

# SSRモードSのネットワーク技術について

監視通信領域 古賀 禎

# 目次

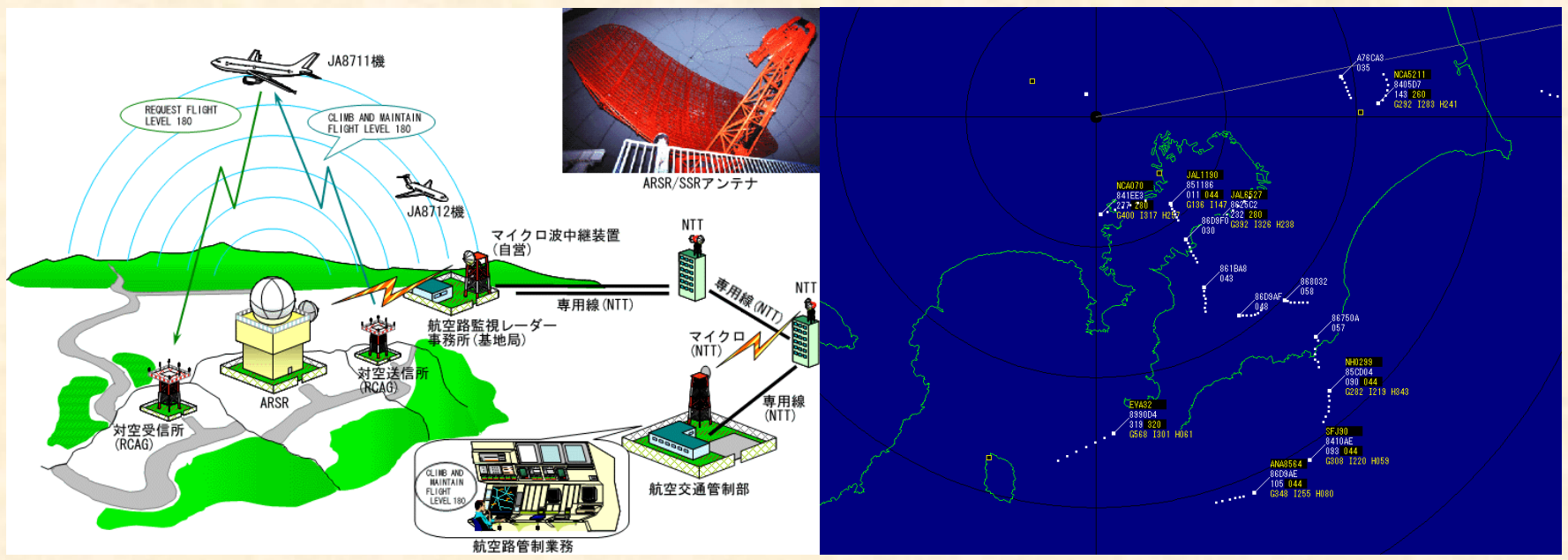
1. 背景
2. 課題
3. モードSネットワーク
4. 実験ネットワーク
5. 確認実験の結果
6. まとめ

# 1. 背景

## 二次監視レーダモードS

### SSR Mode S (Secondary Surveillance Radar)

監視性能を向上するとともにデータリンク機能を付加したSSR



# 1. 背景

## SSRモードSを取り巻く環境

### 3つの変化

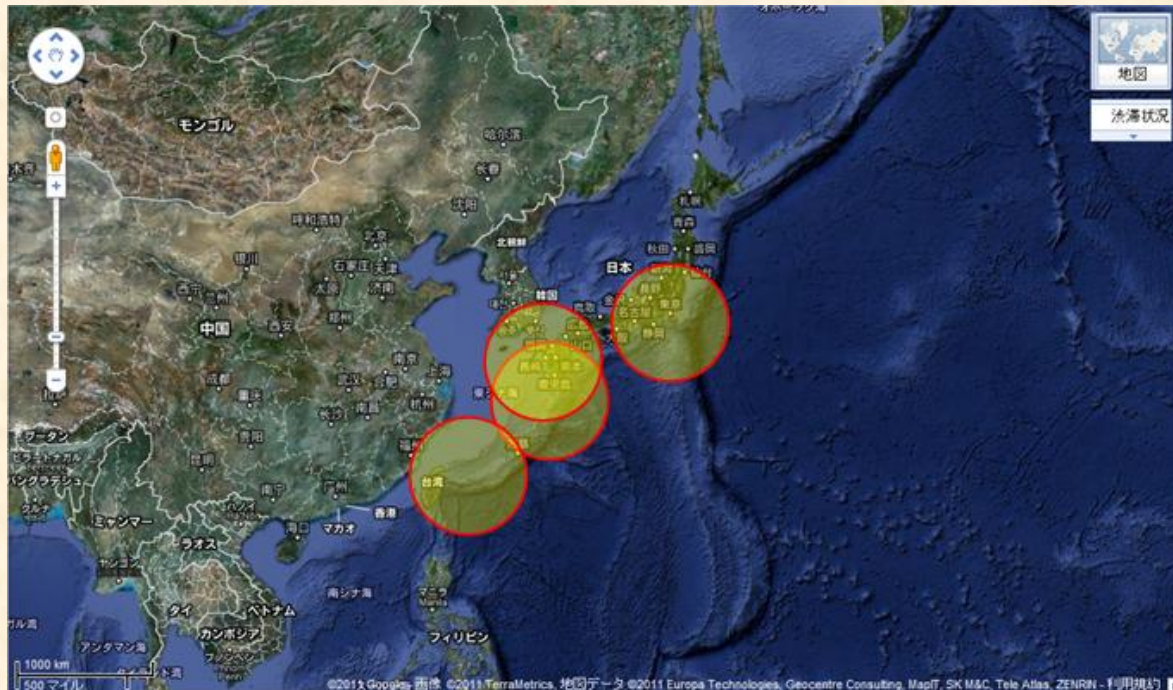
①SSRモードS  
地上局の増加

②新しい  
監視システム  
の出現

③データリンク  
の活用

## 変化① SSRモードS地上局の増加

- 日本 航空路監視レーダ 10局  
空港監視レーダ 7空港(14局)
- 韓国 複数局
- 中国 4局 (2011年後半 32局)



SSR覆域(半径250NM=約450km)の例  
近隣諸国のSSR覆域と重なる可能性あり

# 変化② 新しい監視システムの出現

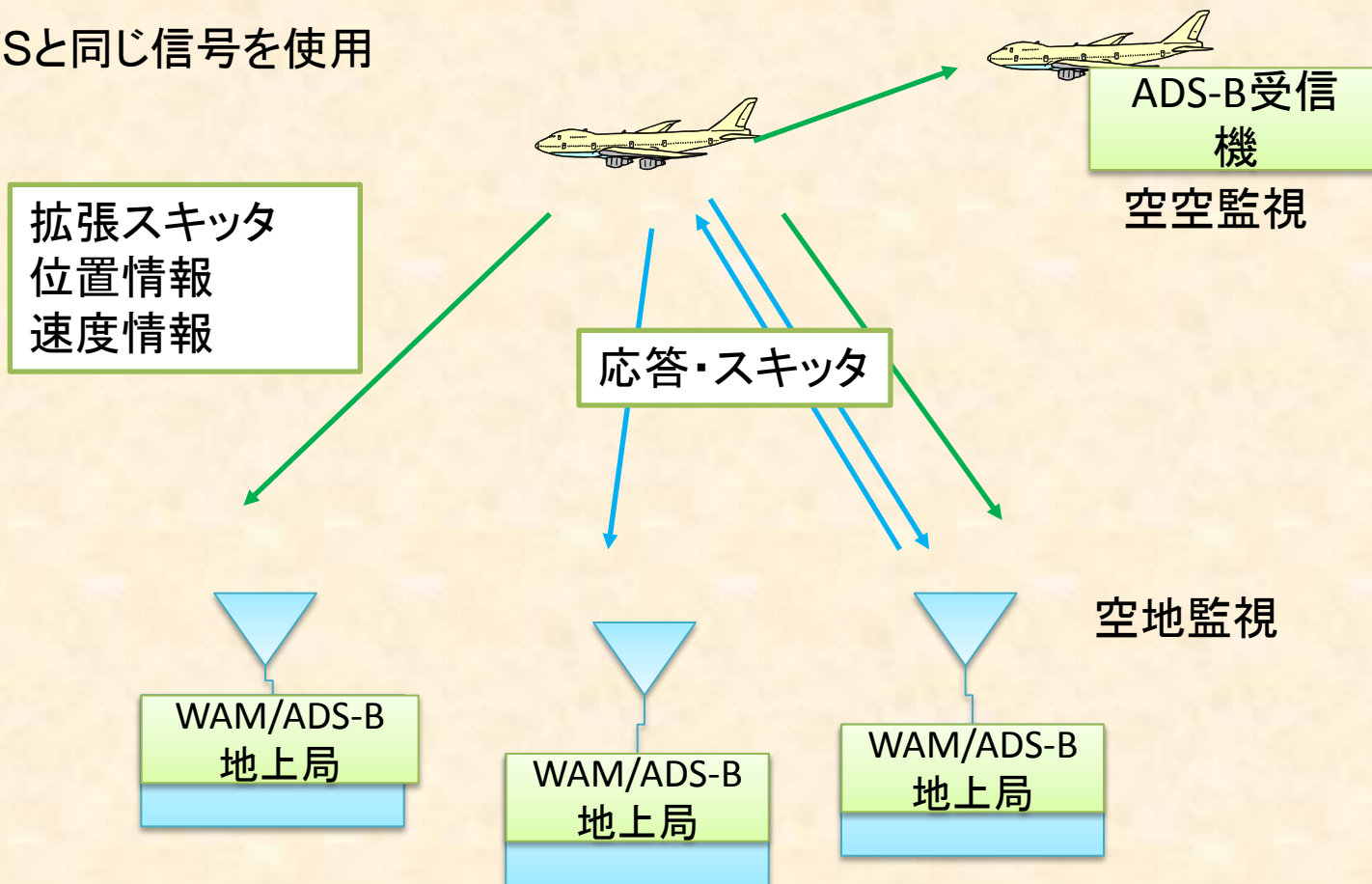
ADS-B

放送型自動従属監視システム

WAM

広域マルチラレーション

モードSと同じ信号を使用



# 変化③ データリンクの活用

## • 動態情報の利用

航空機の針路、速度、姿勢

- トラジェクトリ予測精度の向上
- コンフリクト予測精度の向上
- 管制官の状況認識の向上

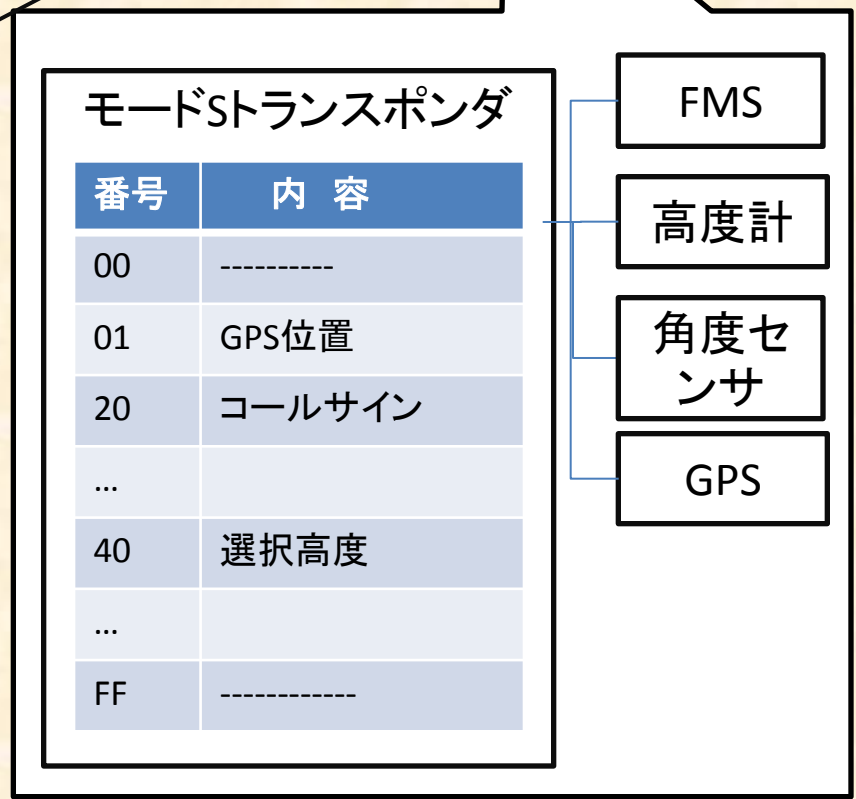


質問

応答



SSRモードS地上局



## 2. SSRモードSにおける新たな課題

### 3つの変化

①SSRモードS  
地上局の増加

②新しい  
監視システム  
の出現

③データリンク  
の活用

### 2つの課題

① 地上局識別番号  
の不足問題

②1030/1090MHz  
信号環境の悪化





## 2. SSRモードSにおける新たな課題

### 3つの変化

①SSRモードS  
地上局の増加

②新しい  
監視システム  
の出現

③データリンク  
の活用

### 2つの課題

① 地上局識別番号  
の不足問題

②1030/1090MHz  
信号環境の悪化



# ①SSRモードS地上局の増加

地上局識別番号(IIコード):トランスポンダが地上局を区別のため使用

- ICAO国際標準 15個の地上局識別番号を準備
- 隣接する地上局間で異なる識別番号を割当

↓

多数のSSRモードS地上局が配備

↓

異なる識別番号を割当が困難

↓

隣接する地上局間で同じ識別番号を割当

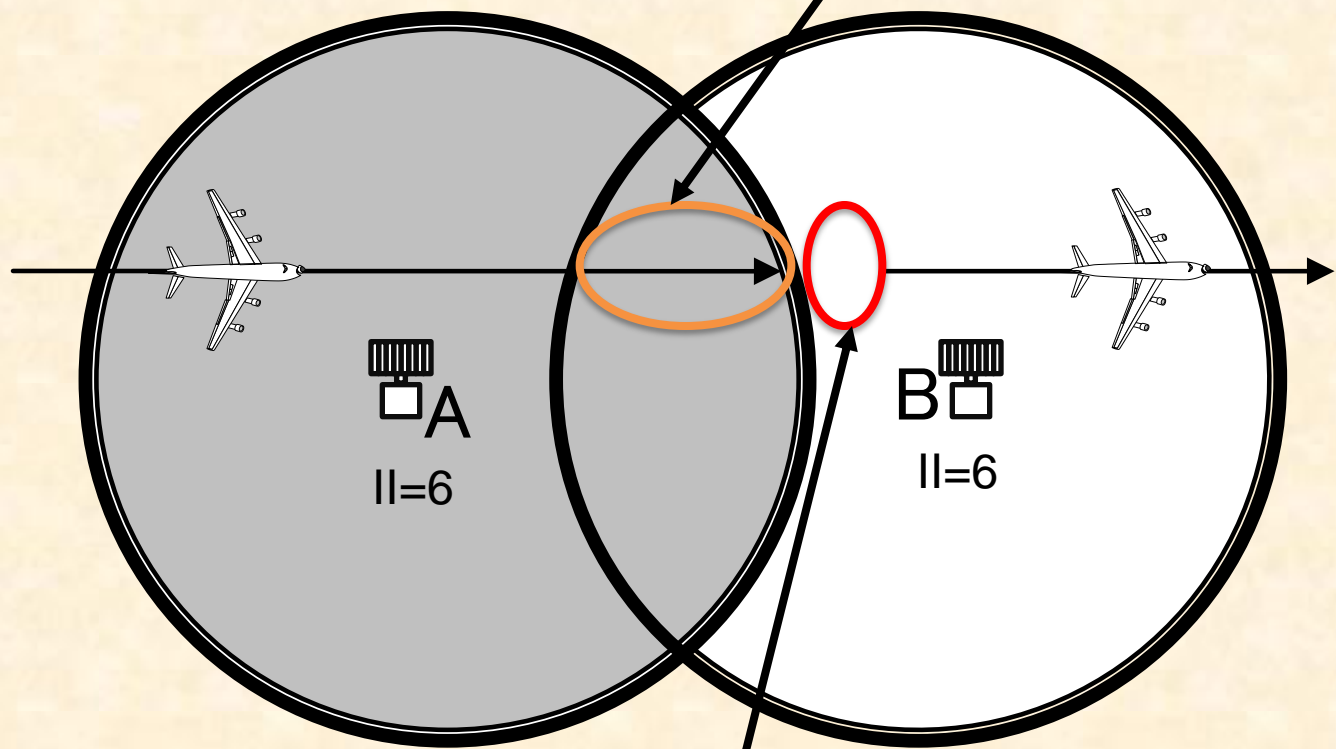
監視の中断が発生

↓

① 地上局識別番号の不足問題

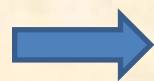
# ①SSRモードS地上局の増加

①A局が監視している場合、B局は監視できない。



①境界部分、A局とB局は監視できない。

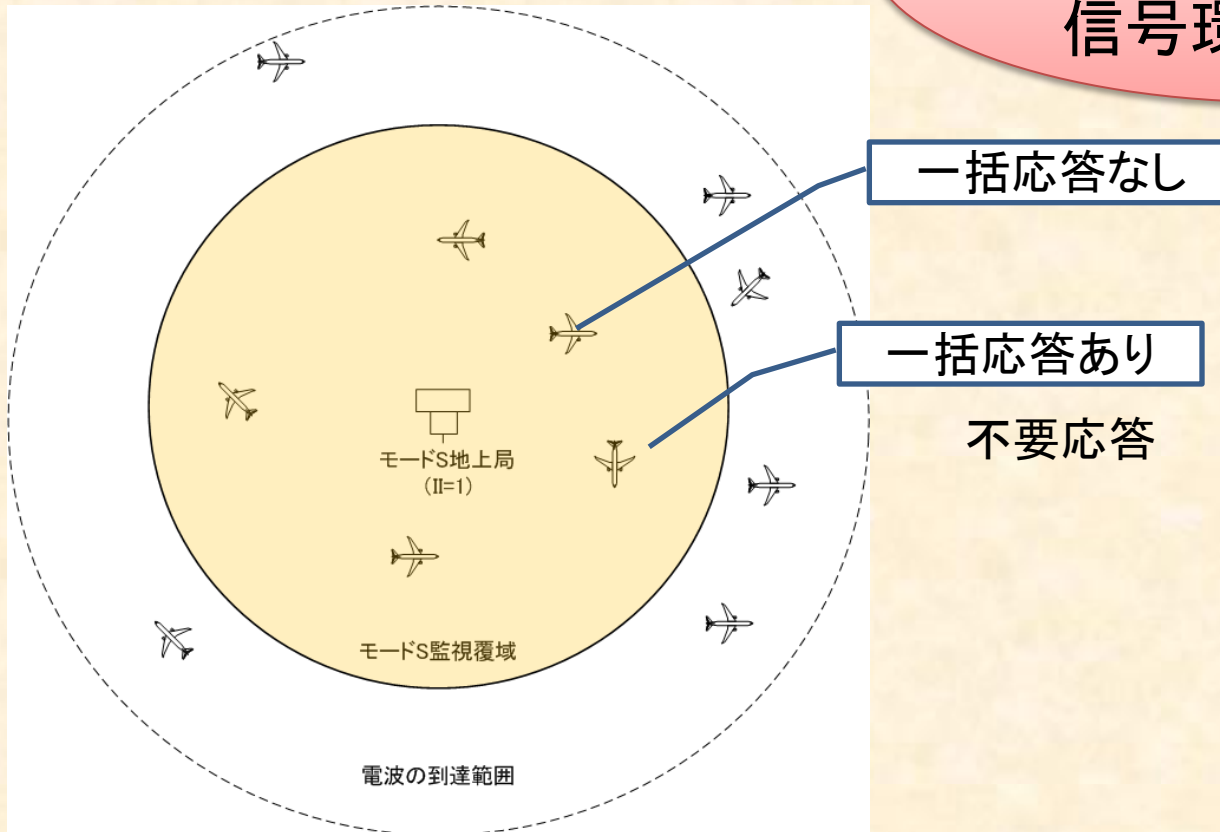
① 地上局識別番号  
の不足問題



監視の中断が発生

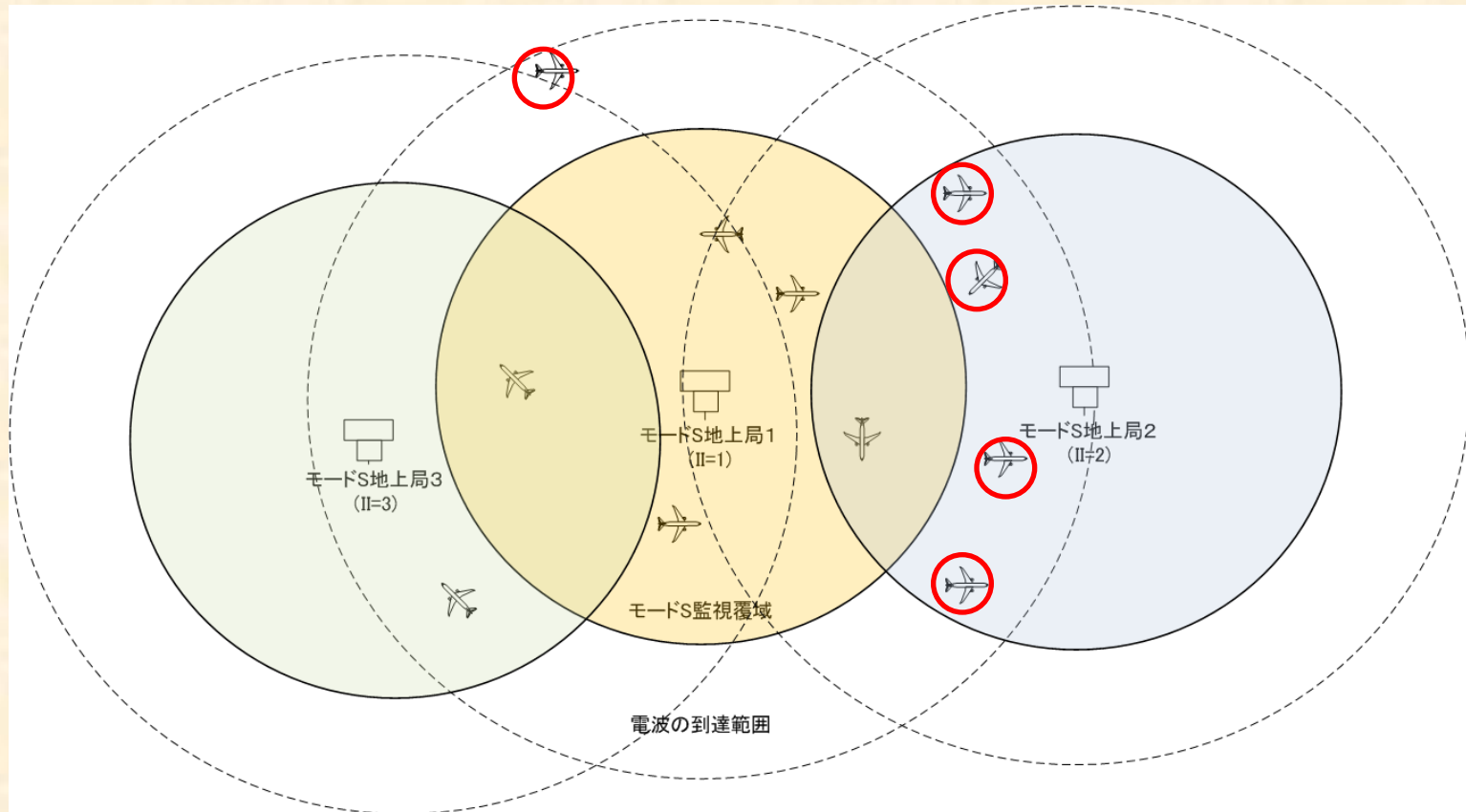
# ①SSRモードS地上局の増加 覆域外の一括応答問題

課題②  
1030/1090MHz  
信号環境の悪化



- モードS監視覆域内の航空機はロックアウト。
- 航空機はロックアウトされると、一括応答を送信。
- 質問電波はマージンを持って送信され、監視覆域外にも到達。
- 覆域外の航空機が応答を送信。

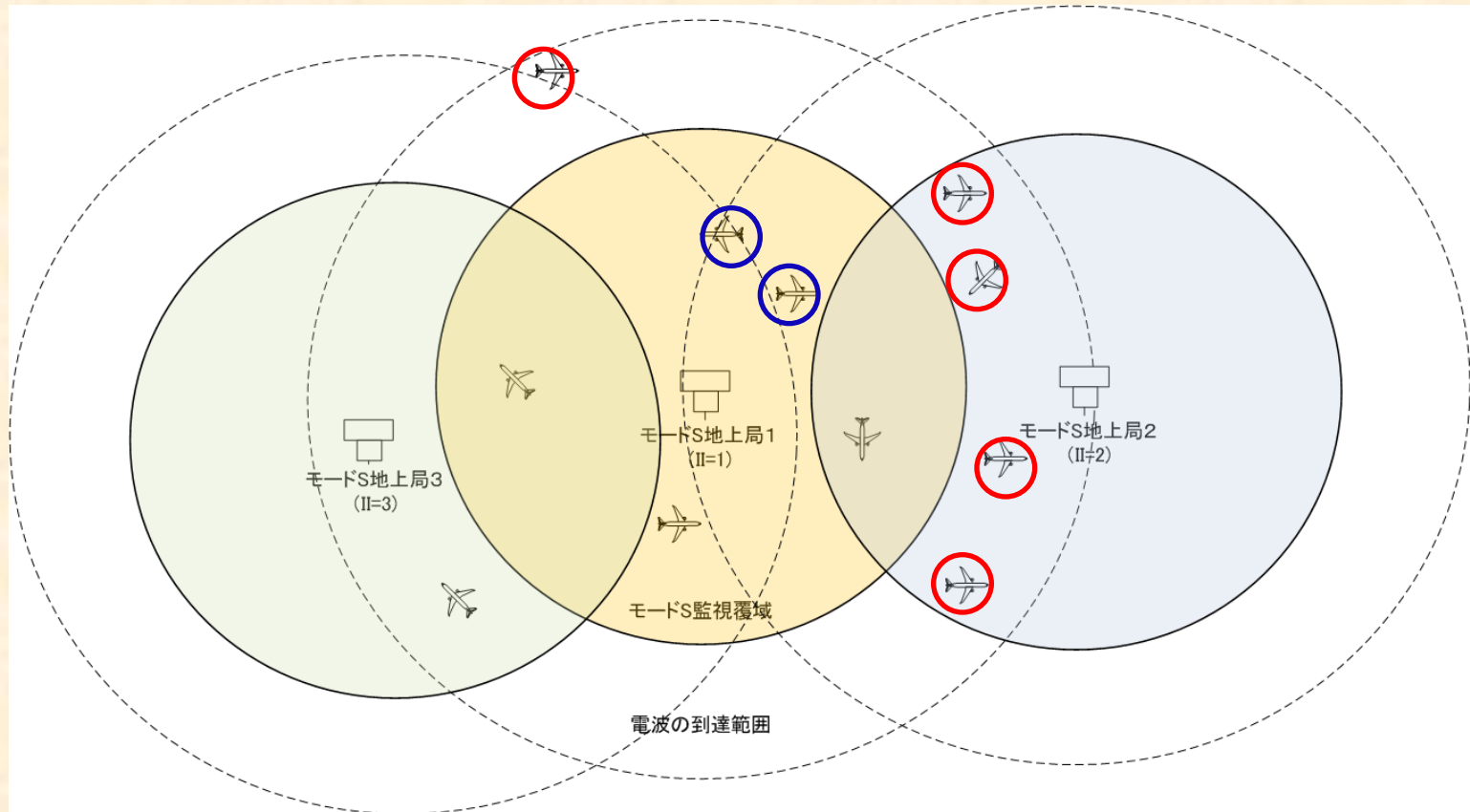
# スタンドアローン運用



•地上局1 覆域外応答5機○

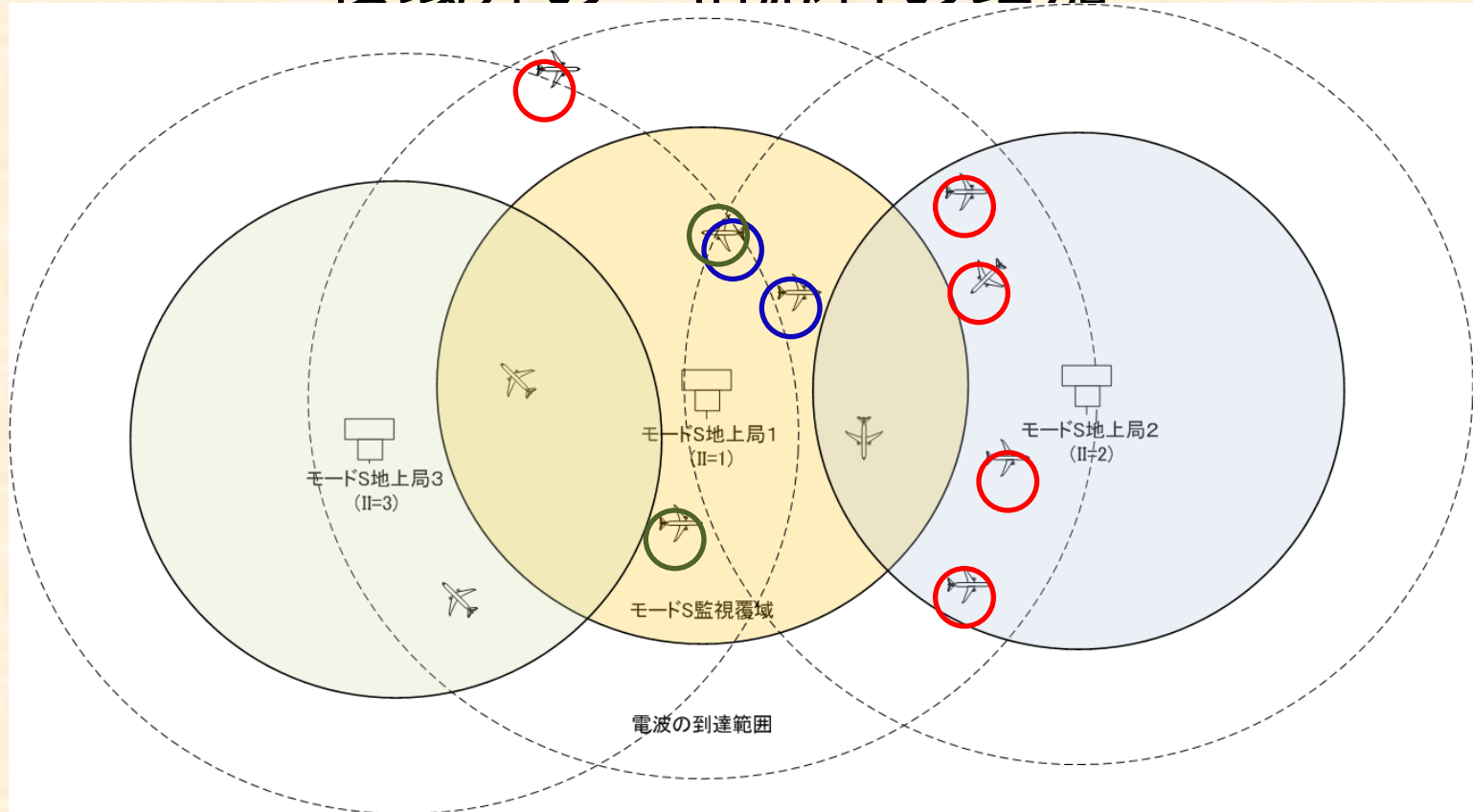
•航空機数や地上局数が多いと不要な応答が増加

# スタンドアローン運用



- 地上局1 覆域外応答5機 ○
- 地上局2 覆域外応答2機 ○

# スタンドアローン運用 覆域外の一括応答の増加



- 地上局1 覆域外応答5機 ○
- 地上局2 覆域外応答2機 ○
- 地上局3 覆域外応答2機 ○

•9機の航空機が不要な応答を送信⇒ 信号環境の悪化  
 ⇒欧州では深刻な問題(一括質問レートを低下を提案)。

### 3. SSRモードSネットワークによる解決

#### 2つの課題

① 地上局識別番号の不足問題

② 1030/1090MHz信号環境の悪化

#### 1つの解決策

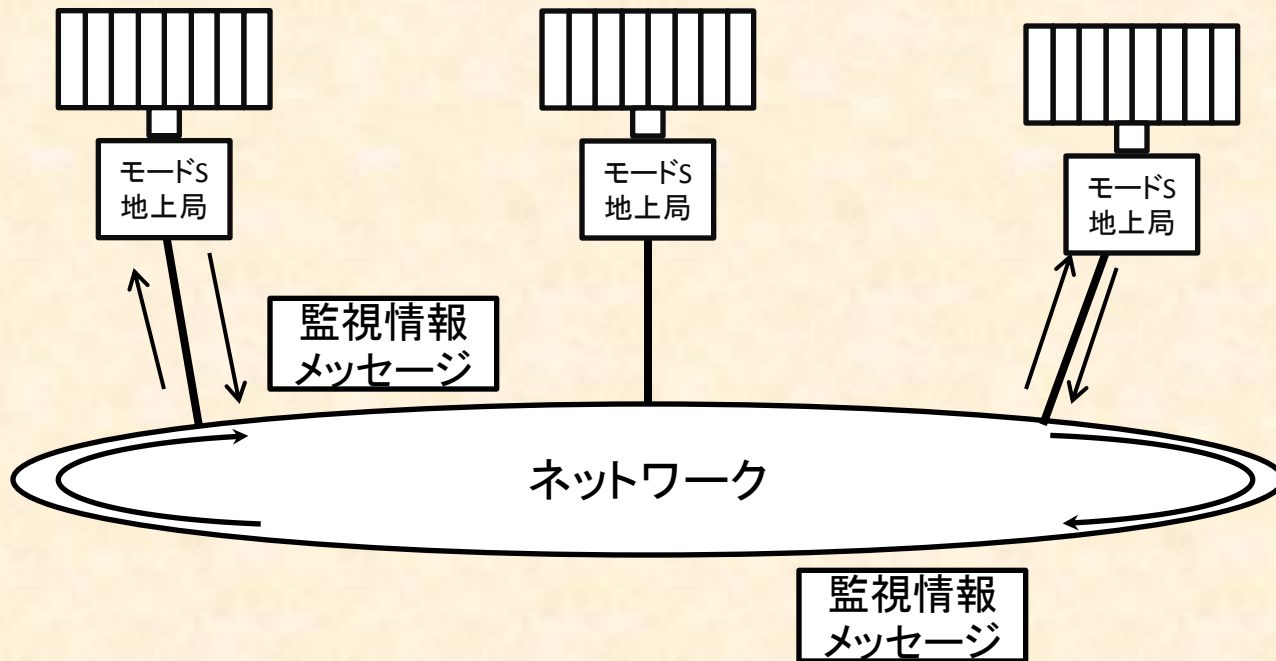


SSRモードSネットワーク

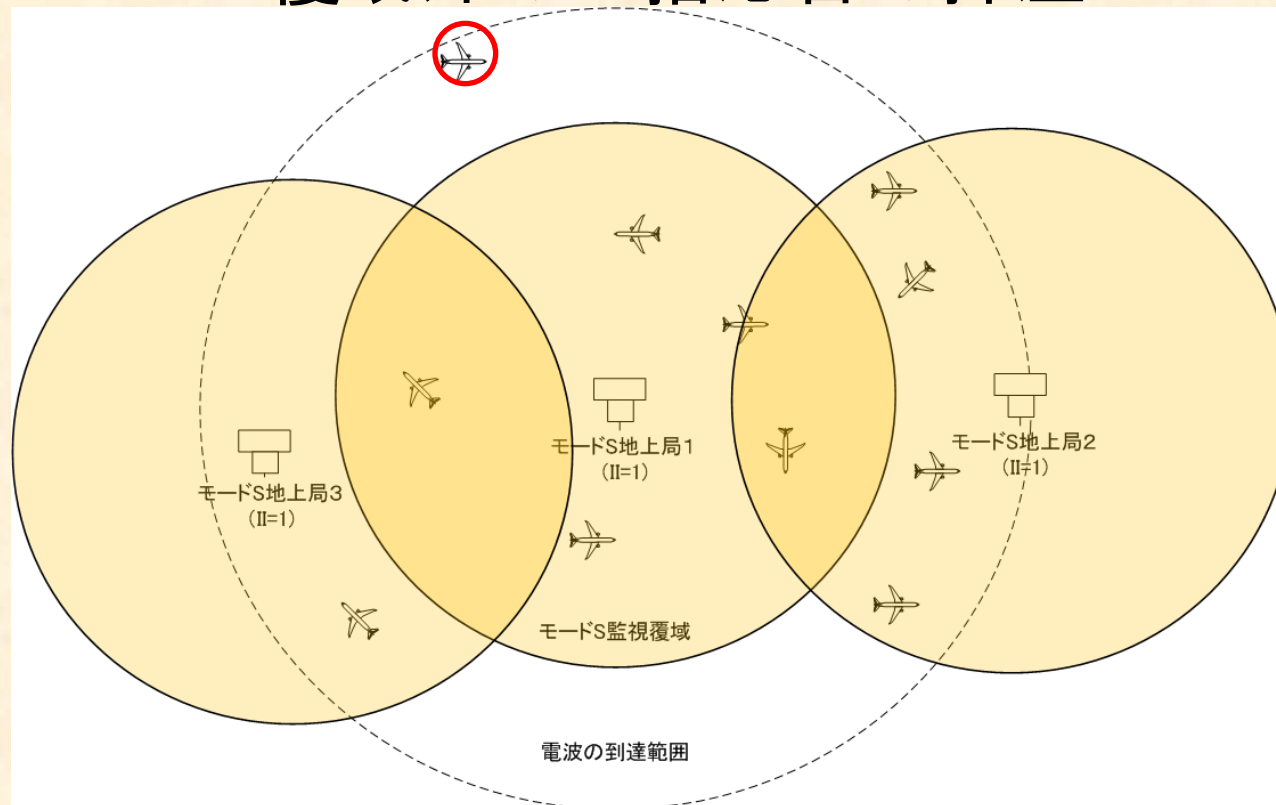


# SSRモードSネットワーク

SSRモードS地上局をネットワークを介して接続。  
地上局間で情報を共有し、相互に調整。



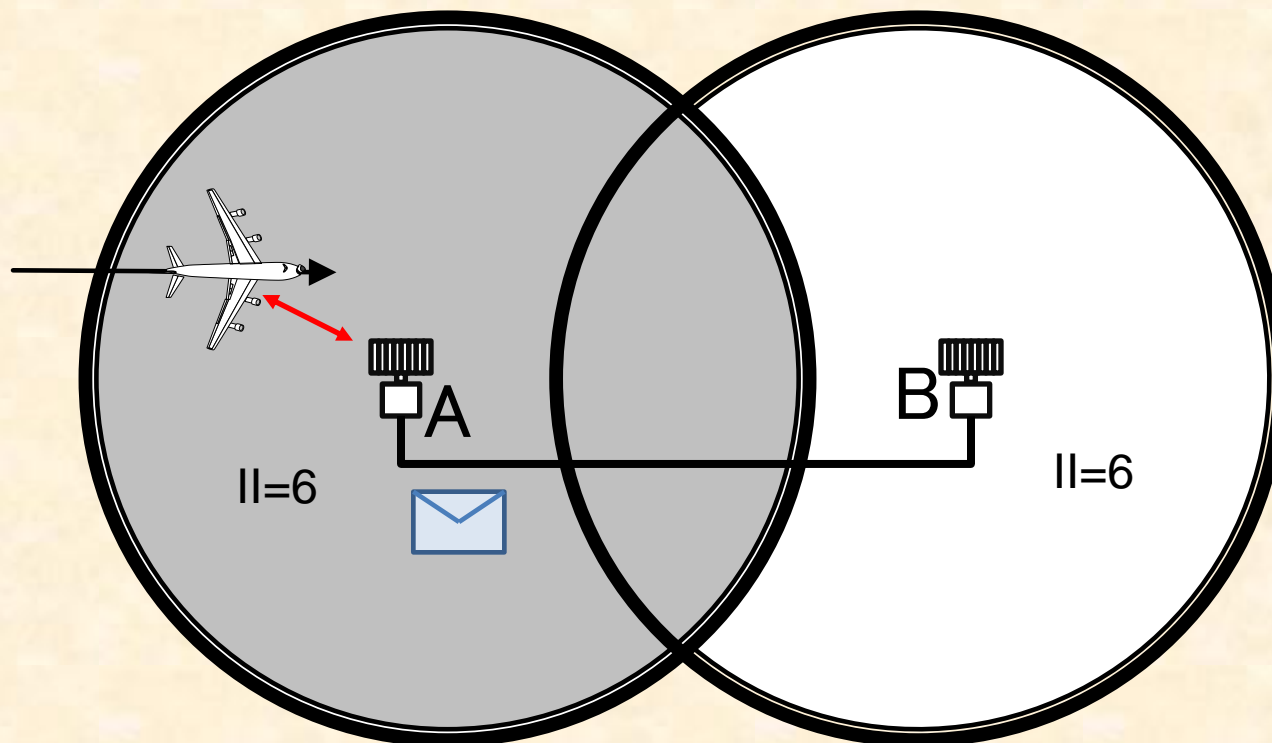
# ネットワーク運用 覆域外の一括応答の抑圧



- モードSネットワーク 同一IIコードにより地上局を運用
- 覆域外の航空機は隣接局にロックアウト。一括応答は無し。
- 地上局1において1機が不要応答

同じ配置でもネットワーク運用により ⇒覆域外の一括応答を抑圧(信号環境の改善)

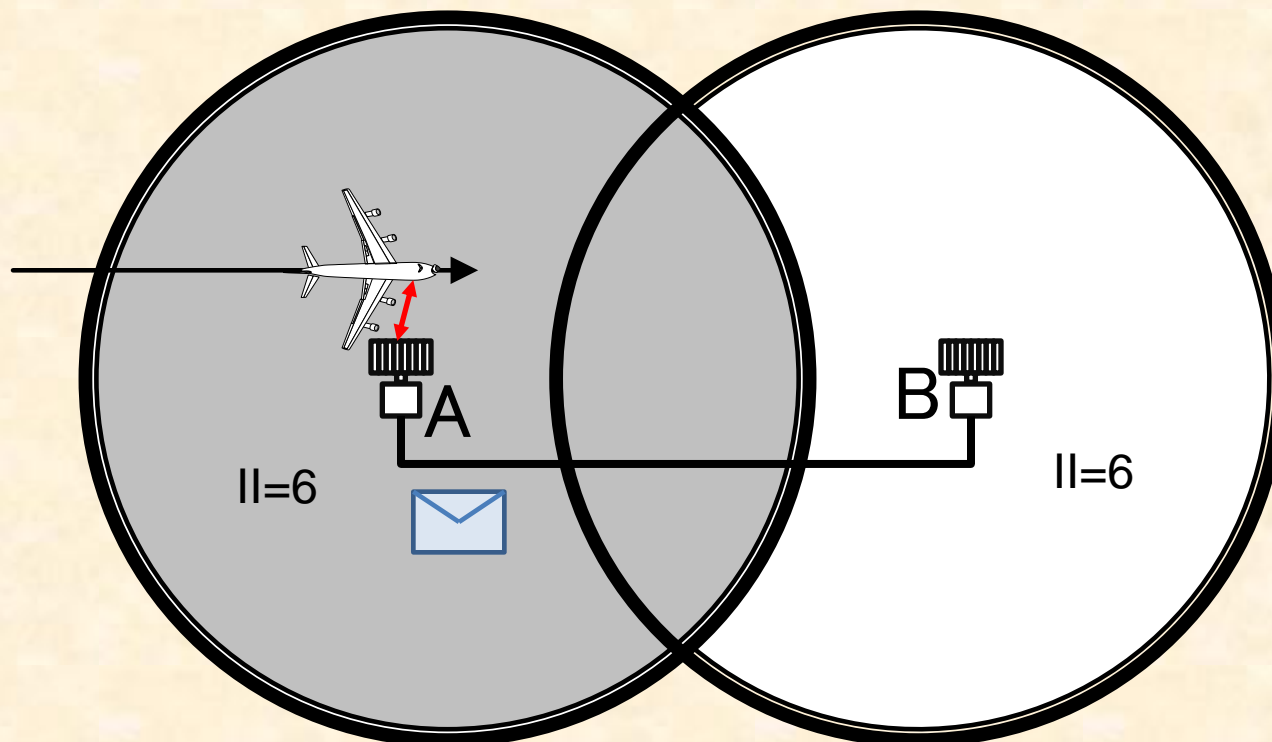
## ① 地上局識別番号の不足問題の解決



監視情報メッセージ

航空機位置、モードSアドレスを含む

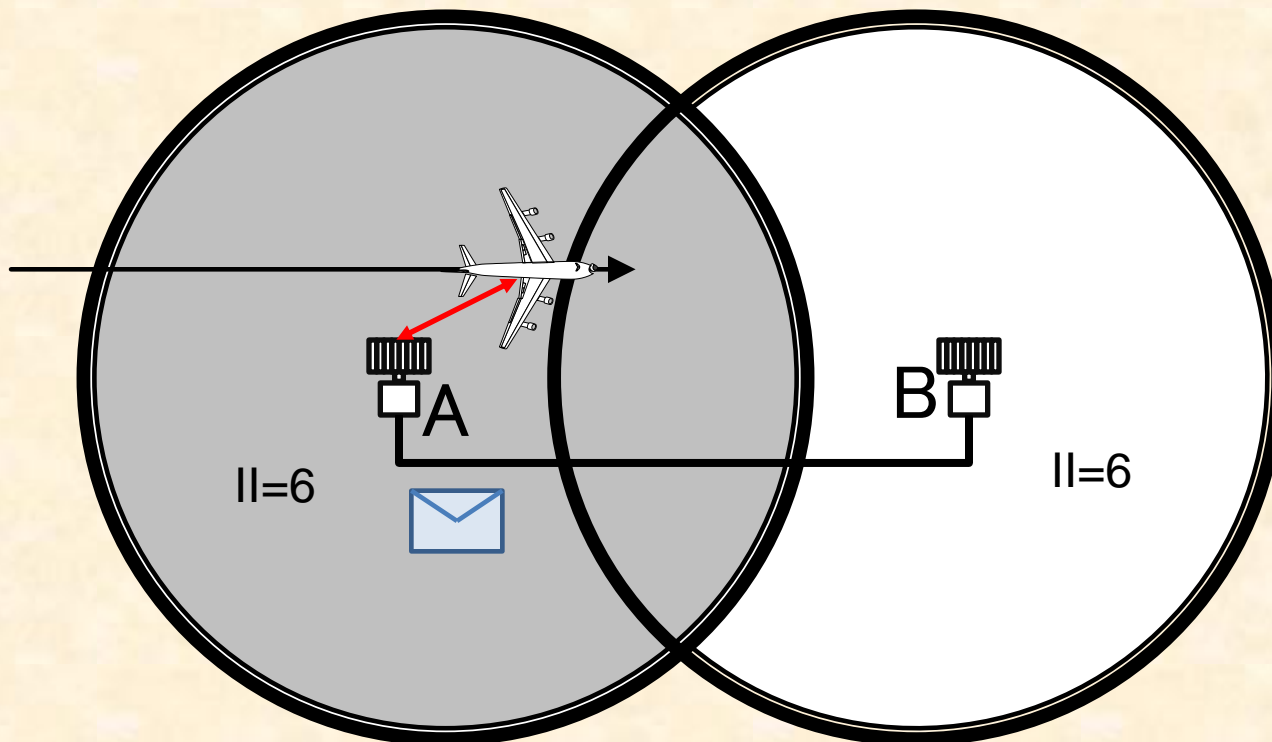
## ① 地上局識別番号の不足問題の解決



監視情報メッセージ

航空機位置、モードSアドレスを含む

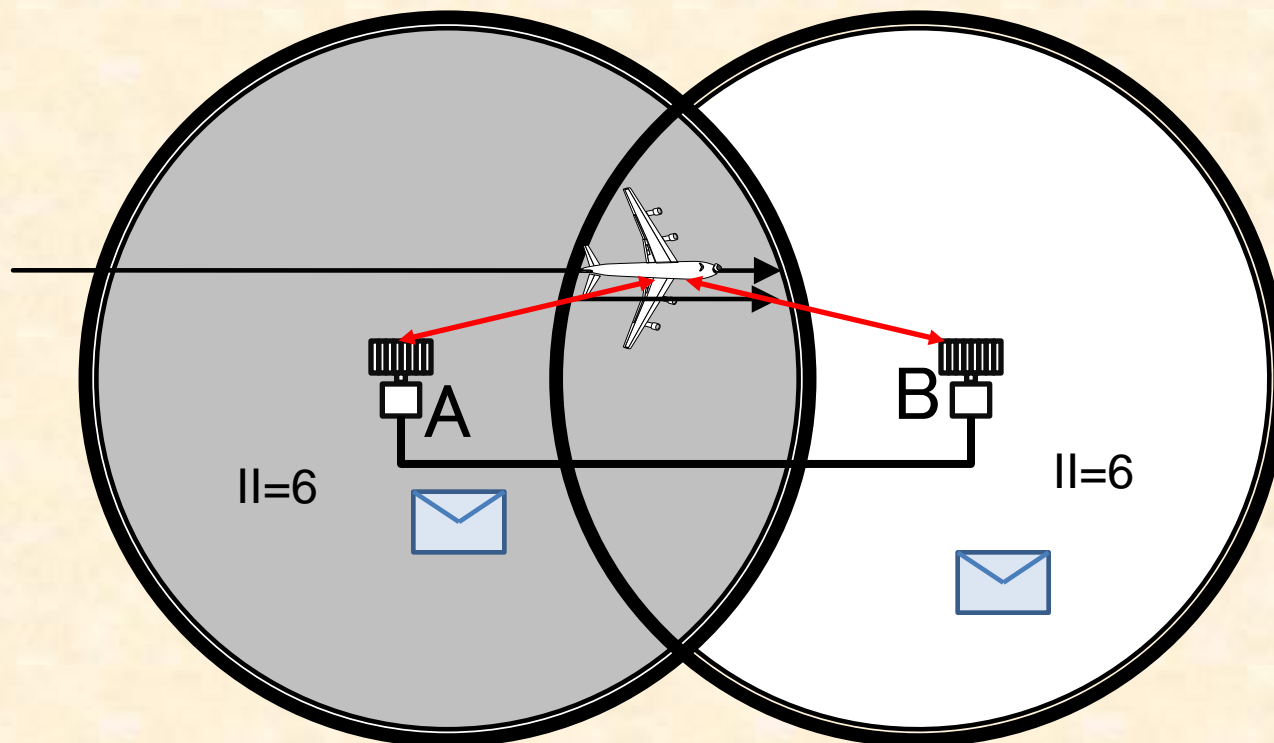
① 地上局識別番号の不足問題の解決



監視情報メッセージ

航空機位置、モードSアドレスを含む

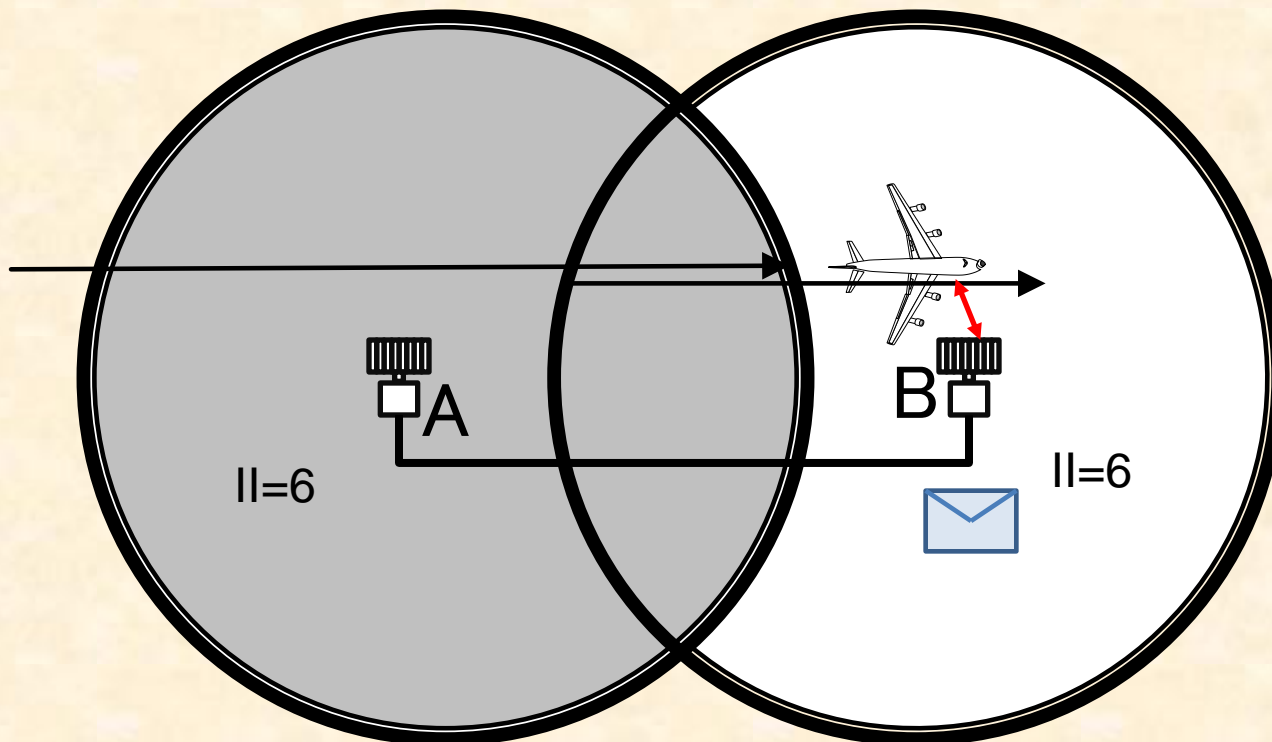
## ① 地上局識別番号の不足問題の解決



監視情報メッセージ

航空機位置、モードSアドレスを含む

① 地上局識別番号の不足問題の解決

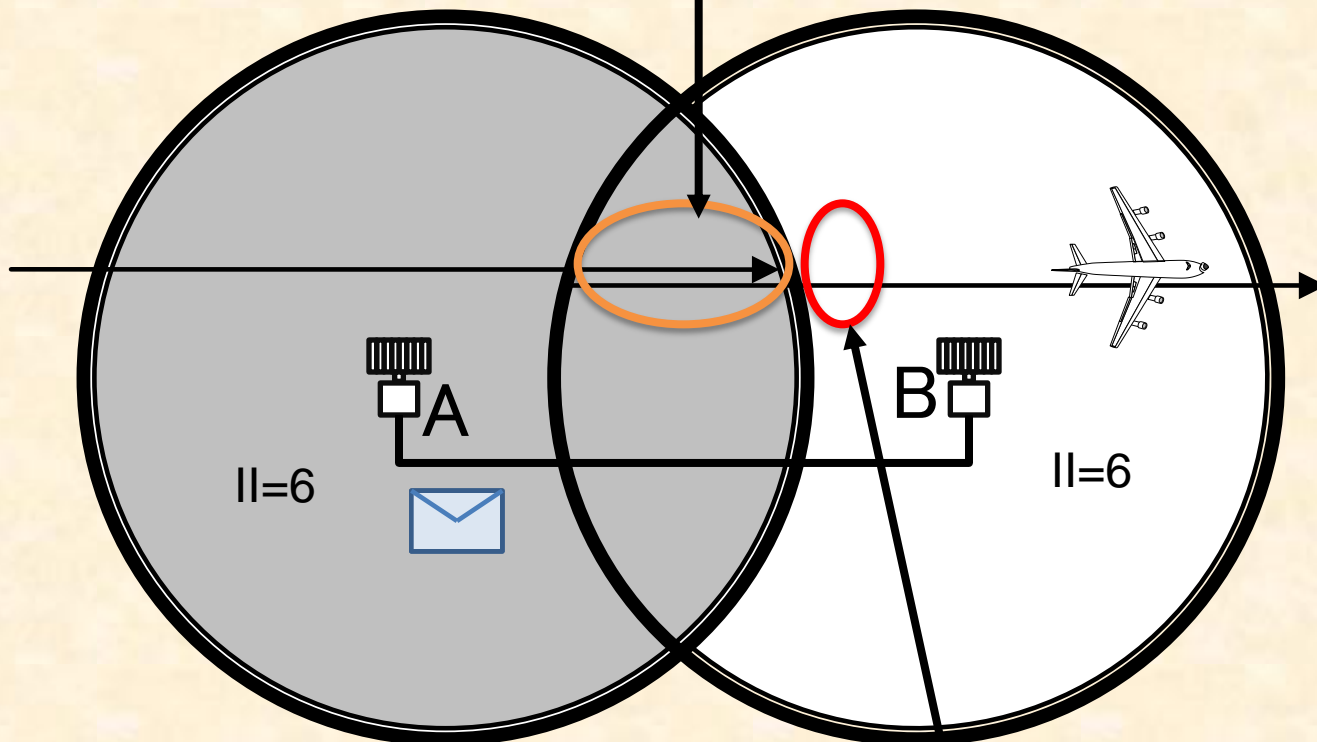


監視情報メッセージ

航空機位置、モードSアドレスを含む

① 地上局識別番号の不足問題の解決

①A局、B局による監視



②連続的な監視

同一IIコード環境下で信頼性の高い監視を実現



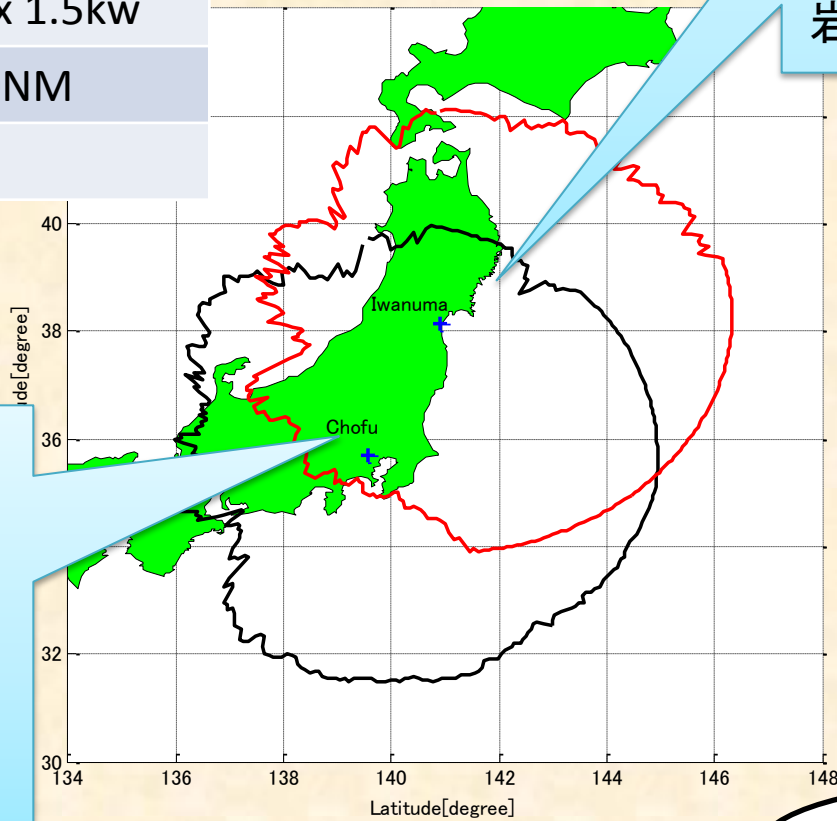
# 4. モードS実験ネットワーク

- 実システムによる評価

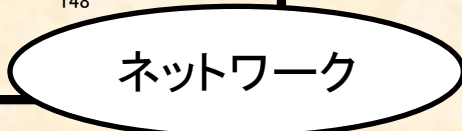
	調布局	岩沼局
開局	平成20年	平成22年
出力	Max 1.5kw	Max 1.5kw
覆域	250NM	200NM
周期	10秒	4秒



岩沼局・空中線外観

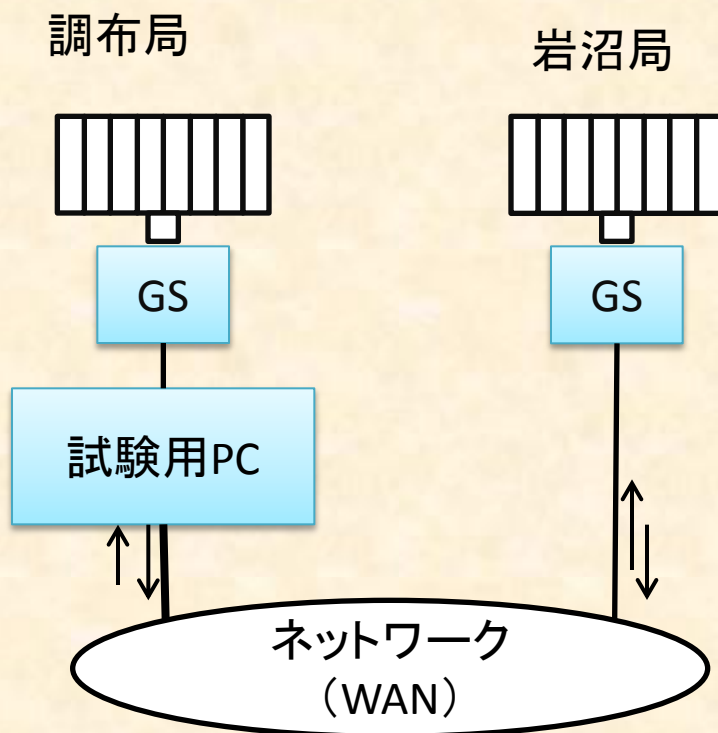


調布局・空中線外観



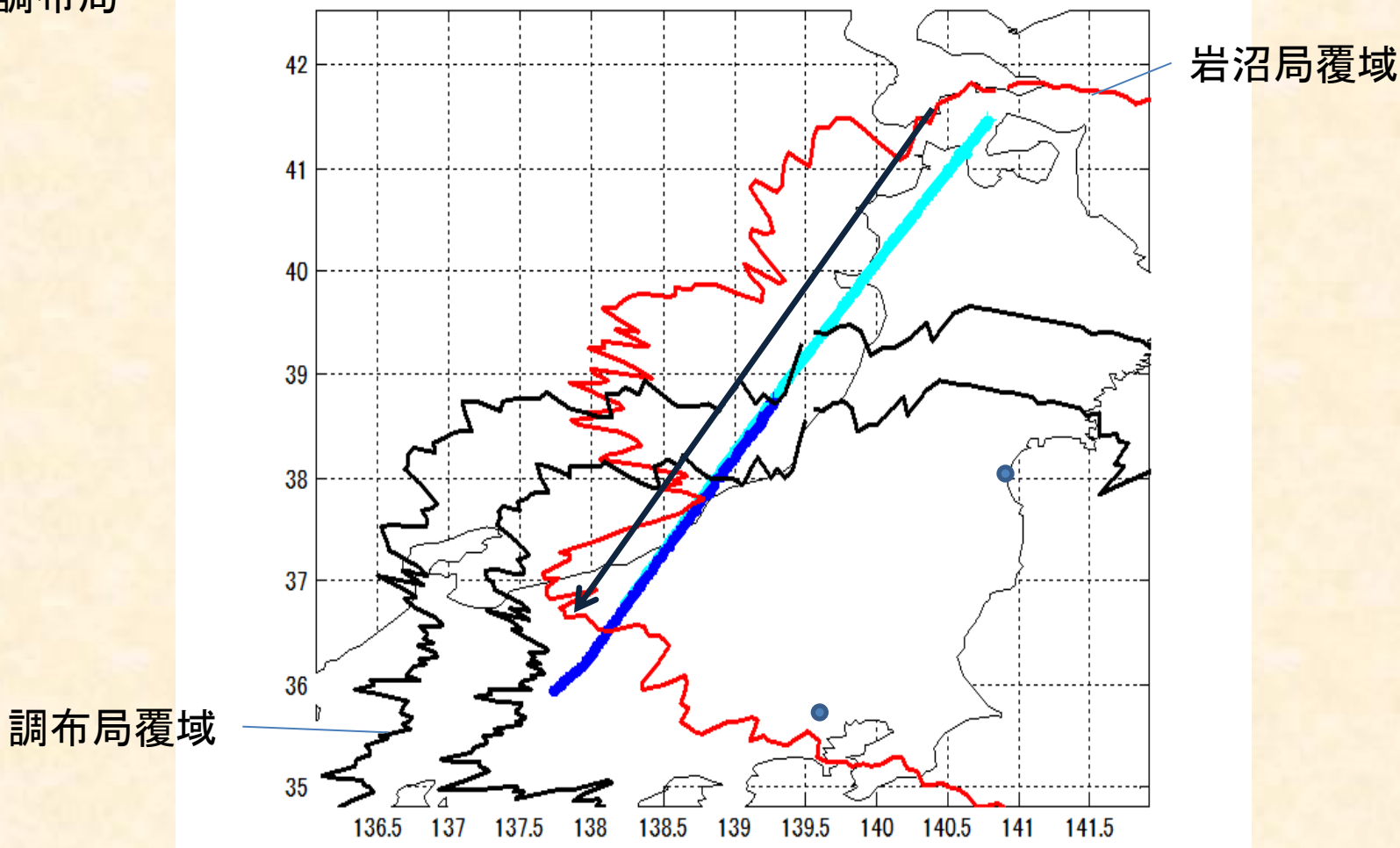
# 4. モードS実験ネットワーク

## H22単体試験のシステム構成



# 単体試験(震災前に実施)

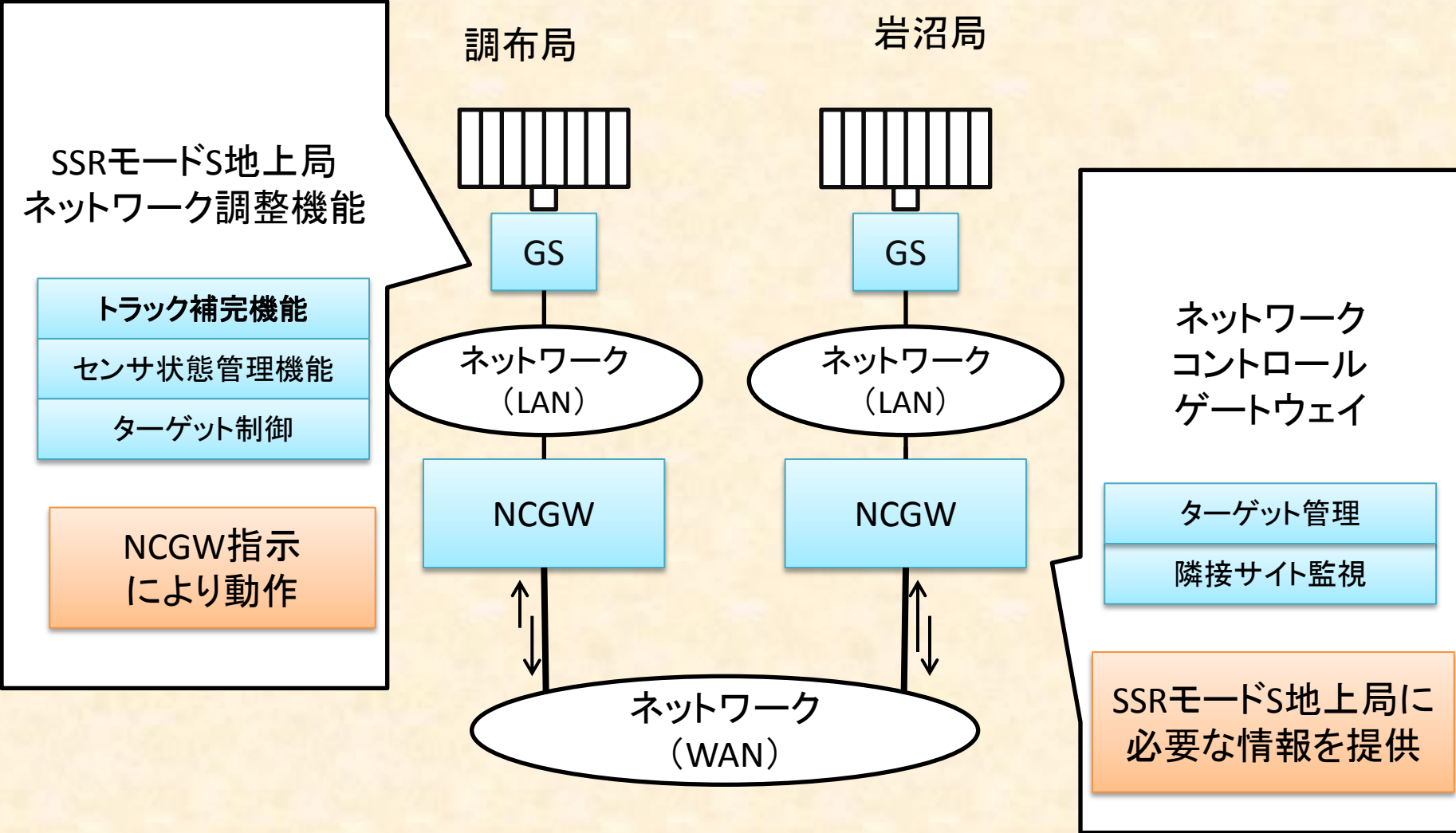
水色: 岩沼局  
 青色: 調布局



トラック補完機能により重複覆域において連続的な監視

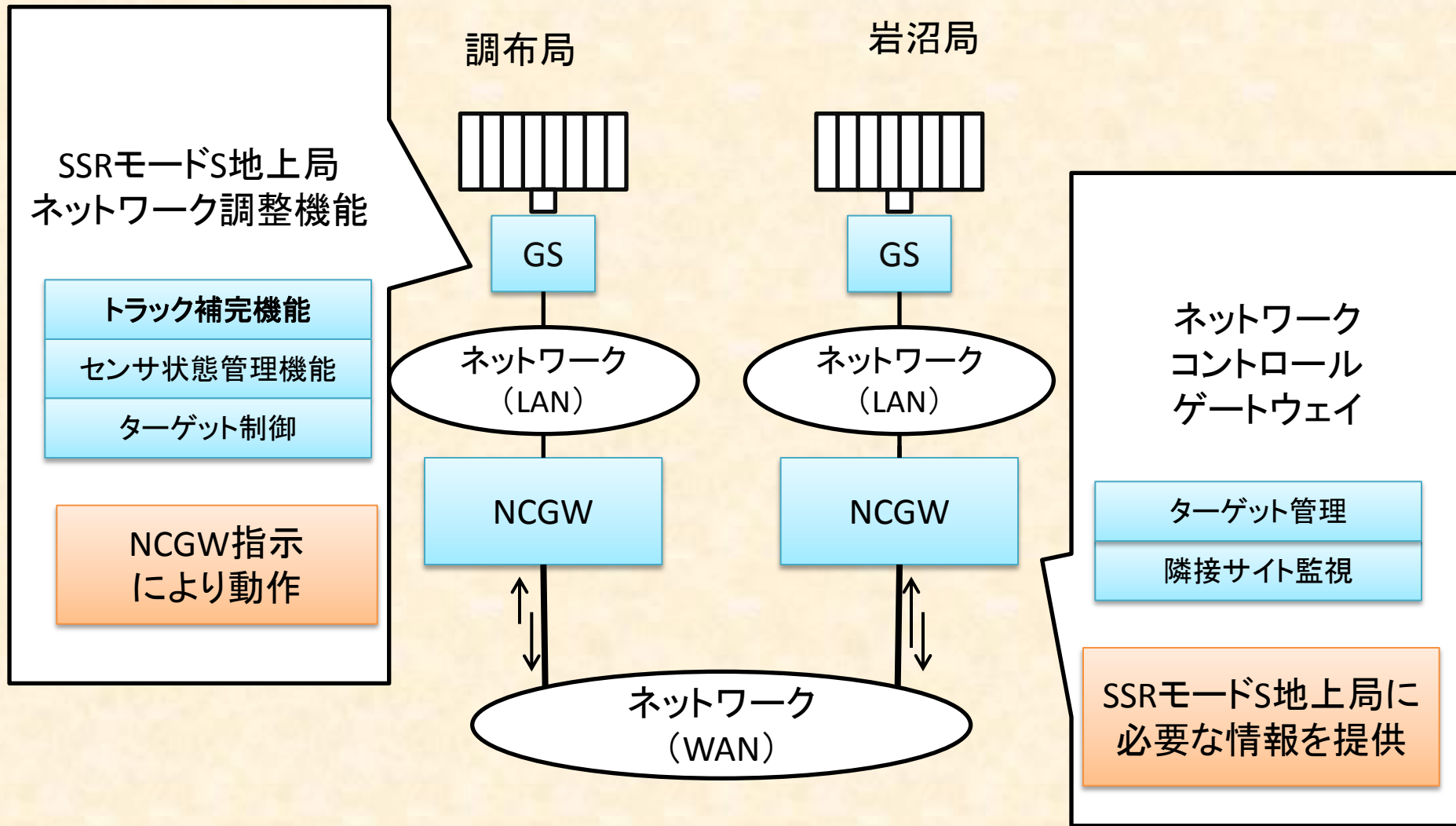
# 4. モードS実験ネットワーク

## H23評価実験時のシステム構成





# 4. モードS実験ネットワーク

## 新機能、新システムの概要



# 多数航跡の評価

岩沼局航跡：青線   
調布局航跡：水色線 

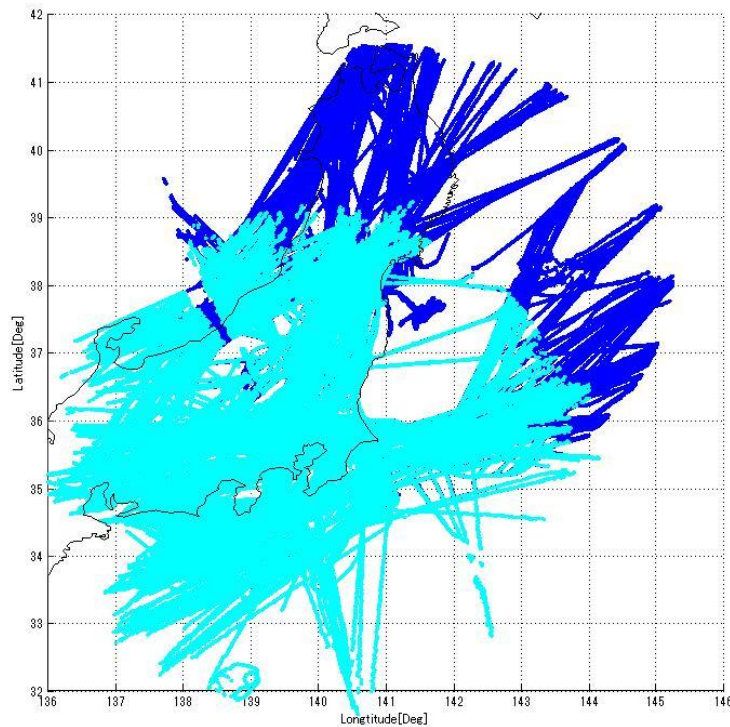


図1: 調布局を上描画

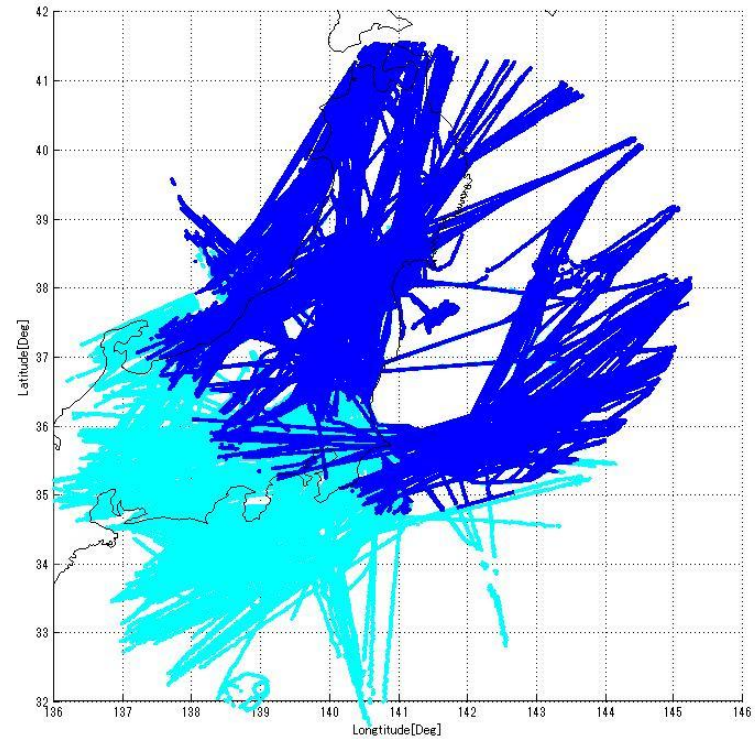


図2: 岩沼局を上描画

2つの航跡が重なる = 重複覆域で2つのサイトで監視

# 検出率

		航跡数	欠落データ数	総データ数	検出率
ネットワーク 運用	調布局	711	670	75,797	99.12%
	岩沼局	639	5,040	145,830	96.41%
スタンド アローン 運用	調布局	947	775	103,189	99.25%
	岩沼局	490	981	110,854	99.12%

ICAO指針の95%を満足

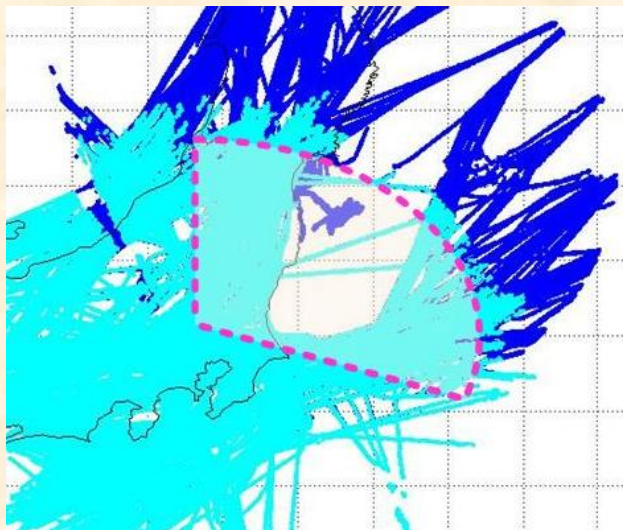


図1: 調布局の評価領域

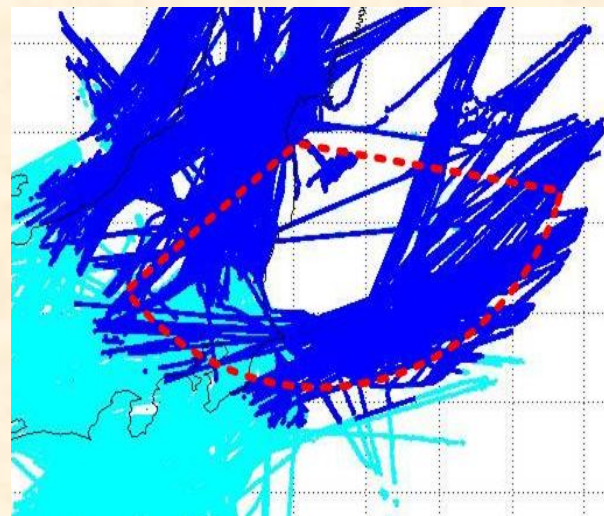


図2: 岩沼局の評価領域

## 残された課題

- ネットワーク運用時の岩沼局の検出率が他の検出率と比べて若干低い
  - 調布局から岩沼局への移管がスムーズでない
  - 調布局の精度 < 岩沼局の精度
  - トラック補完メッセージ(現在は位置のみ)にベクトル情報(速度、方向)の追加



## 6. まとめ

- ・研究の背景

  - 3つの変化

  - 2つの課題

  - 1つの解決策 モードSネットワーク

- ・モードSネットワークによる解決

- ・モードS実験ネットワークを構築

- ・評価実験

  - 重複覆域における検出性能を評価

  - ICAO基準の95%以上で検出することを確認

- ・若干の検出率の低下(改善の予定)

- ・同一IIコードによる監視の連続的な実現(枯渇問題の解消)

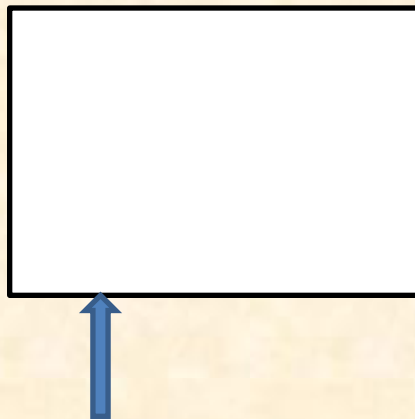
# メッセージ/レポート

- 地上局、NCGW間のメッセージレポート
- ASTERIX17,18,34,48準拠
- 項目を独自に追加
- UDP/IP

# メッセージ/レポート

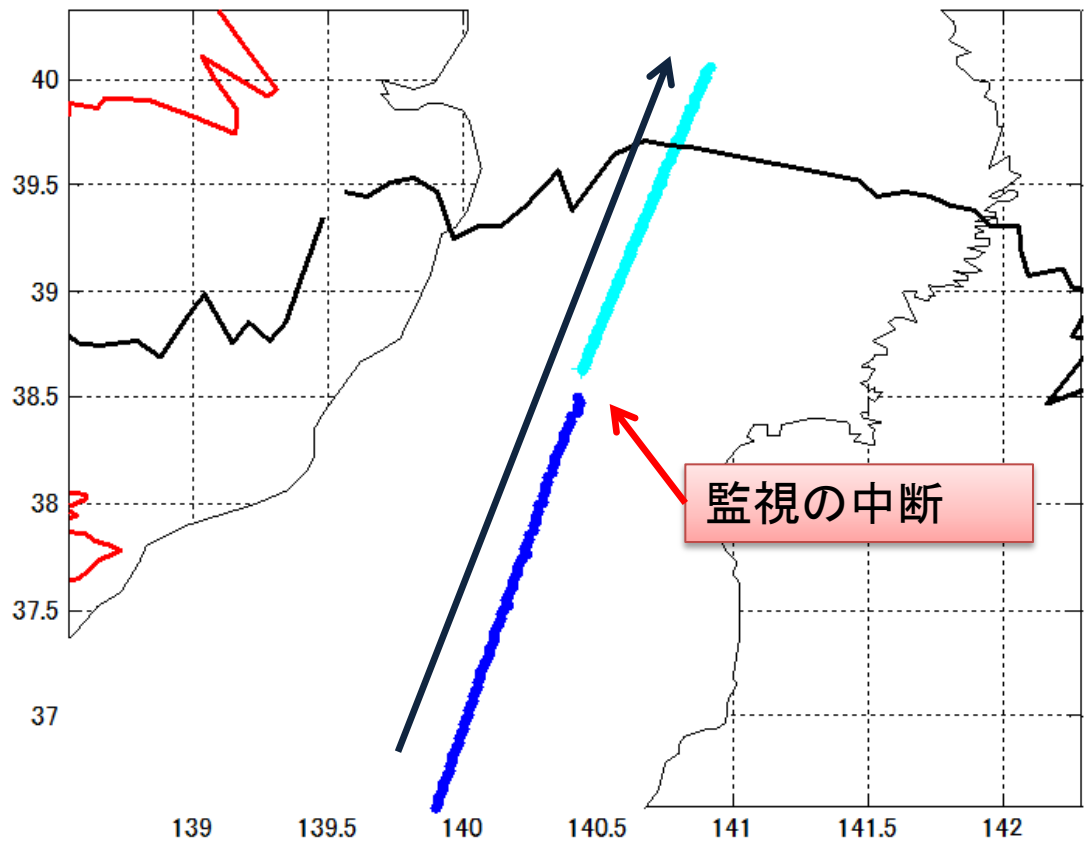
- 地上局、NCGW間のメッセージレポート
- ASTERIX17,18,34,48準拠
- 項目を独自に追加
- UDP/IP

# ASTERIX48拡張 (NCGW ⇔ NCGWメッセージ)



# 調整なしの場合

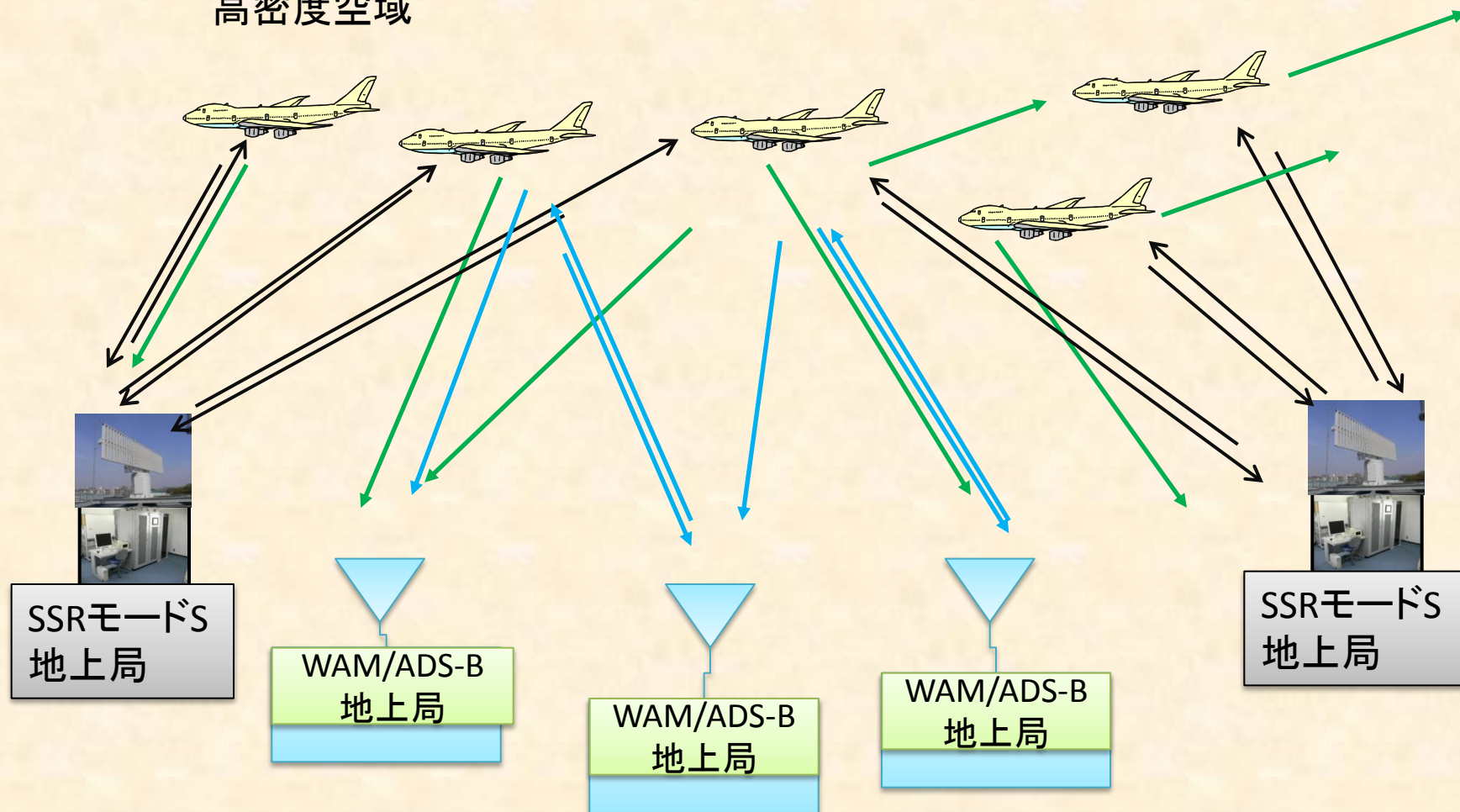
水色: 岩沼局  
 青色: 調布局



## ②新しい監視システムの出現

### ② 1030/1090MHz信号環境の悪化

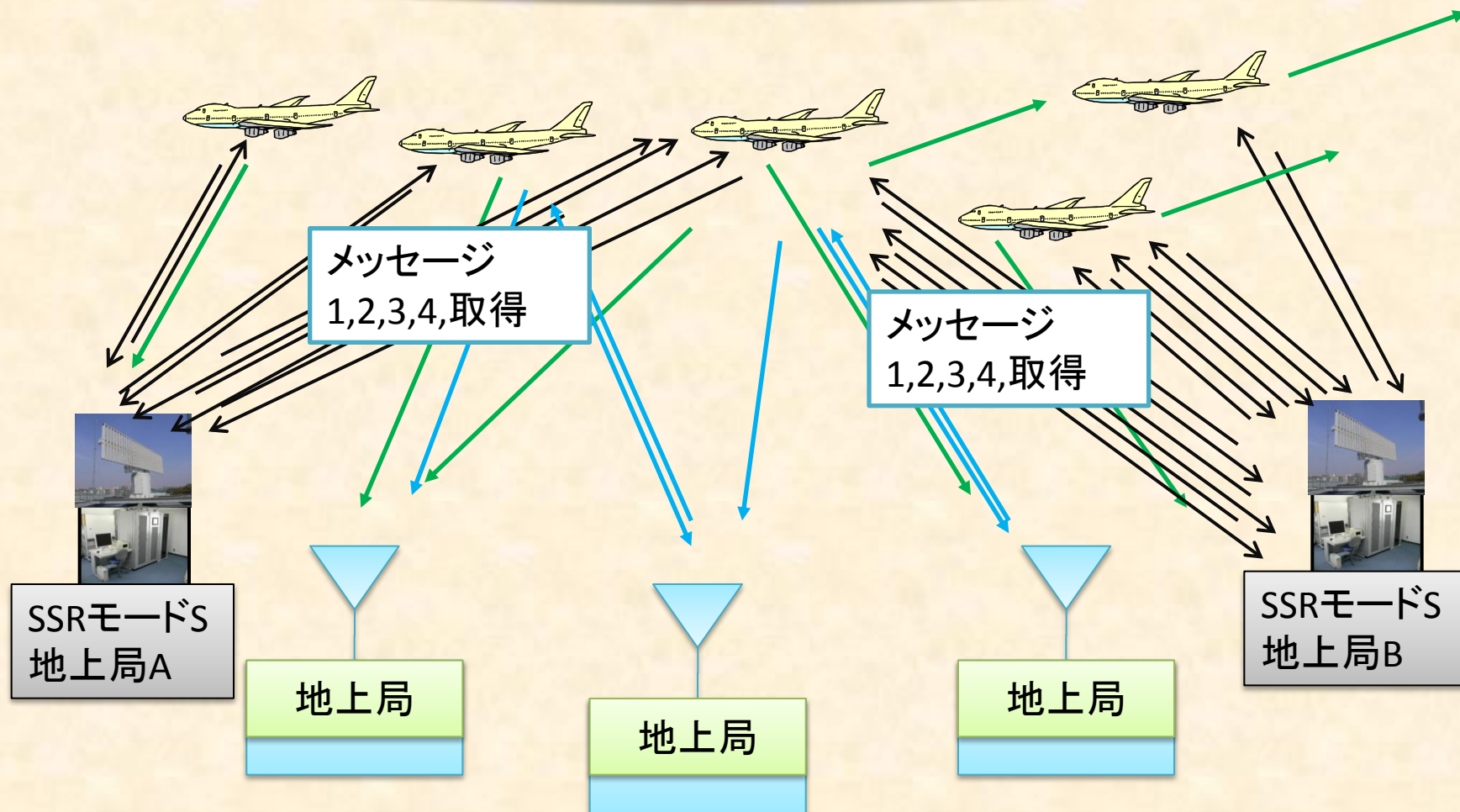
高密度空域



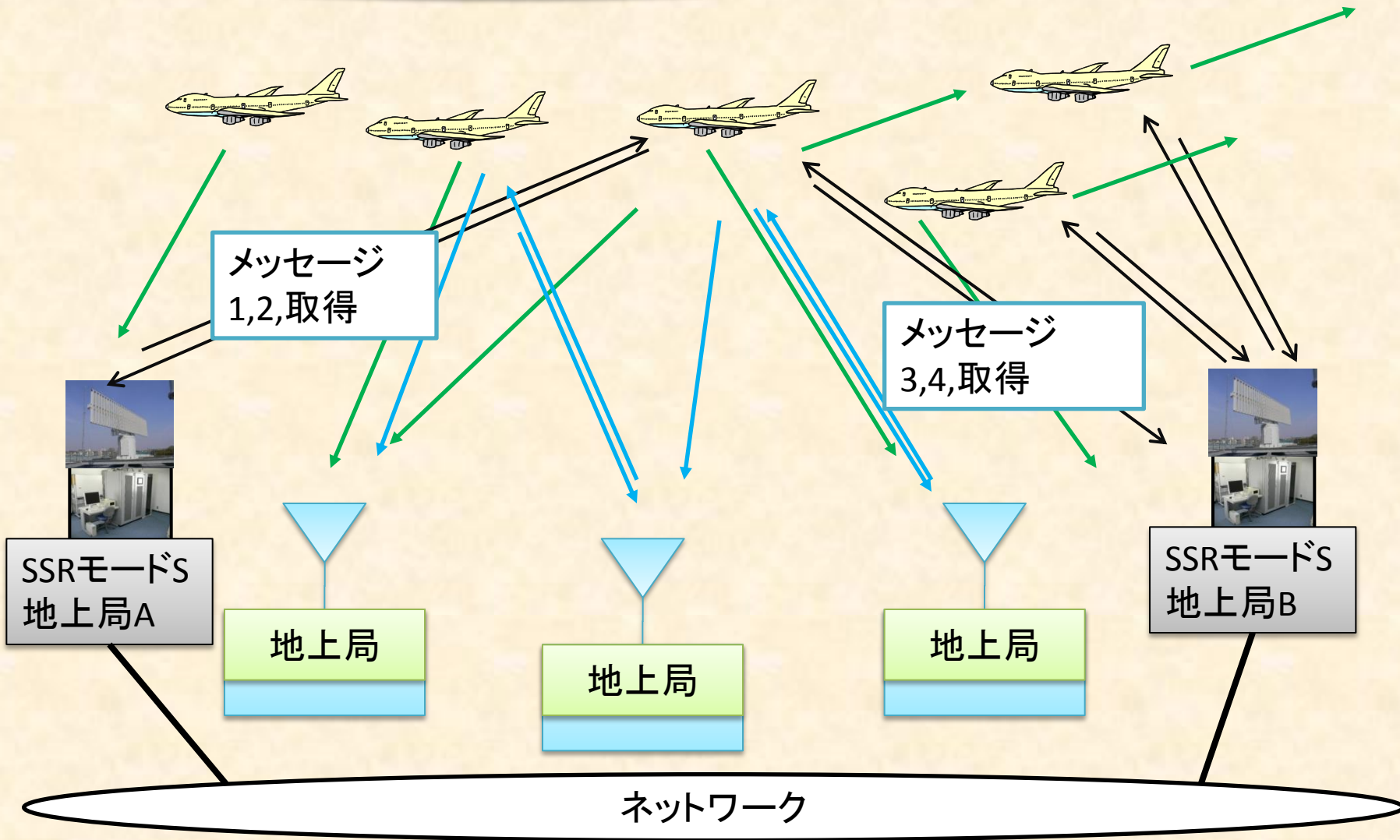
## ②新しい監視システムの出現

## ③データリンクの活用

### ② 1030/1090MHz信号環境の悪化



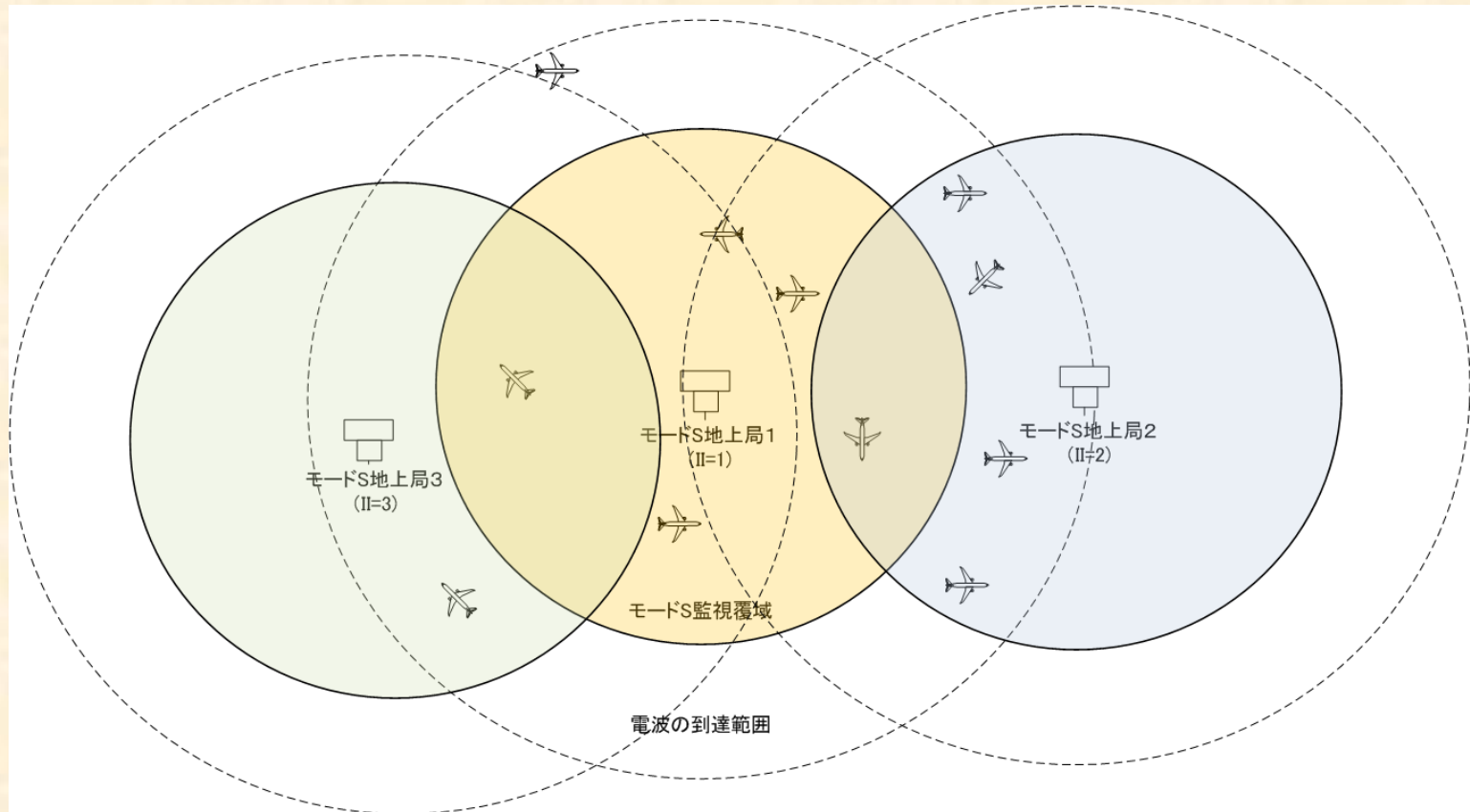
## ② 1030/1090MHz信号環境の改善



地上局間協調により効率的な質問

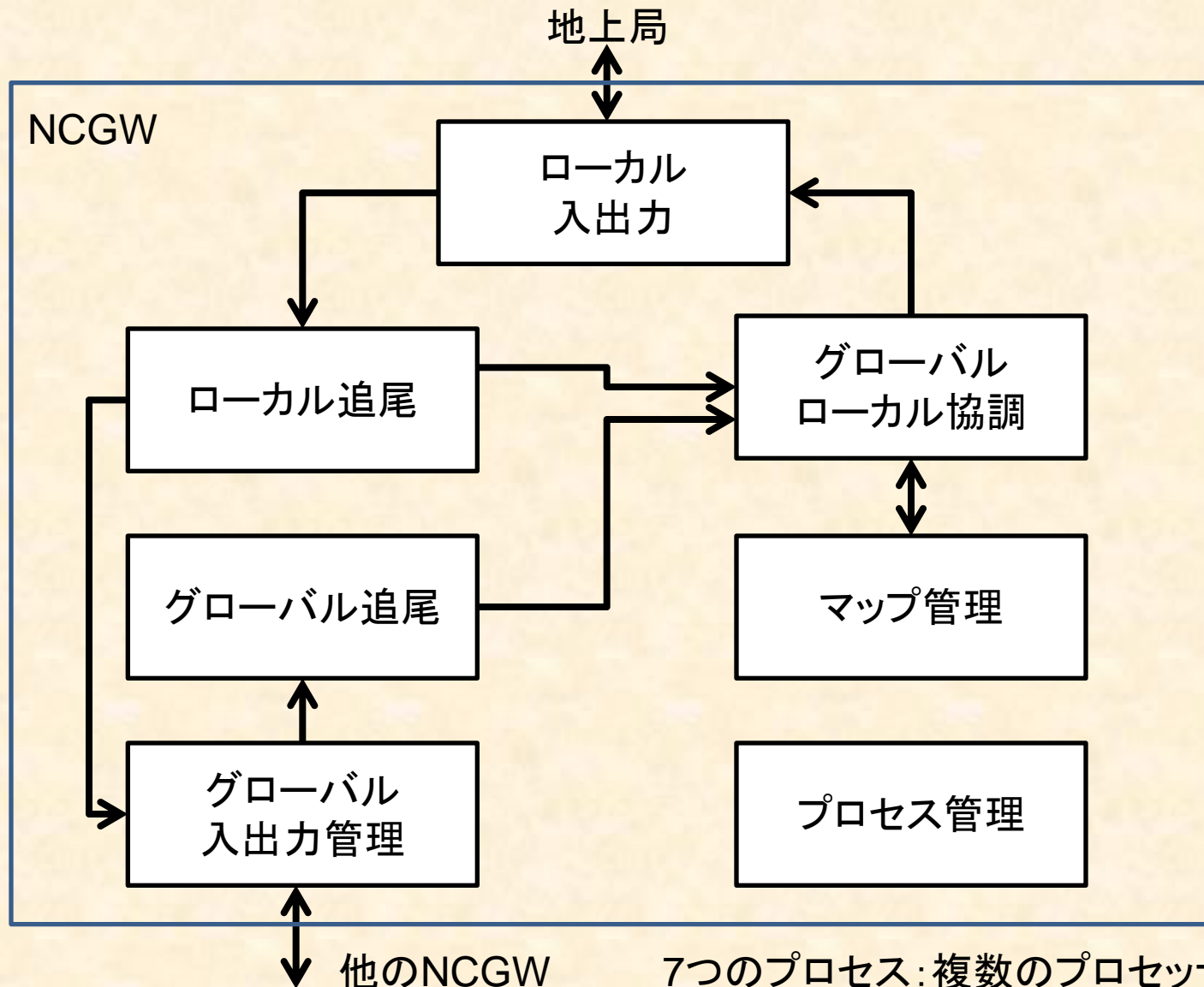


# スタンドアローン運用



•地上局1 覆域外応答

# NCGWの内部処理



7つのプロセス: 複数のプロセッサで実行可能