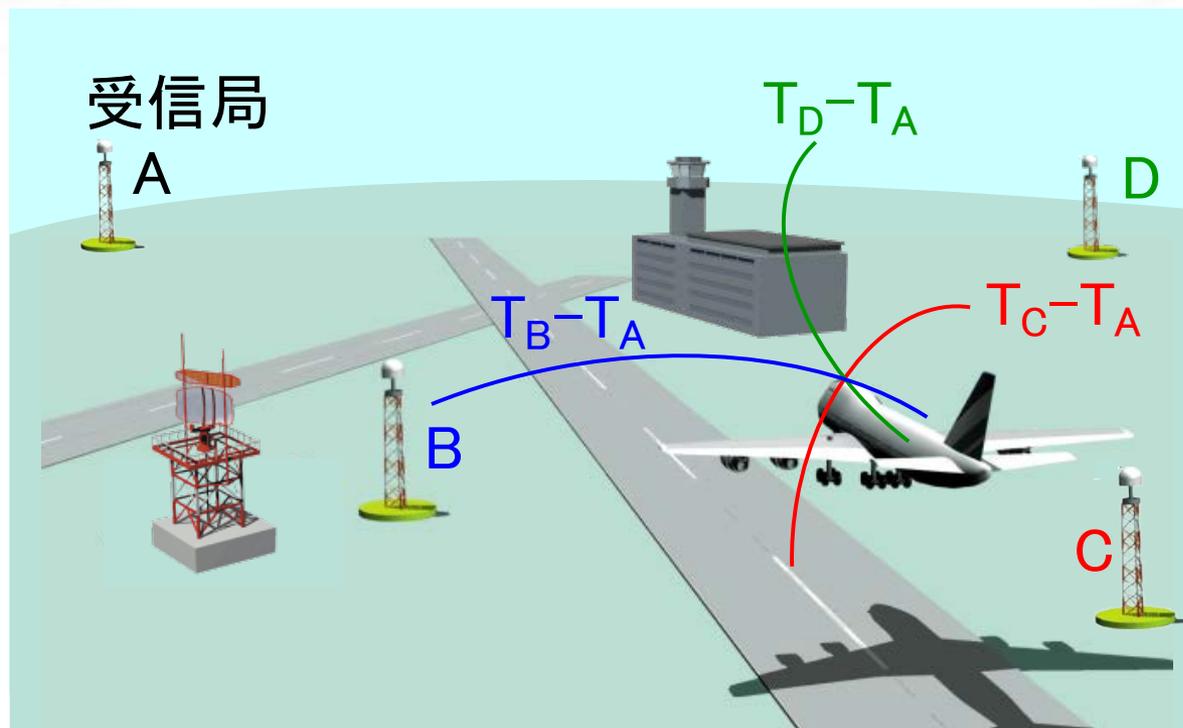


プリアンブルパルスの前縁で
到達時刻を測定

データブロックを解読

WAMの概要

- SSR応答信号・スキッタ信号の到達時刻をグルーピング
- 受信局の到達時刻差による双曲面の交点を算出



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の概要

高い性能を得るには・・・

$$\sigma_p = \sigma_d \times \text{DOP}$$

σ_p を小さく
する

σ_p : WAMの測定誤差

σ_d : 距離差(信号到達時間差)の測定誤差

σ_d を小さくするには・・・

☆時刻検出の分解能を上げる(サンプリング周波数の増加)

☆受信局同士の時点を正確に同期させる

DOP: 精度劣化指数 (Dilution Of Precision)

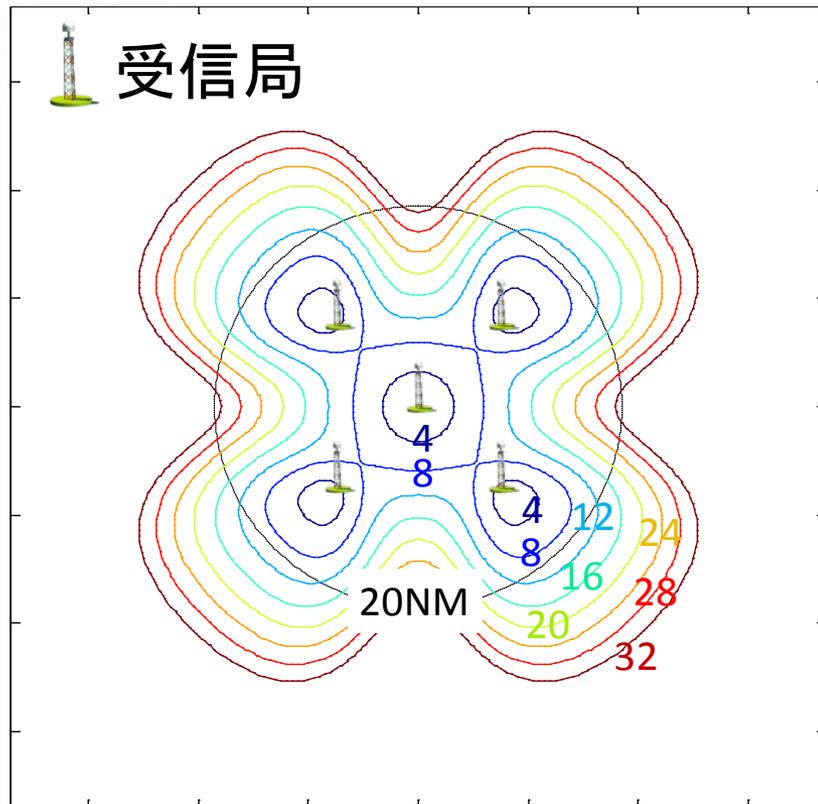
航空機と受信局アンテナの幾何学的関係の指標値

平面方向のDOP(**HDOP**)を重視

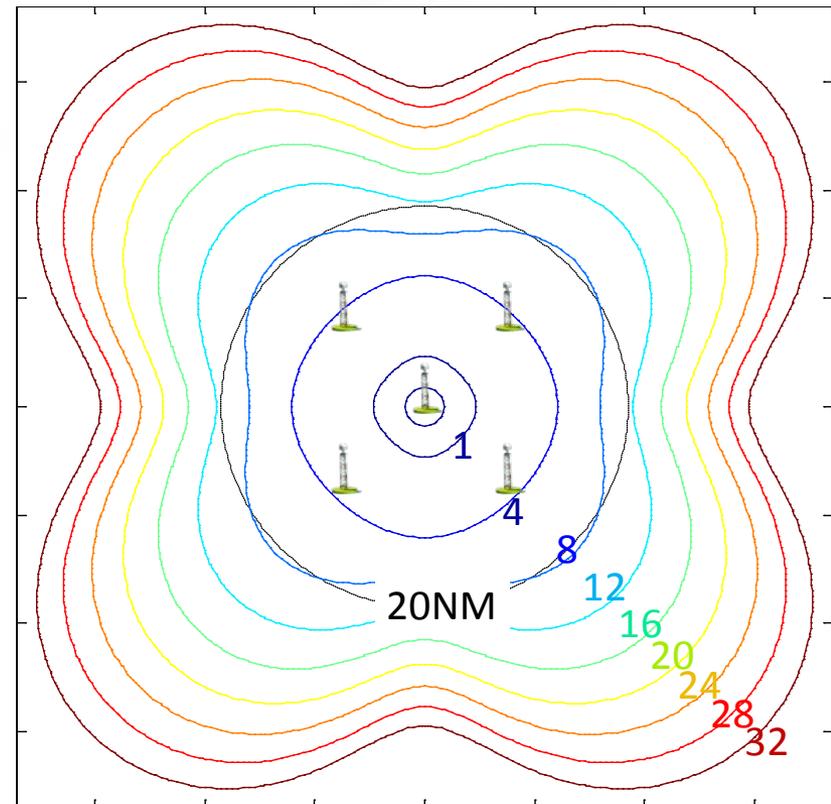
DOP(HDOP)の値を小さくするには・・・

WAMの概要

- ☆航空機を大きく囲むように受信アンテナを**広範囲**に設置する
- ☆受信アンテナと航空機の見通しを**良く**する



VDOP分布



HDOP分布

WAMの概要

高性能化への対策

- 受信局を広範囲に設置
- 受信局数を増加



コストの
増大になる

少ない受信局数で性能UP！

😊 質問機能の活用

個別質問により応答信号を得る

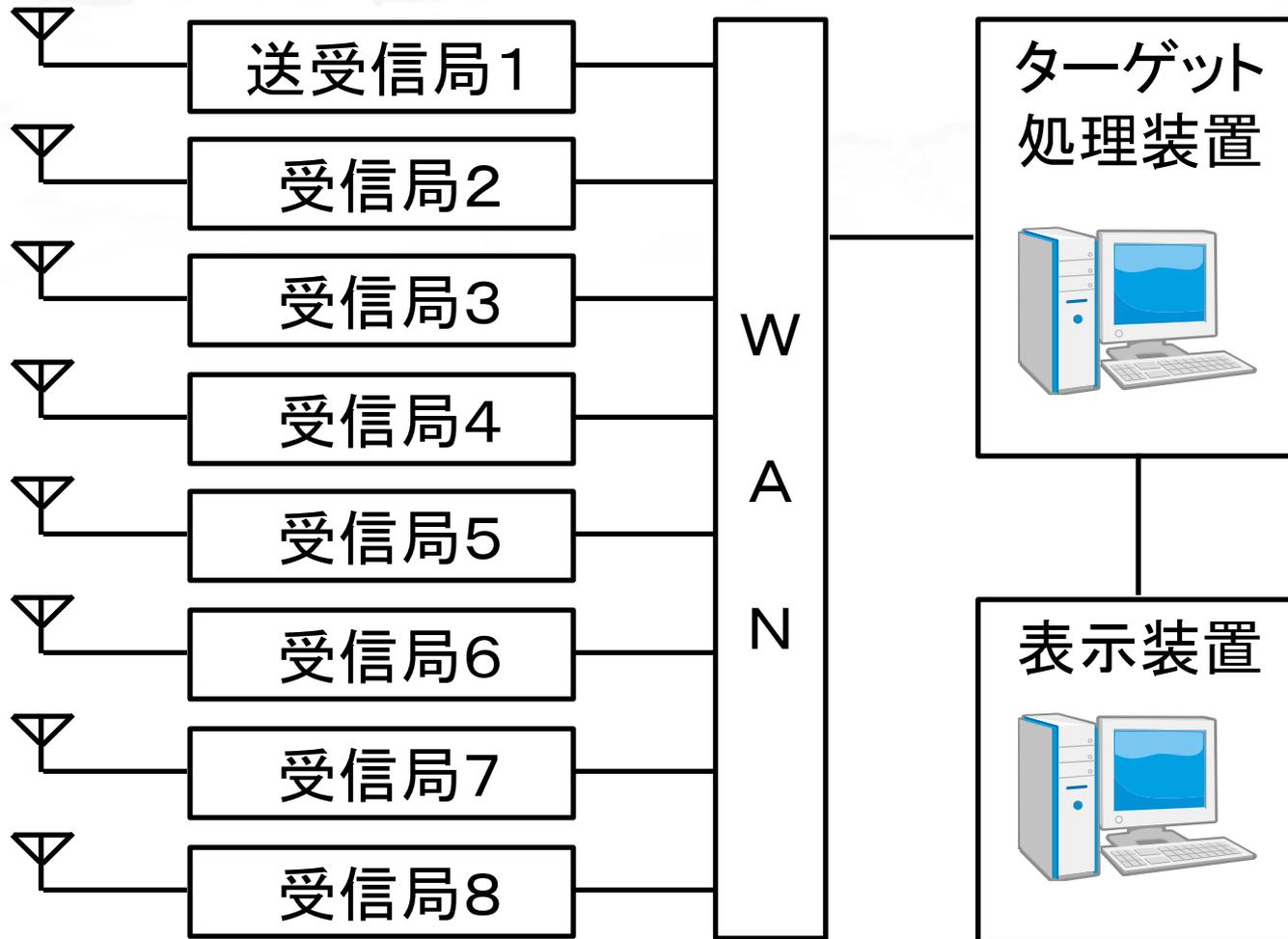
😊 測位計算方式の改良

高度情報を適用した2次元測位

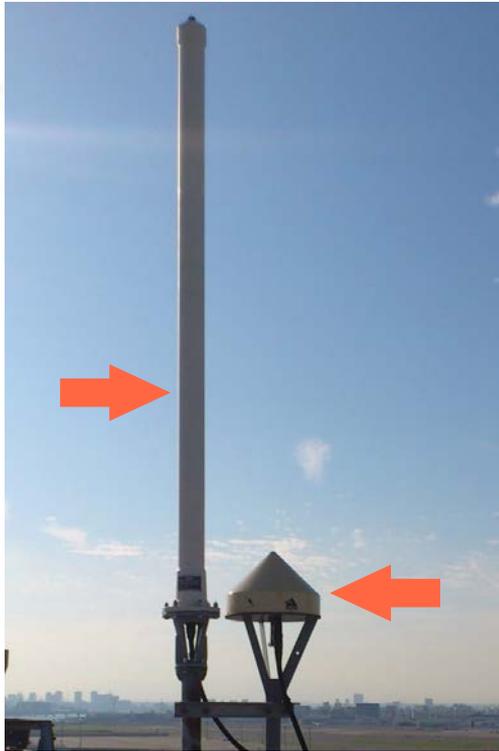
発表内容

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

WAM実験装置 構成



WAM実験装置 各装置の外観



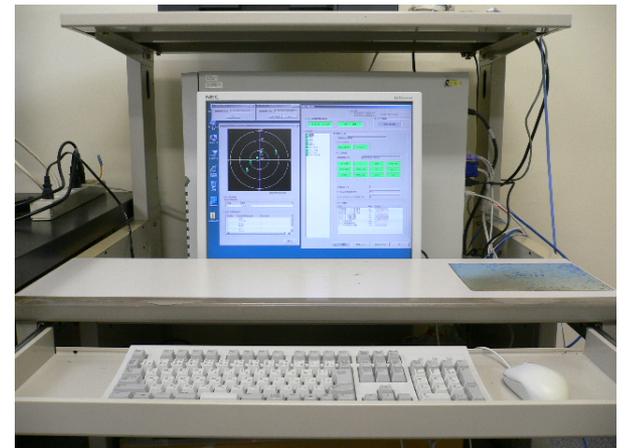
(左)送・受信アンテナ
(右)GPSアンテナ



送受信局1
(上)送信局
(下)受信局1



受信局 2~8



ターゲット処理装置

WAM実験装置 各装置の機能概要

□ 受信局

信号検出時刻を測定 ⇒ 2ナノ秒サンプリング分解能
信号内容の解読

□ 送信局 (送受信局形態)

SSR個別質問を送信

□ ターゲット処理装置

マルチラレーション測位 (3次元測位)

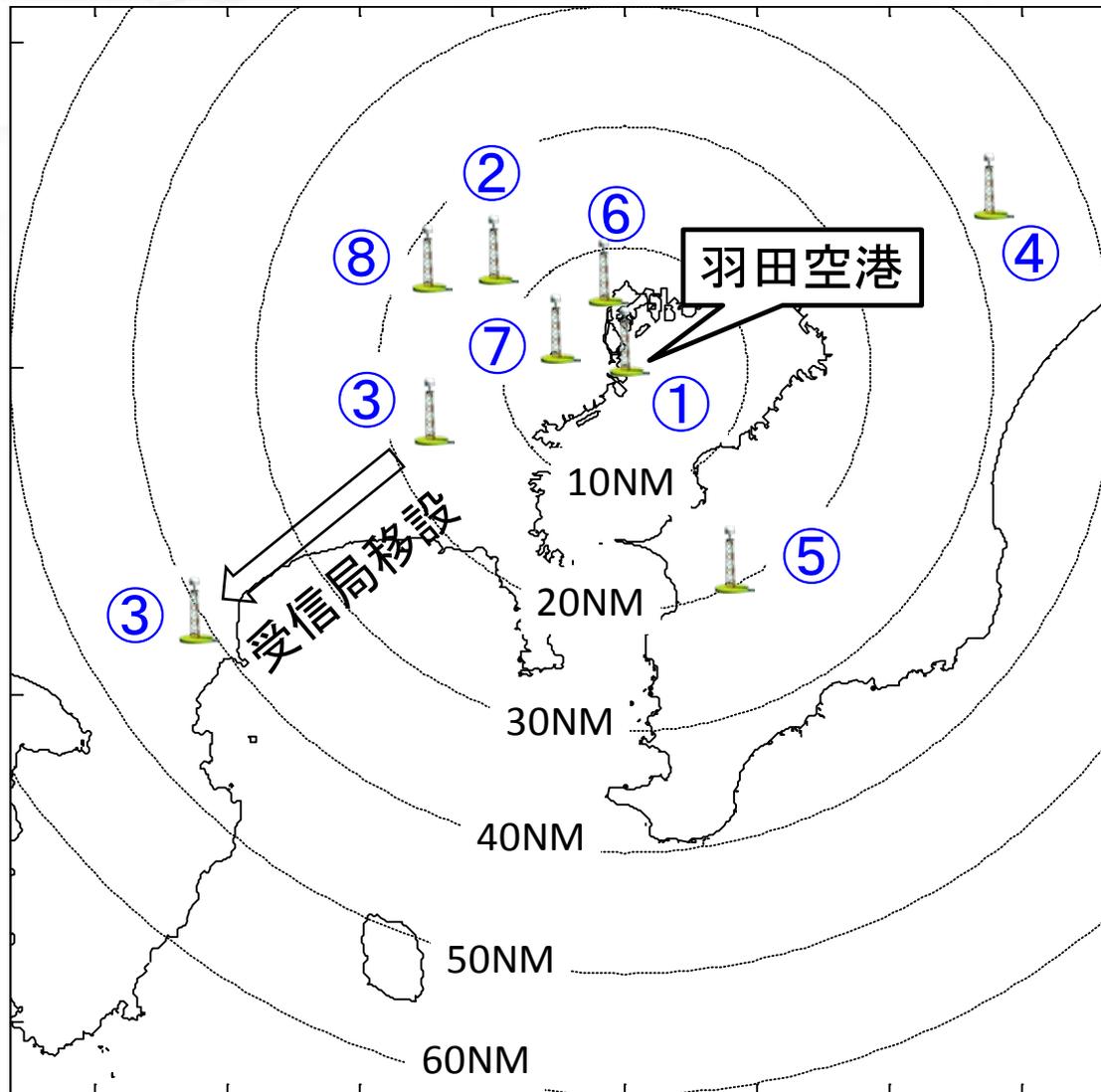
送信局への質問制御

GPSコモンビュー時刻同期制御

一般的には
10ナノ秒サンプリング

通常のGPS同期方式と比べて、2~4倍の同期精度

WAM実験装置 受信局の配置



- ① 東京空港事務所
⇒ 送受信局
- ② 電子航法研究所
- ③ 大和航空路監視
レーダー事務所
⇒ 箱根対空受信所
- ④ 成田空港事務所
- ⑤ 鹿野山測地観測所
- ⑥ NEC本社(田町)
- ⑦ NEC玉川事業場
- ⑧ NEC府中事業場

発表内容

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

評価試験

→ 評価項目

- ・測位誤差(平面方向)・・・真位置にはADS-B位置を利用
- ・検出率・・・更新時間4秒内の測位の有無

→ 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

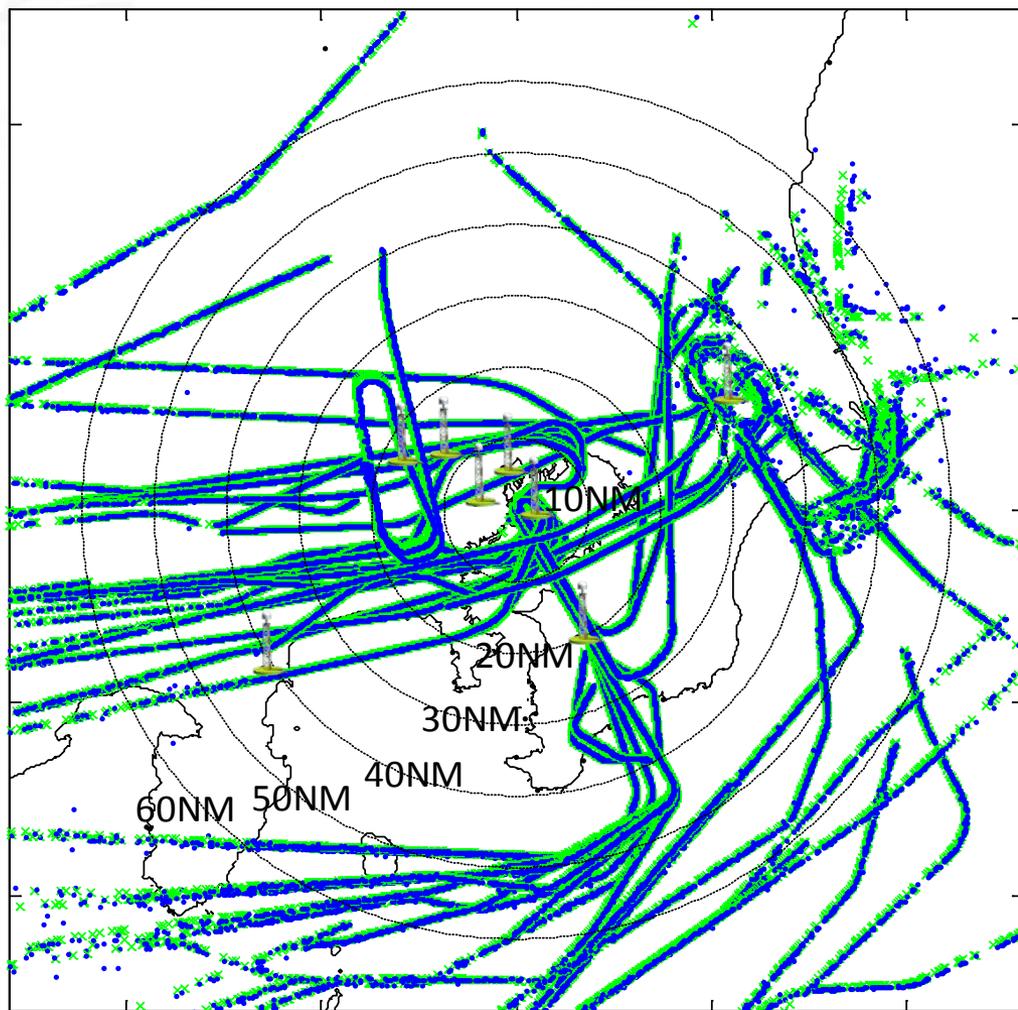
→ 評価方法

羽田を中心とした距離区分毎に性能値を計算

- ・受信局7局構成 (受信局8府中を除く)
- ・受信局8局(大和)構成 (受信局3は大和)
- ・受信局8局(箱根)構成 (受信局3は箱根)

受信局配置毎の測位誤差

受信局8局(箱根)配置の1時間分(10時台)の全ADS-B対象機



× ADS-B位置

● WAM位置

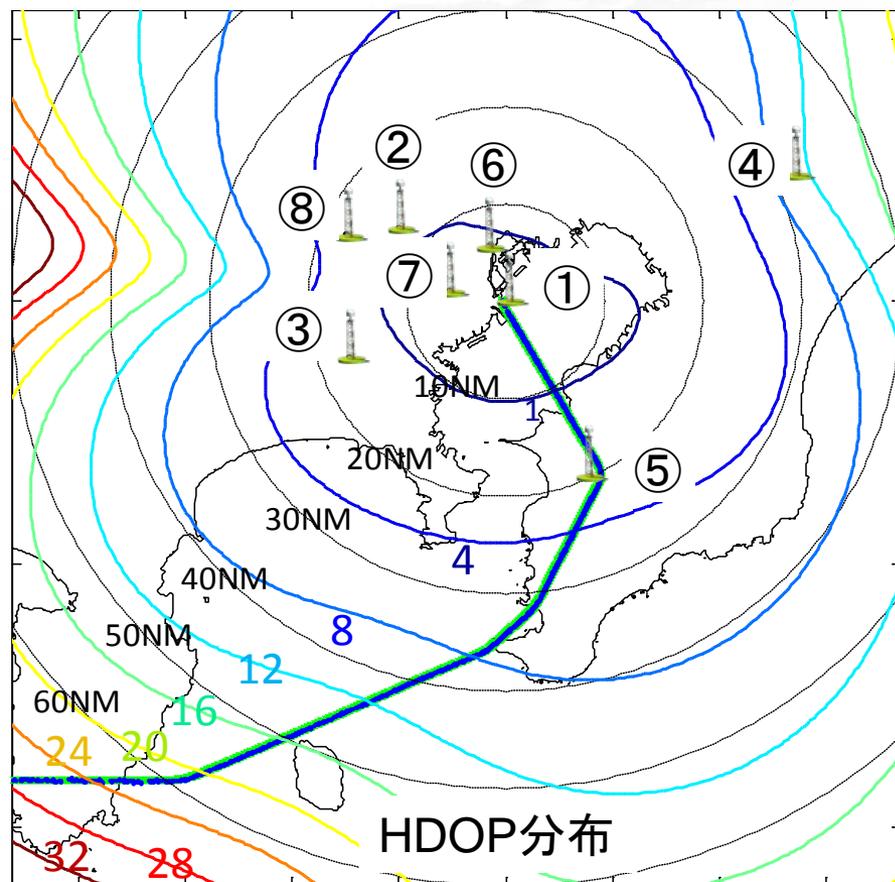
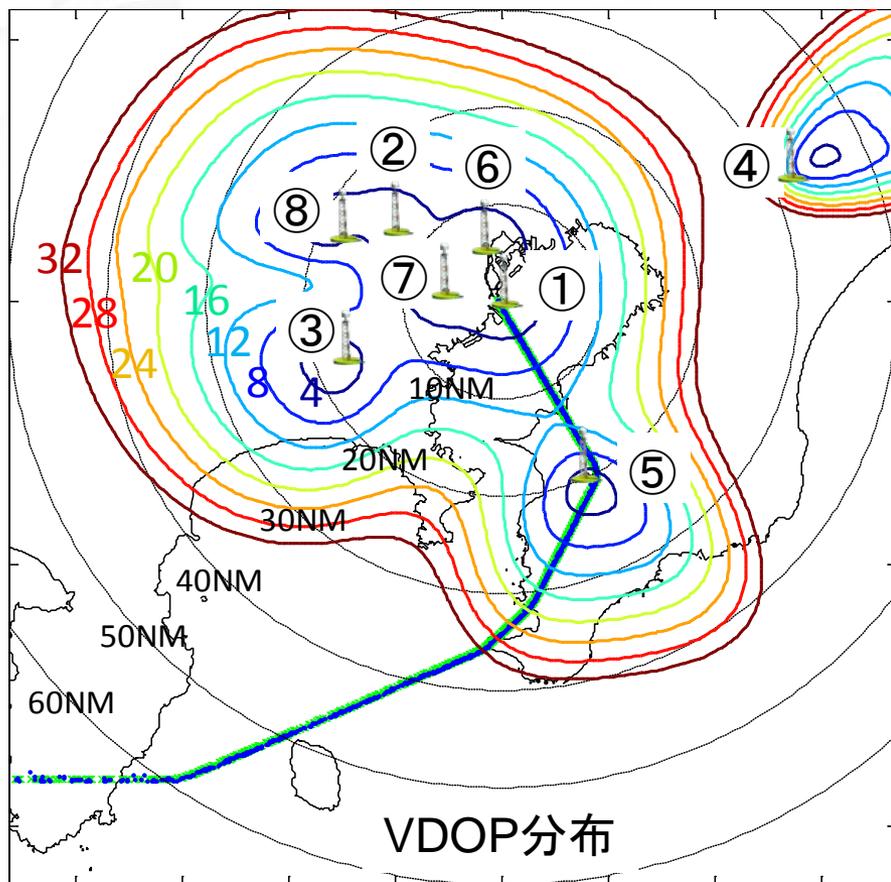
受信局配置毎の測位誤差

距離	7局	8局(大和)	8局(箱根)	性能要件
2~10NM	55.6 m	40.0 m	38.4 m	150mRMS 以下
10~20NM	95.4 m	69.9 m	54.9 m	
20~30NM	227.0 m	180.6 m	99.2 m	
30~40NM	518.6 m	446.8 m	234.8 m	
40~50NM	589.6 m	493.4 m	327.6 m	
50~60NM	887.7 m	691.0 m	424.9 m	
ADS-B機数	115 機	133機	125機	

受信局で広く取り囲む程、測位誤差は減少

航跡選定した測位誤差

到着機航跡, およびDOP分布(10,000FT計算)

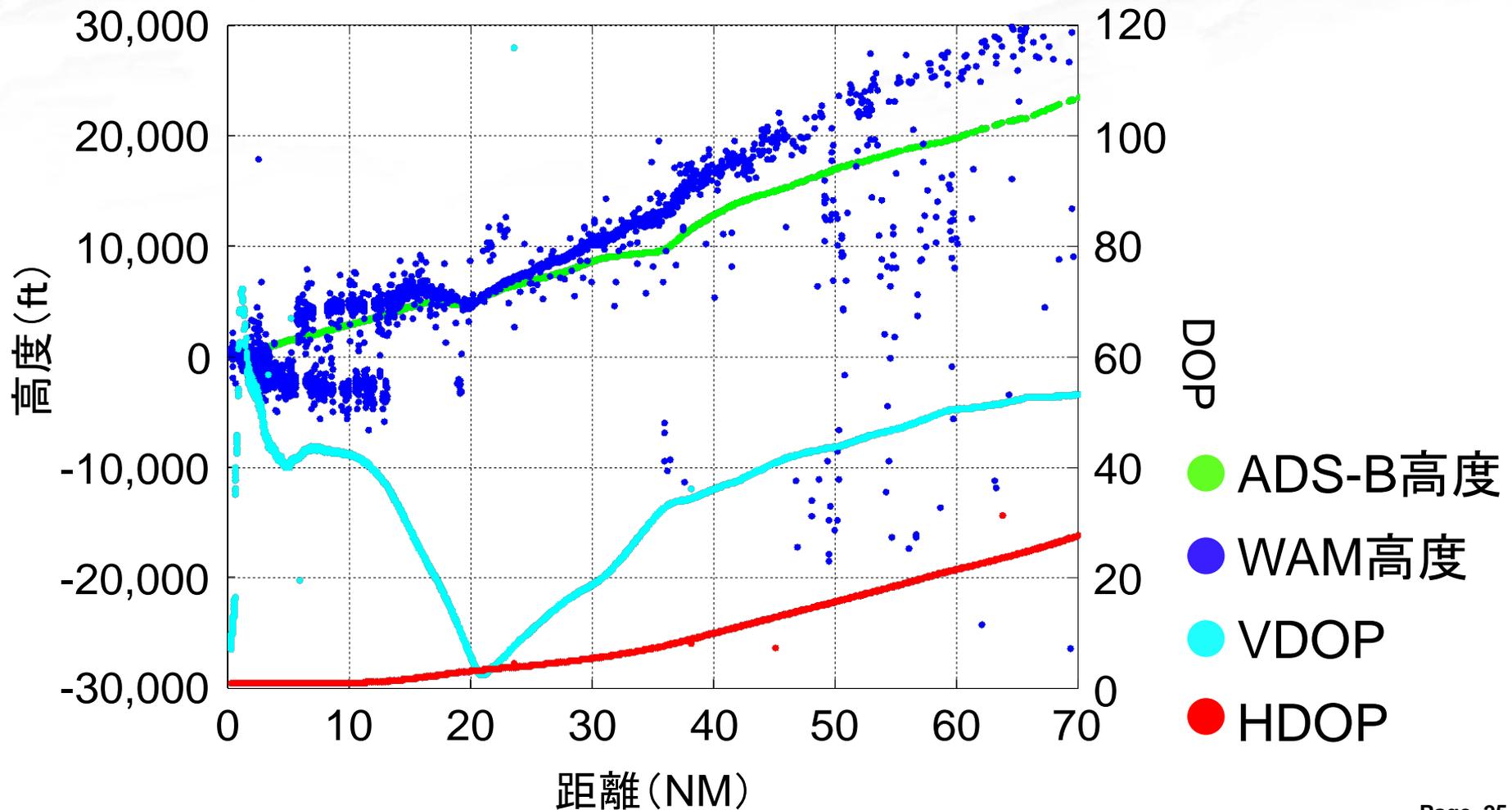


× ADS-B位置

● WAM位置

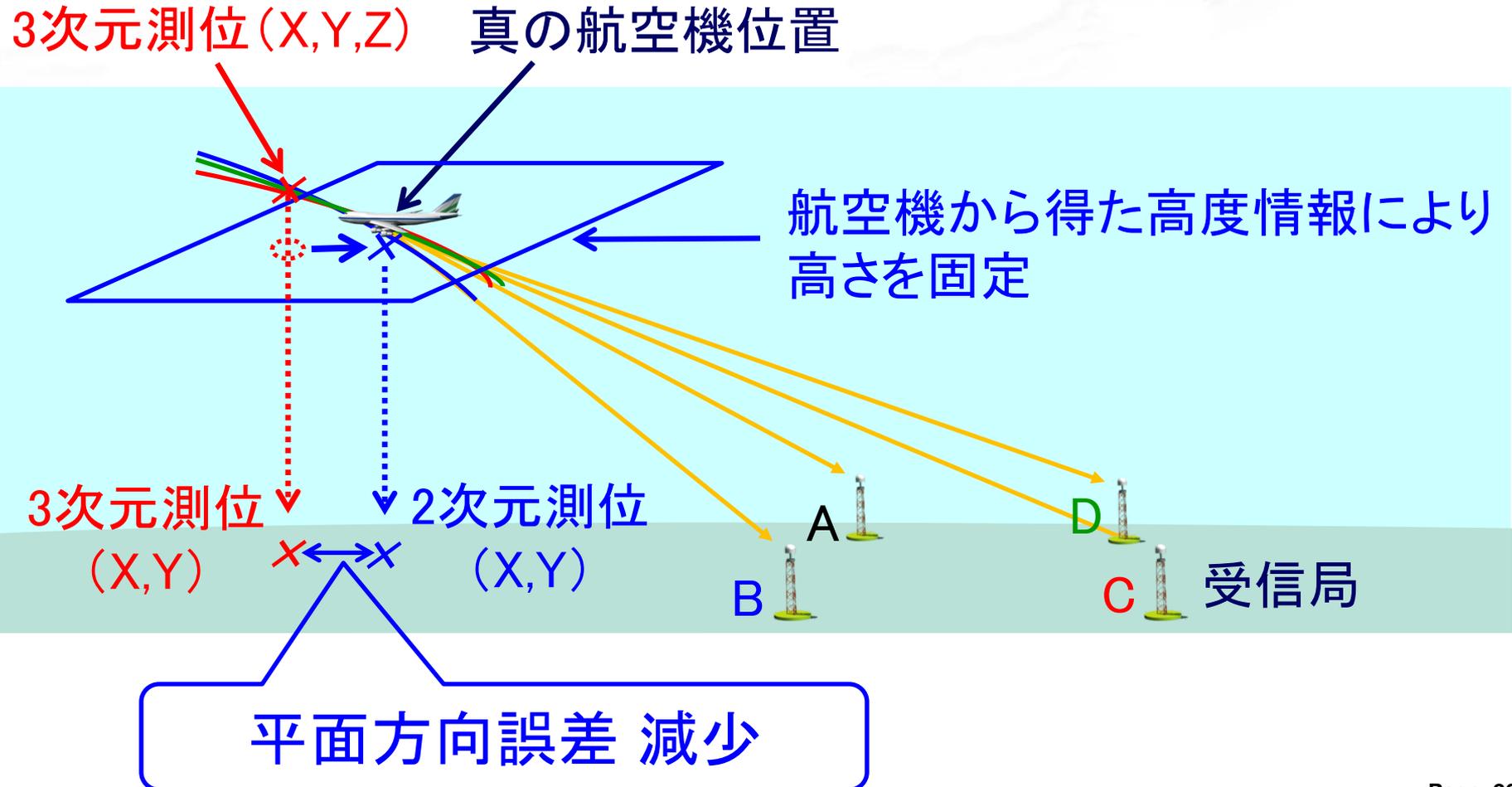
航跡選定した測位誤差

到着機のADS-BとWAMとの高度比較, およびVDOP, HDOP



航跡選定した測位誤差

高度情報を適用した2次元測位



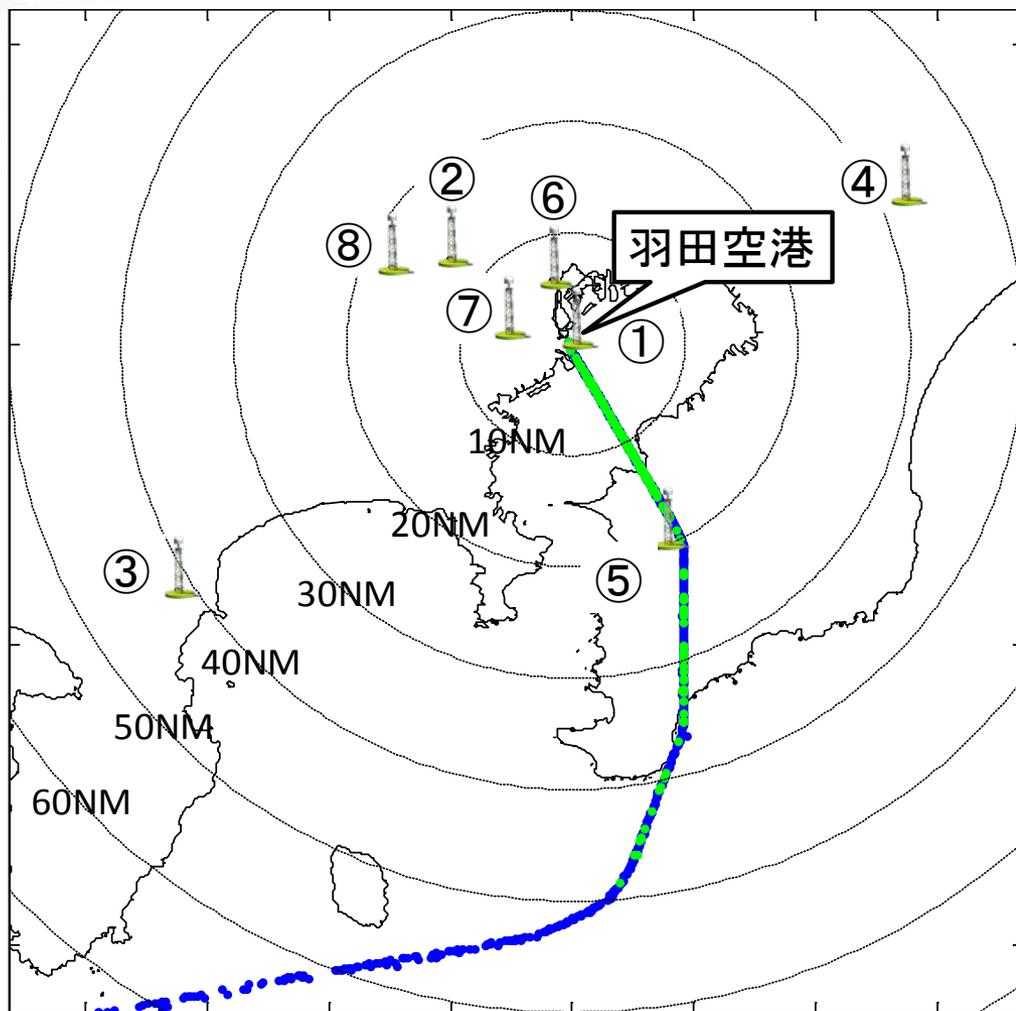
航跡選定した測位誤差

距離	3次元測位	2次元測位	性能要件
2～10NM	36.5 m	32.6 m	150mRMS以下
10～20NM	44.2 m	40.7 m	
20～30NM	94.8 m	66.2 m	
30～40NM	138.8 m	74.2 m	
40～50NM	161.0 m	130.4 m	
50～60NM	229.7 m	207.6 m	

高度情報を適用した2次元測位は、有効！

検出率

受信局8局(箱根)配置の1時間分(10時台)の全ADS-B対象機



受信局8局(箱根)配置

① 羽田

② 調布

③ 箱根

④ 成田

⑤ 鹿野山

⑥ NEC田町

⑦ NEC玉川

⑧ NEC府中

● アクティブ測位

質問数 毎秒1回

UF=4: 高度要求

● パッシブ測位

検出率

距離	パッシブ方式	アクティブ方式	性能要件
2～10NM	100 %	100 %	97%以上
10～20NM	100 %	100 %	
20～30NM	100 %	100 %	
30～40NM	100 %	100 %	
40～50NM	96.4 %	100 %	
50～60NM	91.8 %	91.8 %	

アクティブ方式(質問機能の活用)は、有効！

発表内容

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

まとめ

遠方で性能が向上することを確認

- ☺ 受信局配置を広く取り囲むほど，測位誤差は減少
- ☺ 質問機能の活用により，検出率が改善
- ☺ 高度情報を適用した2次元測位により，誤差は減少

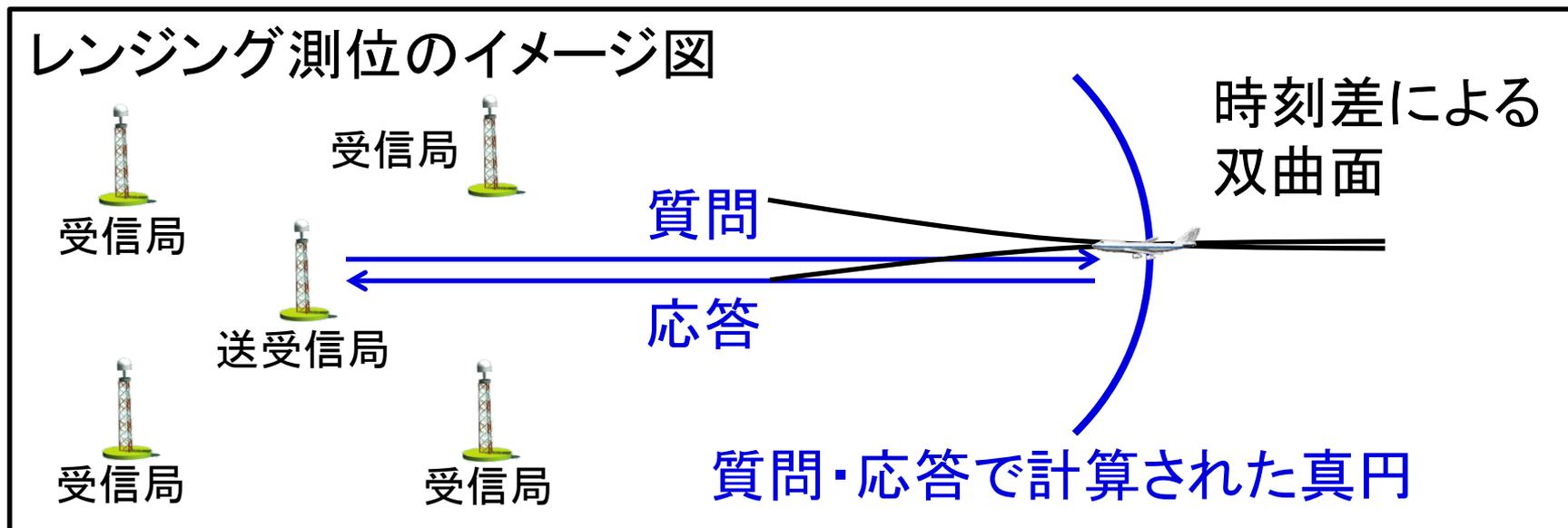
課題

- ▶ 遠方における更なる測位誤差の低減
- ▶ アクティブ方式の覆域拡大

まとめ

今後の対策

- ▶ 質問機能によるレンジング測位
- ▶ 追尾機能の活用
- ▶ 受信局組み合わせ毎の最適解算出



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
- ☆ 成田空港事務所
- ☆ 大和航空路監視レーダー事務所
- ☆ 国土地理院 鹿野山測地観測所

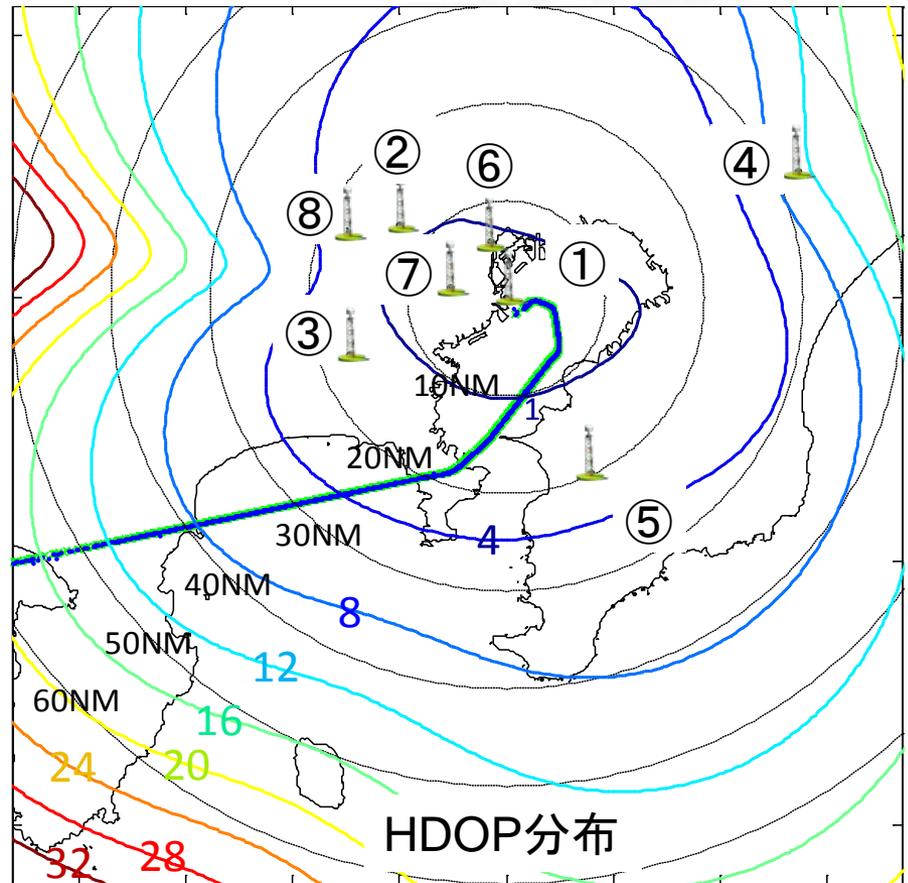
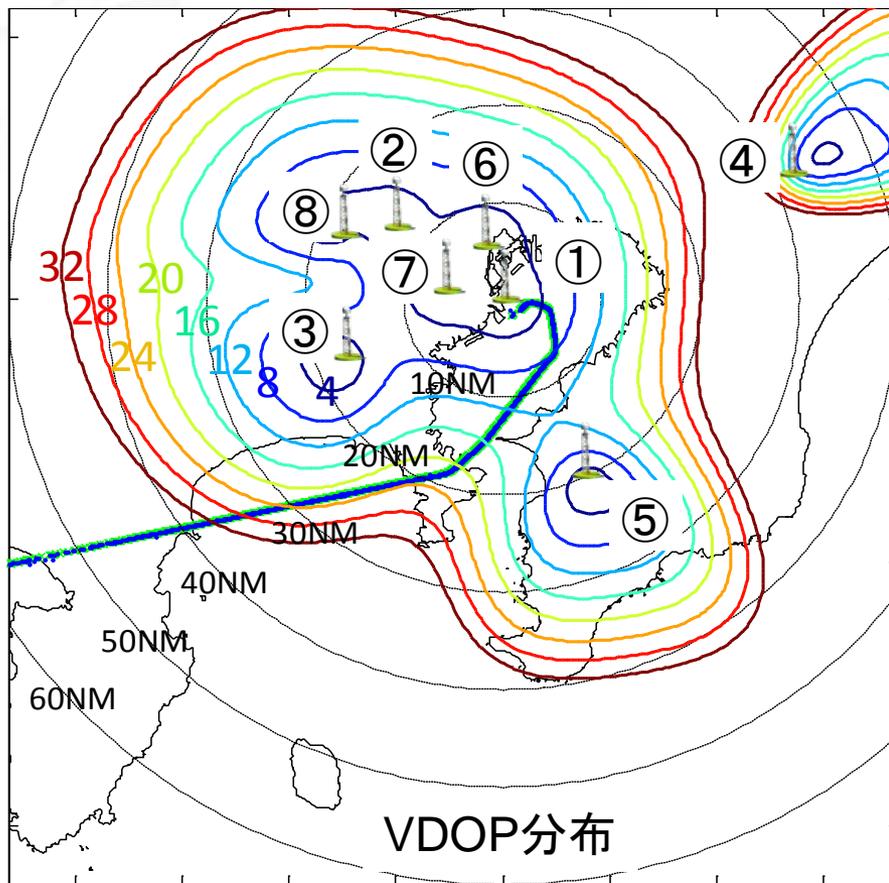
関係各位に深く感謝の意を表します。

ご清聴ありがとうございました



補足資料

出発機航跡, およびDOP分布(10,000FT計算)

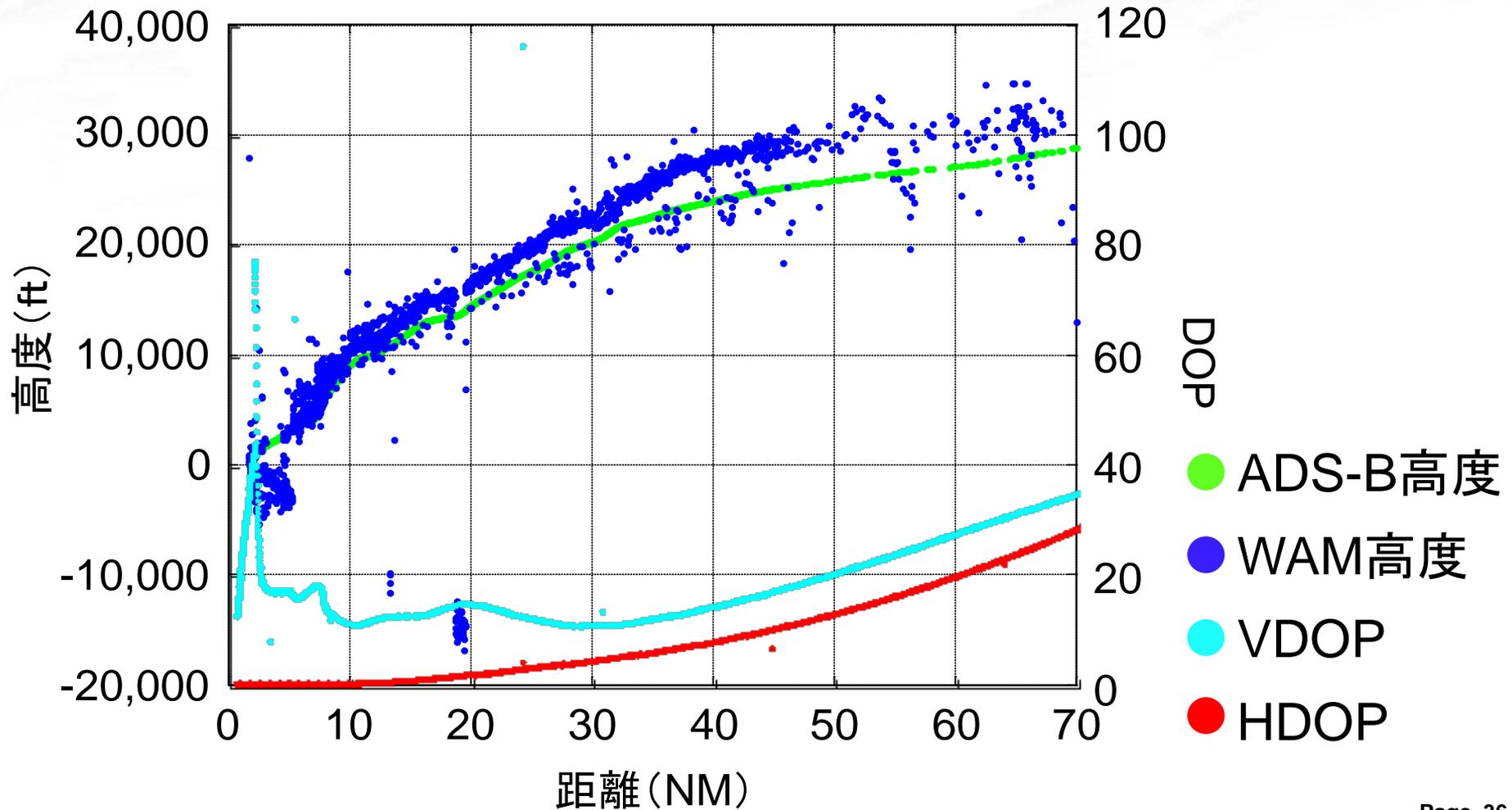


× ADS-B位置

● WAM位置

補足資料

出発機のADS-BとWAMとの高度比較, およびVDOP, HDOP



補足資料

出発機 3次元測位と2次元測位(高度情報適用)での測位誤差

距離	3次元測位	2次元測位	性能要件
2~10NM	35.6 m	36.4 m	150mRMS以下
10~20NM	50.8 m	37.6 m	
20~30NM	79.5 m	50.9 m	
30~40NM	124.3 m	81.4 m	
40~50NM	193.8 m	144.3 m	
50~60NM	657.9 m	269.5 m	