



マルチスタティックレーダによる航空機 監視技術の研究について

本田 純一, 大津山 卓哉

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

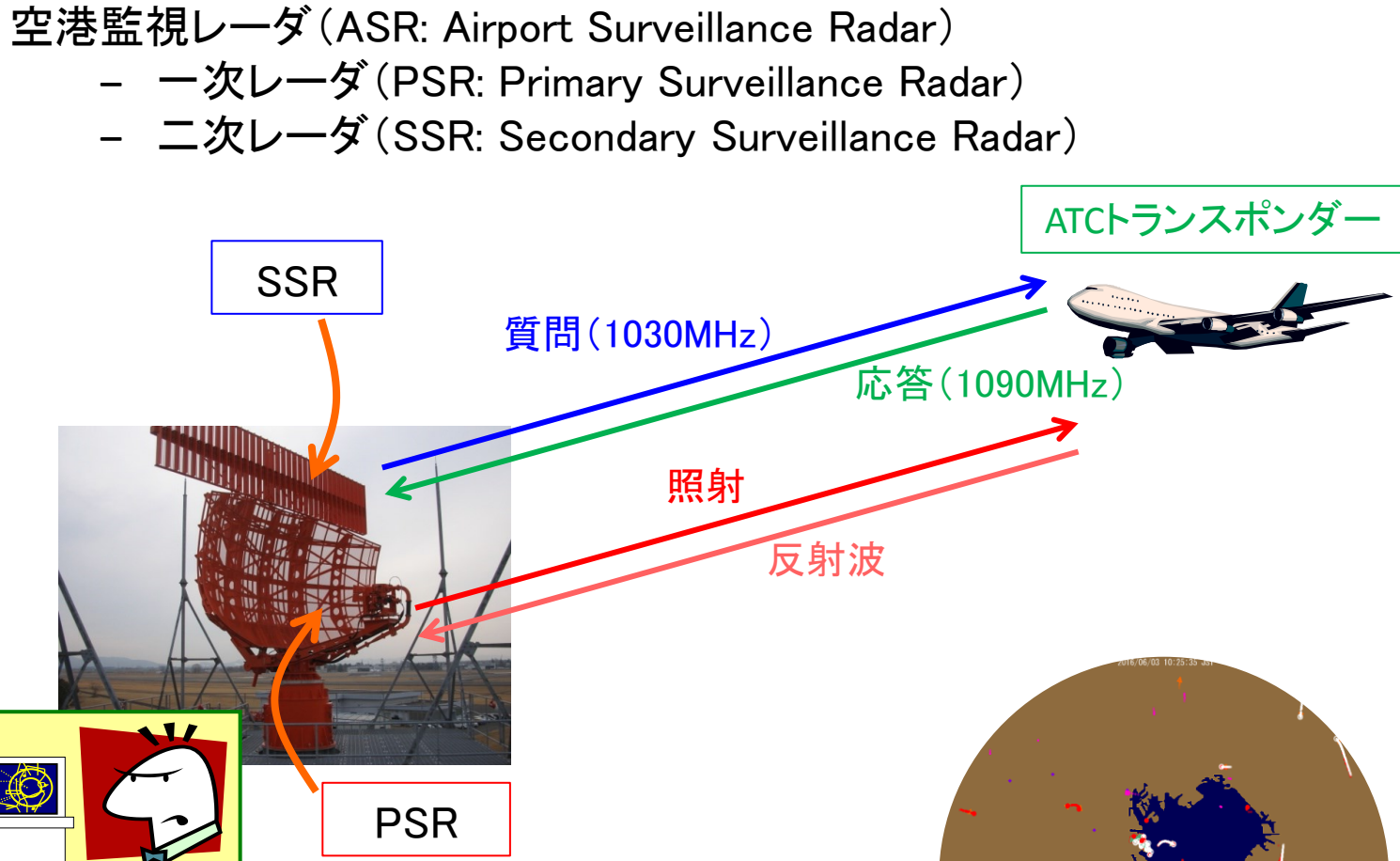
電子航法研究所 監視通信領域

MSPSR: Multi-Static Primary Surveillance Radar

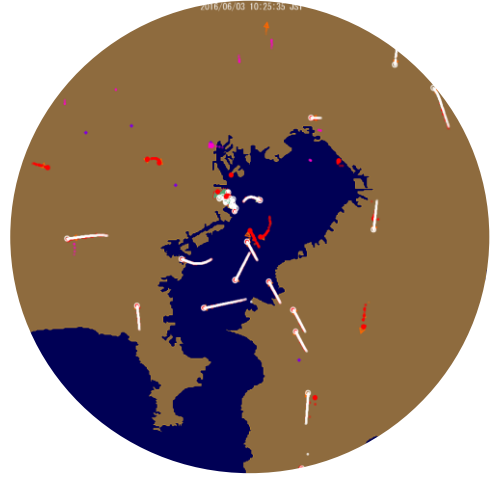
【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ



1. PSR
 - 電波が反射する性質を利用
2. SSR
 - 航空機からの応答信号を利用



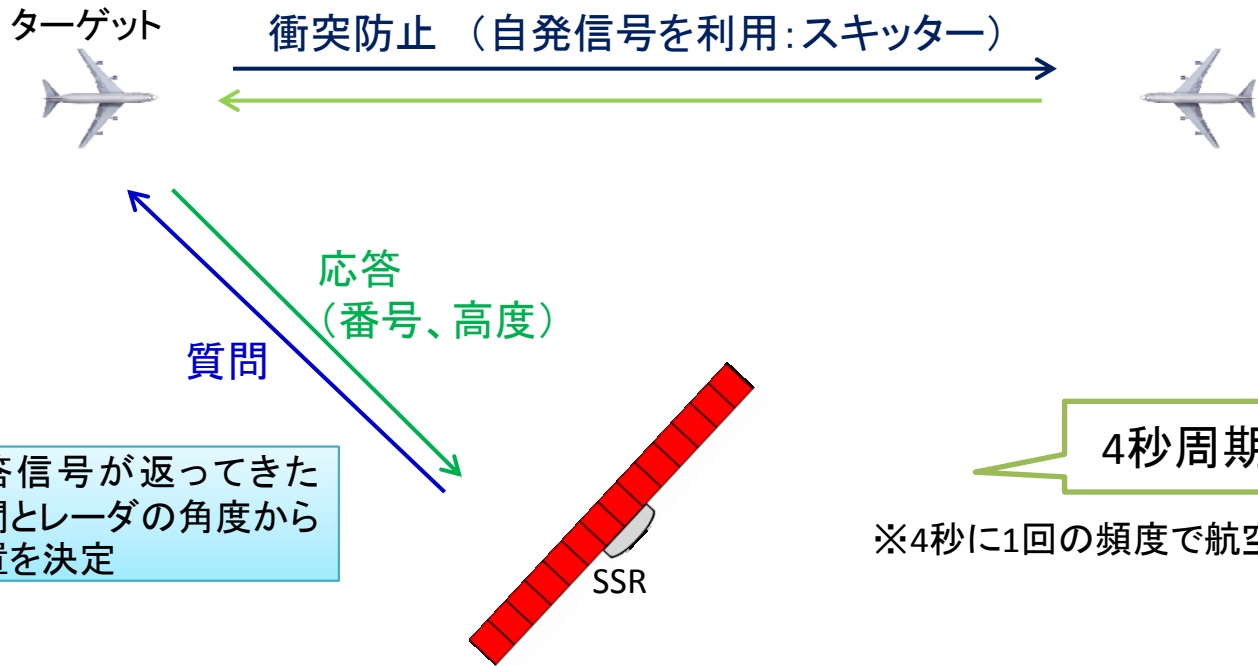
レーダ表示イメージ

空港監視レーダ (ASR) : SSRと応用技術

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ



応答信号が返ってきた
時間とレーダの角度から
位置を決定

SSR応用技術

1. マルチラレーション (MLAT: Multilateration)
2. 広域マルチラレーション (WAM: Wide Area MLAT)
3. 放送型自動従属監視 (ADS-B: Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)

⇒ 高精度かつ高頻度の更新を達成



トランスポンダーが動作しない...??

監視不能

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ

PSRの特徴

- 送受信機一体型のシステム
- 反射波を利用する
- 機体側の装備に依存しない
(INCS: Independent Non-Cooperative Surveillance)

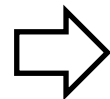
必要不可欠なシステム(安全な運用など)

既存システムの欠点

- 微弱信号を検出するためにアンテナが大型化
- 大電力
- 検出率がSSRに比べて低い
- 低高度および見通し外の検出ができない
- 低更新率(SSRと同等だがWAM等には劣る)

PSR応用技術

1. バイスタティックレーダ(BSR: Bi-Static Radar) / パッシブバイスタティックレーダ(PBR: Passive Bistatic Radar)
2. **マルチスタティックレーダ(MSPSR: Multi-Static Primary Surveillance Radar)**



送受信機分離型の分散型システム

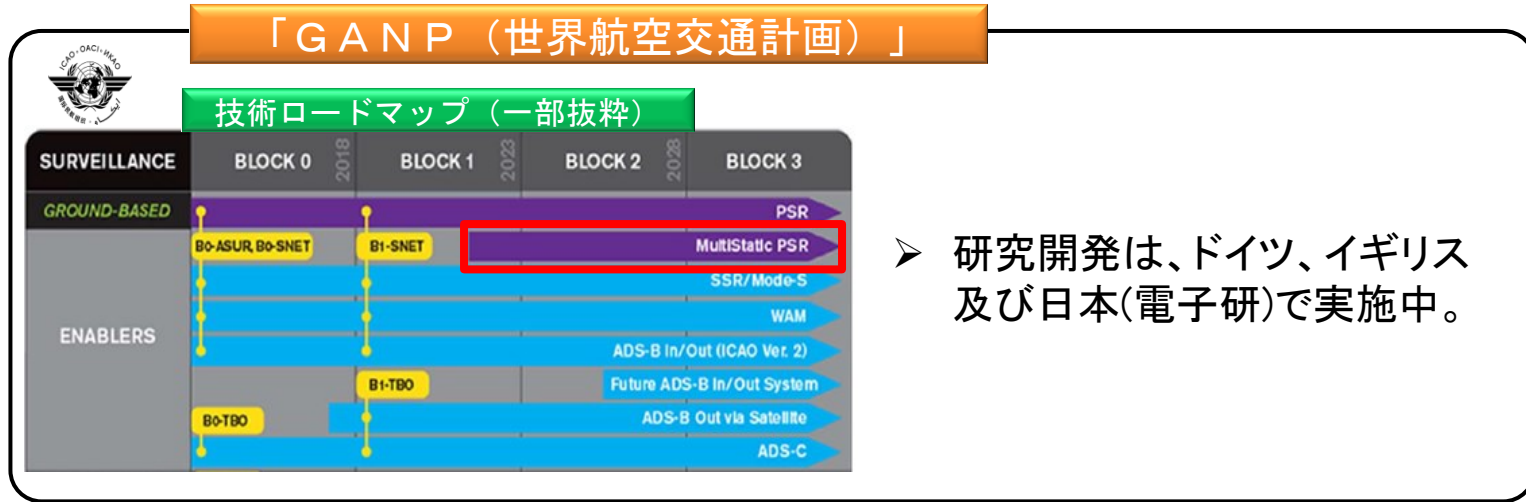
マルチスタティックレーダ (MSPSR) の果たす役割

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

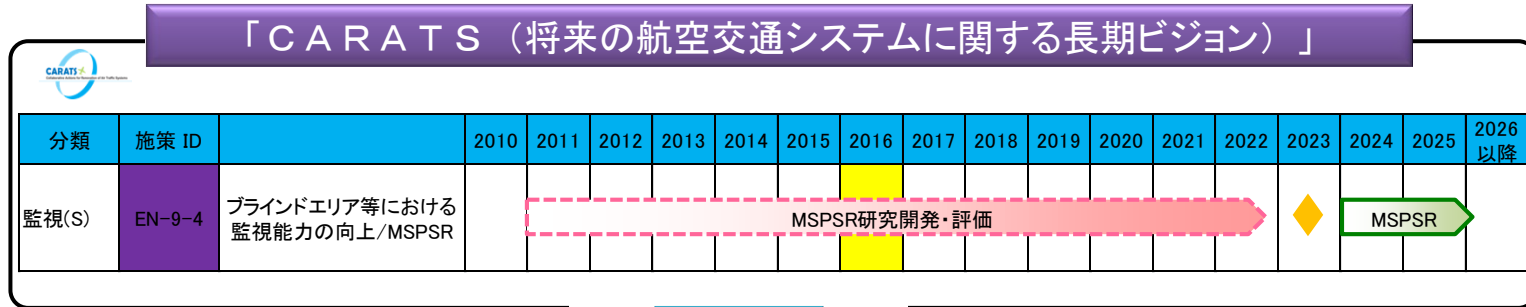
発表項目

1. はじめに
 - ・ 背景
 - ・ MSPSR
 - ・ 目的
2. 実験システム
3. まとめ

1. ICAOによる世界航空交通計画



2. 我が国における研究開発



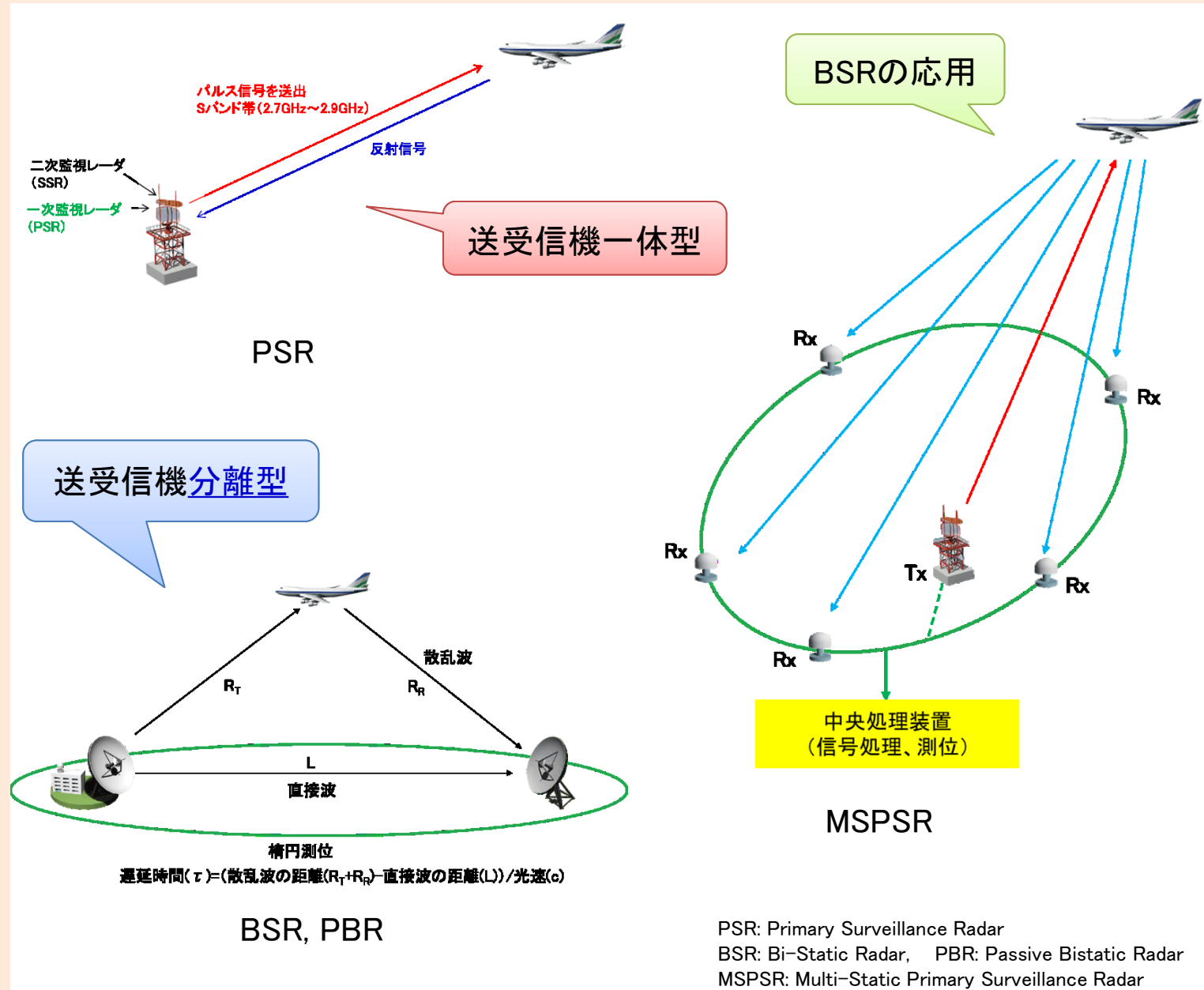
➤ 電子航法研究所における研究
重点研究「マルチスタティックレーダーによる航空機監視と性能評価に関する研究」(H26～H29fy)

目的: ASR同等以上の分解能、補足率等の性能を有する新型PSRの性能要件の検討及び実装に必要な要素技術の開発

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

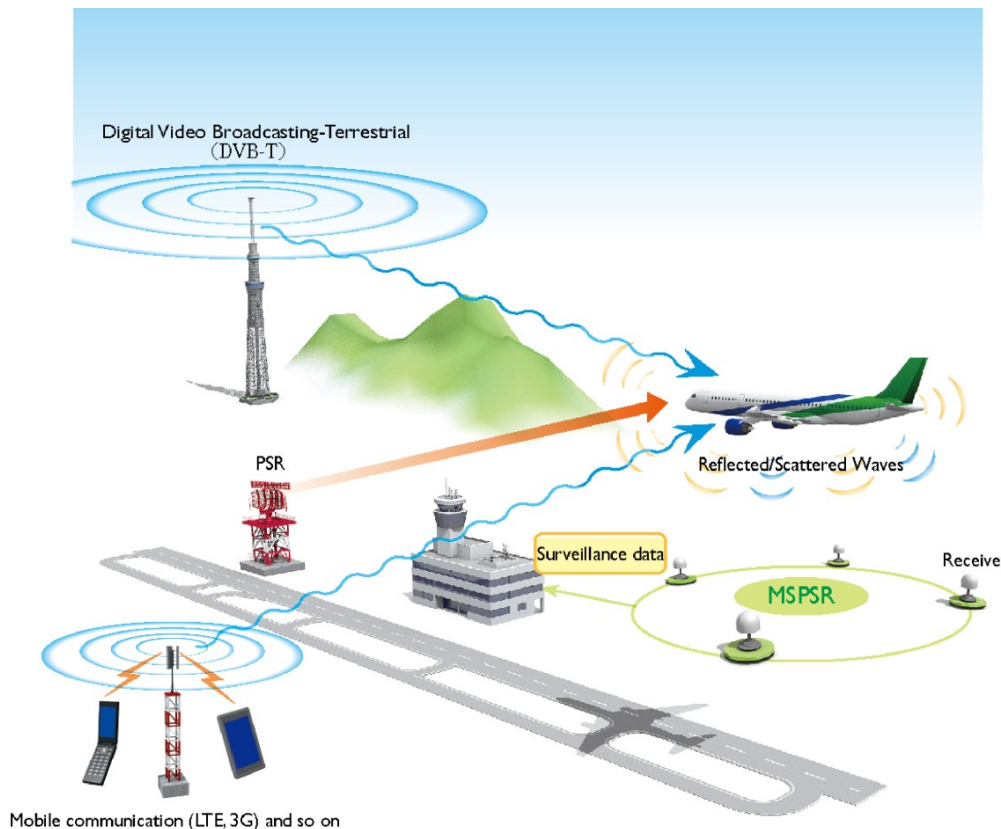
1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ



【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ



【社会に果たす役割】
運用コストダウン
周波数有効利用
セキュリティの向上

種々の信号を利用した
航空機測位システム

MSPSRの利点

- 機体側の装備に依存しない
- 検出率向上 ⇒ 監視覆域の拡大(見通し外, 低高度)
- 複数の信号を同時に利用できる(PSR, DTTB, AM/FM, GNSSなど)

(本研究の目的)
MSPSRの性能要件検討と要素技術の開発

地上デジタル放送波: DTTB(Digital Terrestrial Television Broadcasting)

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

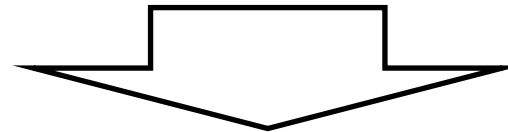
1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ

パッシブレーダ(PBR)の原理に基づいた監視システムの研究

- 現行レーダ信号
- 地上デジタル放送波
- AM/FM
- 移動体通信(LTE/3G)
- GNSS

本発表

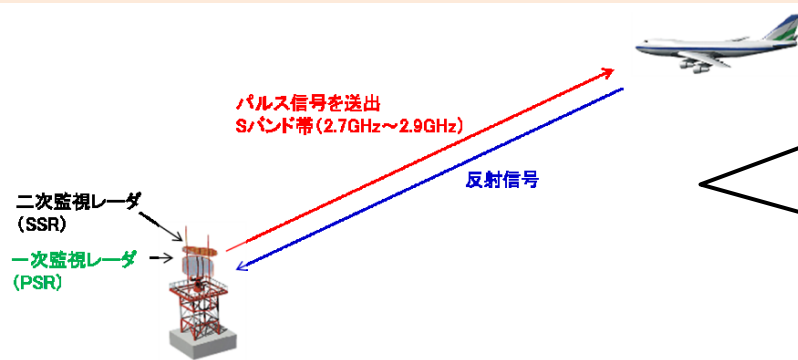
PSRの信号を利用した監視システムの開発



【提案システムの特徴】

1. 既存レーダの検出率向上
2. 監視覆域の拡大
3. 更新率の向上
4. 周波数の有効利用

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて



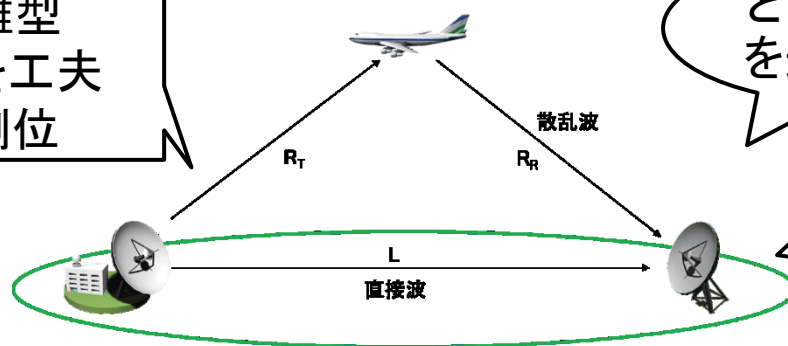
PSR

- 送受信一体型
- 送信信号の情報を容易に取得可能
- 信号処理が比較的簡単
 - 固定物体の除去など

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. まとめ

- 送受信分離型
- 信号処理を工夫
- 楕円上に測位



どんな信号を送信??

レーダはどこを向いている??

楕円測位

$$\text{遅延時間}(\tau) = (\text{散乱波の距離}(R_r + R_r) - \text{直接波の距離}(L)) / \text{光速}(c)$$

BSR, PBR

⇒ 送信信号をそのまま遠方の受信機まで送ってしまう!
 ※光ファイバーによる信号伝送方式(RoF技術)を採用

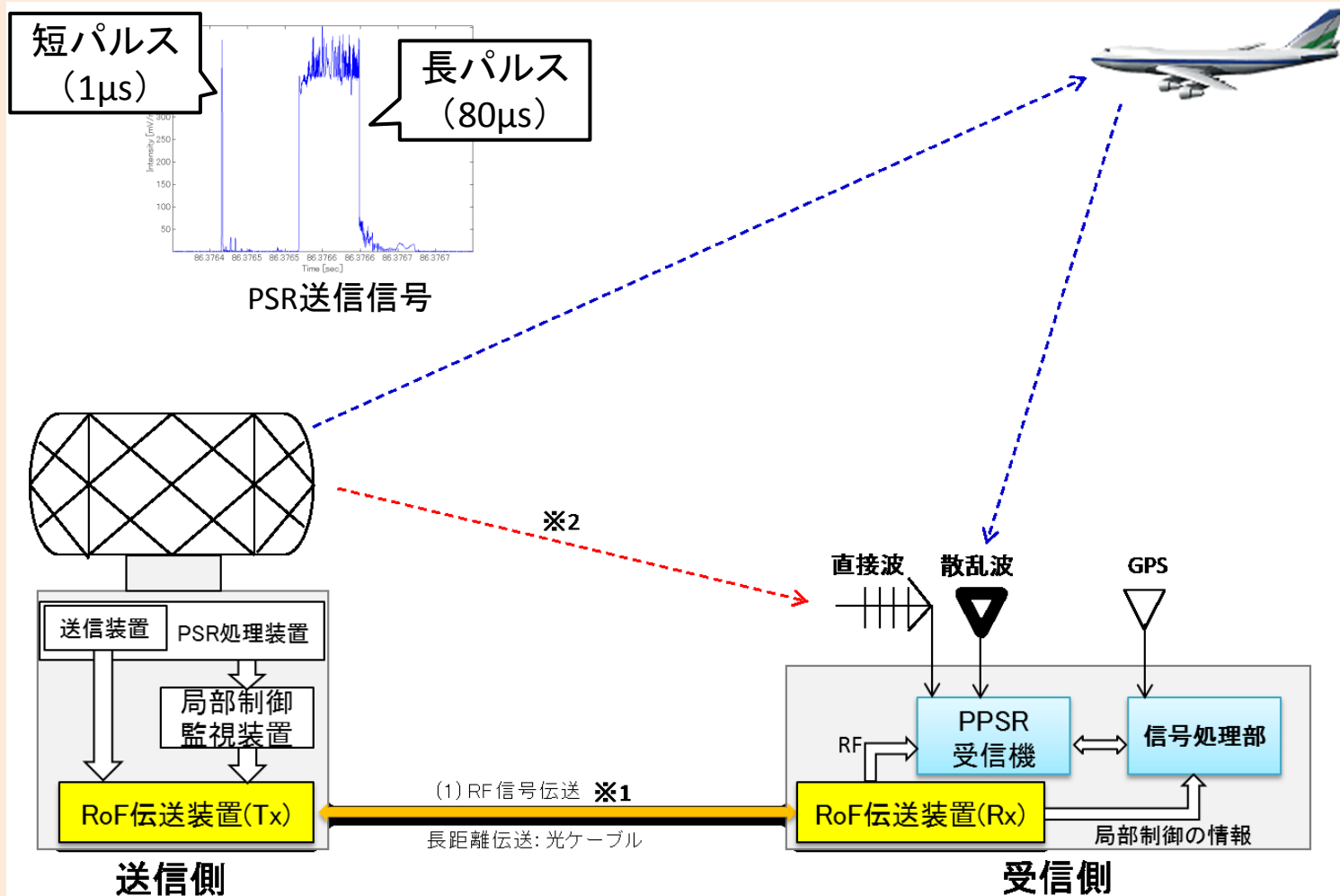
光ファイバ接続型パッシブ一次レーダ
(OFC-PPSR: Optical Fiber Connected Passive PSR)

光ファイバ接続型パッシブ一次レーダ (OFC-PPSR)

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - ・ 背景
 - ・ MSPSR
 - ・ 目的
2. 実験システム
3. まとめ



- 送信信号と局部制御監視装置の情報(送信タイミング, 角度情報)等をRoFを用いて受信機側に伝送
- 受信機側はRoFもしくは直接波信号のどちらを利用するか選択可能

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. **実験システム**
3. まとめ



OFC-PPSR実験装置



アンテナ設置場所

処理手順

1. アンテナからの散乱信号とRoFからの直接波に相当する信号を受信し、受信機でIF信号にする
2. 信号処理部で受信信号をADする
3. 得られた信号から受信強度(短パルス, 長パルス)をプロットする

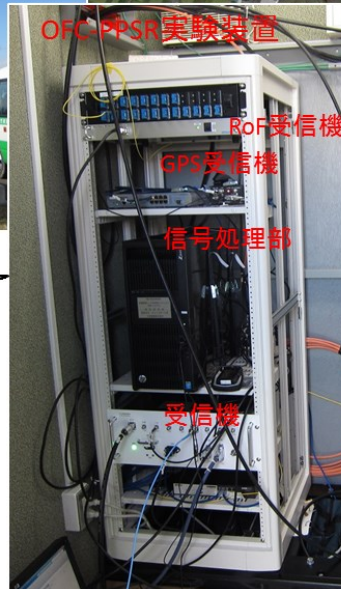
【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

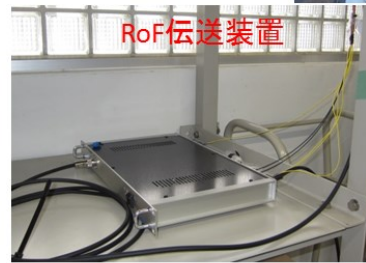
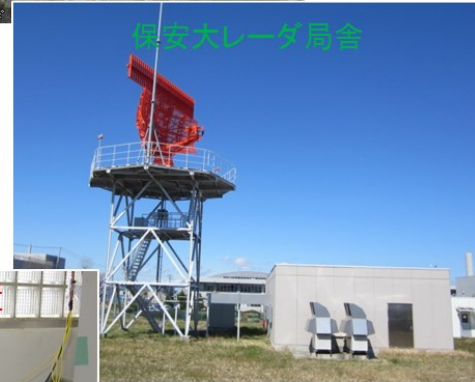
1. はじめに
 - ・ 背景
 - ・ MSPSR
 - ・ 目的
2. **実験システム**
3. まとめ



受信機側



OFC-PPSR実験装置



送信信号： 航空保安大学校岩沼研修センター・レーダ局舎
受信局： シェルタB

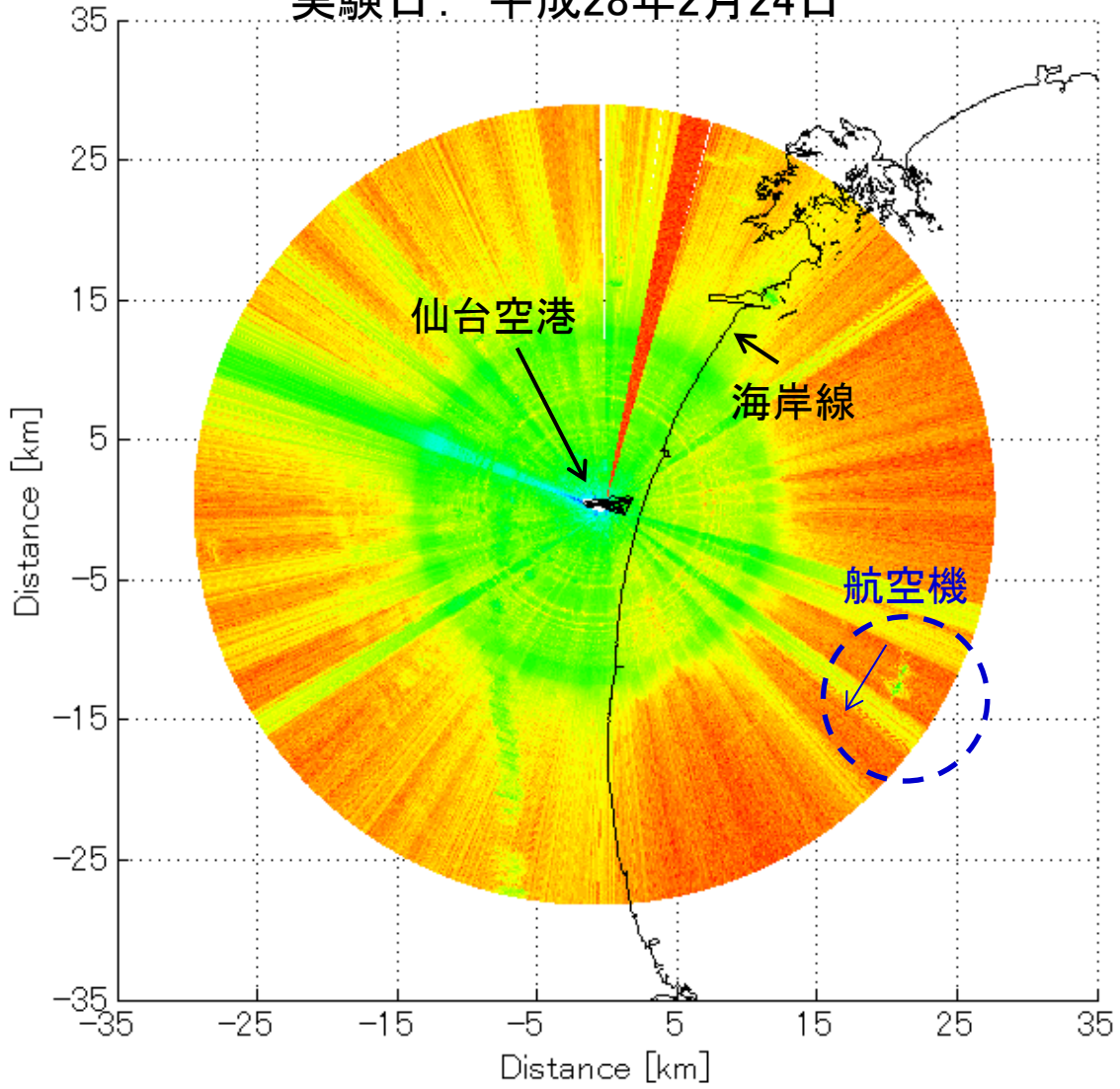
仙台空港での実験結果(1)

データの重ね書き(5スキャン)
実験日: 平成28年2月24日

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

- はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
- 実験システム
- まとめ



仙台空港での実験結果(2)

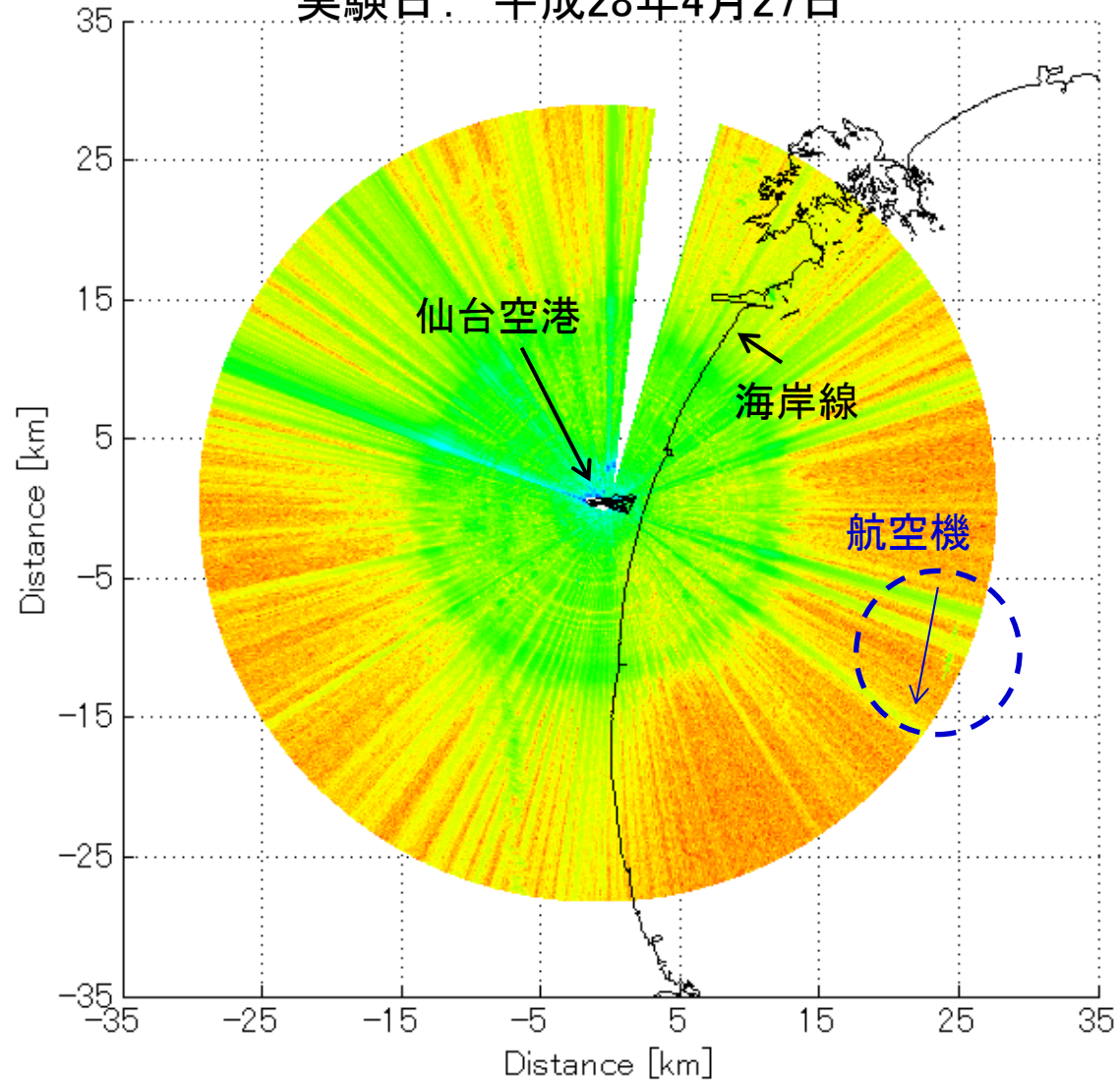
データの重ね書き(5スキャン)

実験日: 平成28年4月27日

【講演番号 18】
マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. **実験システム**
3. まとめ



【講演番号 18】

マルチスタティック
レーダによる航空機
監視技術の研究に
ついて

発表項目

1. はじめに
 - 背景
 - MSPSR
 - 目的
2. 実験システム
3. **まとめ**

【まとめ】

- MSPSRに求められる社会の役割を説明
- MSPSRのシステム概要について紹介
- 電子航法研究所で進めるMSPSRの研究の内、PSR信号を利用した監視システムについて紹介

光接続型パッシブ一次レーダ(OFC-PPSR)を提案

- 光ファイバ無線(RoF)を応用
 - 送信信号を減衰なく受信機側に伝送し参照信号として利用
- 仙台空港に実験システムを展開し、評価を開始
- まだ初期段階だが、移動物体が検出できることを確認

【今後の課題】

- OFC-PPSRの評価を継続
- 実験システムを拡張してマルチ化を図る
- 固定物体除去など信号処理を工夫
- PSR信号以外(DTTBやFM等)の監視システムを検証

謝 辞

本研究を進めるにあたりご協力いただきました国土交通省東京航空局仙台空港事務所、航空保安大学校岩沼研修センターおよび関係各位に深く感謝致します。