

# 航空路監視用WAM技術 の評価について

宮崎 裕己  
電子航法研究所

# 発表内容

- 研究の背景・ポイント
- 航空路WAMで必要な技術
- 実験装置による評価状況



# 航空サービスは経済・社会インフラ

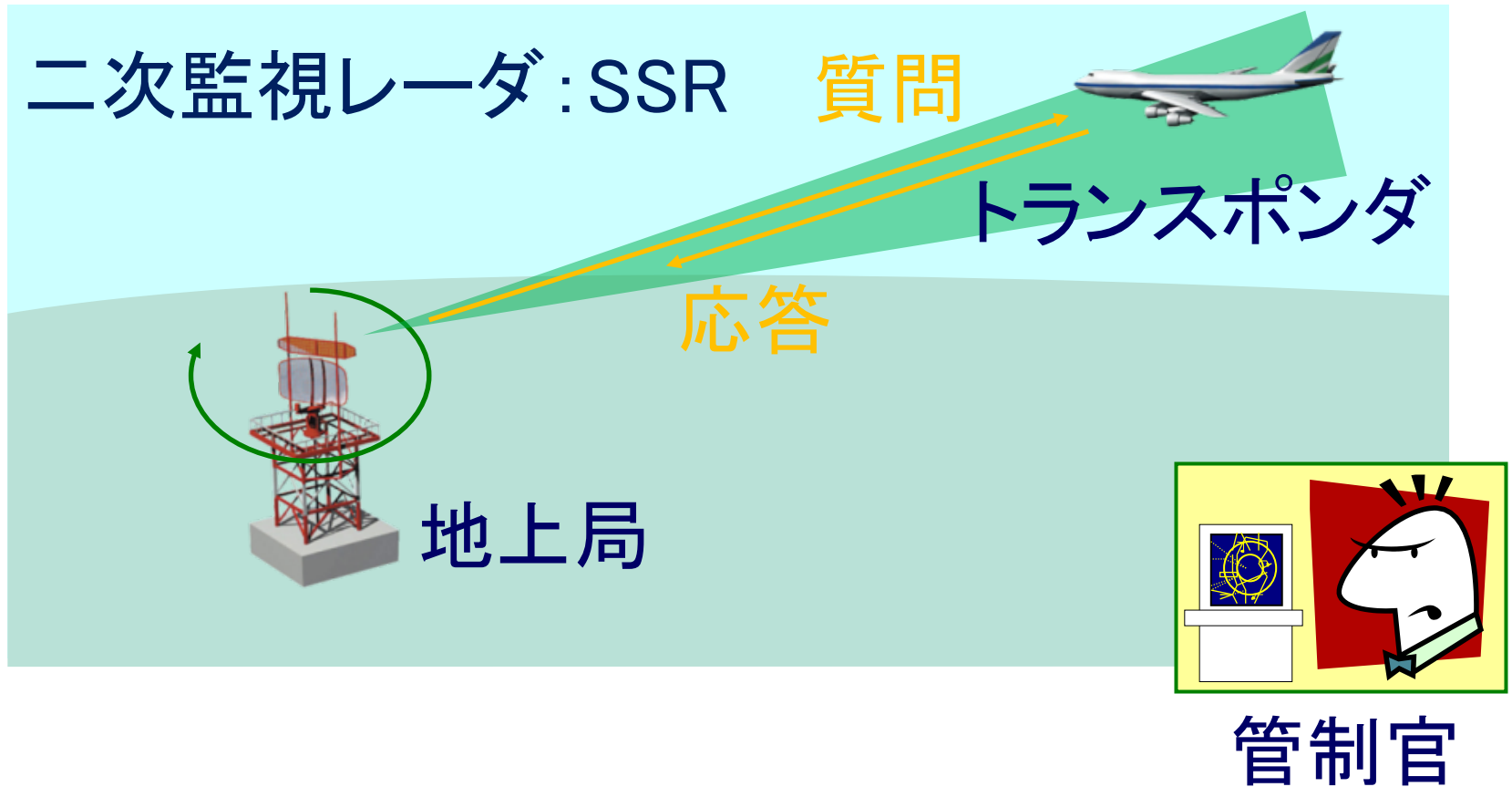
## ☆航空交通システムの目指す目標(CARATS)

項目	数値目標
安全性の向上	安全性を5倍に向上
航空交通量増大への対応	混雑空域における管制の処理容量を2倍に向上
利便性の向上	サービスレベル(定時性、就航率及び速達性)を10%向上
運航の効率性の向上	1フライト当たりの燃料消費量を10%削減
航空保安業務の効率性の向上	航空保安業務の効率性を50%以上向上
環境への配慮	1フライト当たりのCO <sub>2</sub> 排出量を10%削減

→高度な運用方式(軌道ベース運用など)導入

# 航空機監視システムの高度化

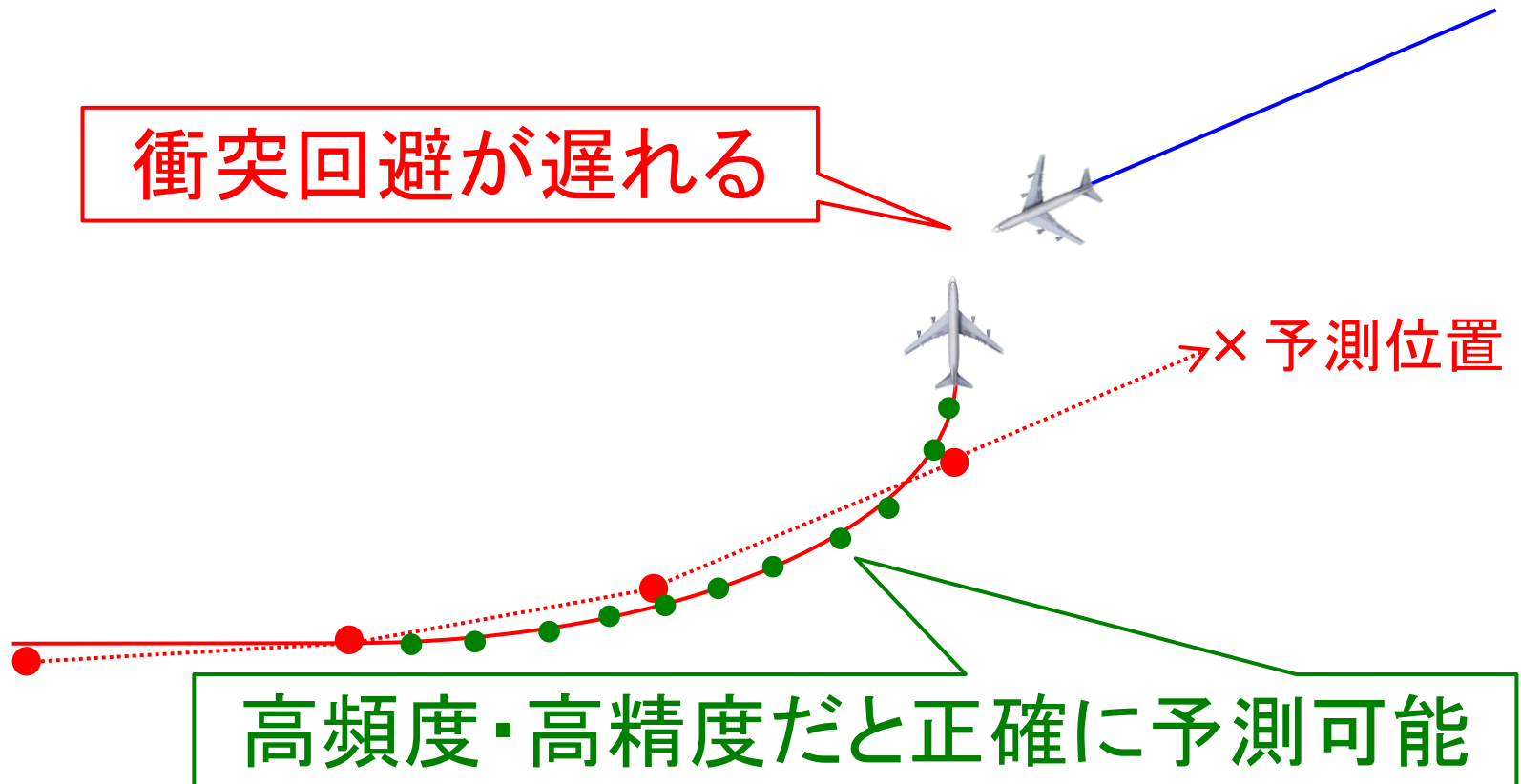
☆現用のレーダでは性能が十分ではない



SSR: Secondary Surveillance Radar

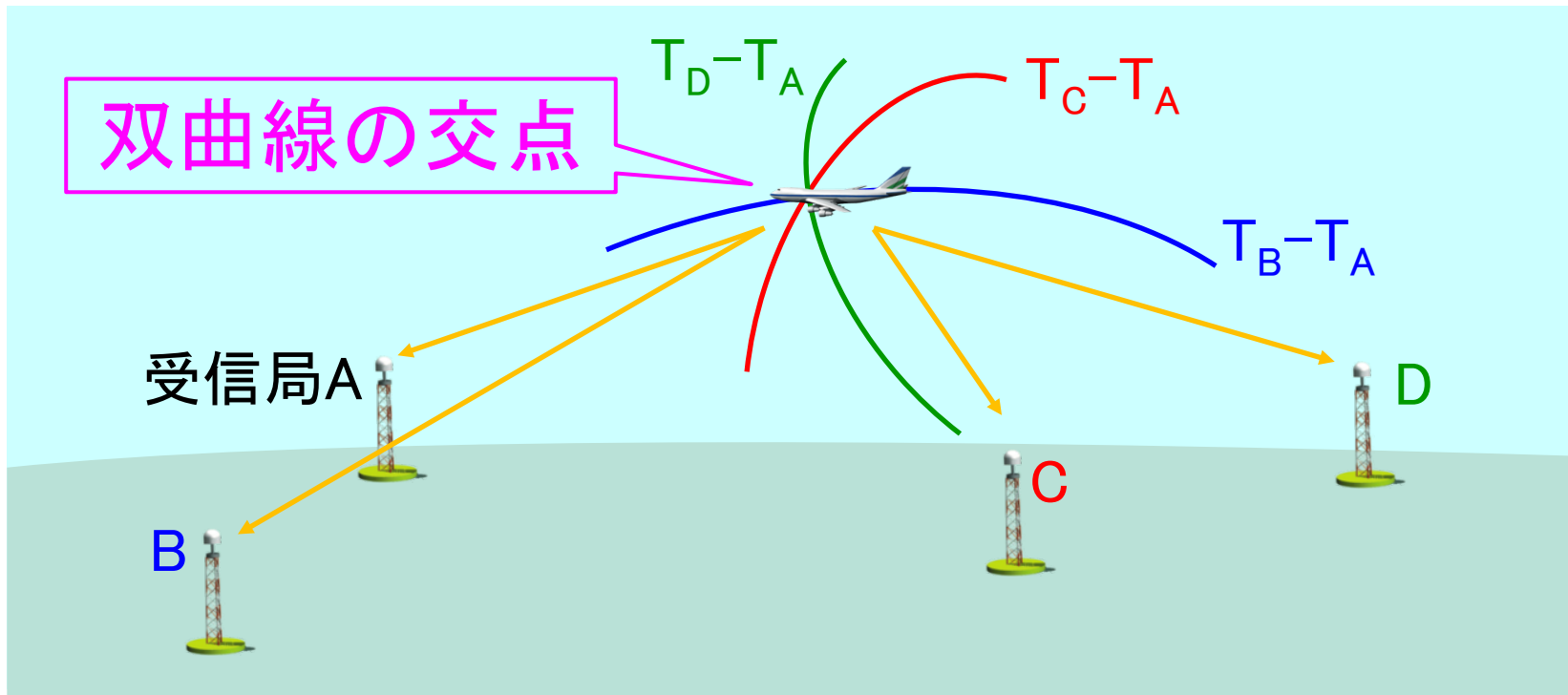
# 高性能な監視が必要な理由

☆短期的な将来位置の予測で重要



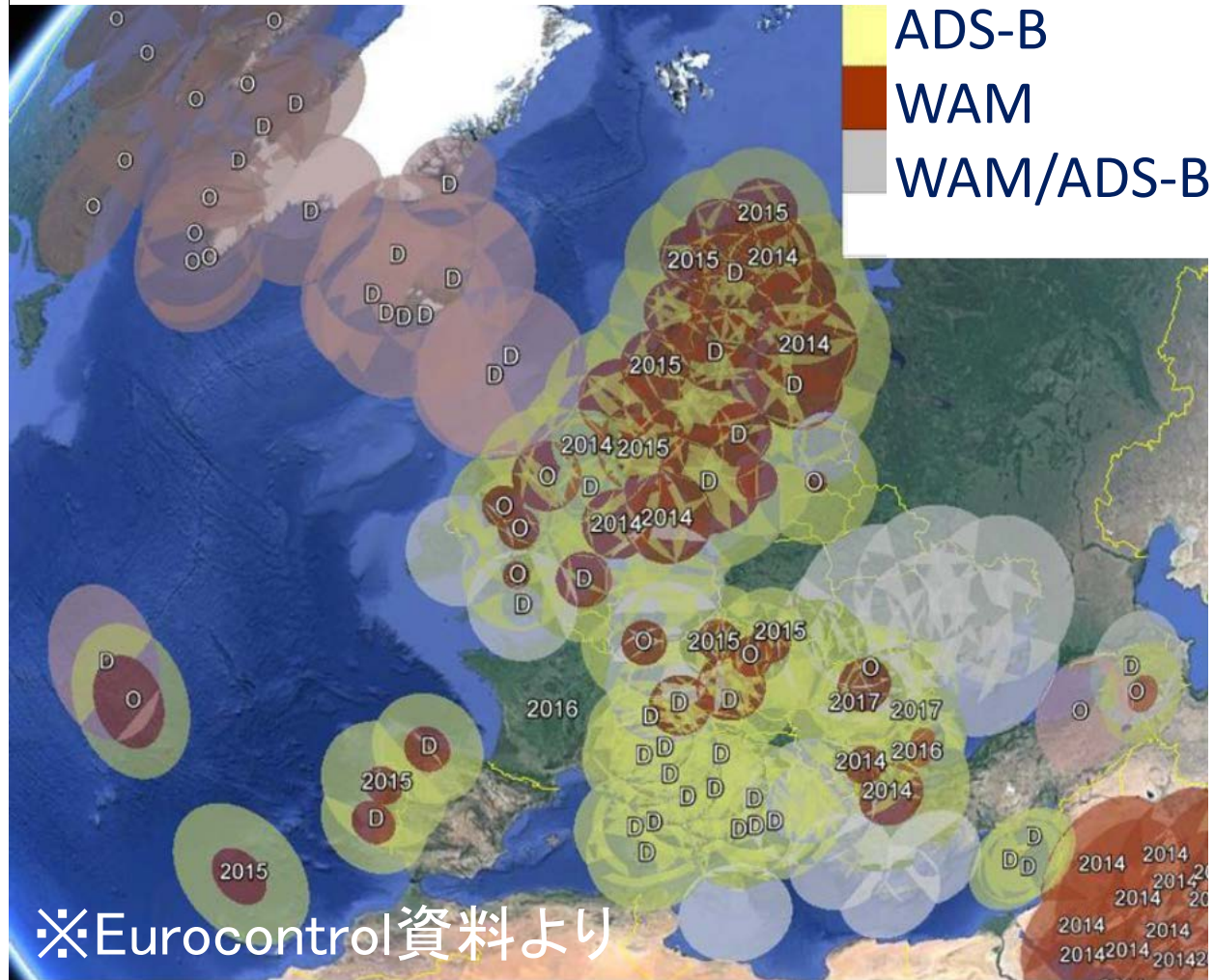
# 広域マルチラレーション(WAM)

☆信号検出時刻差から航空機位置を算出



→SSRよりも高性能(更新頻度:1秒平均)

# 欧州における導入状況



☆2017年までに700局が導入される予定

# WAMは確立された技術か？

WAMは

覆域が広くなると  
この“適切”が難しい

適切な装置

適切な配置

適切な環境(信号)

で運用すれば高い性能が得られる

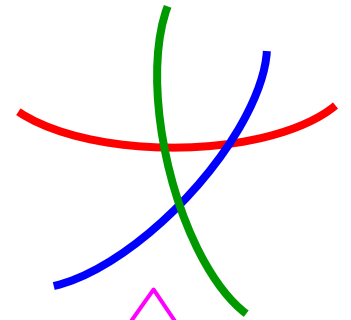


# 適切な装置とは

## ☆信号検出時刻差から位置を計算

信号検出  
時刻付与(分解能)  
時刻同期

を正確にできる

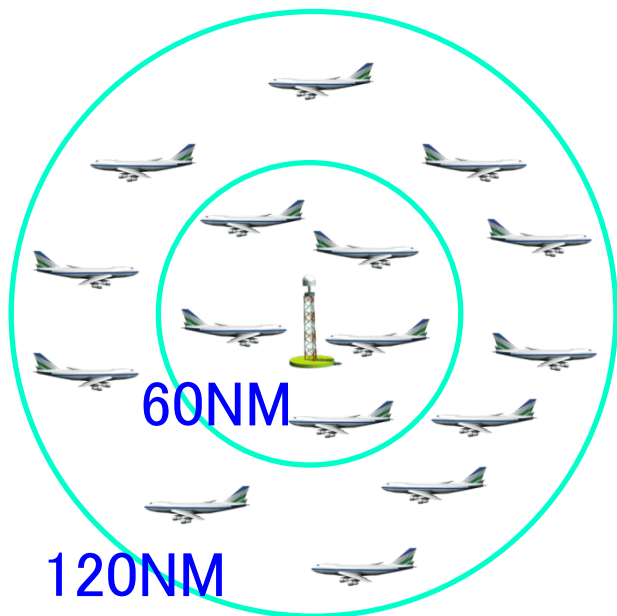


双曲線が交わらないと  
計算解が得られない

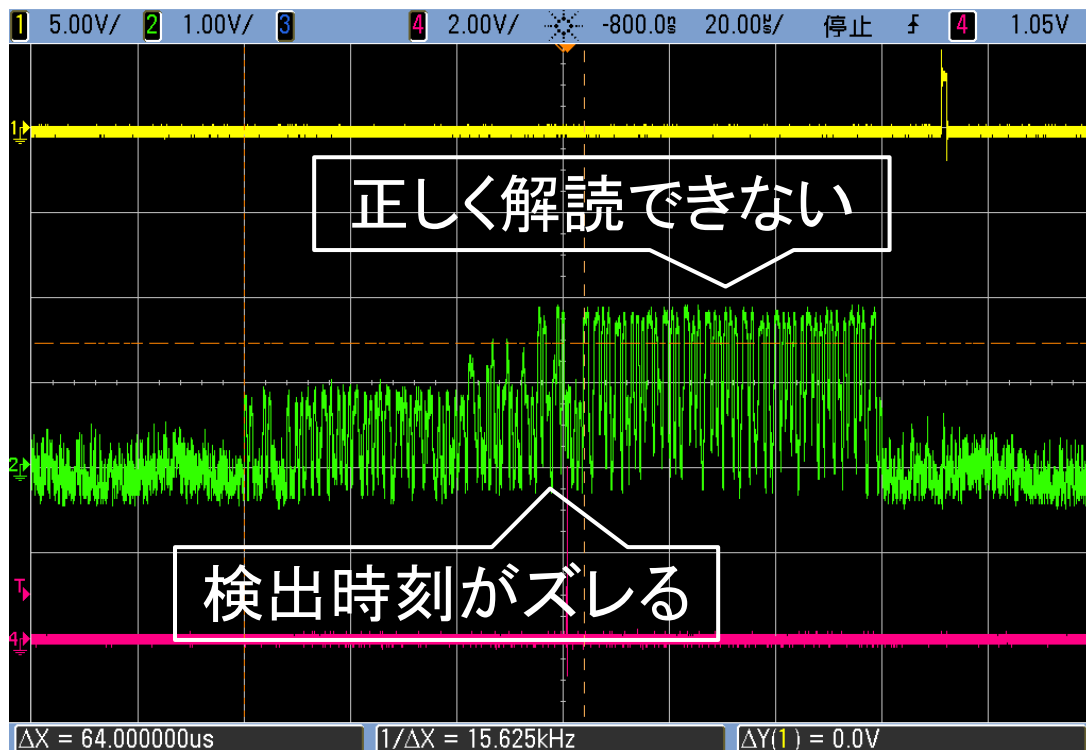
# ENRI 覆域が広いと適切な装置は難しい



無指向性空中線

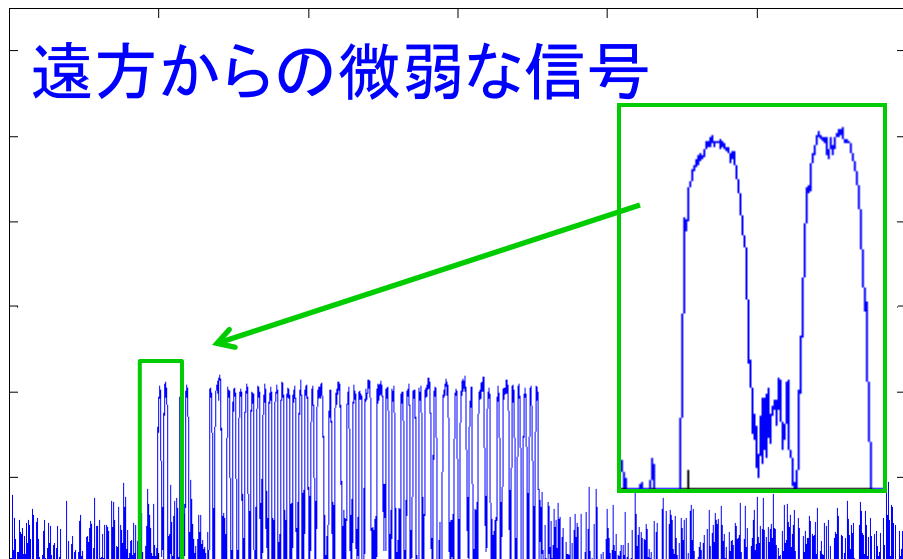
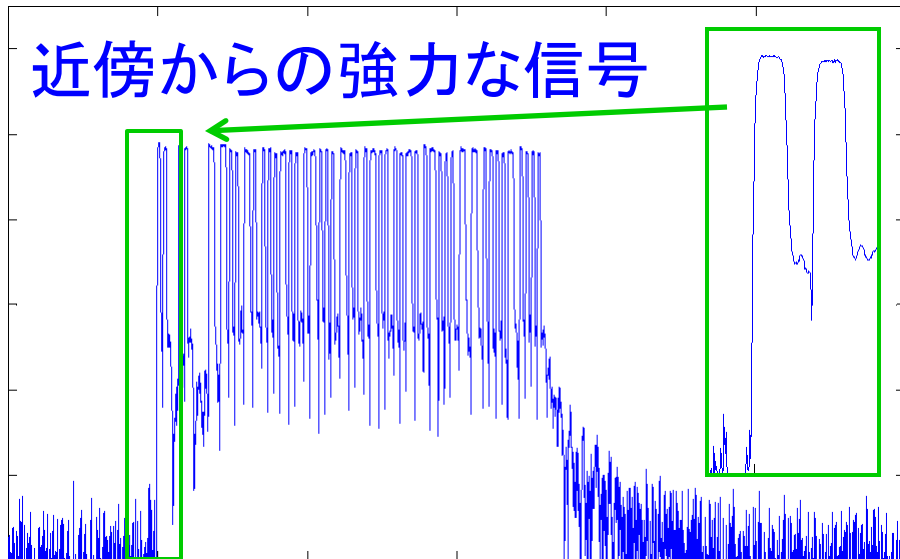


☆遠方からの微弱な信号に強力な信号が重畳



→干渉に強い信号処理技術が必要

# 覆域が広いと適切な装置は難しい



ノイズ

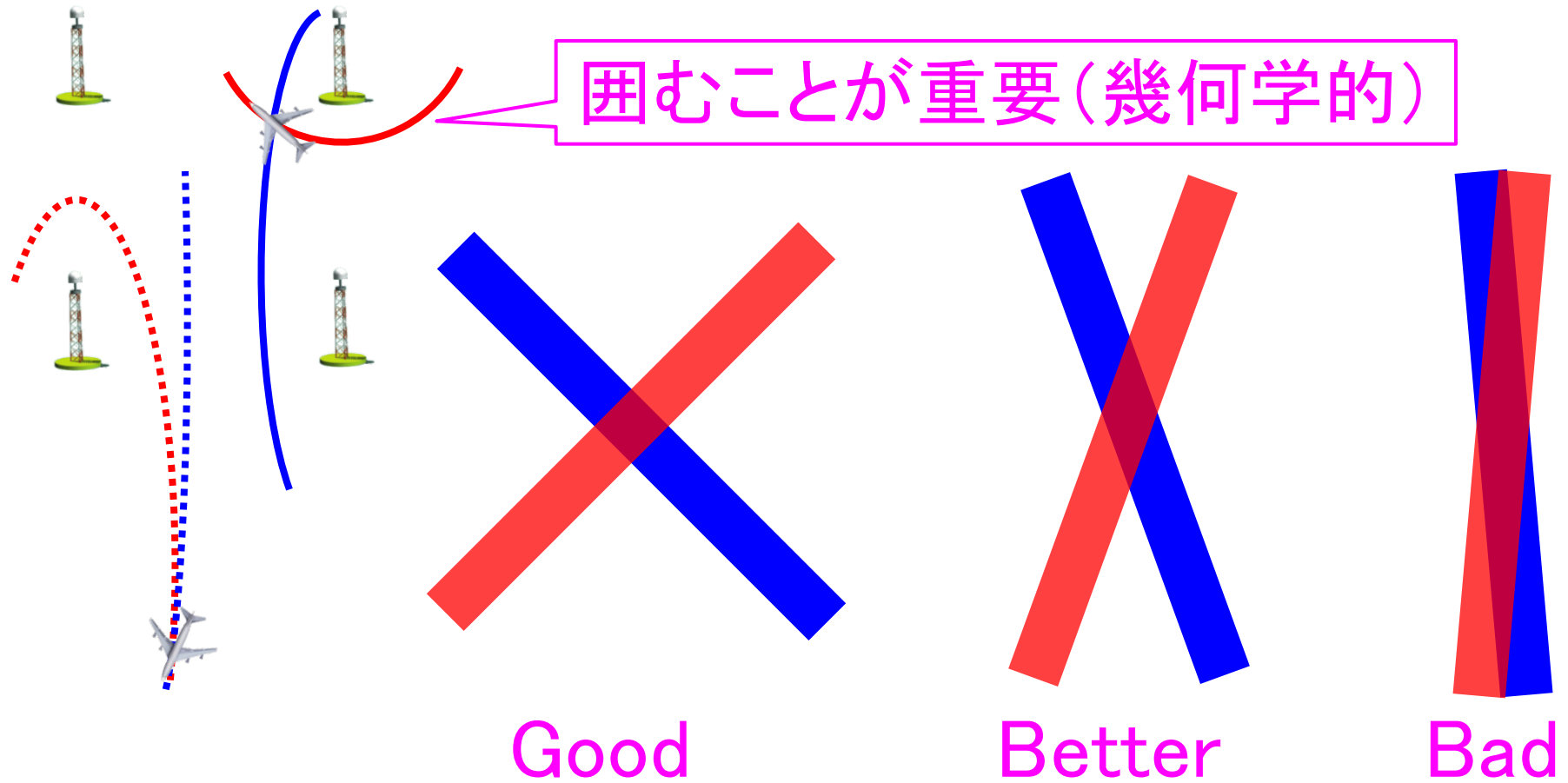
☆遠方からの信号は

- ・ノイズの影響を受けやすく
- ・信号波形が明瞭でなくなる

検出時刻がズレル

→洗練された信号処理技術が必要

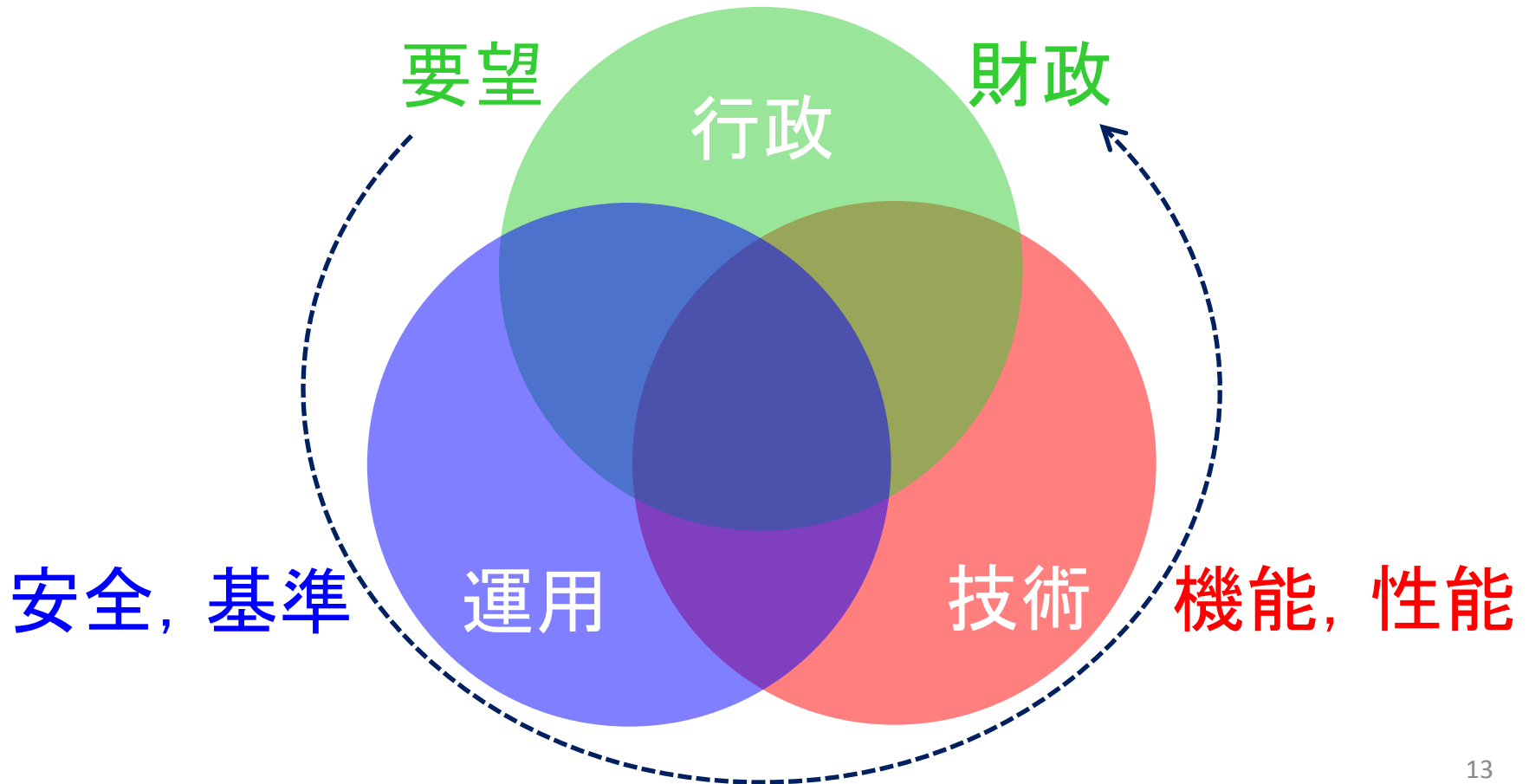
# 適切な配置とは



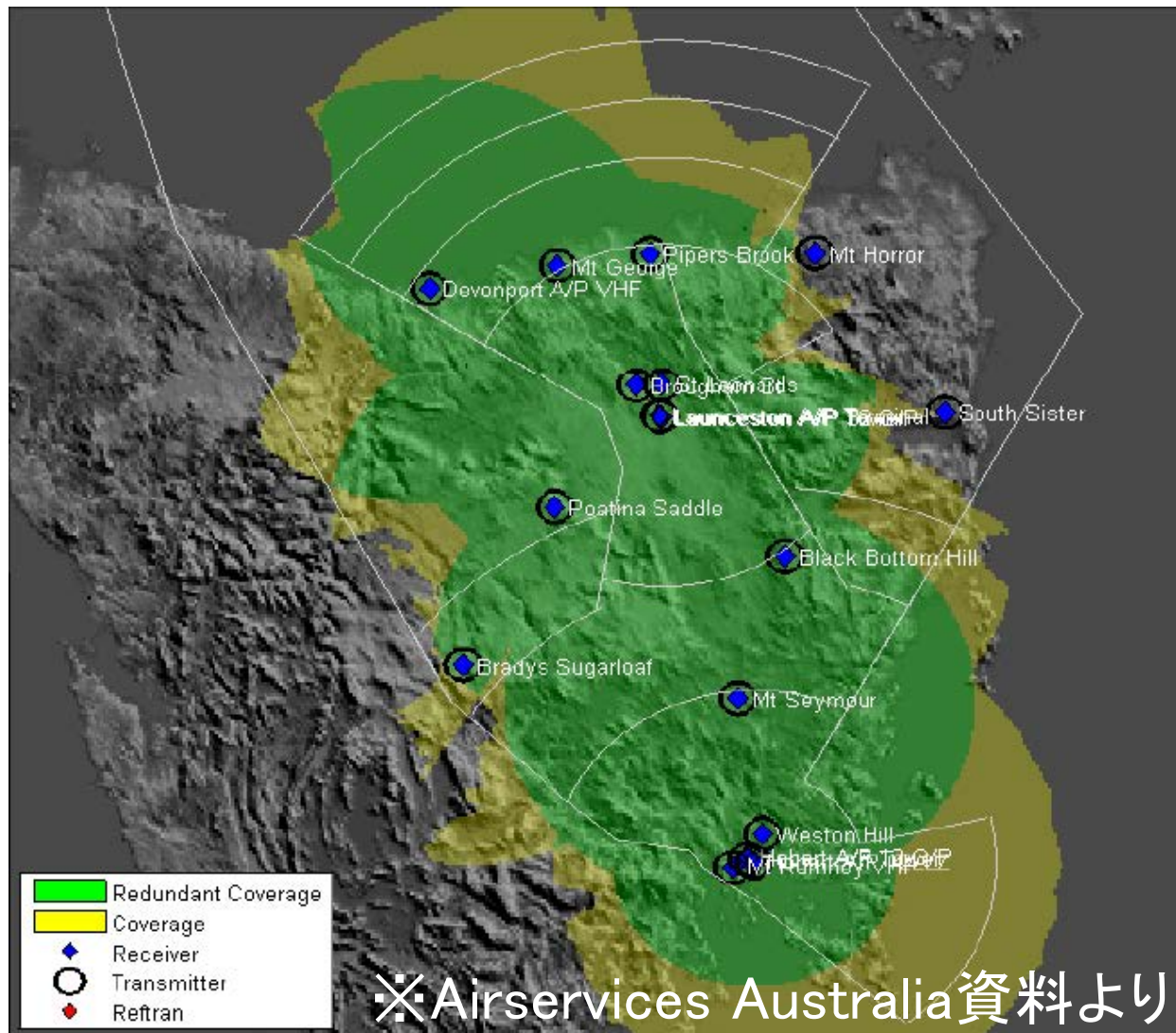
→ 双曲線の交わる角度で測位誤差が増大

# 適切な配置を得るには

☆バランスが取れるかが重要



# バランスが取れなかった例 (オーストラリア:タスマニアWAM)



# バランスが取れなかった例

## Radar vs WAM



WAMは  
高価すぎる  
難しすぎる

我々の環境では  
レーダのほうが  
維持費が安い

- WAM considered only for niche applications
- Too expensive and too “hard” to deploy
  - Coms
  - Site acquisition
  - Radio Transmit licences
  - Performance prediction in environment difficult
- Radar has a less expensive life cycle cost than WAM in our environment

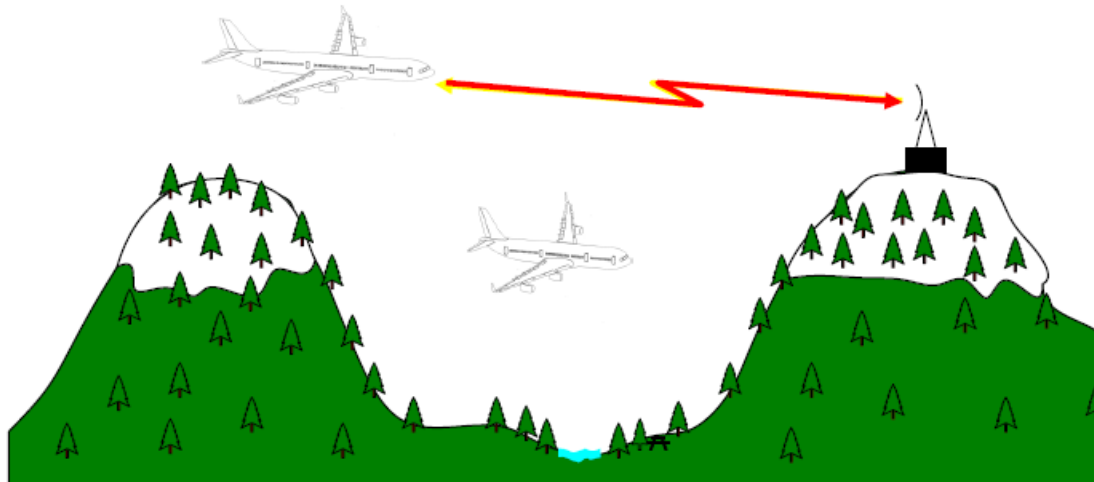
# バランスが取れている例 (オーストリア: インスブルックWAM)



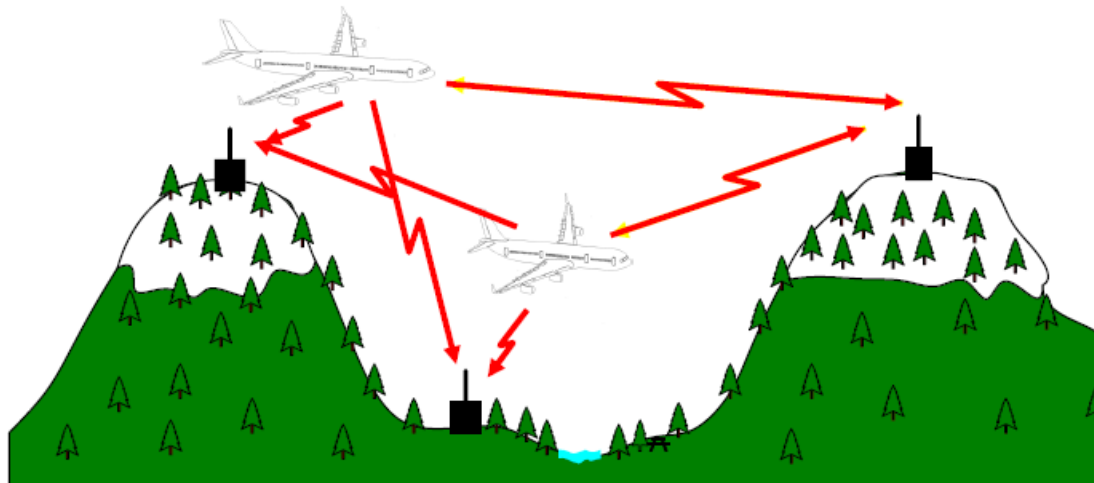


# バランスが取れている例

レーダ



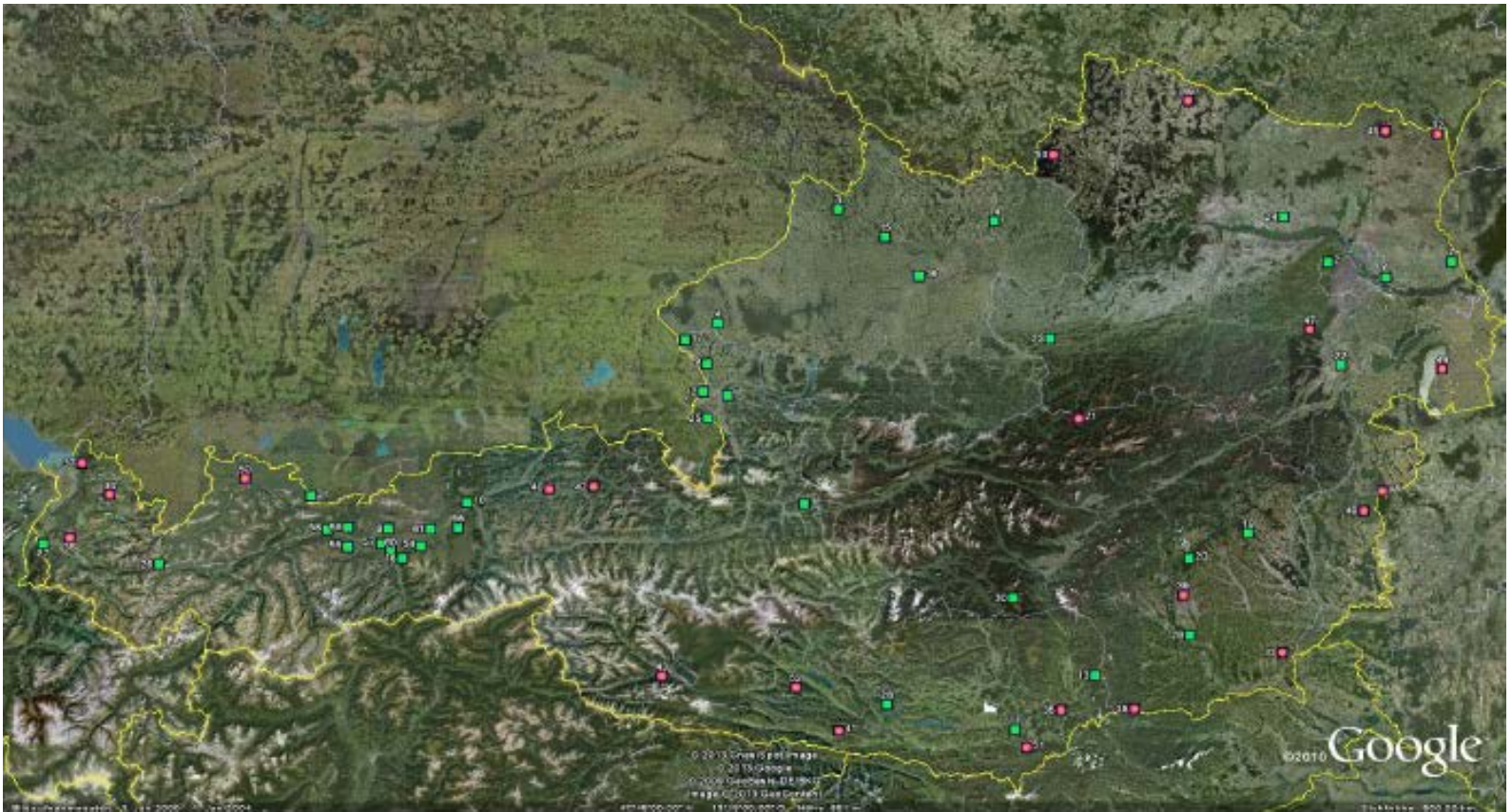
WAM  
Good!



# バランスが取れている例

☆ 受信局数: 60局以上

相当に高価



※Austro Control資料より

# 覆域が広いと適切な配置は難しい





## ☆WAM受信局信号検出率

時間 (JST)	羽田:0.1NM	鹿野山:20NM	箱根:42NM
09:00 - 10:00	98.8%	79.1%	22.1%
14:00 - 15:00	99.4%	65.2%	17.6%
19:00 - 20:00	99.1%	87.6%	51.2%
00:00 - 01:00	99.6%	89.8%	72.1%

☆羽田からの距離に反比例して検出率が低下

☆時間帯(信号数)に比例して検出率が変化

→信号数が多い空域では密な受信局配置が必要

# 覆域が広いと“適切”は難しい

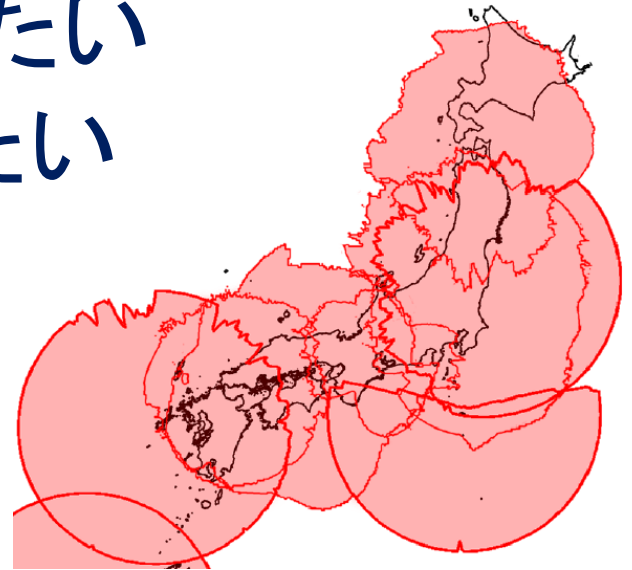
☆受信局数を減らしたい

→覆域を囲まなくても良くしたい

→疎らな配置でも良くしたい

→検出信号数を減らしたい

四面が海に囲まれている

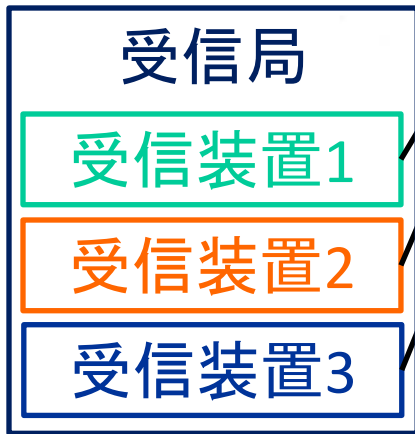
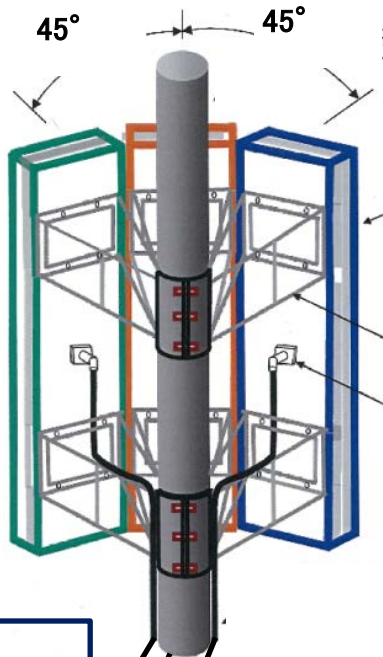


航空路WAMで必要な技術とは？

# 発表内容

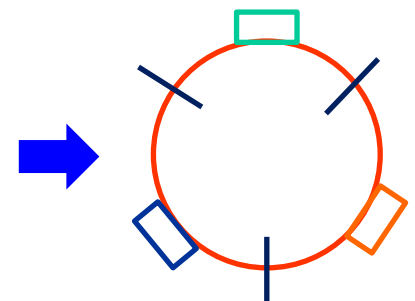
- 研究の背景・ポイント
- 航空路WAMで必要な技術
  - 高利得セクタ型アンテナの開発
  - 測位方式の改善
- 実験装置による評価状況

# 高利得セクタ型アンテナの開発



- ☆セクタ化  
→検出信号数を減らせる
- ☆高利得化  
→疎らな配置にできる

※設置の柔軟性が増す

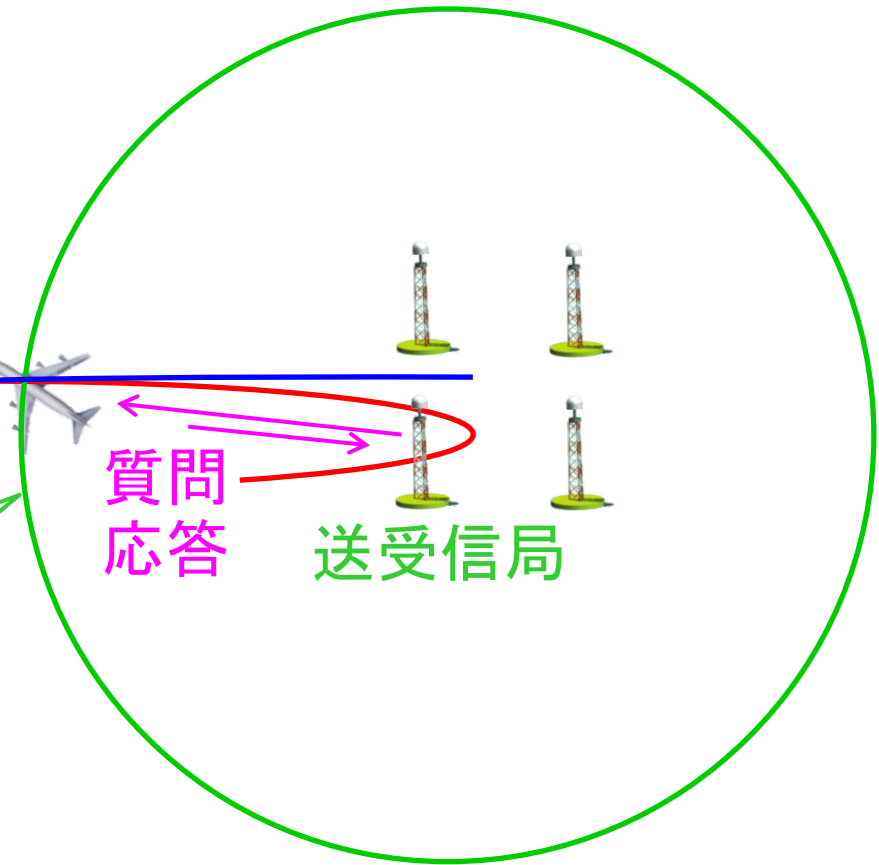


# 測位方式の改善：Ranging(真円)測位

☆質問・応答から得られる距離を測位に活用

ほぼ直角に交わる

質問・応答により  
得られる真円

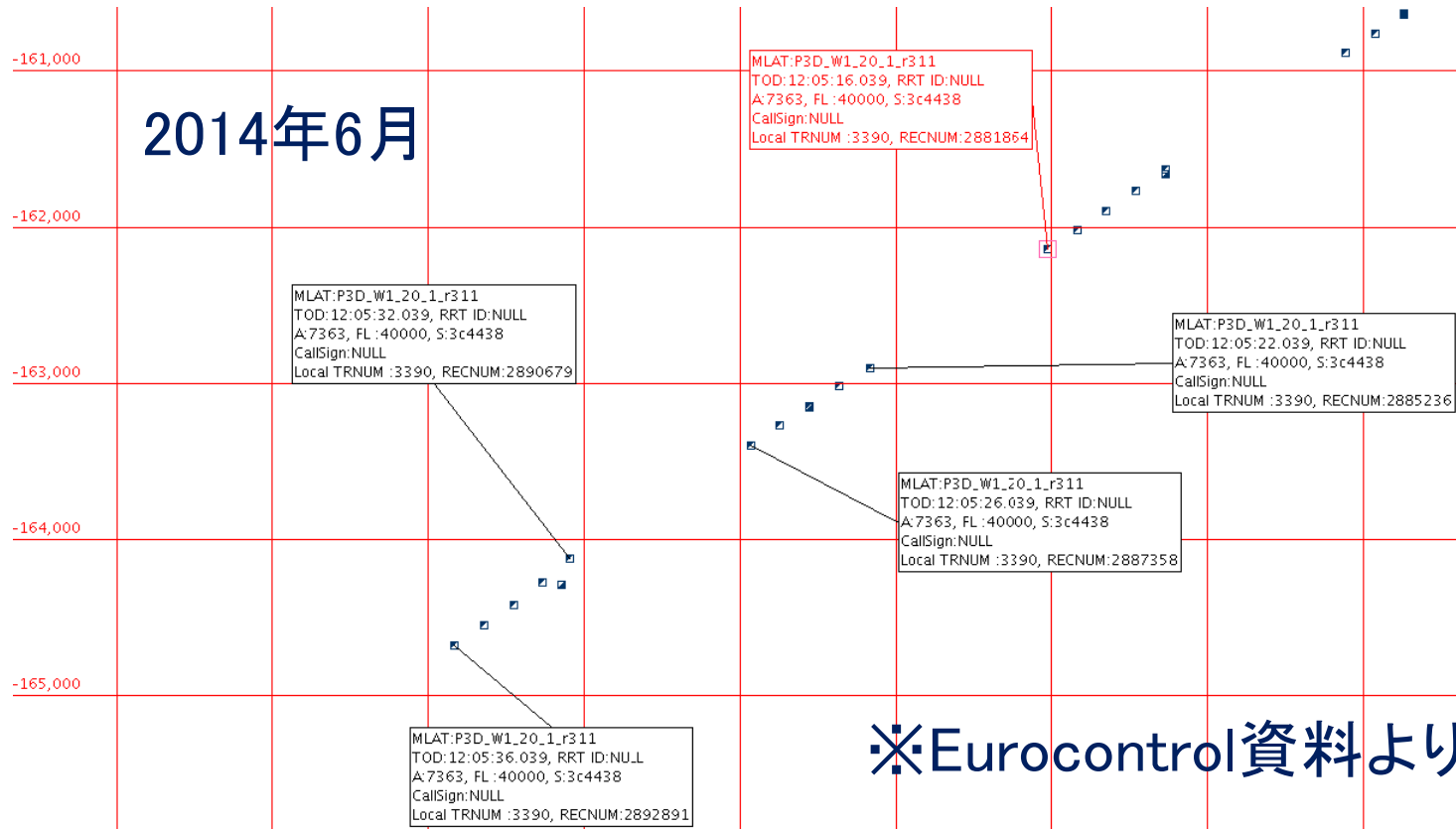


→ 覆域を囲まなくても高精度が得られる



# 質問送信時の注意点

☆ 中央ヨーロッパでレーダ・ターゲット消失が発生

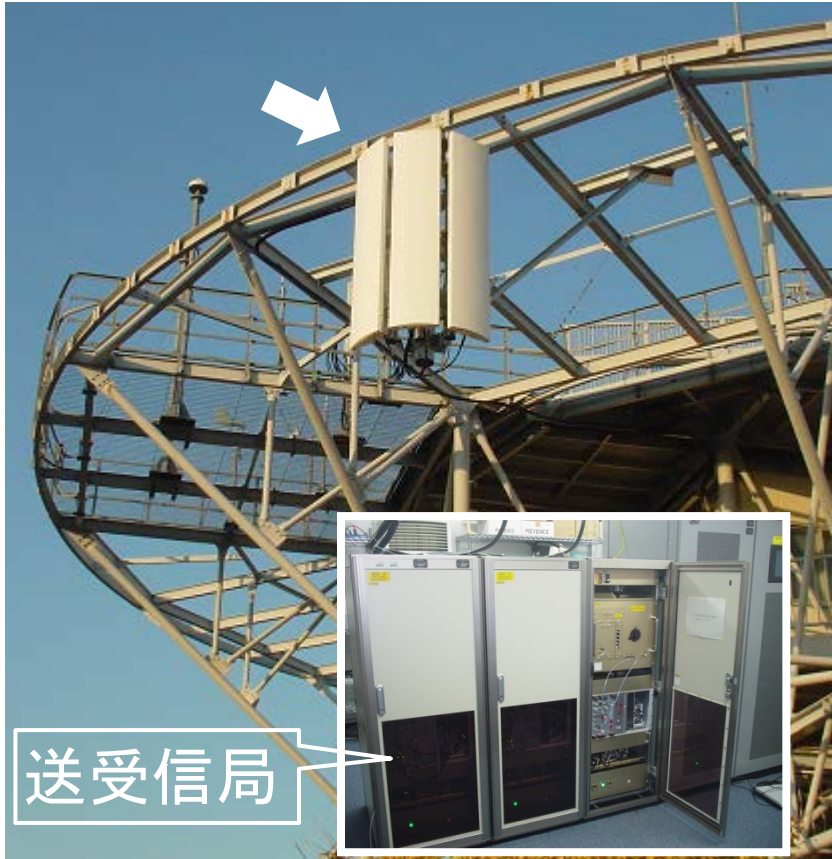


☆ 原因はSSRモードSとWAMの過剰質問  
→セクタ型アンテナの利用で軽減可能

# 発表内容

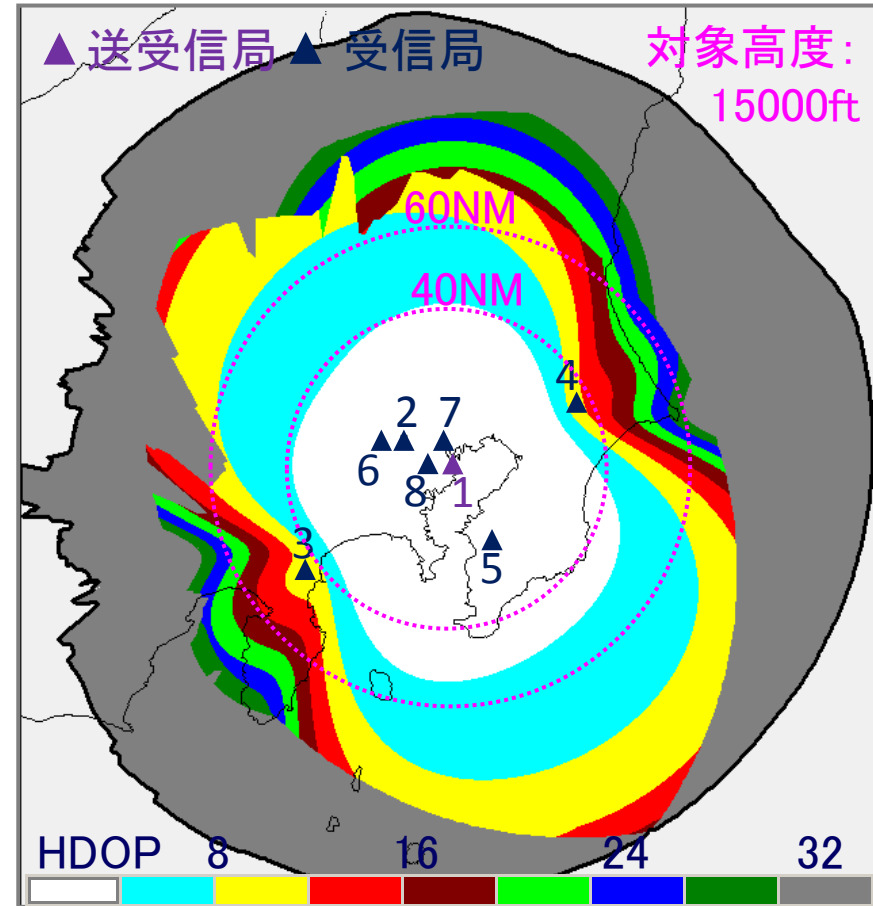
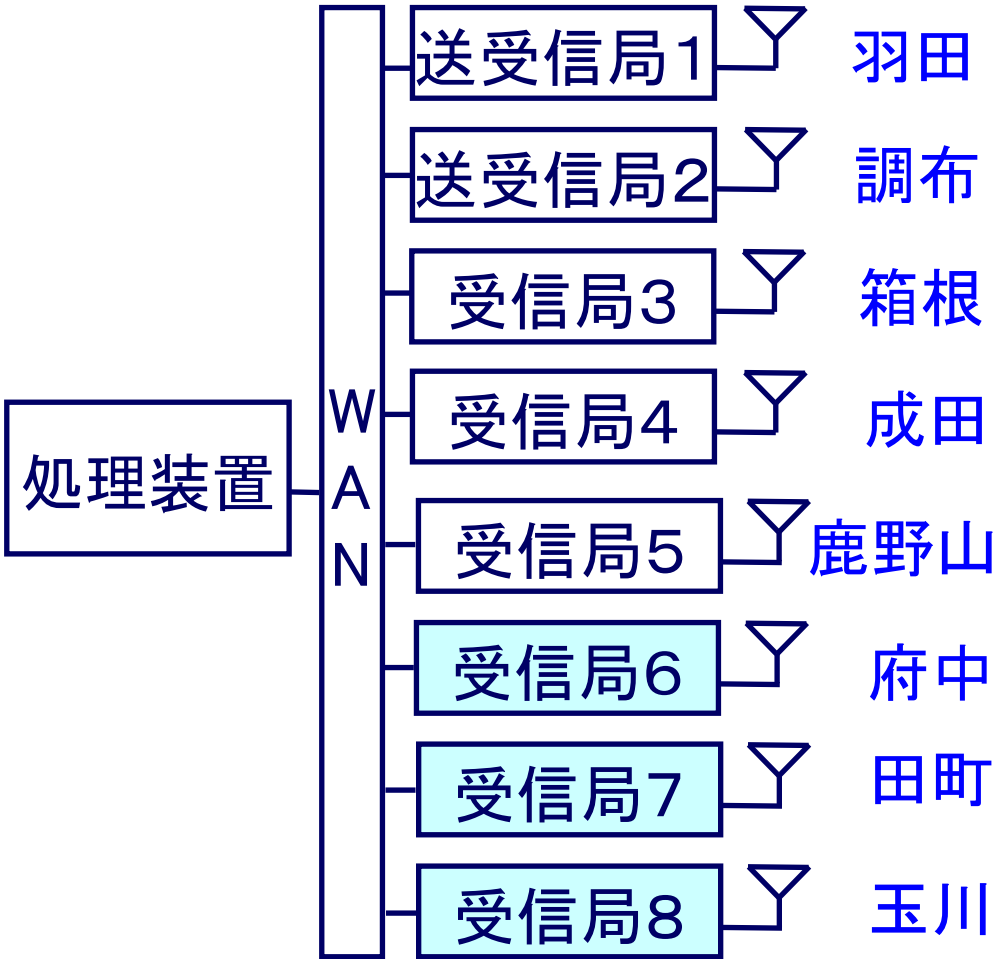
- 研究の背景・ポイント
- 航空路WAMで必要な技術
- 実験装置による評価状況
  - Ranging測位の予備試験
  - 高利得セクタ型アンテナの基礎試験
  - 課題の抽出

# 高利得セクタ型アンテナ



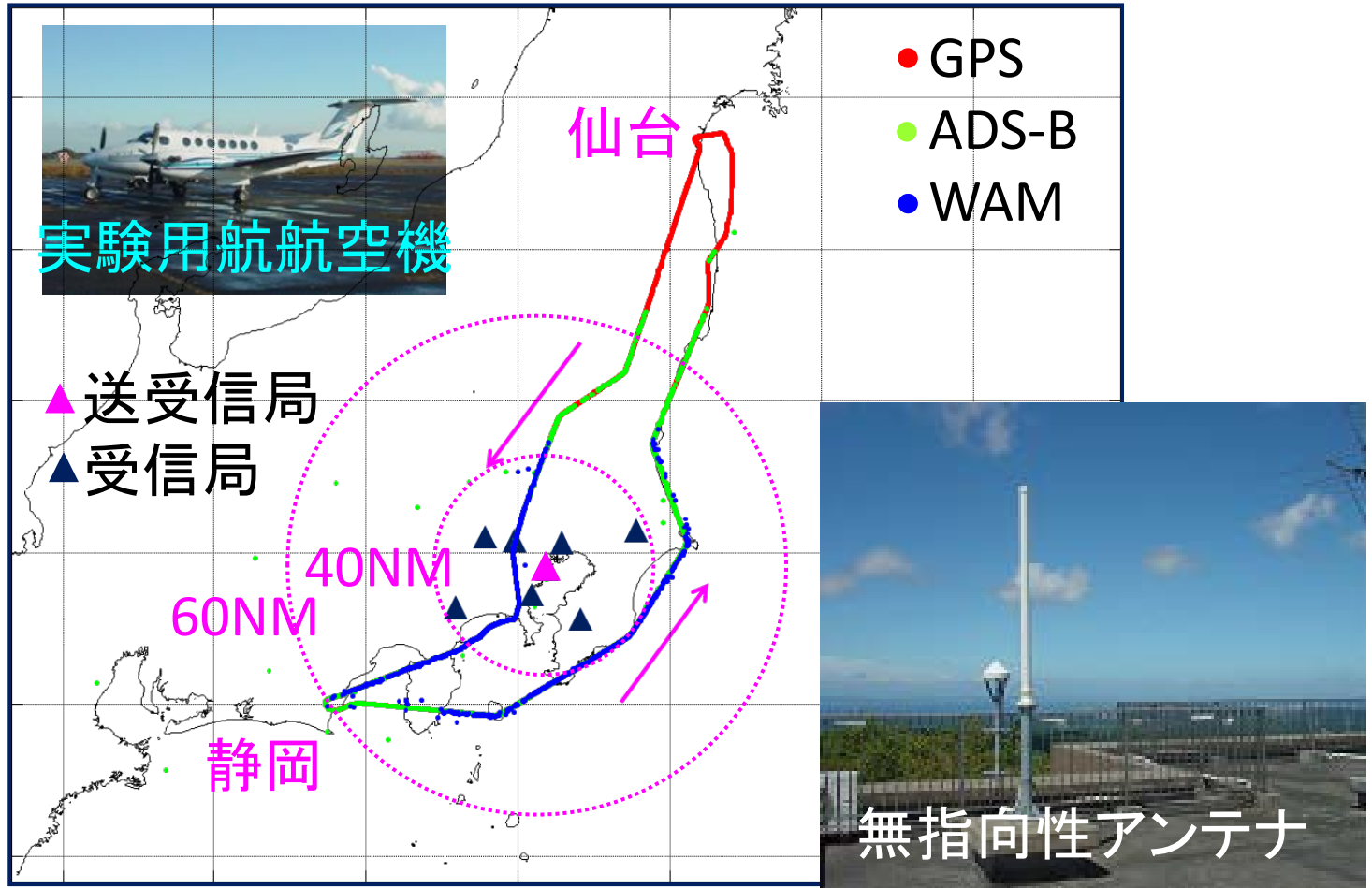
- ビーム幅：45°
- 利得：17dBi
- 寸法：2m\*60cm\*30cm
- 重量：30kg
- 送信電力：1500W
- 送信：200NM以上
- 受信：250NM以上

# WAM実験装置の配置



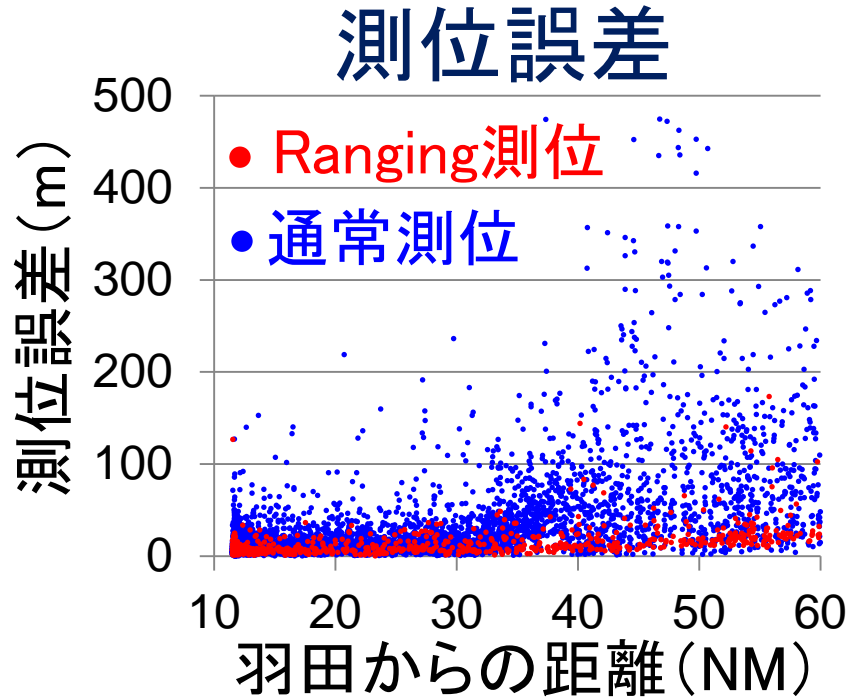
日本電気株式会社殿設備品

# 実験航跡



☆40NM以内は受信局に囲まれている

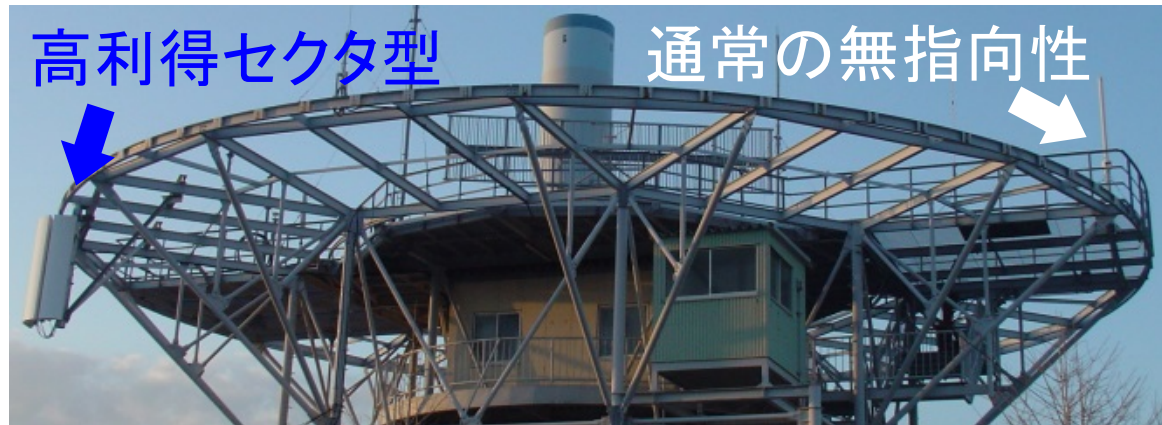
# Ranging測位の予備試験



配置外側

測位誤差 (RMS)	10-40NM	40-60NM
通常測位	28m	144m
Ranging測位	14m	35m

# 高利得セクタ型アンテナ基礎試験



## 信号検出率

アンテナ	信号検出率
高利得セクタ型 (17dBi)	84%
通常は無指向性 (9dBi)	76%

## 課題の抽出

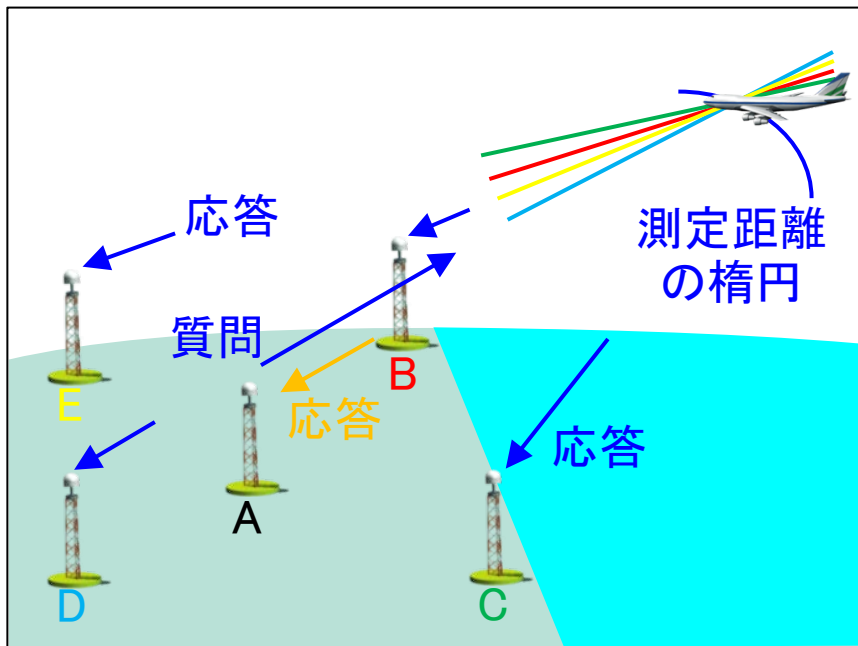
検出率(2秒間隔)	10-40NM	40-60NM
通常測位	100%	100%
Ranging測位	79.5%	59.7%

質問数: 560	回数	比率
質問が届いていない	62	11%
正しく測位された	236	42%
誤目標となった	155	28%
羽田で検出されない	93	17%
検出局数が4局以下	14	2%



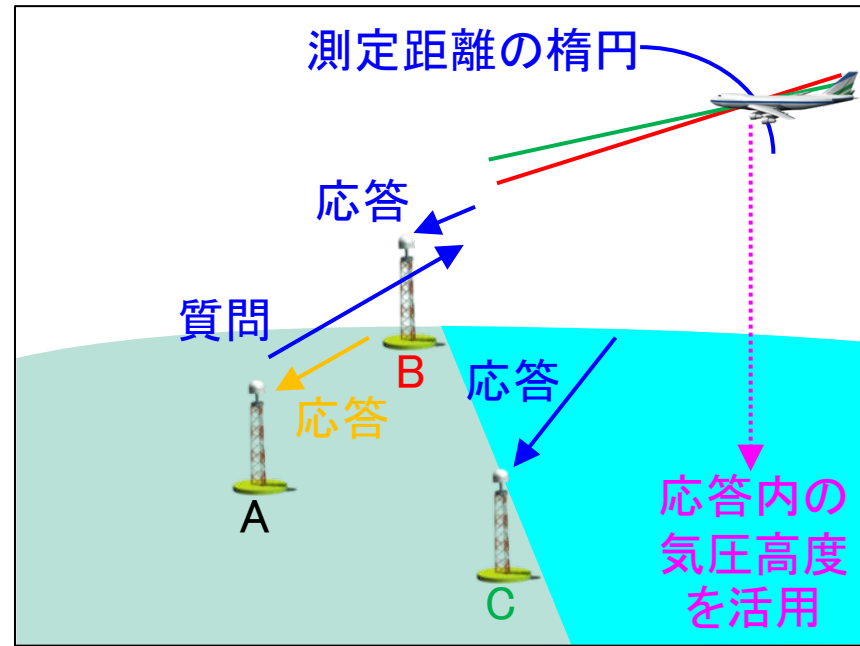
# 測位方式の改善

## ☆ Multi-Ranging測位



「羽田で検出されない」状況を改善

## ☆ 気圧高度を活用した 2次元測位



「誤目標」の状況を改善  
→2次元で解が得られやすい



## まとめ(研究目標)

覆域が広大

- 必要な技術を確立して  
バランスが取れた航空路WAMを構築する
- 装置・配置・信号環境に基づいた  
適切なバランスの指針をまとめる
- バランスが取れない場合  
→レーダにまかせてADS-Bに期待する

# 欧州WAM調査にて

You spend 10 years to implement WAM.

→現在7年目になります

機材設置・評価実験でお世話になっている  
関係各位に感謝の意を表します