

航空管制用レーダーについて

独立行政法人電子航法研究所

古賀 禎

内容

1. **航空管制用レーダーの概要**
2. **SSR (二次監視レーダ)**
3. **SSRモードS**
4. **SSRモードSの高度化**
5. **新しい航空機監視システム**
6. **まとめ**

1. 航空管制用レーダーの概要

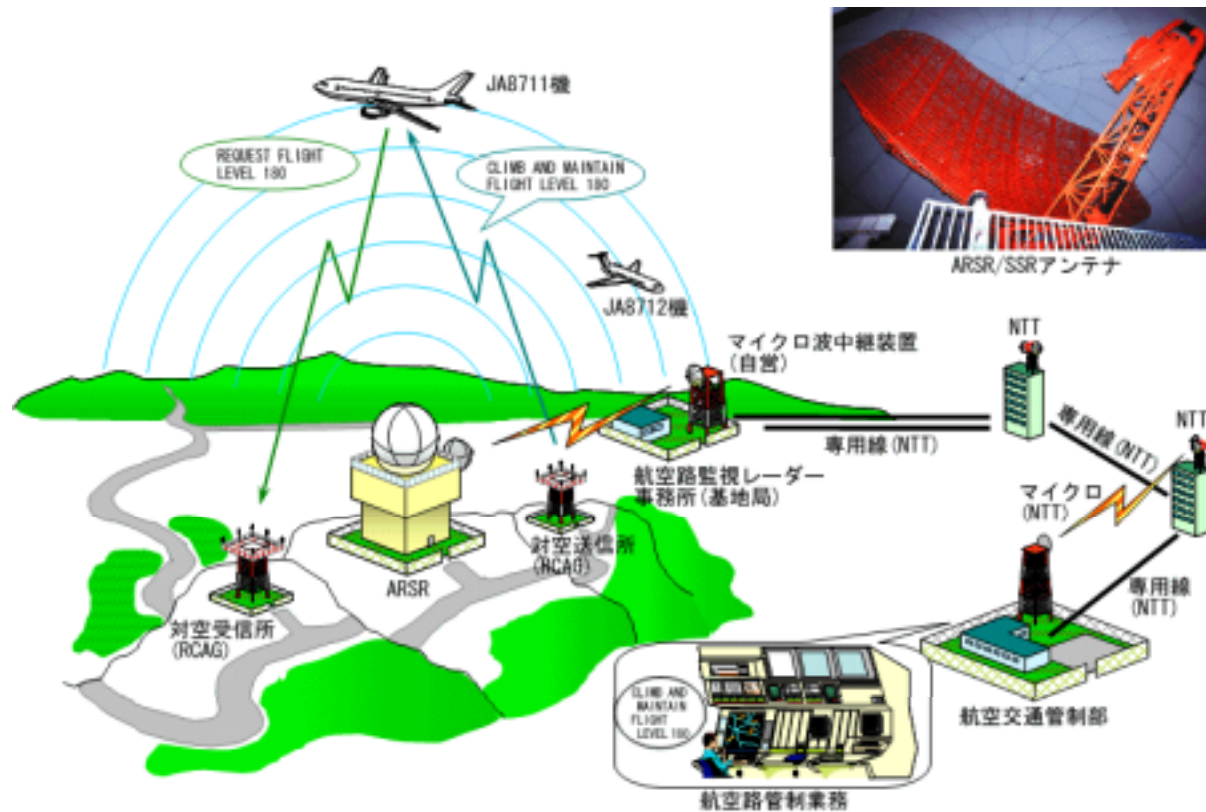
航空管制用レーダー

航空管制官に航空機の位置情報や識別情報を提供

3つのレーダー

- | | |
|--------------|-----------|
| 1. 航空路用 | ARSR/ORSR |
| 2. 空港用 (飛行中) | ASR |
| 3. 空港用 (地上) | ASDE |

航空路用レーダー



ARSR (Air Route Surveillance Radar:航空路監視レーダー)

ORSR (Oceanic Route Surveillance Radar：洋上航空路監視レーダー)

国土交通省ホームページより引用

http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000404.html

航空路用レーダの配備状況

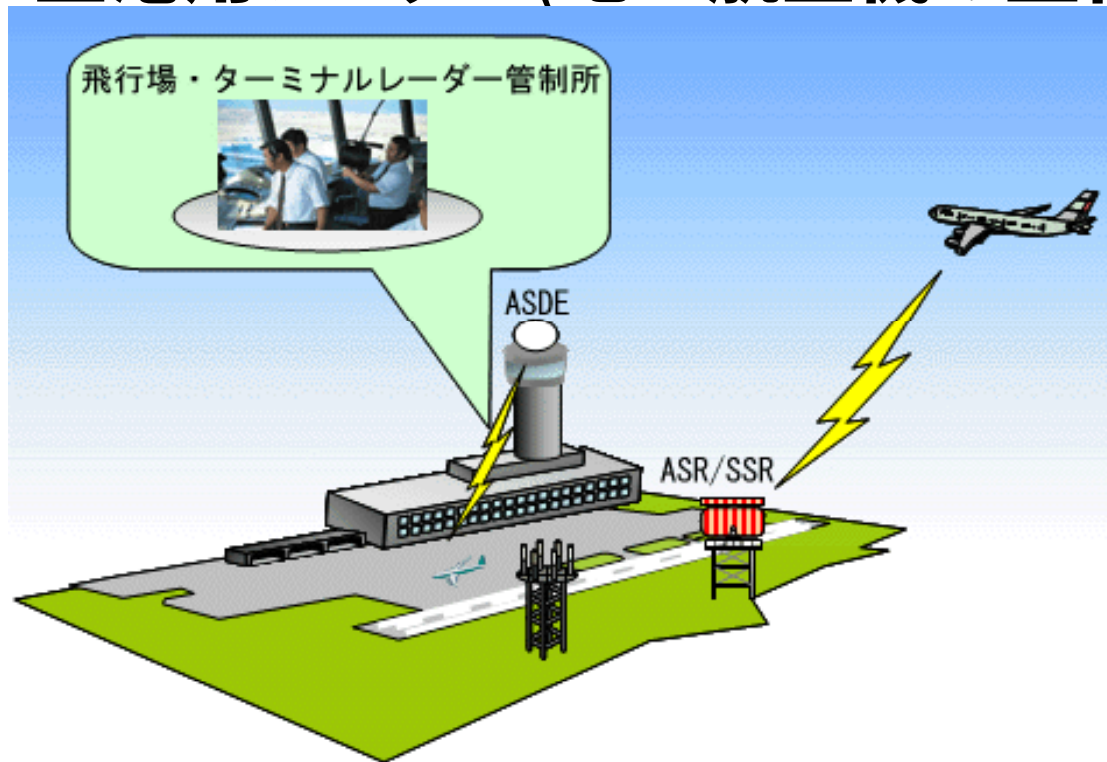


国土交通省ホームページより引用

http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000405.html

1.2 空港用レーダー(飛行中の航空機の監視)

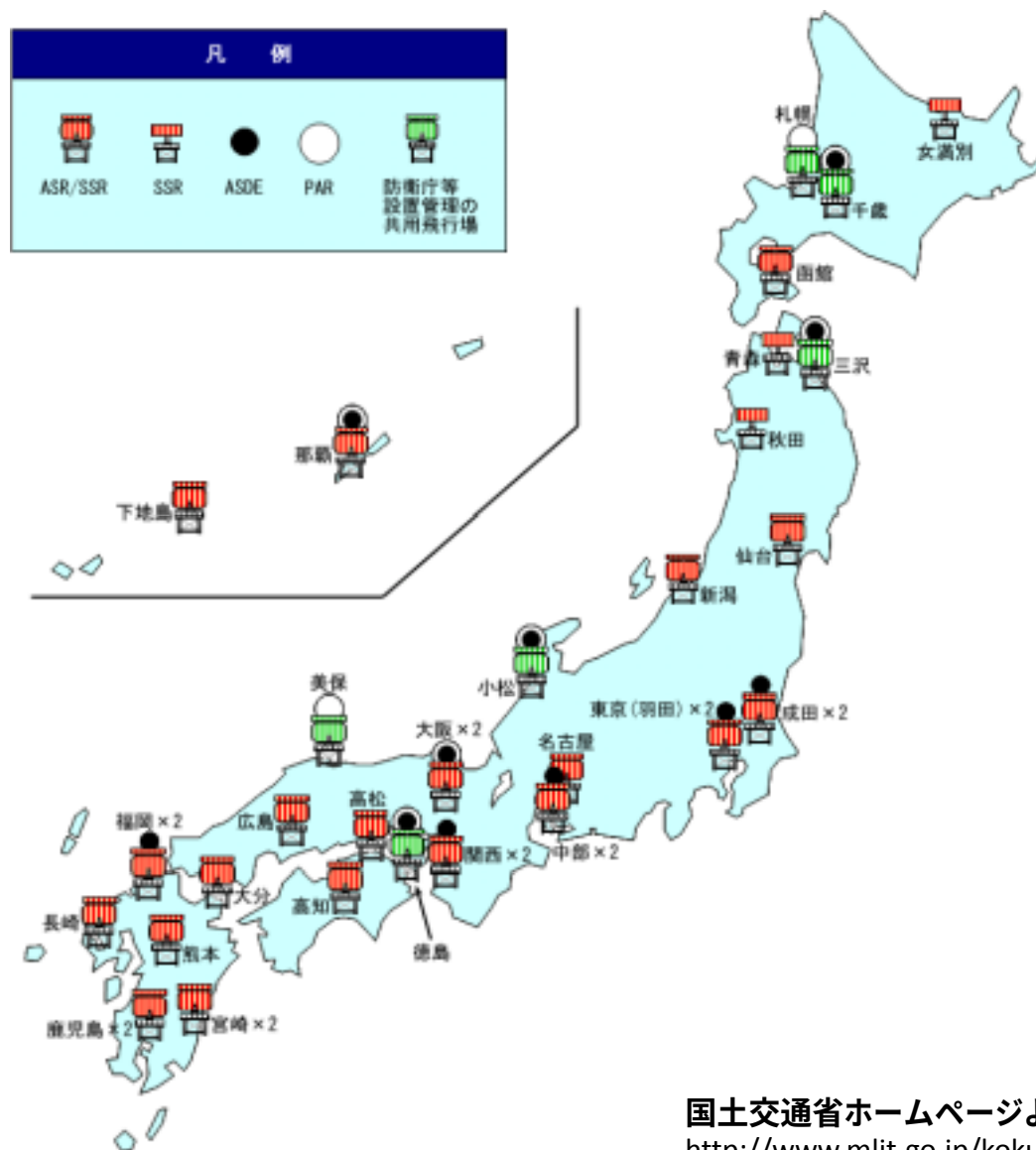
1.3 空港用レーダー(地上航空機の監視)



ASR (Airport Surveillance Radar : 空港監視レーダー) : 一次+二次監視レーダ

ASDE (Airport Surface Detection Equipment : 空港面探知レーダー) : 一次監視レーダ

空港用レーダの配備状況



国土交通省ホームページより引用

http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000407.html

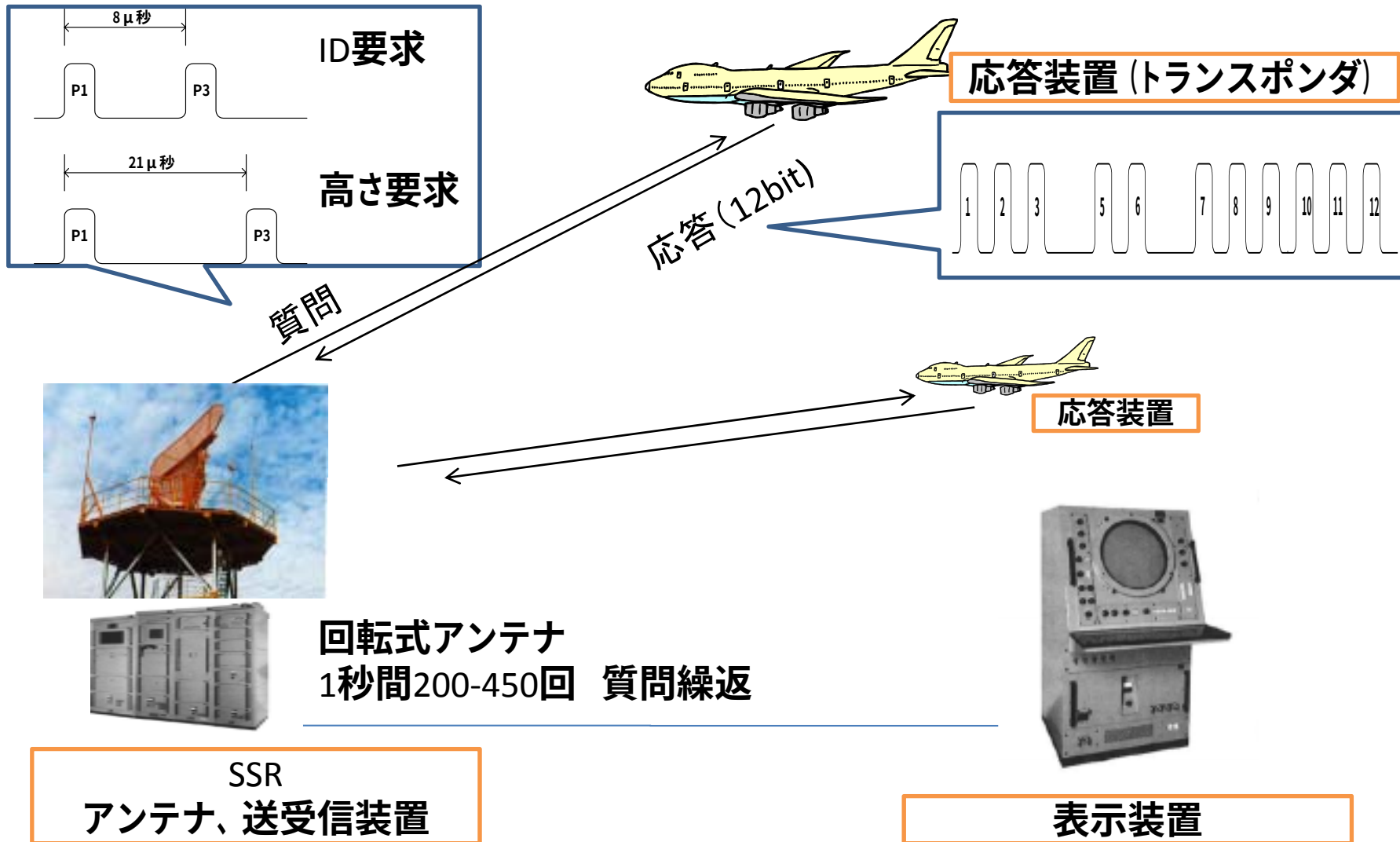
航空管制用レーダーの諸元

	ARSR ORSR	ASR	ASDE
構成	二次	一次/二次	一次
周波数	1030/1090MHz	2700-2900MHz 1030/1090MHz	24.5GHz
出力	1.5kw	500kw 1.5kw	30kw
回転周期	6rpm	15rpm	60rpm
探知距離	200NM/250NM	60NM	3NM
識別情報 (ID)	○	○ (二次)	×
高さ情報(Altitude)	○	○ (二次)	-

2. 二次監視レーダ (Secondary Surveillance Radar: SSR)

技術背景: 1960年代、ロジック回路

SSR: 航空機の3次元位置と識別符号 (ID)を検出する。



SSRの特徴と問題点

(特徴)

・探索モード

SSR

航空機

2種類の質問を繰り返す。航空機を区別しない。
質問を受信後、一定時間後に応答。地上局を区別しない。

・データ

質問

1ビット (パルス位置変調)

応答

12ビット (パルス振幅変調)

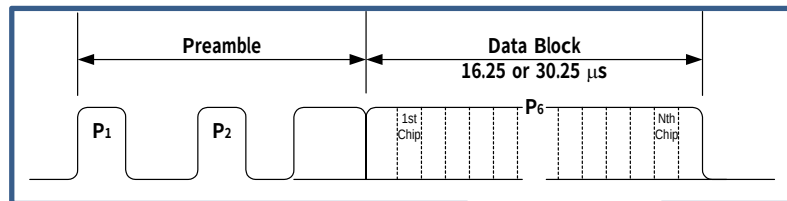
(問題点)

航空機やSSRの増加により

- | | |
|--------------|-------------------|
| ①質問応答の増加 | → 応答の重畳等による解読率の低下 |
| ②応答が隣接SSRに到達 | → ゴーストターゲットの発生 |
| ③航空機識別コードの不足 | → 空地間データ量不足 |

3. SSRモードS

技術背景：1980年代、マイクロプロセッサ
2001年にSSRモードS 初号機を成田近郊に設置



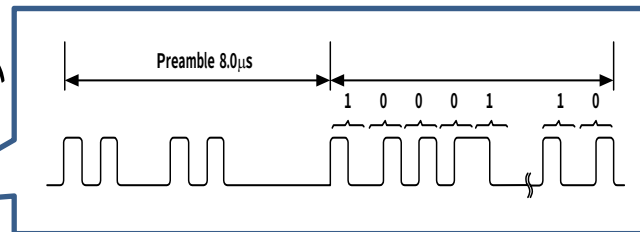
モードS応答装置
(24ビットのアドレス)



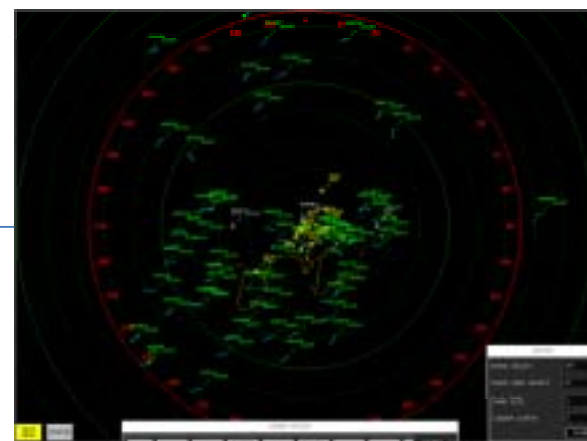
応答装置

質問(56or112ビット)

応答(56or112ビット)



SSRモードS
アンテナ、送受信装置
質問計算機



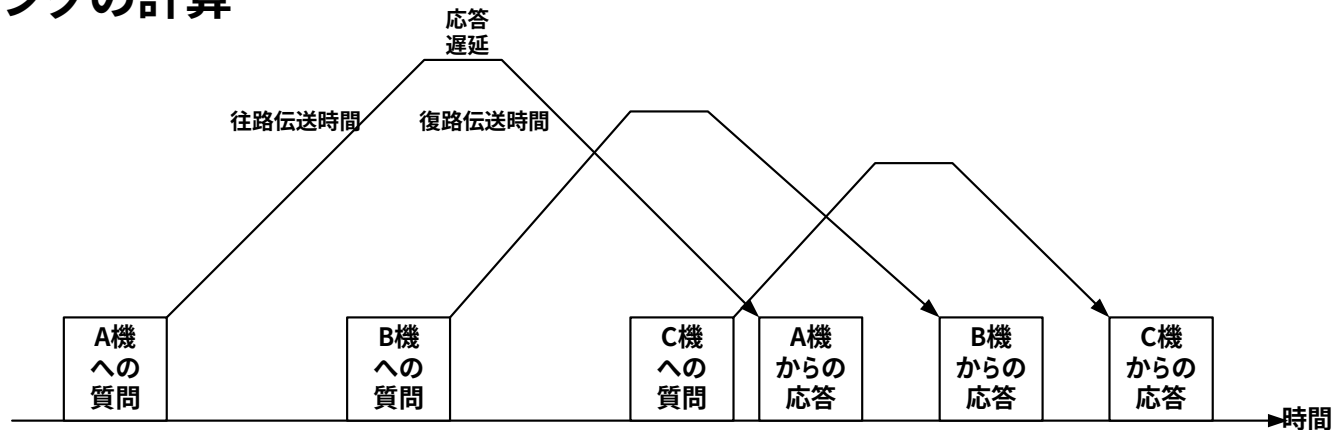
表示装置

SSRモードSの特徴①

・探索追尾モード ターゲット追尾技術, 質問応答スケジューリング技術
探索モード SSRモードS 探索質問を送信
航空機 探索信号を受信後、応答を送信

追尾モード 探索モードで捕捉後、航空機を追尾 (予測位置を計算)
SSRモードS アドレスを付与した質問
航空機 応答が重ならないように質問タイミングを計算して質問
探索モードには応答しないように指示
自分に対する質問にのみ応答
地上局の識別番号

質問タイミングの計算



SSRモードSの特徴②

・データ量の増加

質問	56または112ビット
応答	56または112ビット

一走査で複数回質問送信、応答受信が可能

・変調方式の改善

解読率の向上

・誤り訂正符号化

解読率の向上

・応答の送付先を指定

自局に対する応答のみを抽出
→ 非同期性干渉の抑圧

4. SSRモードSの高度化

(新たなニーズ)

- ・航空機情報利用のニーズ
- ・同一周波数を用いるシステムの出現による信号環境の改善ニーズ
- ・SSRモードS局の増加による地上局間連携のニーズ



1. データリンク機能の活用
2. ネットワーク化

技術背景: プロセッサの高度化、ブロードバンドネットワーク

4.1 データリンク機能の活用

➤ 欧州

1990年代 データリンク機能を用いたアプリケーション

(航空機の動態情報の利用) の出現

- ✓ データリンク機能対応トランスポンダの搭載義務化
(イギリス, フランス, ドイツ等の一部地域・国のみ)

➤ 日本

データリンク機能対応のトランスポンダを搭載する航空機の増加 (新型の旅客機, 欧州便)

➤ ENRI

- 我が国における導入に備え
データリンク機能を有するSSRモードSの開発

動態情報の利用

動態情報

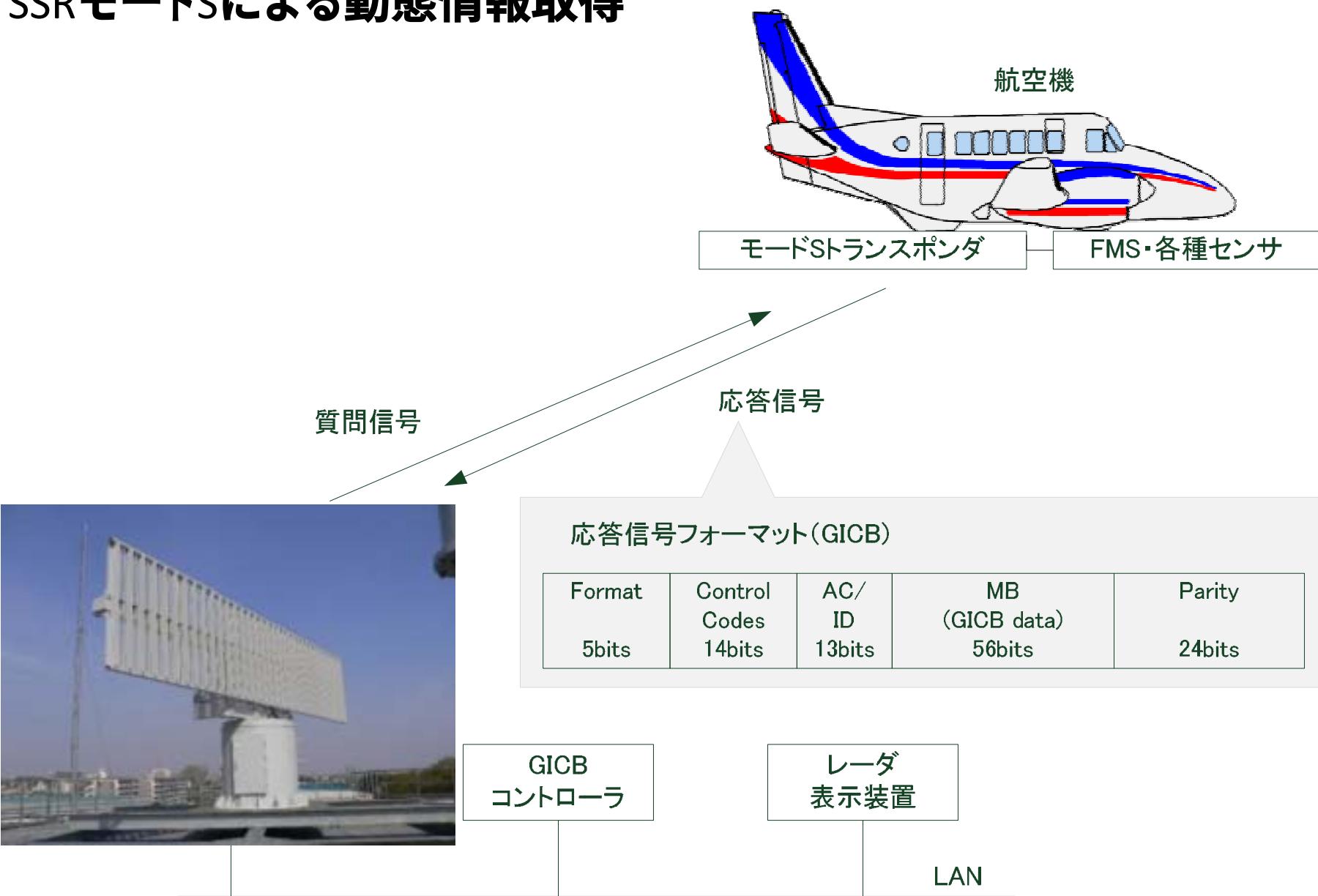
→地上において、航空機の正確な状態や意図をリアルタイムに把握

- 管制官の状況認識の向上
- 音声通信負荷の低減
- コンフリクト検出アルゴリズムの予測精度向上
- 4Dトレジェクトリの予測精度の向上

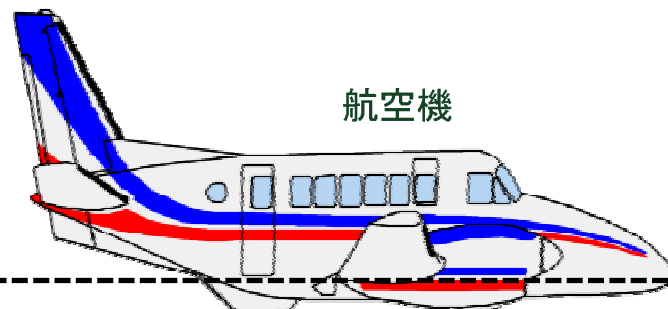


航空交通の安全性の向上に寄与

SSRモードSによる動態情報取得



SSRモードSによる動態情報取得



航空機

モードSトランスポンダ

FMS・各種センサ

トランスポンダ

番号	内 容
00	-----
01	GPS位置
20	コールサイン
...	
40	選択高度
...	
255	-----

FMS

高度計

角度センサ

GPS

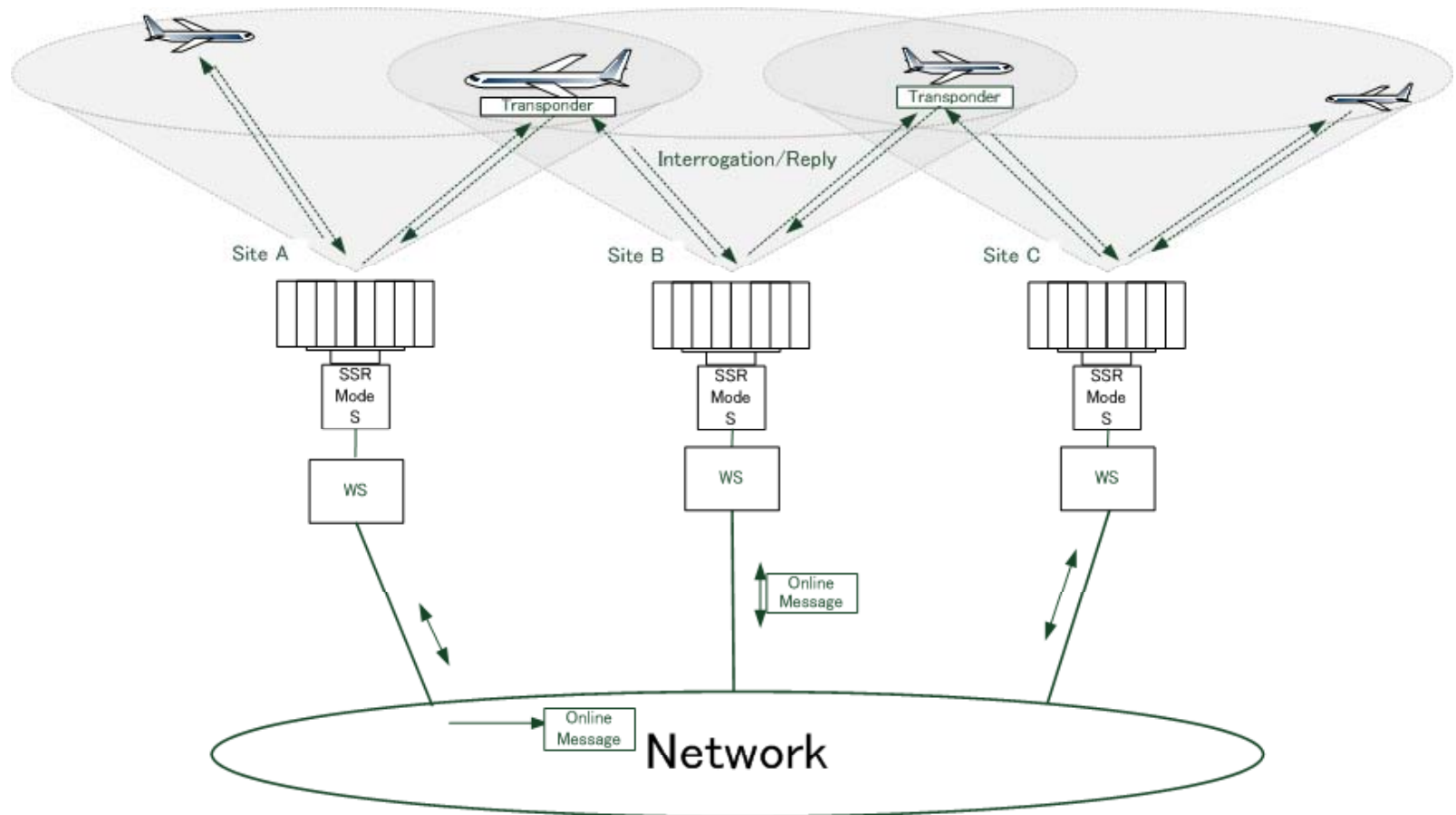
MB
B data)
bits

Parity

24bits

4.2 モードSネットワーク

地上局間の相互連携により、効率的かつ信頼性の高いシステムの実現



SSRモードS実験システム

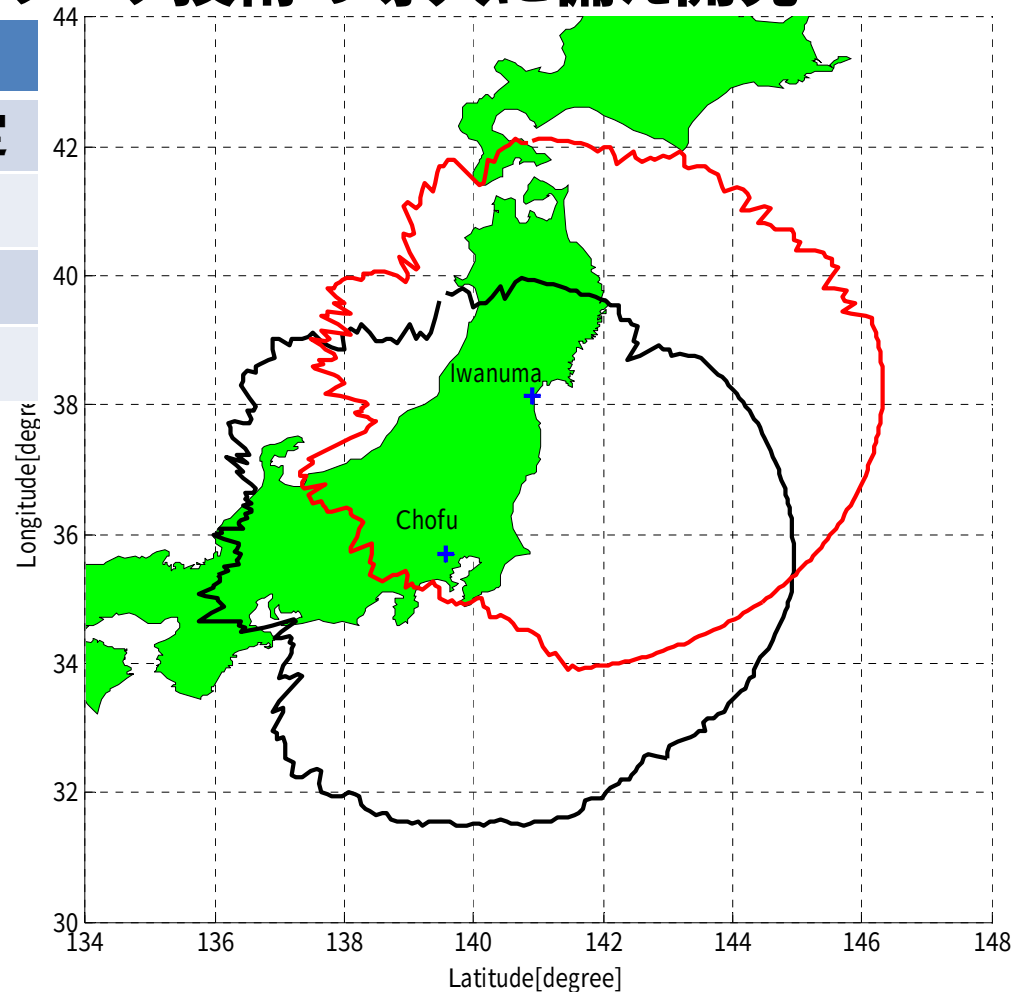
電子航法研究所

データリンク・ネットワーク技術の導入に備え開発

	調布局	岩沼局
開局	平成20年	平成22年予定
出力	Max 1.5kw	Max 1.5kw
覆域	250NM	200NM
周期	10秒	4秒

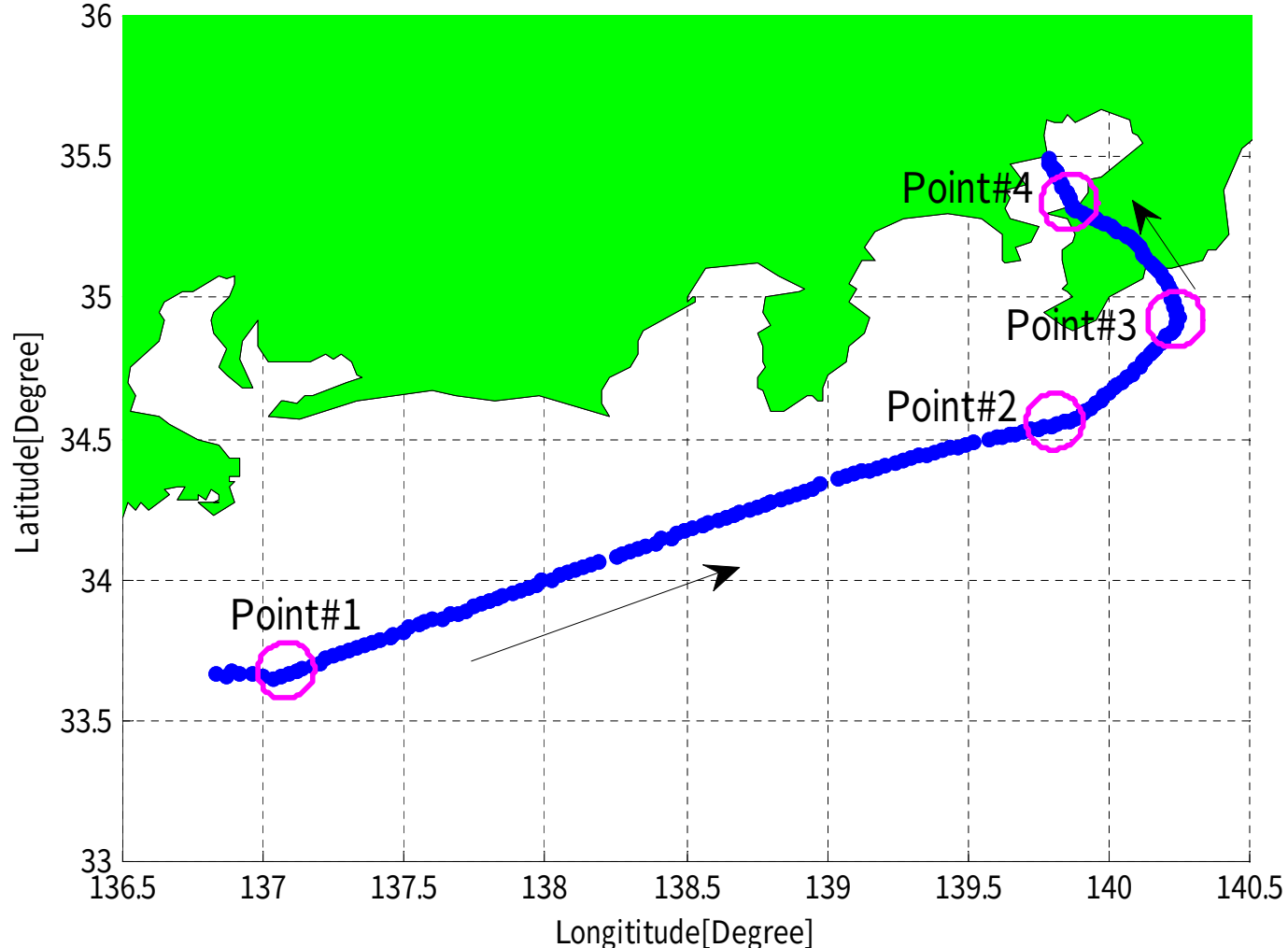


調布局・空中線外観



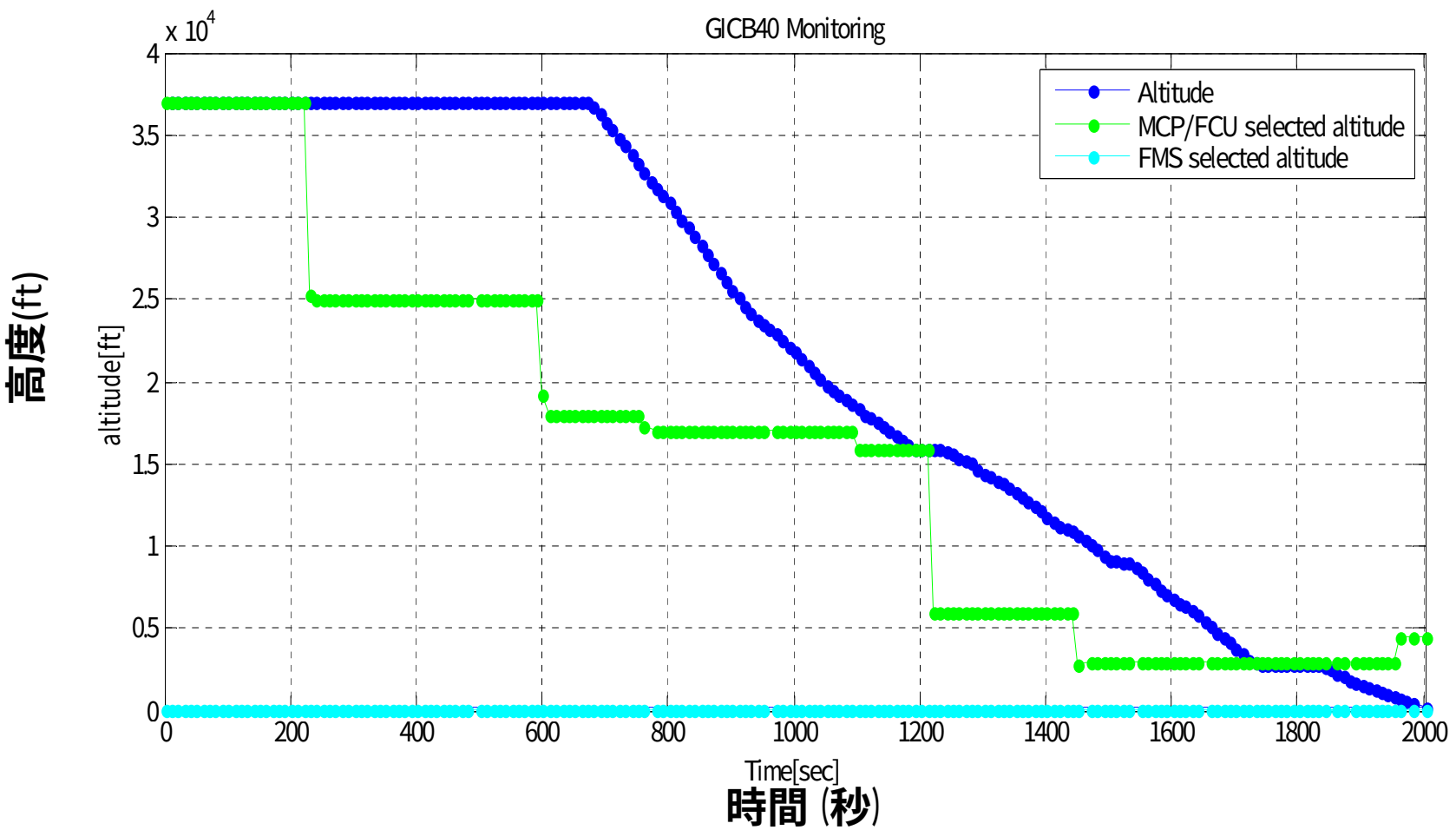
動態情報のモニター例

航空機の動態情報を連続取得



(例) 羽田到着機のモニタ

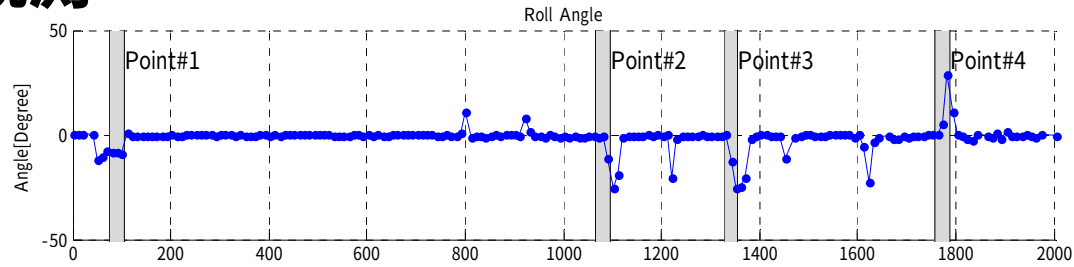
選択高度情報の観測結果



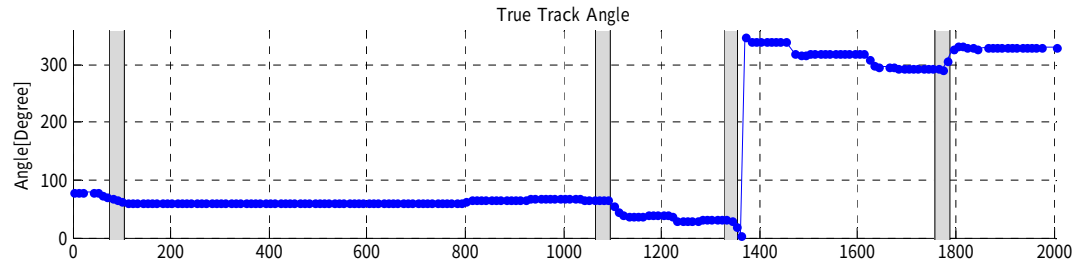
航空機の高度変化に追従

姿勢情報の観測

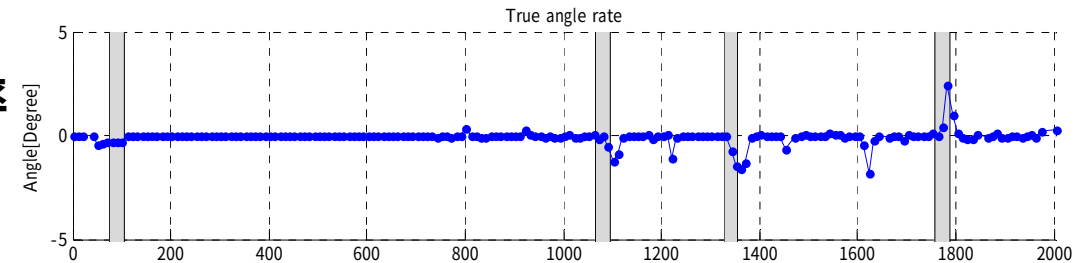
ロール角



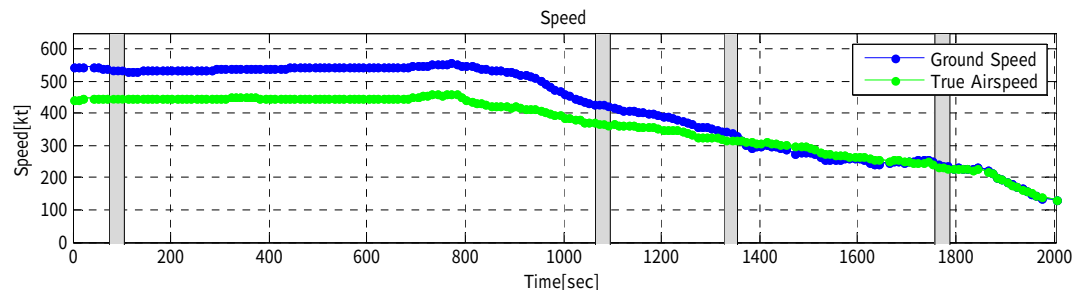
トラック角



トラック角変化率



対地速度
対気速度



時間 (秒)

航空機の挙動と一致

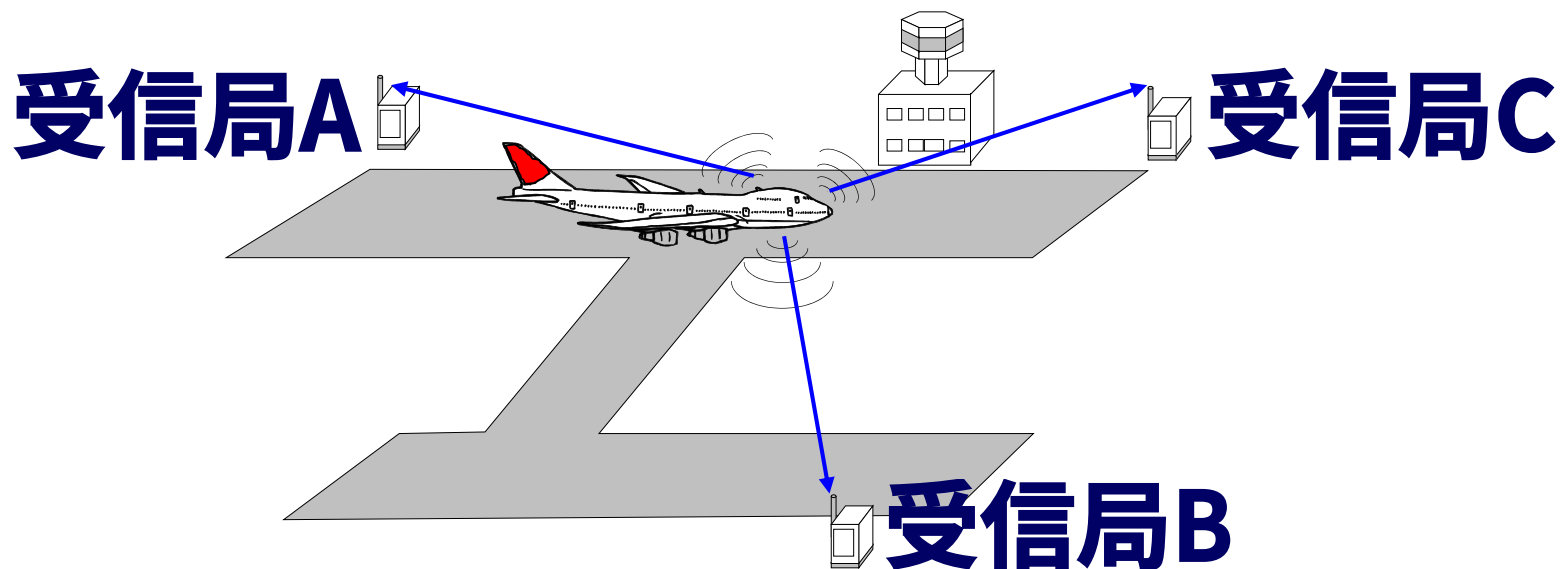
5.新しい監視システム

- 1. マルチラテレーション (Multilateration/MLAT)**
- 2. Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B)**

技術背景:GPS、ネットワーク

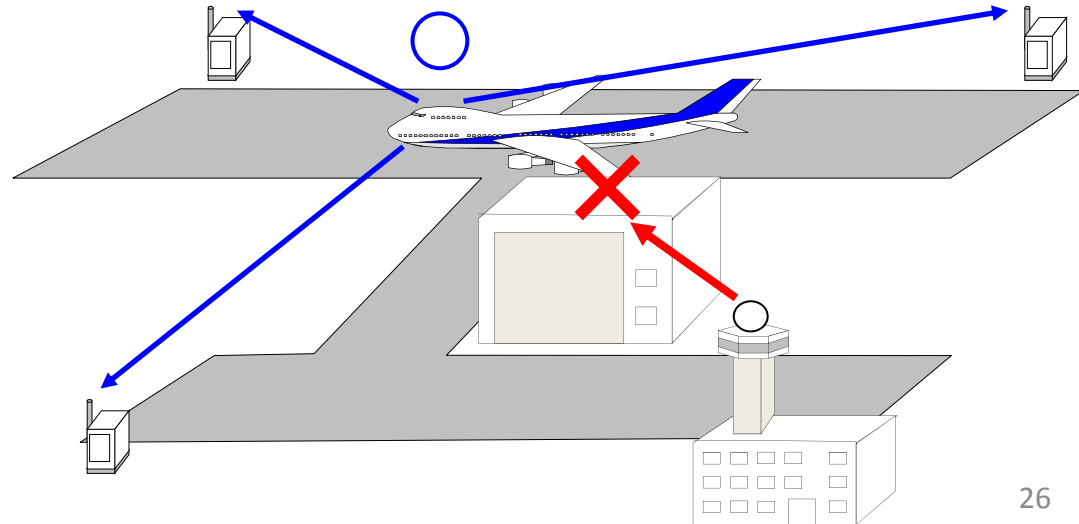
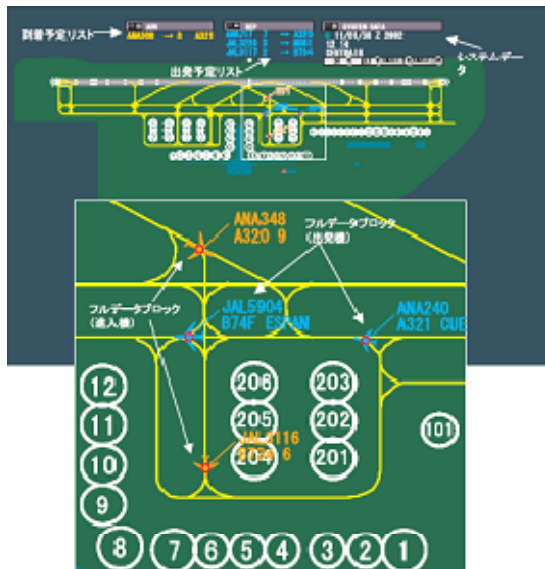
5.1 マルチラレーション (MLAT)

航空機トランスポンダから送信される信号を複数の受信局で検出して、検出時間差から航空機の位置を測定する監視システム



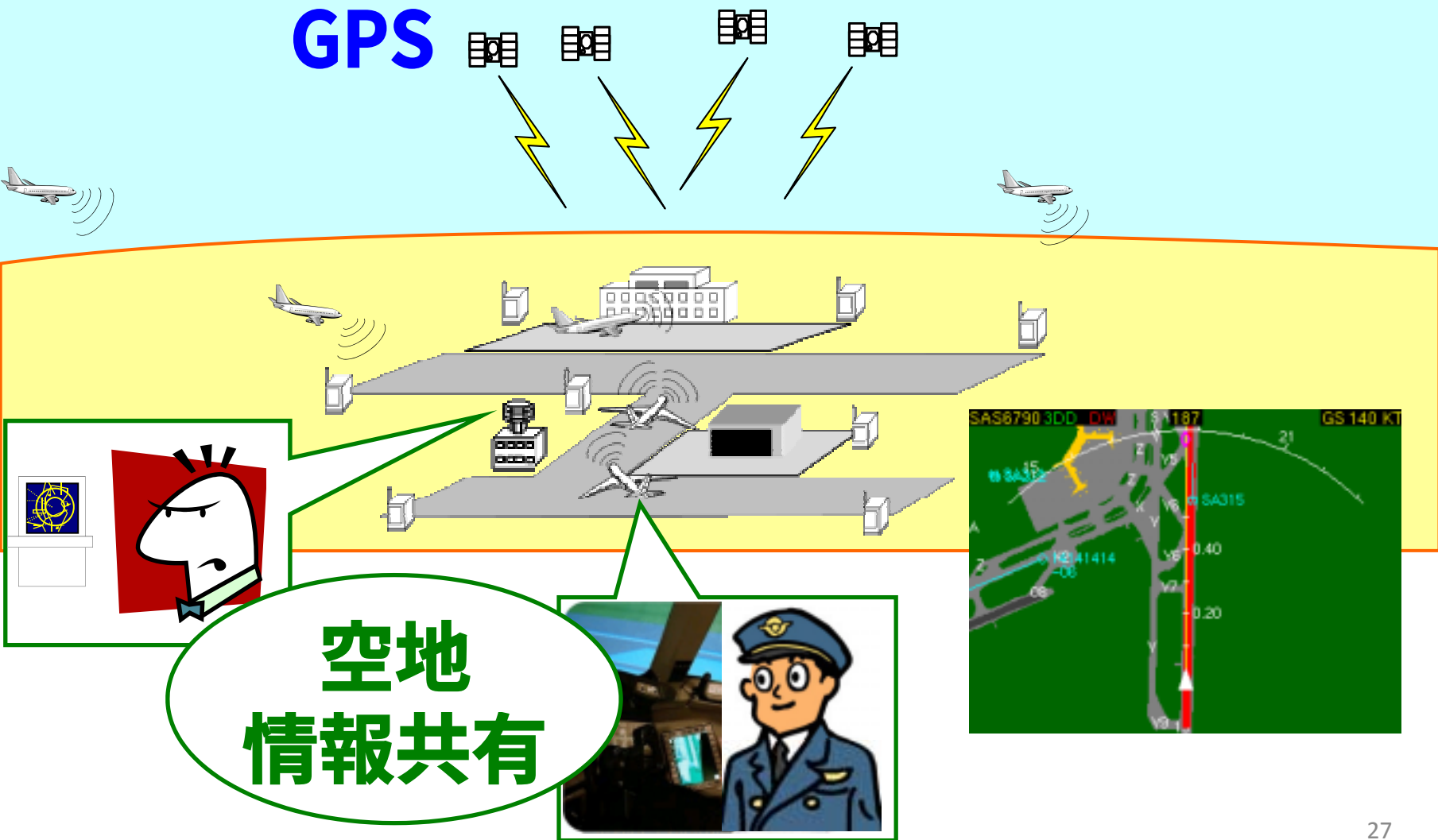
MLATの特徴

- 航空機便名を画面表示できる
- 悪天候時でも性能が低下しない
- 非検出領域に対して監視できる
- ◎航空機側に追加装備を必要としない



5.2 ADS-B

航空機はGPS測位位置を周期的に放送



6. まとめ

1. 航空管制用レーダーの概要
現用システムの紹介
2. SSR (二次監視レーダ)
システム概要と課題
3. SSRモードS
システム概要
4. SSRモードSの高度化
データリンク、ネットワーク
5. 新しい航空機監視システム
MLAT、ADS-B

今後はレーダーと新システムの融合などが必要。