

2017年6月 平成29年度 電子航法研究所研究発表会（2017年6月8日）於 電子航法研究所

# ヘリコプタ前方障害物監視用 ミリ波レーダの研究開発

電子航法研究所 監視通信領域

二ツ森 俊一      森岡 和行      河村 暁子      米本 成人

宇宙航空研究開発機構

小林 啓二

北海道放送

桂信生

# 発表内容

## ■ 研究背景と目的

- ミリ波レーダを用いた前方障害物探知

## ■ 76 GHz帯レーダシステムの送電線探知性能改善

- レーダ要素技術の検討

## ■ 試作レーダシステムを用いた地上試験

- 高圧送電線の測定結果例
- 送電線データベースとの重ね合わせ表示例

## ■ まとめ

## ■ 課題と今後の見通し

# 研究背景

## ■ 安全運航を支援する障害物探知・周辺状況認識システム

比較的低高度を有視界飛行するヘリコプタ

- 狭い場所での離着陸が可能で、空中での停止ができることから、災害救助・救急医療などで活躍
- 一方、気象や周囲構造物の影響で障害物の発見等に支障が生じ、事故等の危険な事案が発生する恐れ



※運輸安全委員会、航空事故調査報告書(AA2007-1、AA2010-1)より

# 研究目的①

## ■ これまでの研究成果（～平成18年度）

- ミリ波レーダ、赤外線・可視カメラ等からなる高度監視システム



### 障害物探知システムの概要

センサ：94 GHz帯ミリ波レーダ、  
可視カメラ、赤外カメラ

レーダ重量：40 kg

全体重量：212 kg

障害物探知距離：約1,000 m

センサ類の性能向上に伴う、さらなる小型軽量化および高感度化

76 GHz小電力ミリ波レーダの送電線探知性能向上

## 研究目的②

- これまでの研究成果（～平成27年度）
- 76 GHzにおいて特定小電力無線局の技術適合証明を取得
- JAXA、北海道放送との共同研究で飛行試験を実施

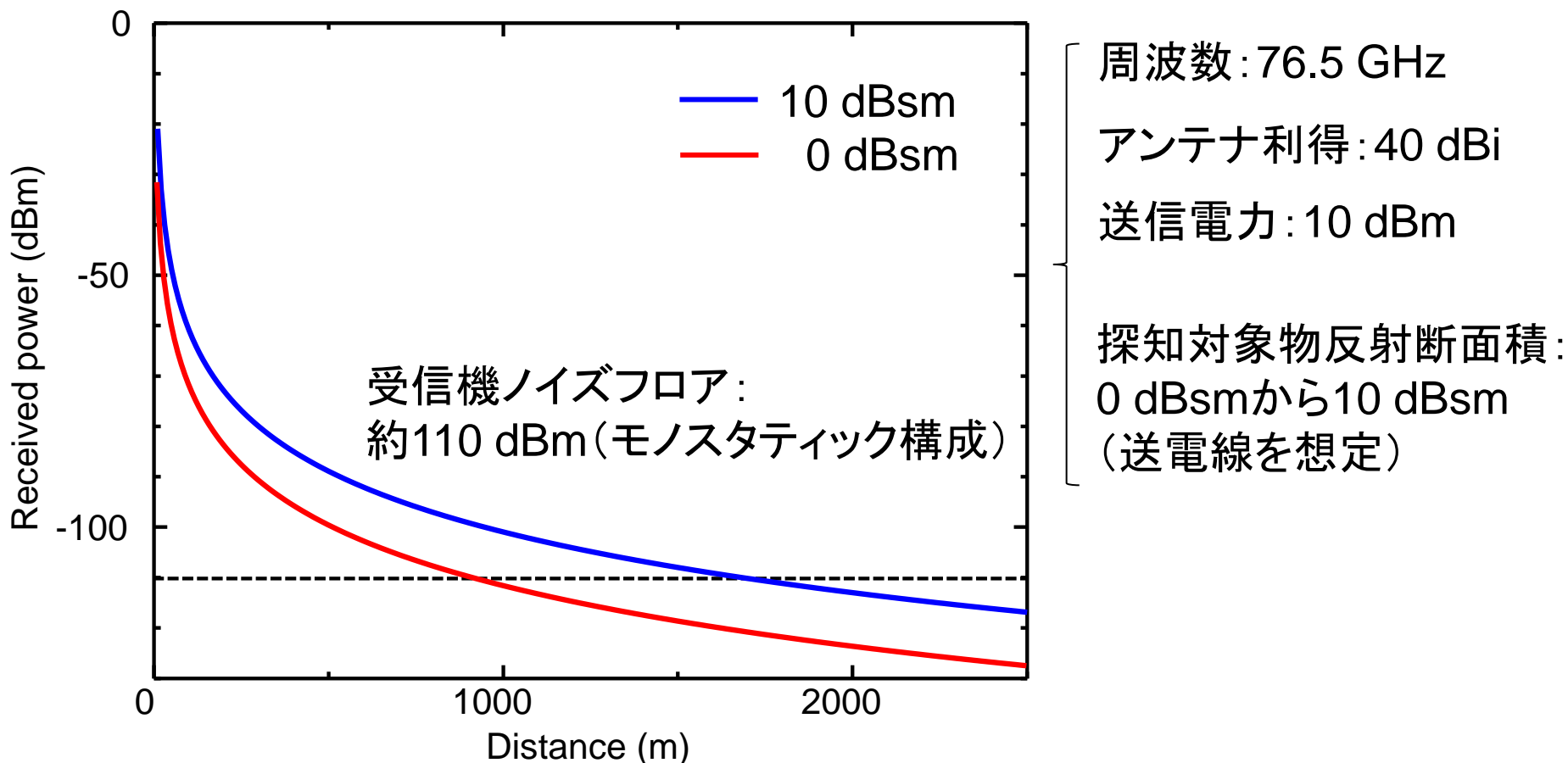


特定小電力機器・  
小電力ミリ波レーダ規格  
周波数：76.0～77.0 GHz  
信号帯域幅：1 GHz以内  
出力：10 dBm以下  
アンテナ利得：40 dBi以下  
重量：3.5 Kg

送電線鉄塔・送電線探知距離はそれぞれ約1,000 m・約500 m

# ミリ波レーダによる送電線検出の課題

## ■ 送電線からの反射電力理論値(レーダ方程式)

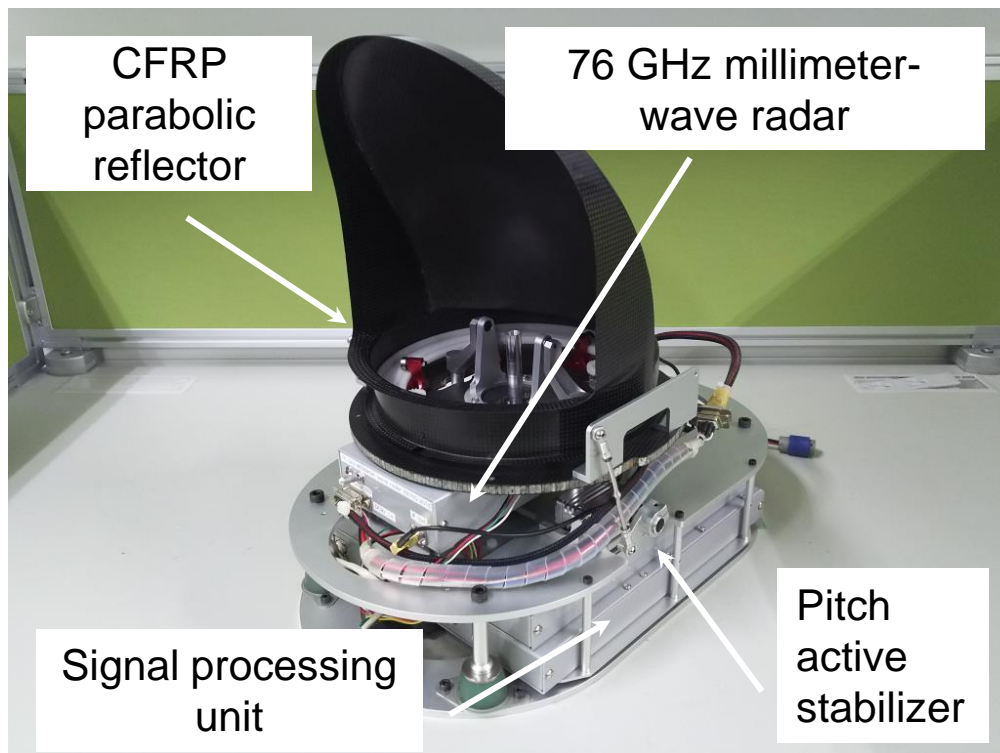


反射断面積が低く、探知距離が長いため、受信電力低

# 前方障害物監視用ミリ波レーダ

## ■ 送電線検出性能の改善

- 送電線探知距離1マイル(約2 km)以上を目標
- ハードウェアおよびソフトウェアの改善



### ハードウェア

- ミリ波帯低雑音増幅器を用いたヘテロダイン受信回路(総合NF約12 dB)
- 送電線検出に適した円偏波送受信
- 機体動揺に適応したファンビームアンテナ

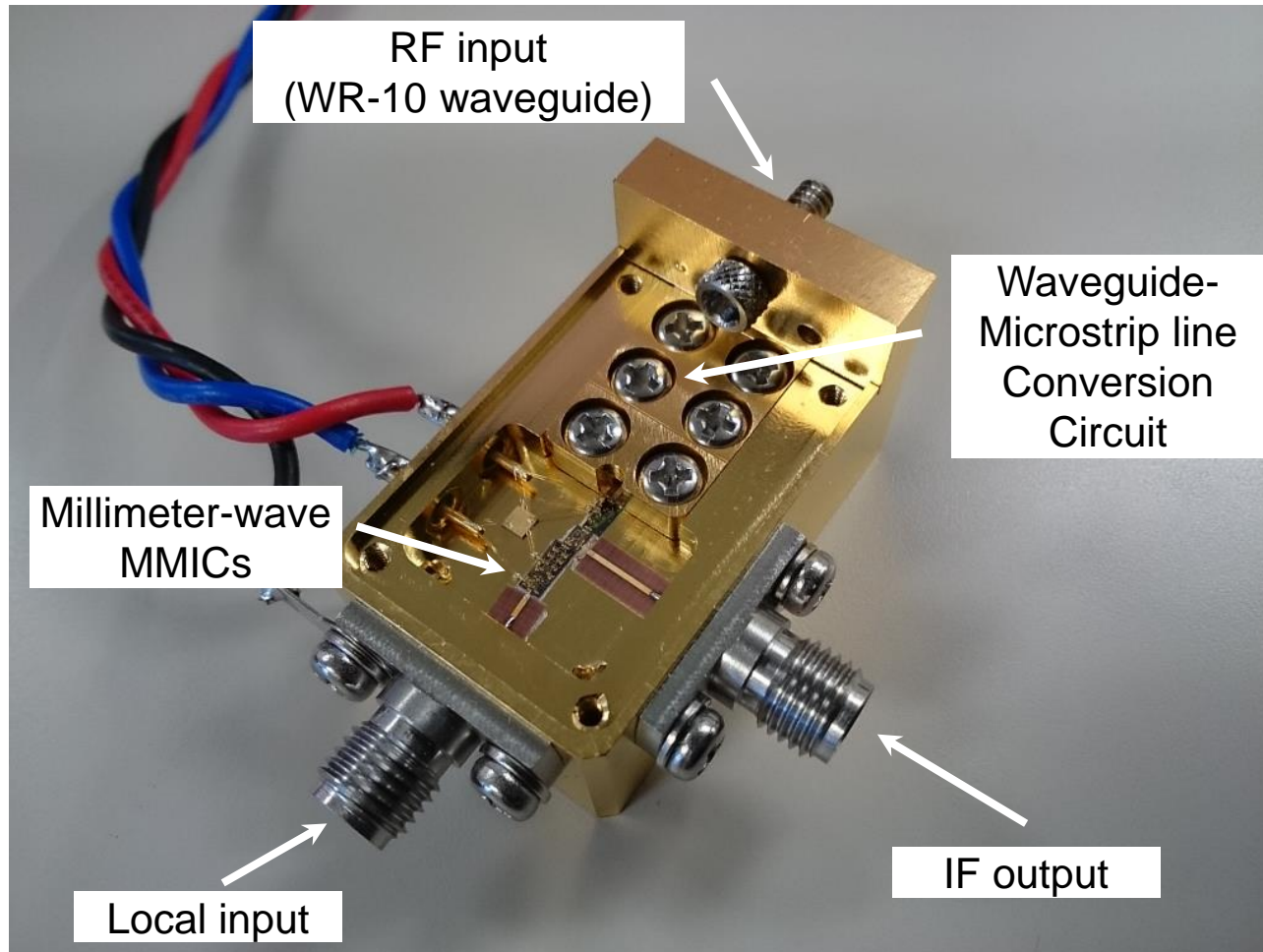
### ソフトウェア

- リアルタイム振幅積分および位相積分機能を追加し、受信信号SN比を改善(~20 dBのSN比改善)

送電線等の検出に適したミリ波レーダを試作し、技術適合証明取得

# ミリ波レーダ受信回路の検討

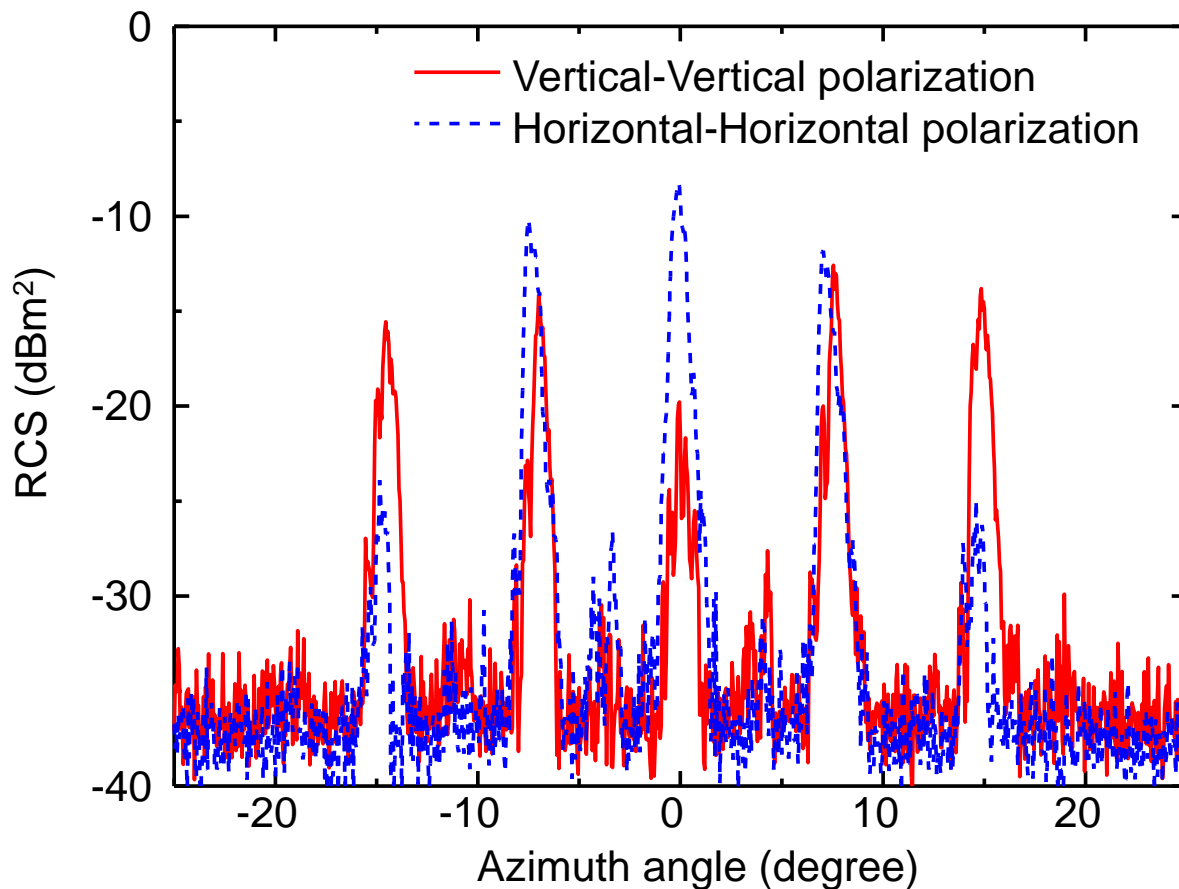
## ■ 低雑音増幅器を用いた受信回路試作





# 円偏波送受信方式の適用

## ■ 高圧送電線のレーダ反射断面積 (RCS) の角度特性



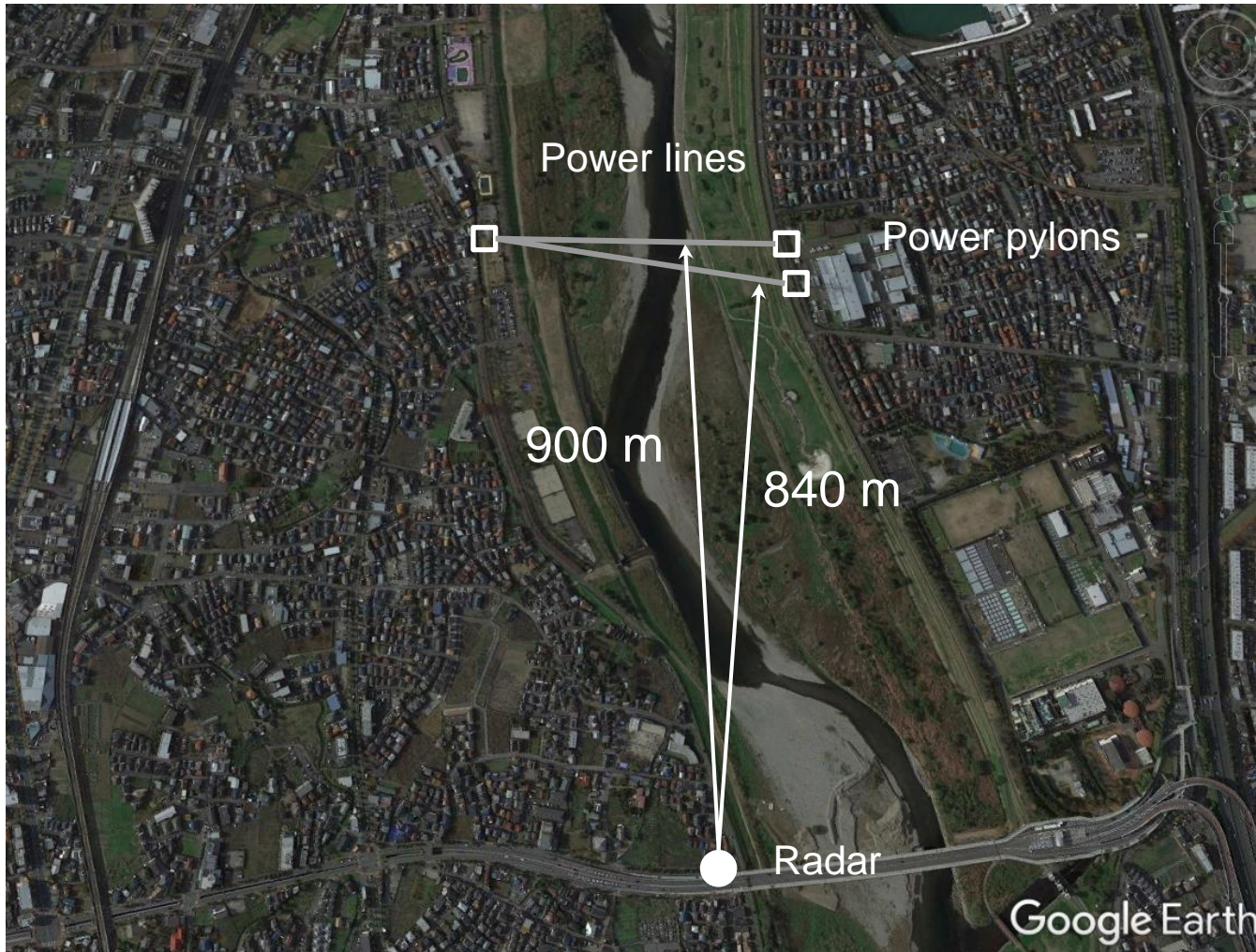
対象物:  
高圧送電線 (ACSR240)

測定条件:  
電波暗室内測定  
垂直および水平偏波

両偏波成分を用いることで、単一偏波よりも送電線からの反射波強度大

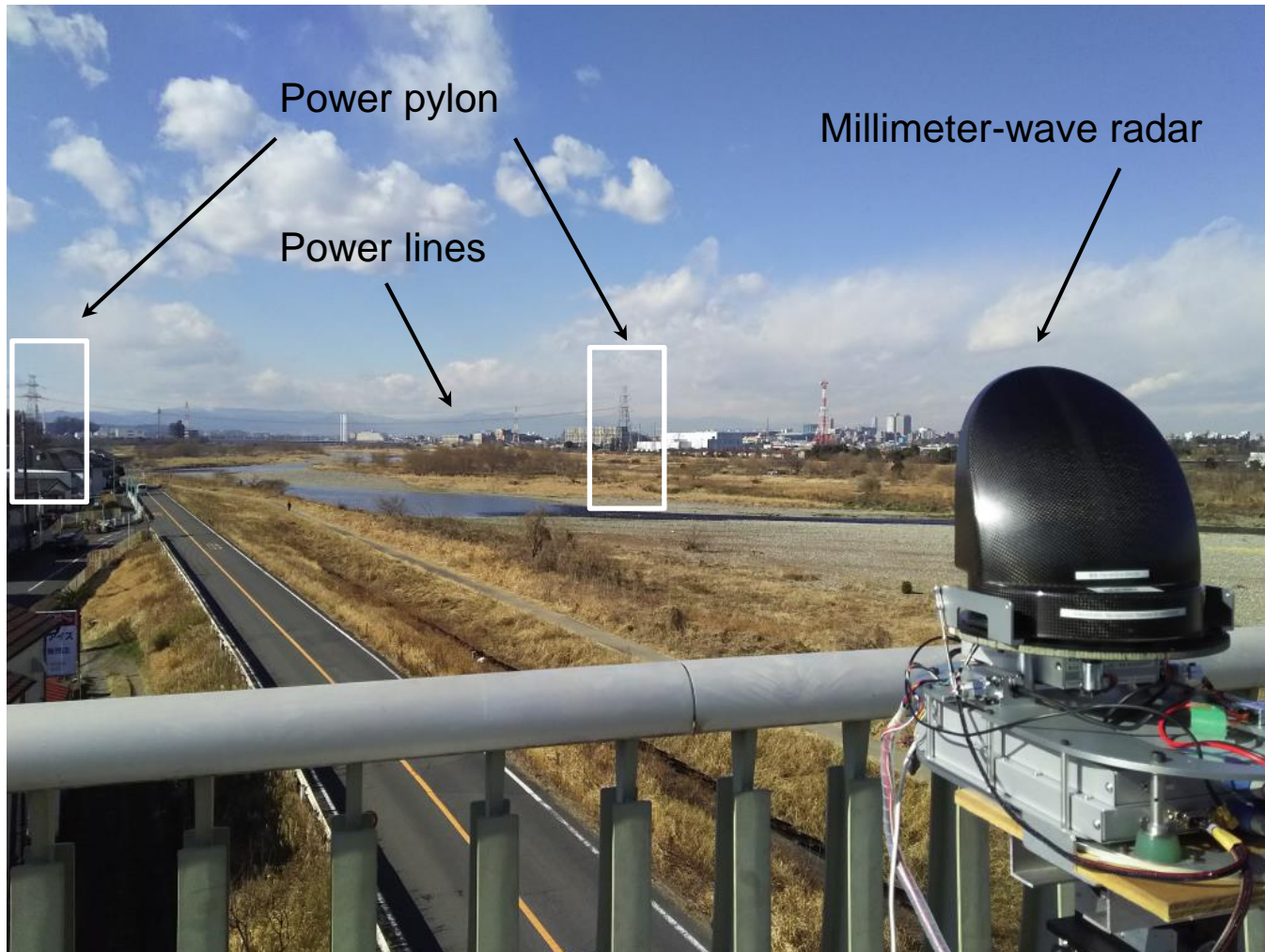
# 地上試験の概要

## ■ 東京電力北多摩変電所付近の高圧送電線



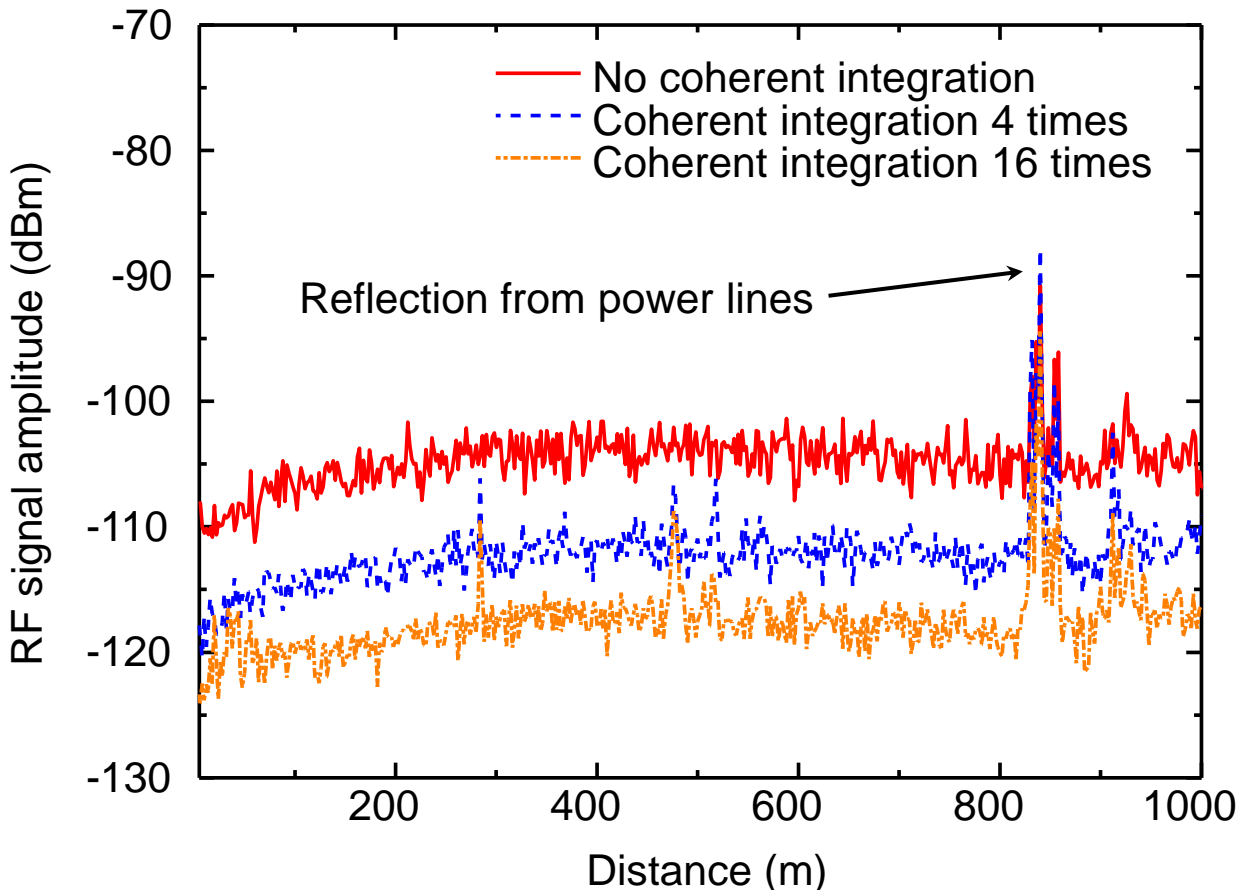
# 高圧送電線鉄塔および送電線の概観

- 超高圧275 kV、ACSR410 mm<sup>2</sup>の4導体構造



# 高圧送電線の測定結果例

## ■ 1次元ビート信号スペクトラム



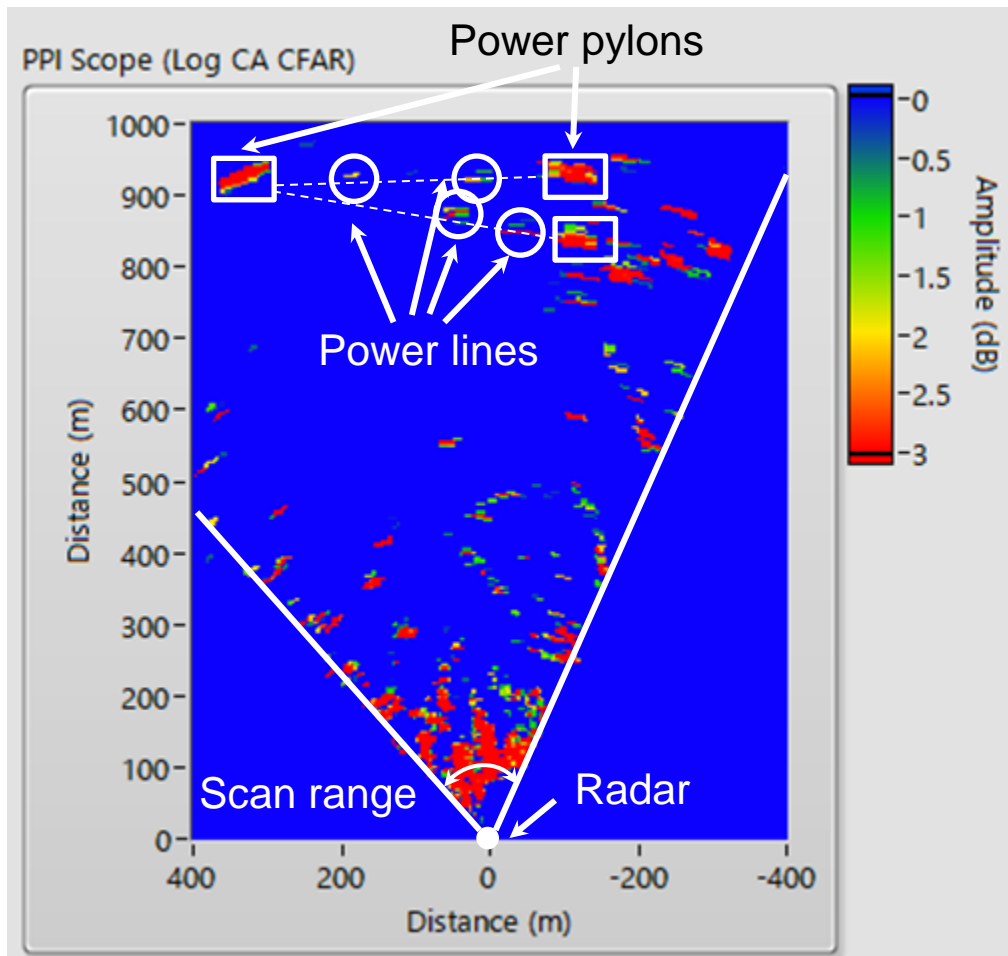
対象物:  
840 m先の送電線鉄塔

積分条件:  
インコヒーレント積分10回  
コヒーレント積分  
なし(2 ms)、4回(10 ms)  
16回(40 ms)

受信信号SN比は、コヒーレント積分4回および16回でそれぞれ約28 dB、約35 dB  
また、SN比10 dB時に、それぞれ最大探知距離約2,400 mおよび約3,700 m

# レーダスコープ表示例

## ■ 2次元レーダPPIスコープ



対象物:  
送電線および送電線鉄塔

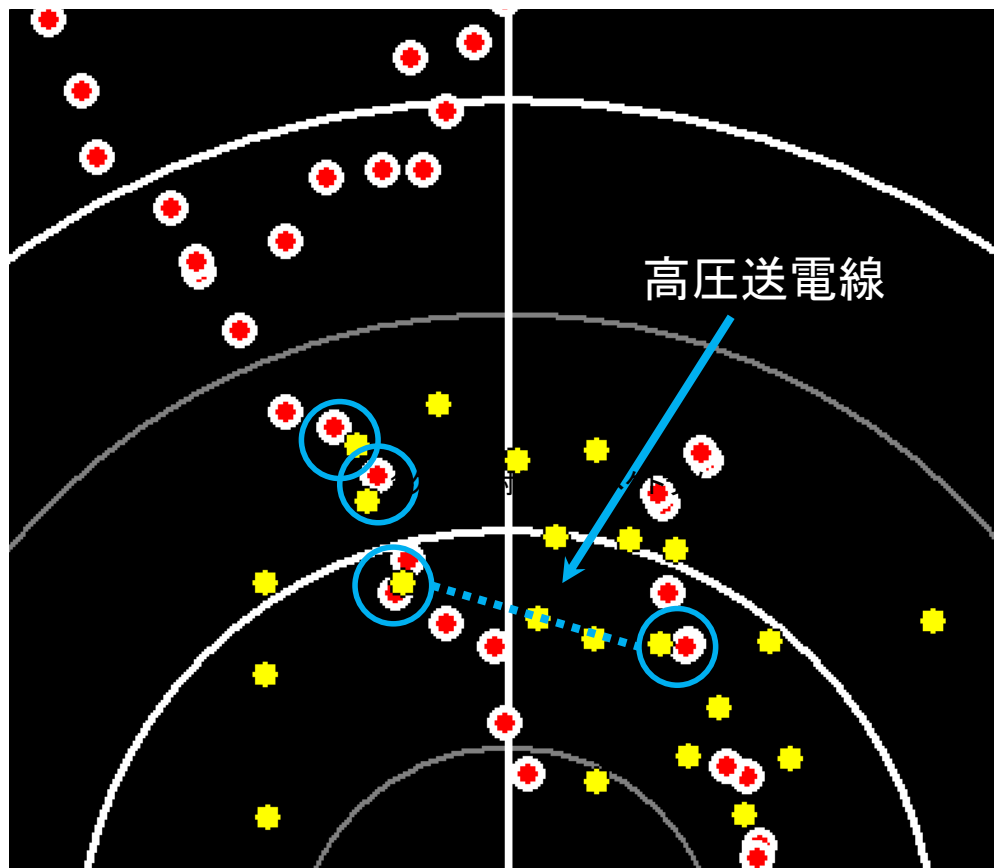
積分条件:  
インコヒーレント積分4回  
コヒーレント積分4回

閾値処理条件:  
Log-CA CFAR

840 mおよび900 m先の送電線および両端の送電線鉄塔、および地物を観測

# 送電線データベースとの重ね合わせ表示例

## ■ 障害物情報表示画面の検討



航空局提供の送電線鉄塔データベース  
(赤点)とレーダ探知物  
(黄点)の  
合成表示例

リアルタイムで送電線鉄塔データベースと重ね合わせて表示を行うことで、航空機上における障害物情報の充実を図る⇒CARATS研究開発テーマ(OI-31)

# まとめ

## ■ まとめ

- ヘリコプタ前方障害物監視用ミリ波レーダについての研究状況

ヘリコプタに搭載し、送電線および送電線鉄塔検出に適したミリ波レーダ要素技術(ハードウェアおよびソフトウェア)を検討

ミリ波レーダを用いた地上送電線探知試験を実施し、従来よりも大幅な探知距離拡大の見通し(2000 m以上)を確認

ミリ波レーダでの探知物と航空局提供の送電線鉄塔データベースをリアルタイムで重ね合わせ、送電線位置を確認

# 課題と今後の見通し

## ■ 課題

- 全周監視用ミリ波レーダの検討  
機体周辺近傍の障害物をくまなく探知範囲とするセンサ
- 障害物表示方式の検討  
レーダ検出結果を含めた障害物情報の提供方法
- レーダの小型化・低コスト化  
デバイス技術やアンテナ走査技術の発展に伴う技術調査

## ■ 今後の見通し

- 実機ヘリコプタを用いた飛行試験

## ■ 目指す研究成果

ヘリコプタ等の航空機に対して障害物監視支援が可能となる  
センシング技術の提供および実用化