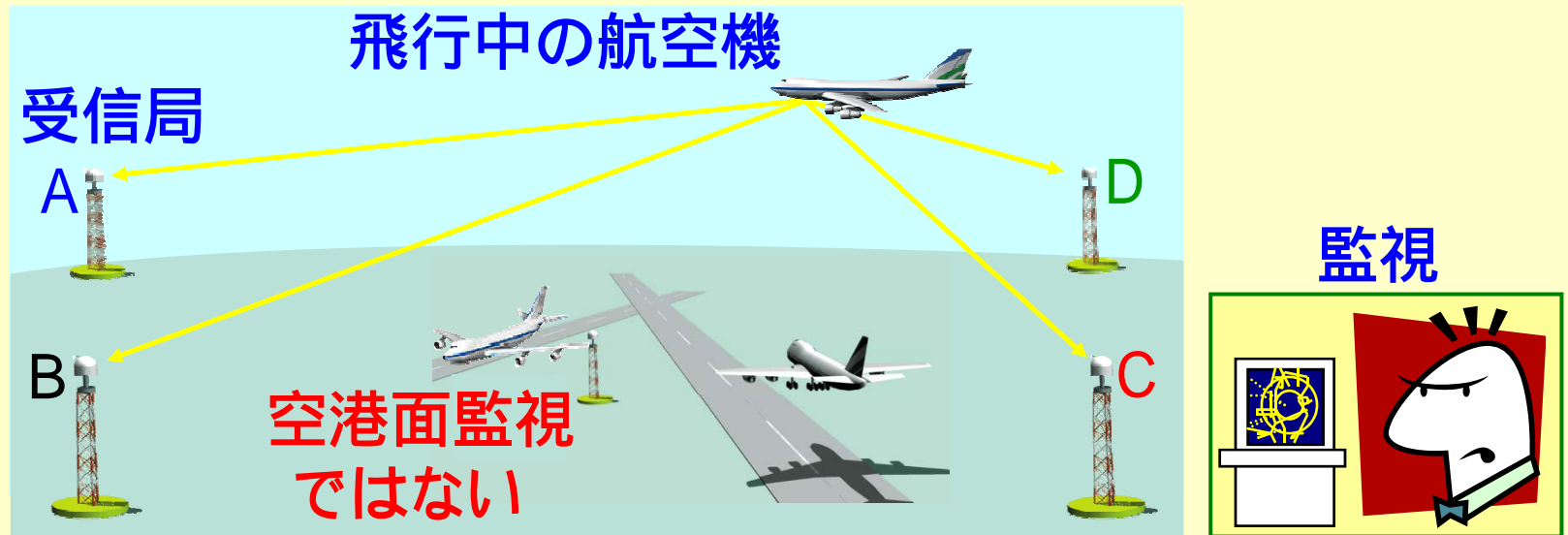


# 広域マルチラテレーションの 基礎実験結果

宮崎, 古賀, 上田, 角張, 二瓶  
(CNS領域, 機上等技術領域)

# 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



電子研では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評価用装置

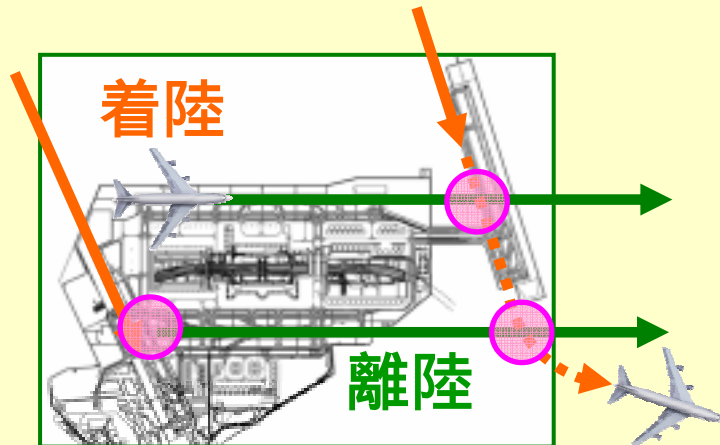
基礎実験



# 研究の背景

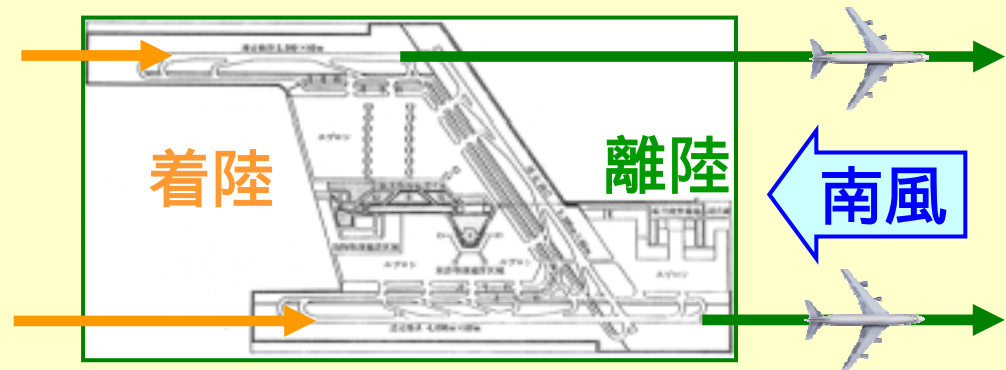
空港拡張後：高度な運用方式  
井桁運用・並行滑走路の同時離着陸

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

# 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

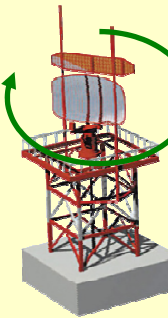
空港の処理容量を最大限に発揮

空港周辺も高頻度・高精度で監視

現用のターミナル・レーダー

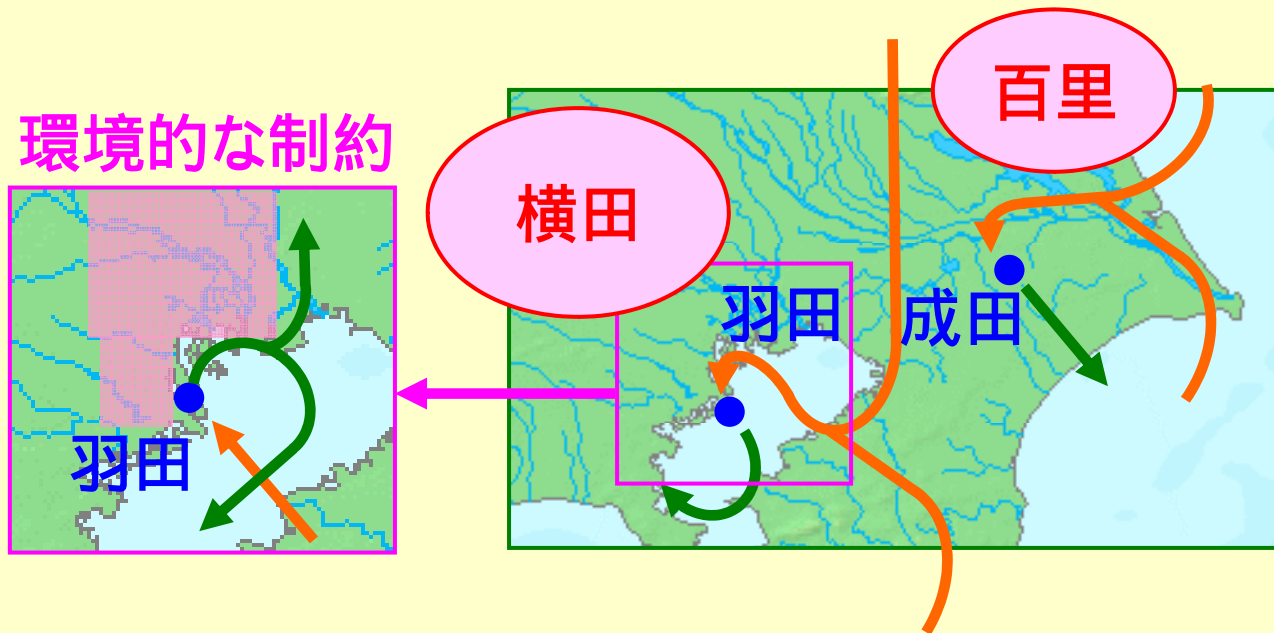
更新頻度や監視覆域に課題を持つ

広域マルチラレーション (WAM)



# 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

# 研究の目的

WAM評価用装置を製作

高性能化を重点に機能・性能を評価

我が国における高度なWAM技術を確立

## 基礎実験の目的

羽田空港周辺に評価用装置を設置

高性能化に適用した技術の事前検証



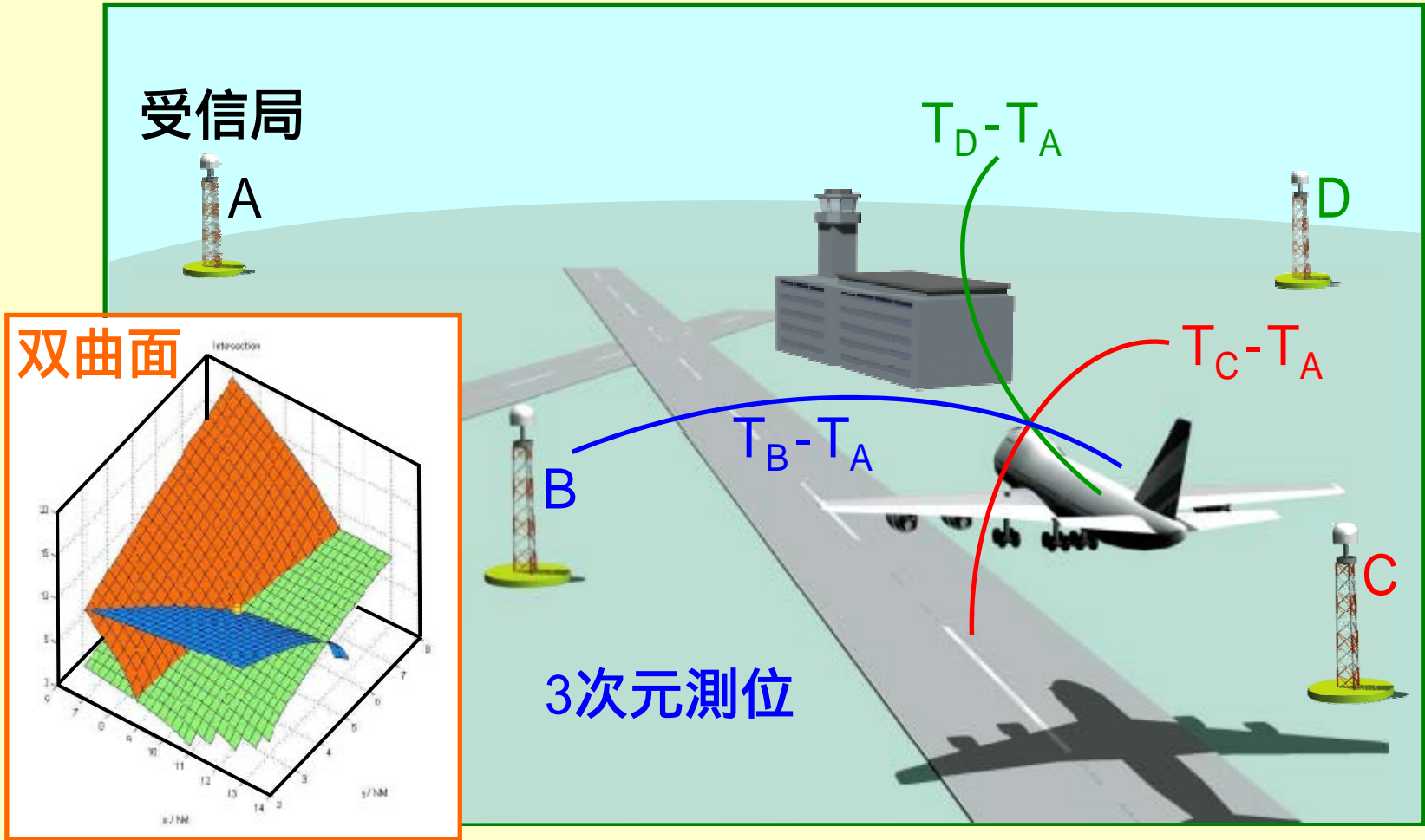
# 特徴

## 2次監視レーダーの課題を克服可能

	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
ブラインド	近傍, 空中線直上	基本的になし

航空機側に追加装備を必要としない  
地上側機材の整備で運用開始可能

# 測位原理



最低4局の受信局で信号を検出

# 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 ( )

- ・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)

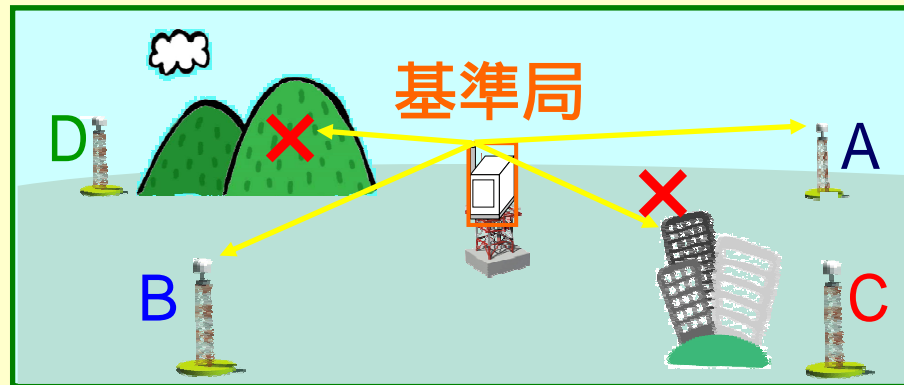
- ・航空機と受信局の位置関係

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

# 信号検出時間の測定精度

## 受信局間の時刻同期

手法	同期精度
基準局方式	5 ~ 10ナノ秒
単独GPS方式	10 ~ 20ナノ秒
GPS Common View方式	2 ~ 5ナノ秒

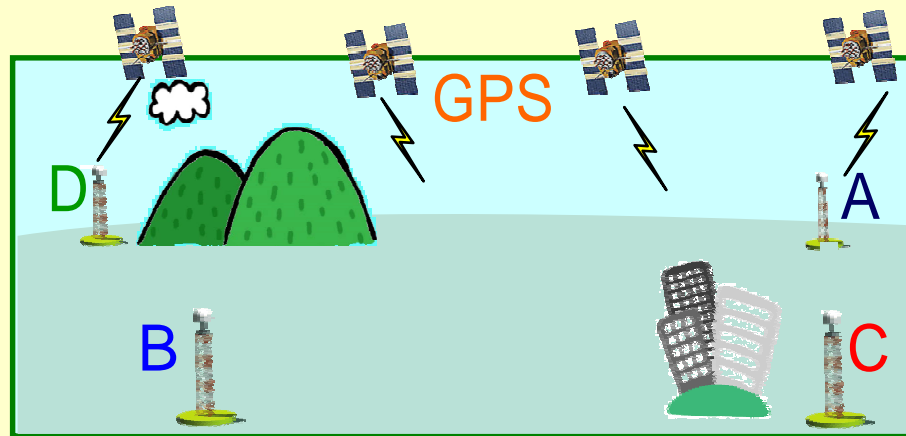


基準局からの見通しが必要 WAMでは困難

# 信号検出時間の測定精度

## 受信局間の時刻同期

手法	同期精度
基準局方式	5 ~ 10ナノ秒
単独GPS方式	10 ~ 20ナノ秒
GPS Common View方式	2 ~ 5ナノ秒

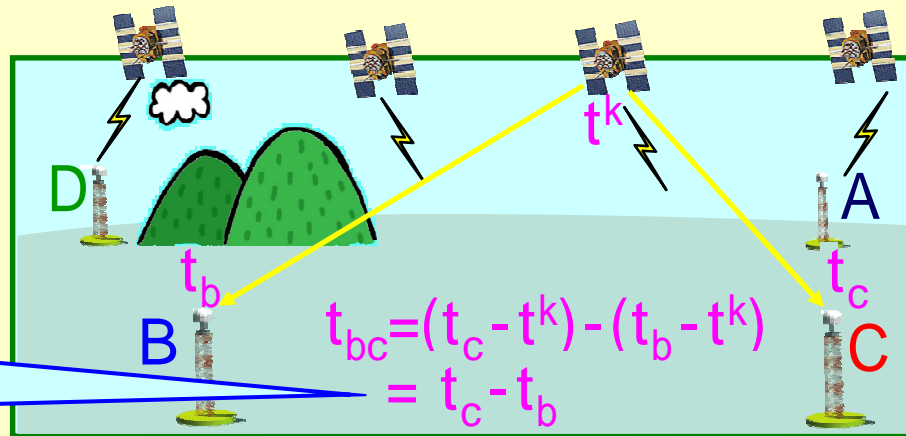


実相は容易だが他方式よりも同期精度が劣る

# 信号検出時間の測定精度

## 受信局間の時刻同期

手法	同期精度
基準局方式	5 ~ 10ナノ秒
単独GPS方式	10 ~ 20ナノ秒
GPS Common View方式	2 ~ 5ナノ秒



実相は容易ではないが高い同期精度を達成可

# 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 ( )

- ・受信局間の時刻同期精度
- ・時刻検出の分解能

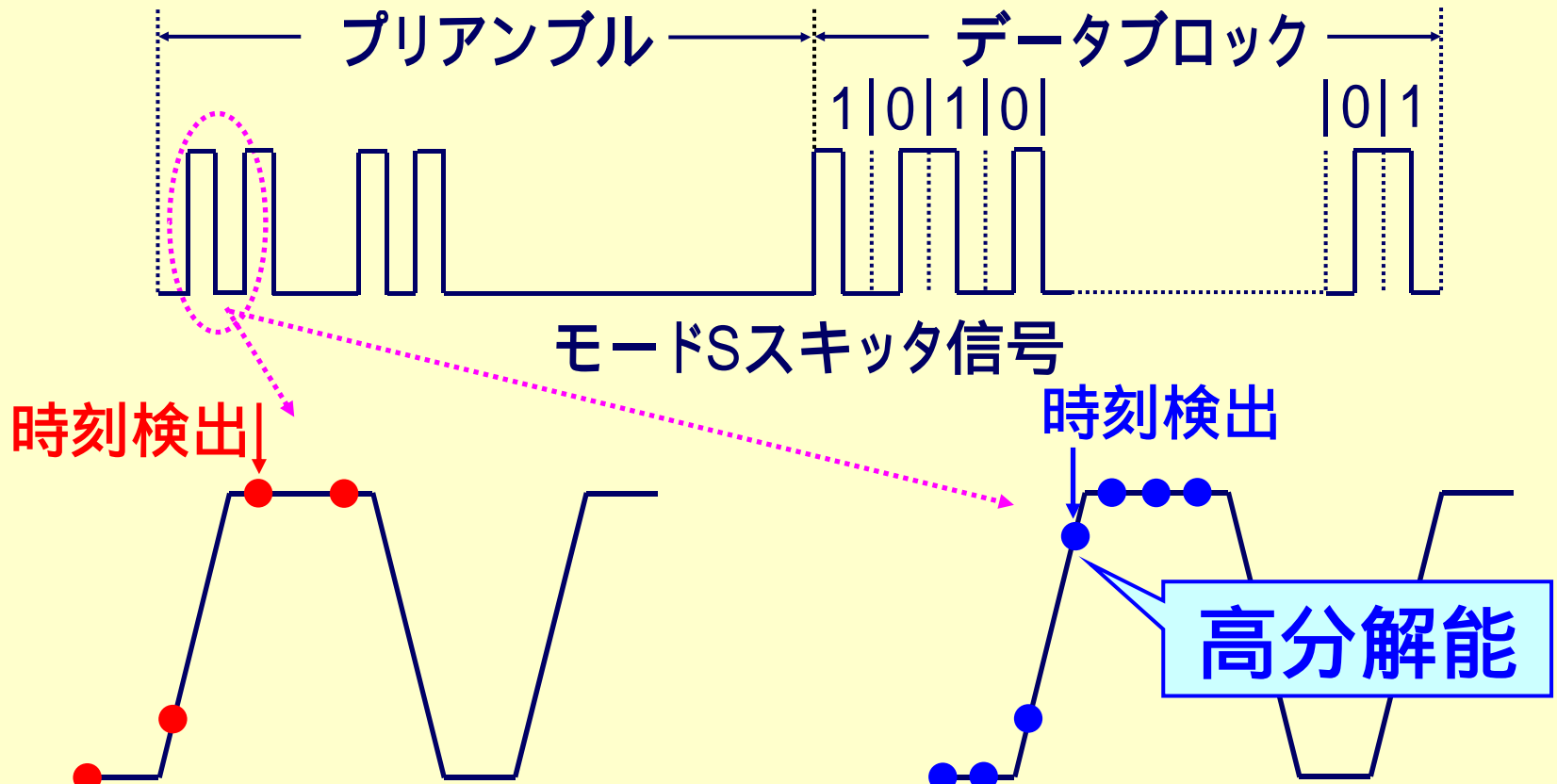
精度劣化指数 (DOP)

- ・航空機と受信局の位置関係

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

# 信号検出時間の測定精度

## 時刻検出の分解能

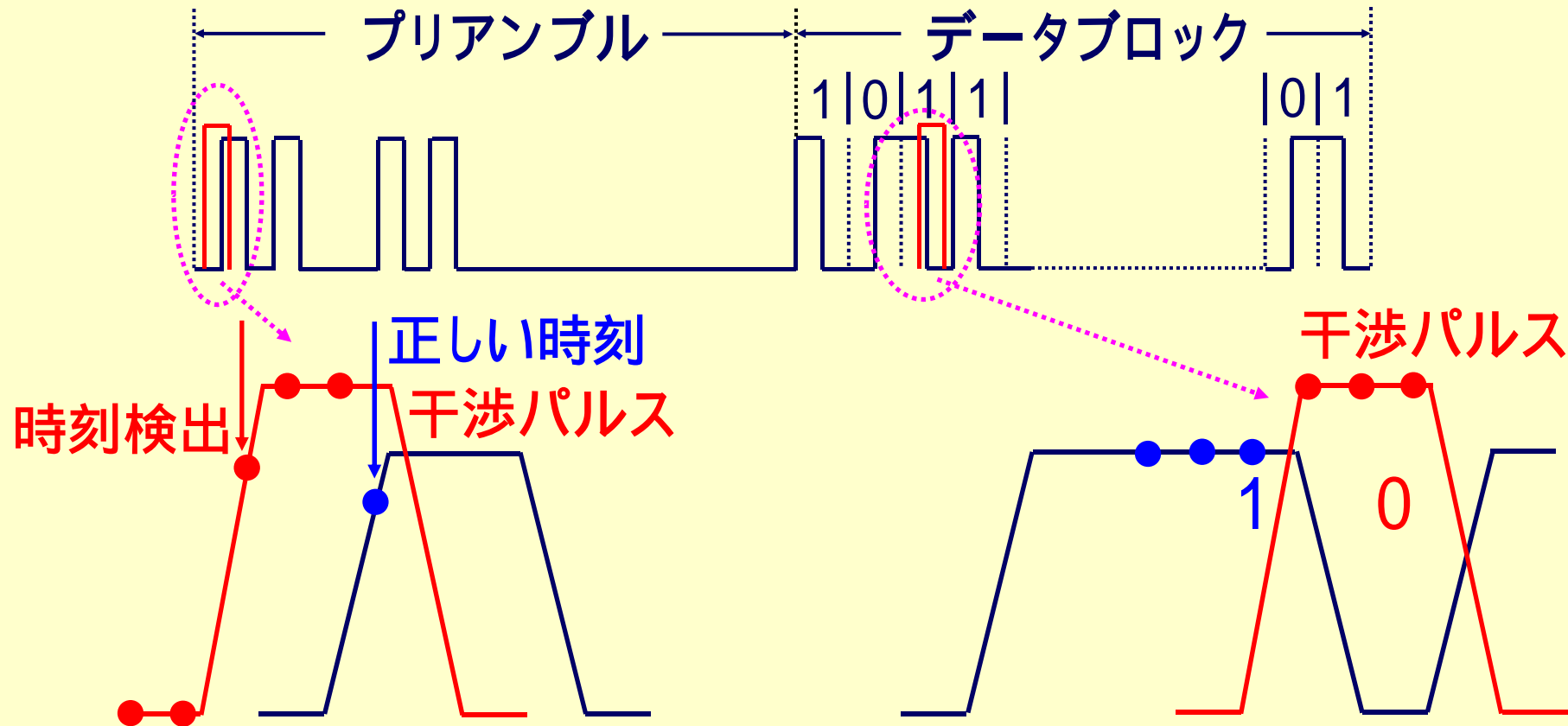


**サンプリング周波数を高くすることが重要**



# 性能低下の要因

## 信号干渉(干渉パルスの重畳)



干渉に強い信号処理技術の採用が重要

# 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 ( )

- ・受信局間の時刻同期精度
- ・時刻検出の分解能

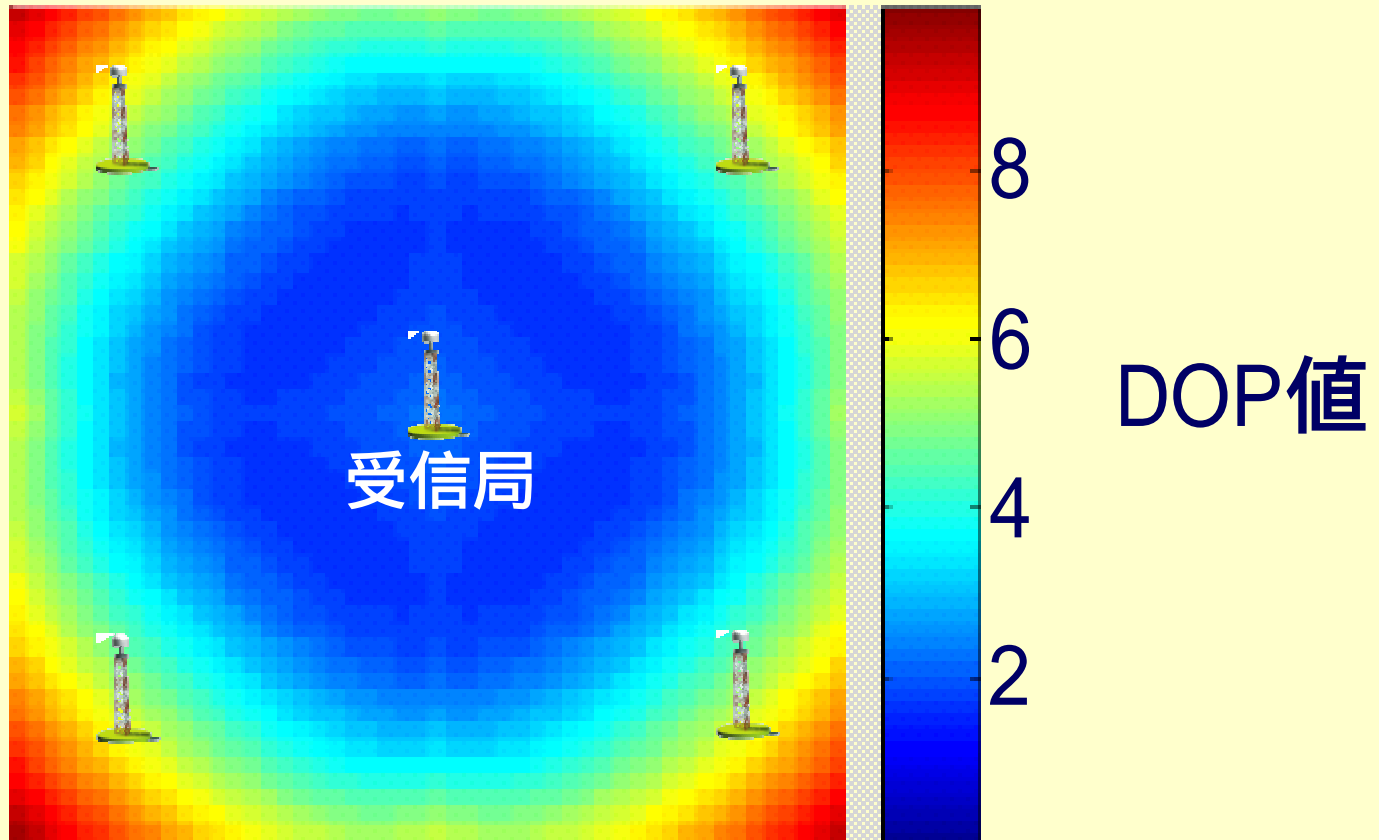
精度劣化指数 (DOP)

- ・航空機と受信局の位置関係

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

# 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

# 高性能化のポイント(おさらい)

## 信号検出時刻の測定精度( )

- ・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)

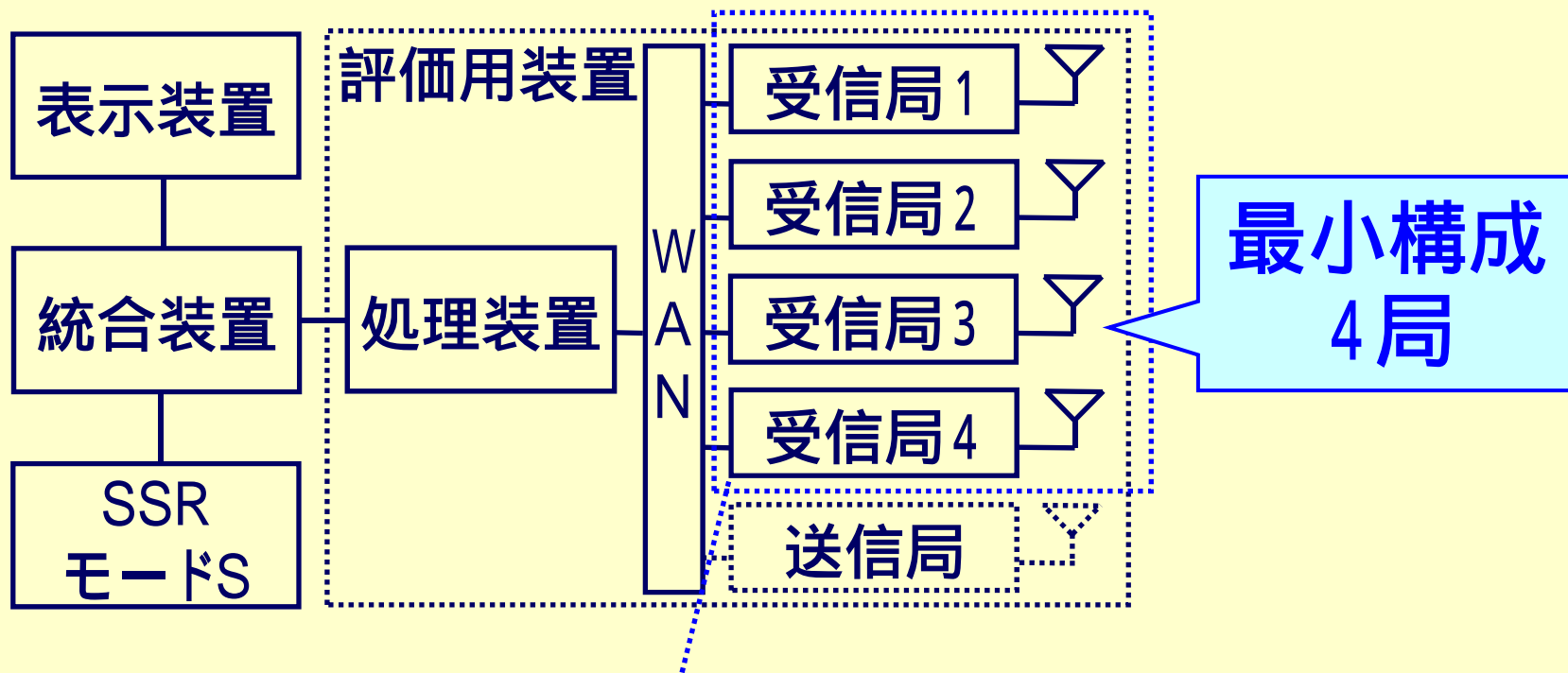
- ・航空機と受信局の位置関係

**サンプリング周波数を高くすることが重要**

**干渉に強い信号処理技術の採用が重要**

**WAMでは広範囲な受信局の配置が必要**

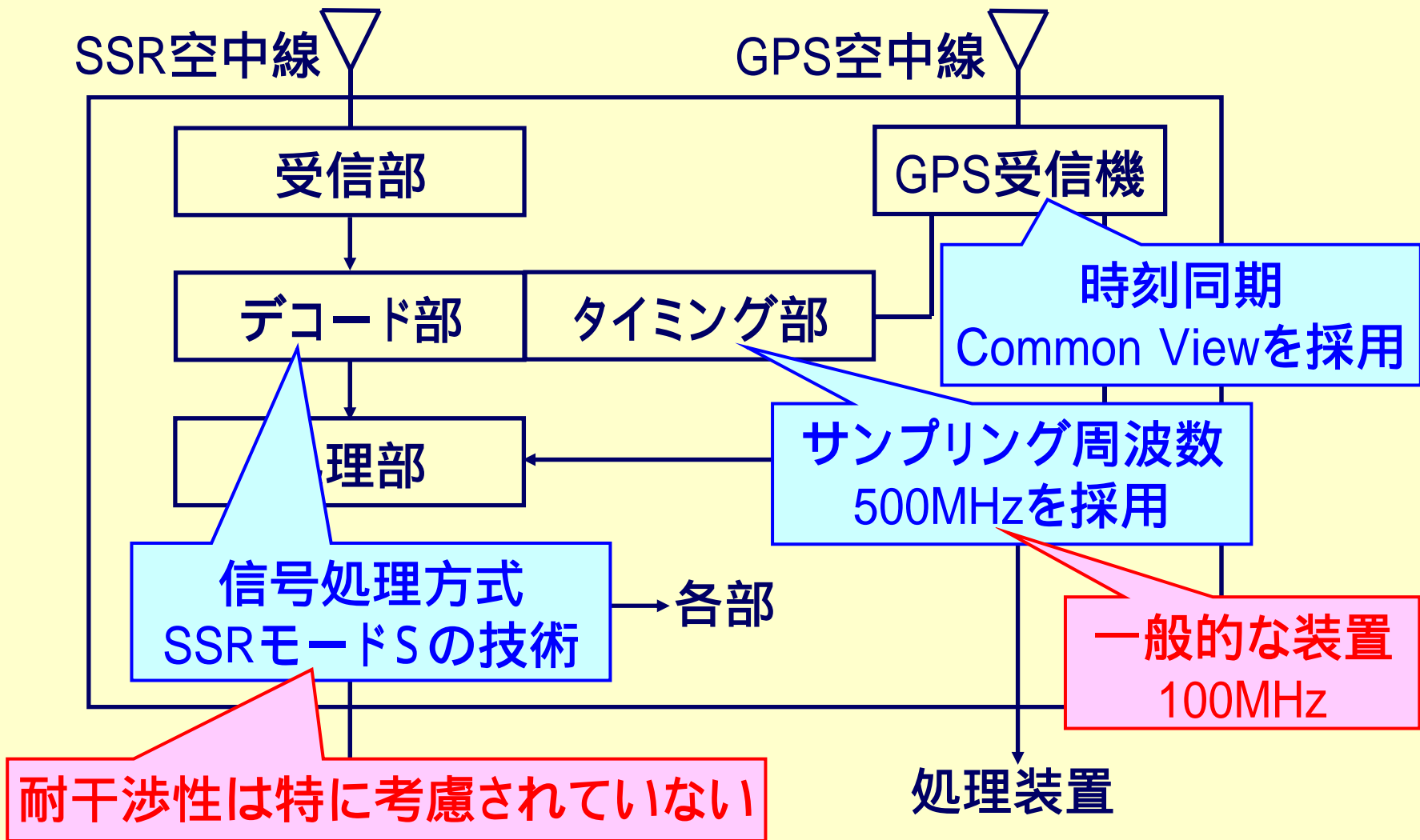
# 評価用装置の構成



基礎実験の対象：受信局

SSR: Secondary Surveillance Radar

# 受信局の機能構成

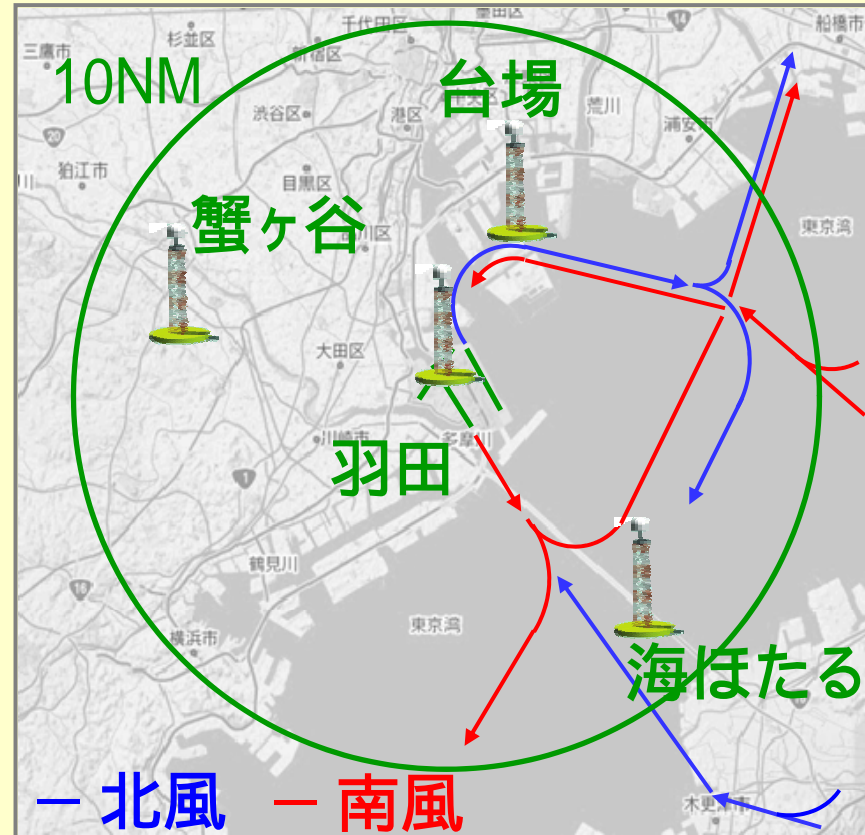


# 実験方法

受信局配置:羽田空港周辺  
対象覆域:10NM

評価項目:位置精度  
真位置:キネマティックGPS

監視データの取得  
飛行検査機を利用



受信局配置

# 実験内容(高性能化の検証)

高性能化のために適用した技術の事前検証  
一般的な技術で時刻を検出する既存装置  
同じアンテナ配置(同一条件)で性能比較

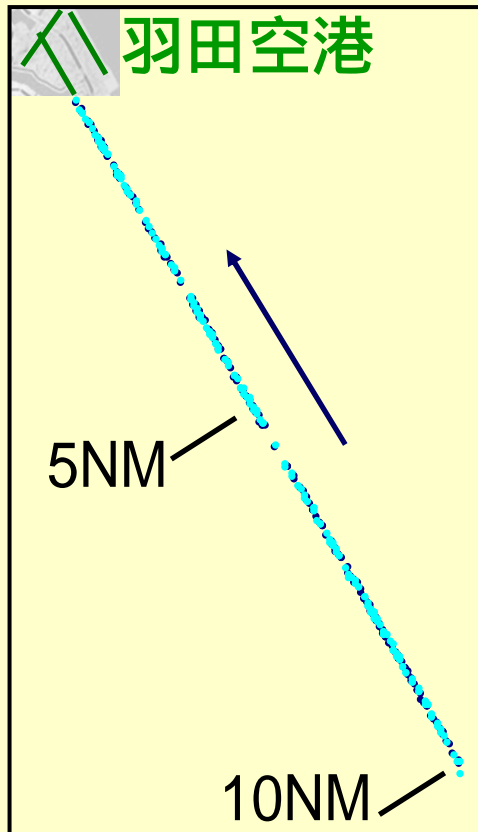
## 時刻検出技術の比較

	時刻同期手法	分解能(サンプリング)
評価用装置	GPS Common View方式	2ナノ秒(500MHz)
既存装置	基準局方式	10ナノ秒(100MHz)



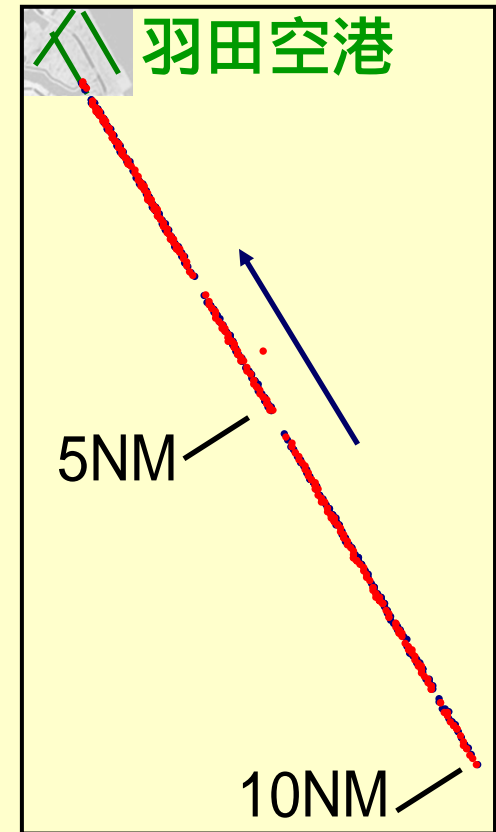
# 実験航跡

• 評価用装置



• GPS航跡

• 既存装置



GPS航跡と一致した正確な測位

航跡抜けは最低受信数4局:局数追加で改善可能

# 位置精度の比較

距離	評価用装置	既存装置
10NM ~ 5NM	83m (110)	89m (143)
5NM ~ GND	12m (88)	20m (150)

括弧内の数字: 信号検出数

既存装置と比較して良好な性能

信号干渉の影響

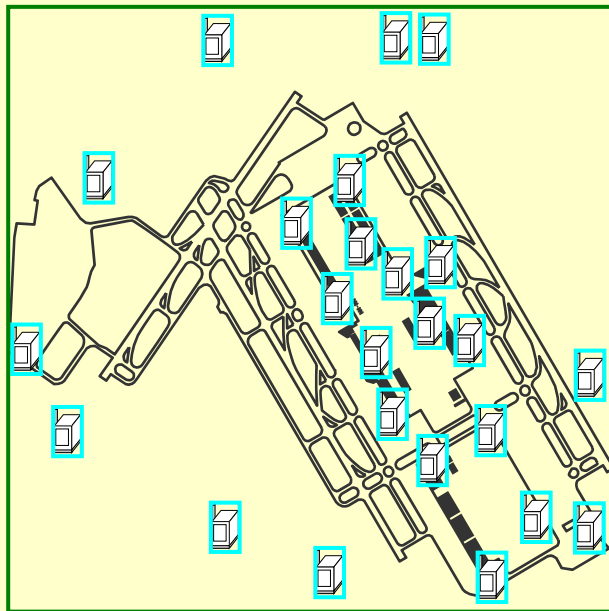
信号検出数が少ない

時刻検出誤差が増大して計算解が収束しない  
干渉に強い信号処理方式の適用

高性能化の技術 有効に機能を確認

# WAM有効性の検証

## 空港周辺を飛行する航空機の監視 空港面監視用MLAT, 電子研SSRと性能比較



空港面監視用MLAT

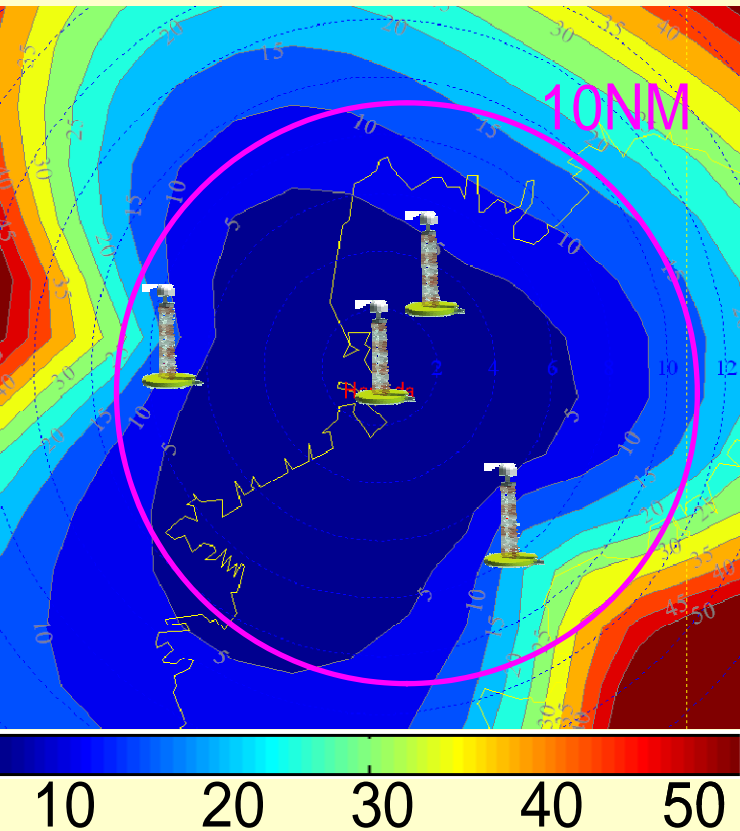


電子研SSR (走査周期: 10秒)

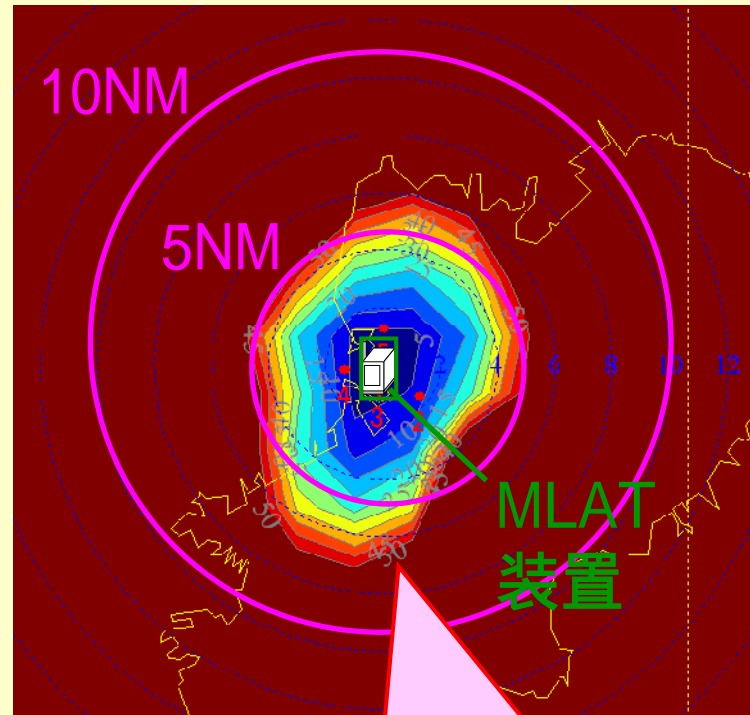
# WAM有効性の検証

## DOP値分布の比較

WAM評価用装置



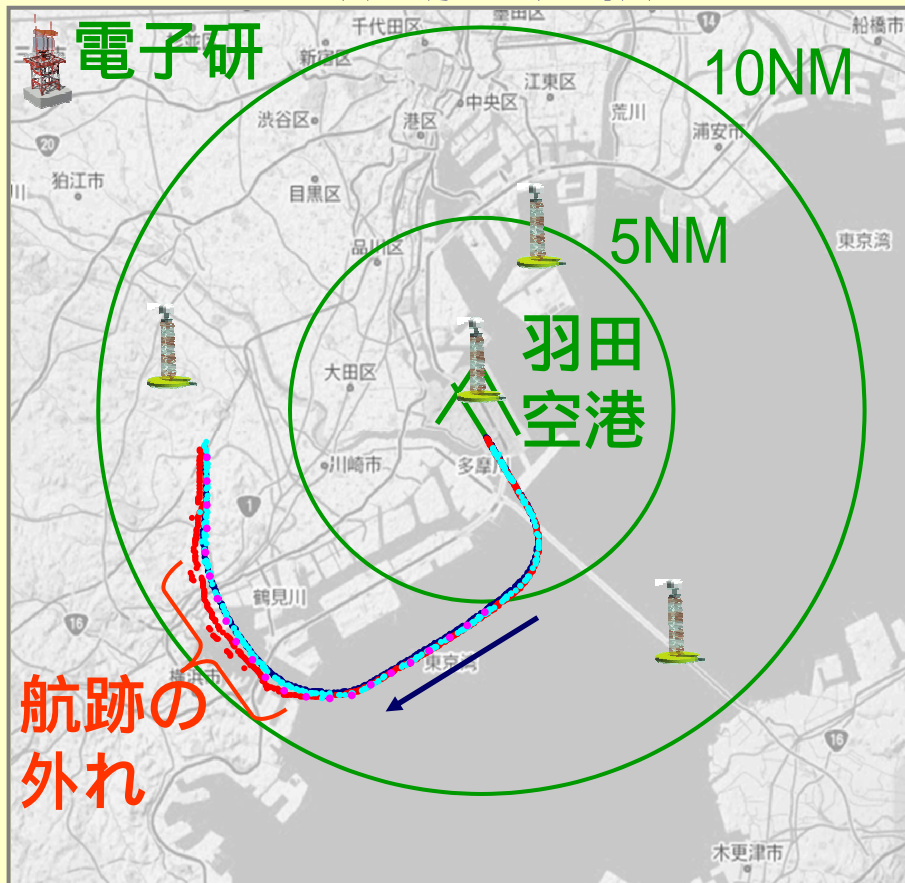
空港面監視用MLAT



5NM以遠:DOP悪化

# WAM有効性の検証

## 航跡の比較



- 評価用装置
- 空港面MLAT
- 電子研SSR
- GPS

空港面用MLAT: 8NM付近で航跡の外れが発生  
評価用装置はGPS航跡と一致

# WAM有効性の検証

## 位置精度の比較

距離	WAM	空港面MLAT	電子研SSR
GND ~ 5NM	19m (118)	70m (256)	---
5NM ~ 10NM	53m (168)	694 (333)	143m (22)

WAMは良好なDOPを確保

括弧内の数字  
信号検出数

位置精度は特に5NM以遠で大きく向上  
測位回数は約半数：受信局数の差

受信局を柔軟に配置 空港周辺の監視に有効

# まとめ

羽田空港周辺でWAM基礎実験  
高性能化の技術は有効に機能  
WAMは空港周辺の監視に有効  
信号干渉による位置算出の不能

# 今後は

干渉に強い信号処理技術の適用  
覆域拡大: 質問機能、追尾処理機能

# 謝辞

基礎実験ご協力いただきました

国土交通省航空局

東京航空局

東京空港事務所

飛行検査官室

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