

2020年10月 令和2年度 電子航法研究所研究発表会（2020年10月1日）於 オンライン開催

# 滑走路異物監視システムの高度化 に向けた研究開発

\*電子航法研究所 監視通信領域

\*\*株式会社日立国際電気

\*二ツ森 俊一 \*森岡 和行 \*河村 暁子 \*米本 成人

\*\*柴垣 信彦 \*\*佐藤 洋介 \*\*加島 謙一

# 発表内容

## ■ 研究背景と目的

- 滑走路異物(FOD)監視システムの研究開発

## ■ 滑走路異物監視システムの高度化

- 成田国際空港試験結果に基づくFOD探知率推定
- 異物回収端末ユーザインターフェースの開発
- FOD監視システム覆域および探知確率推定ツールの開発

## ■ まとめと今後の予定

# 研究背景

チタン製金属板 (42 cm x 3 cm)

→ 3分前に離陸した航空機より脱落

→ 金属板が燃料タンクに穴



異物 (FOD: Foreign object debris) を早期に発見できる  
システムへの要望高

# FOD監視システムの主な性能要件

## ■ FAA AC150/5220-24 (2009年9月)

- 基準対象物: ラグナット(10 cm以下)、アスファルト片(10 cm以下)、タイヤ片(10 cm以下)、滑走路灯の一部(10 cm以下)、燃料キャップ(10 cm以下)、歪んだ金属片(20 cm以下)等
- 30 m × 30 mに設置した物体の90 %以上が探知可能であること

## ■ EUROCAE ED-235 (2016年3月)

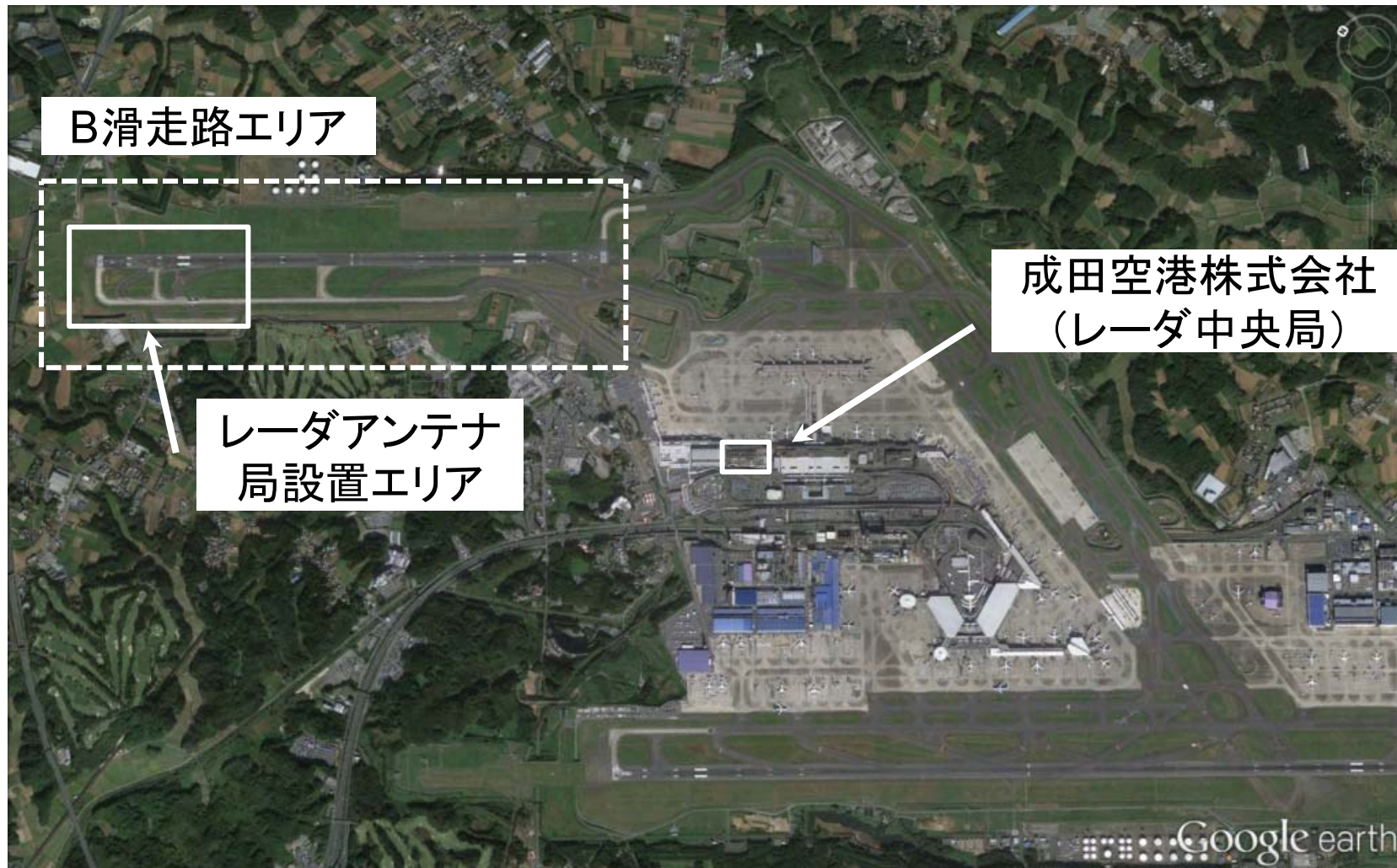
- 基準対象物: ナット・ボルト(8 cm以下)、アスファルト片(10 cm以下)、タイヤ片(10 cm以下)、燃料キャップ(7 cm以下)、歪んだ金属片等
- 検知率: 晴天時95 %以上、悪天時90 %以上
- 検知時間: 4分以下
- 検出したFODのイメージを撮影・記録し、運用者へ提供

# FOD監視システムの高度化に向けた研究開発

- 低RCS探知対象物の反射特性評価および検出技術の提案・システム開発
  - 非金属物体等の低RCS対象物について、反射特性の評価およびリニアセル方式レーダシステムに実装する検出技術を提案・開発
- 空港環境および悪天候状況における性能評価
  - 運用基準策定に向けた空港環境における探知状況の評価および悪天候時の性能変化評価、それを踏まえた課題対応
- 空港への配置計画検討およびシステム設計
  - リニアセル方式レーダシステムの空港滑走路への配置計画を検討し、システム設計を実施
- ◆ 成果の活用
  - 国内空港へのFOD探知システムの導入計画の策定に寄与
  - FODの実態調査、FOD探知システム導入基準および運用基準策定に貢献
  - FODリスク低減および滑走路利用効率向上に貢献

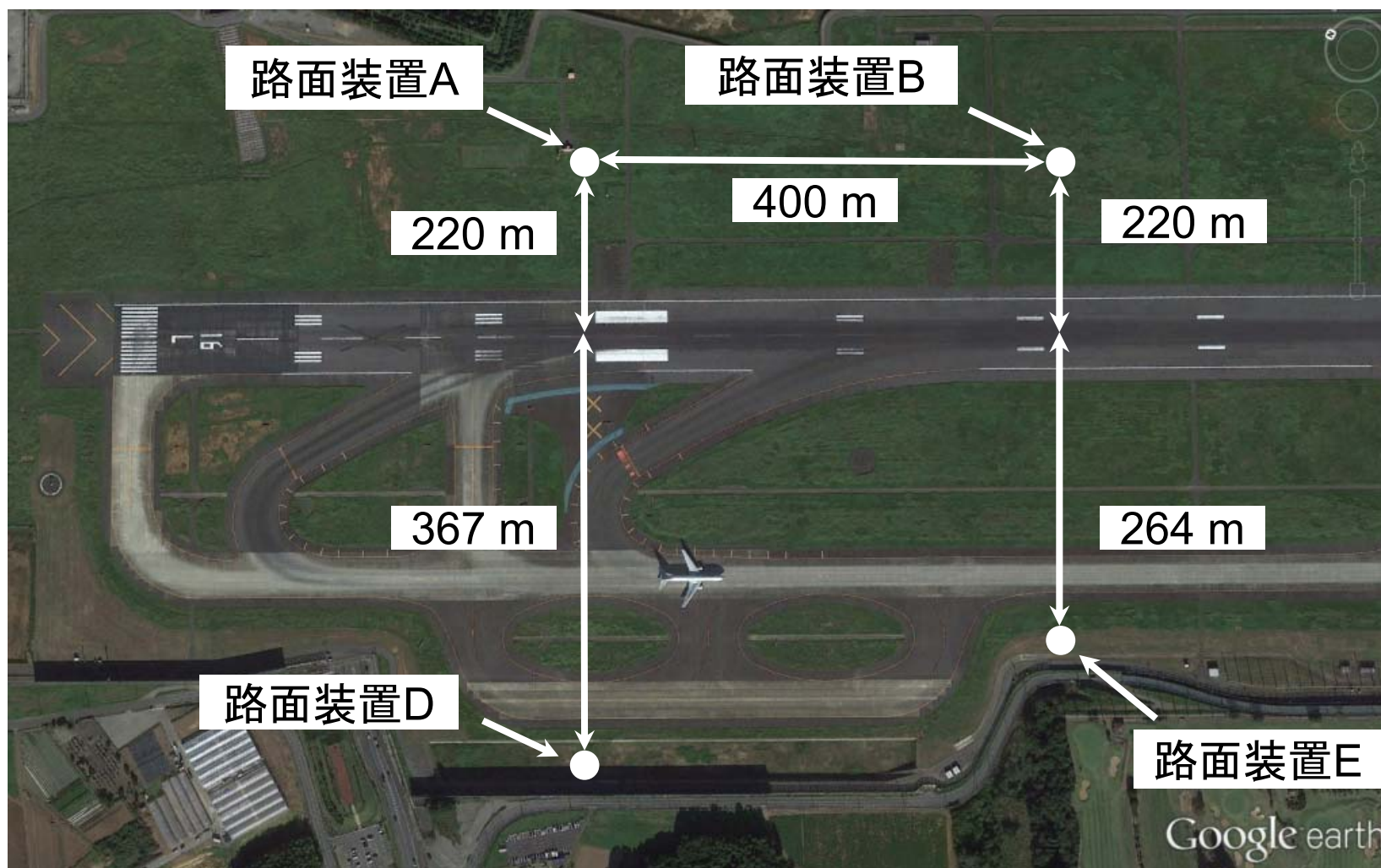
CARATS研究開発テーマ(OI-31-2)「地上における情報の充実」と連携

# 成田国際空港におけるレーダシステム設置位置



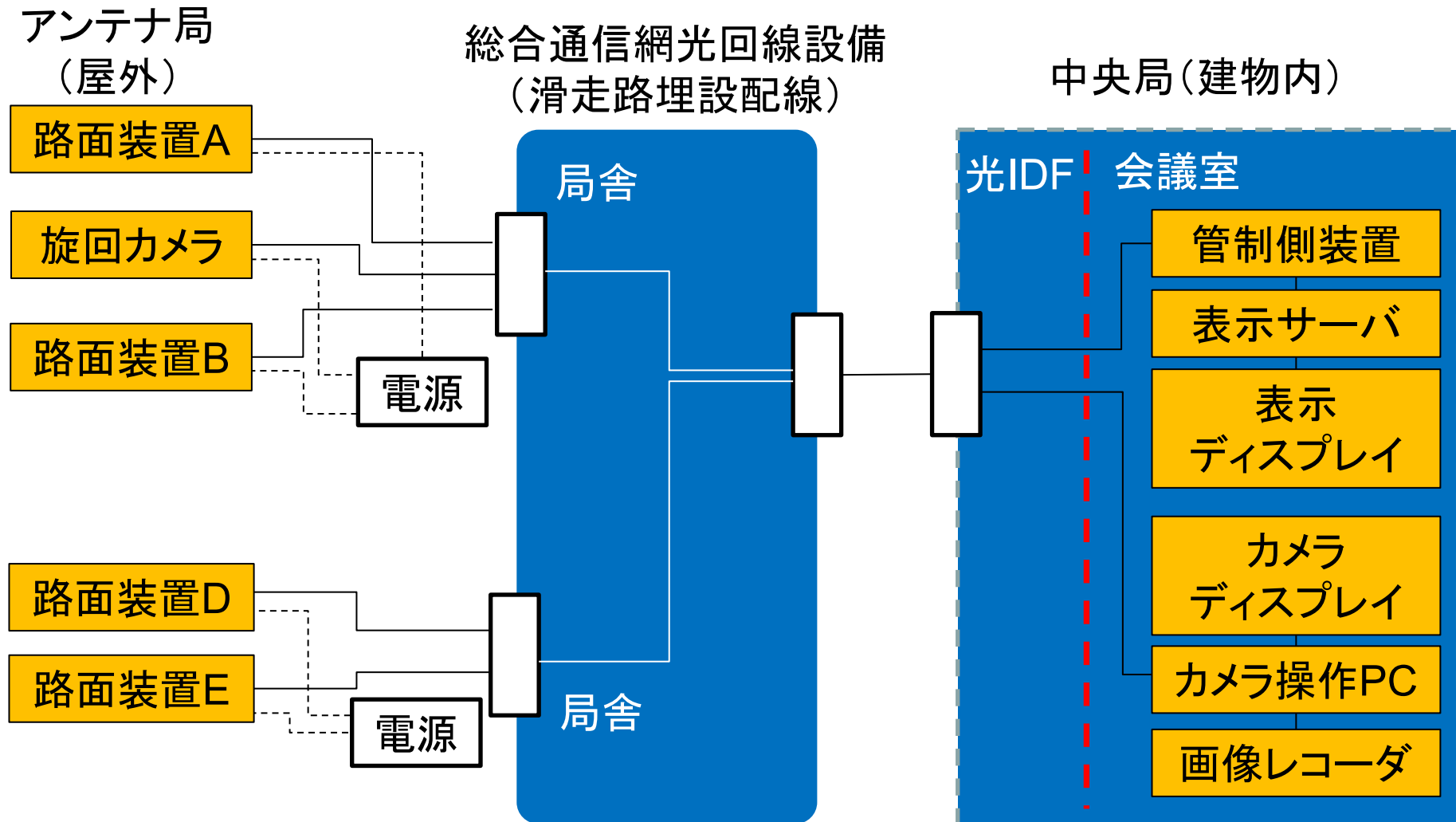
総務省受託研究技術実証のために2015年に構築した試験システム

# レーダアンテナ局路面装置設置位置



複数のアンテナ局路面装置の監視セルを統合して覆域全体を探知

# 光ファイバ接続系統図



今回の実証実験では図の ■ 部を新設運用他の部分は既設の施設を借用



# 実証実験用システムの構成

## ■ FOD監視システム

### ➤ ミリ波レーダとカメラを組み合わせたFOD監視システム



滑走路異物探知用  
ミリ波レーダ仕様

周波数: 92~100 GHz

信号帯域幅: 8 GHz

出力: 17 dBm

アンテナ利得: 44 dBi

直径約3 cm程度の金属円柱を距離500 mで検出できるよう仕様決定

# アンテナ局路面装置Aの概観

## ■ アンテナ局路面装置A

- 滑走路中心から距離220 m、高さ6 mの位置にアンテナを設置



アンテナ局Aには可視カメラおよび気象センサを設置

自動でカメラを制御し、画像取得

基準FODサンプルを用い、探知率定量化のための評価試験を実施

# FODサンプル①

## ■ EUROCAE ED-235およびFAA AC150/5220-24に準拠

1. 金属円柱  
(直径1インチ  
× 高さ1インチ)



2. ゴルフボール



3. モンキーレンチ  
(全長20 cm以下)



4. ディープソケット  
(全長70 mm)



5. タイヤ片  
(縦・横10 cm)



# FODサンプル②

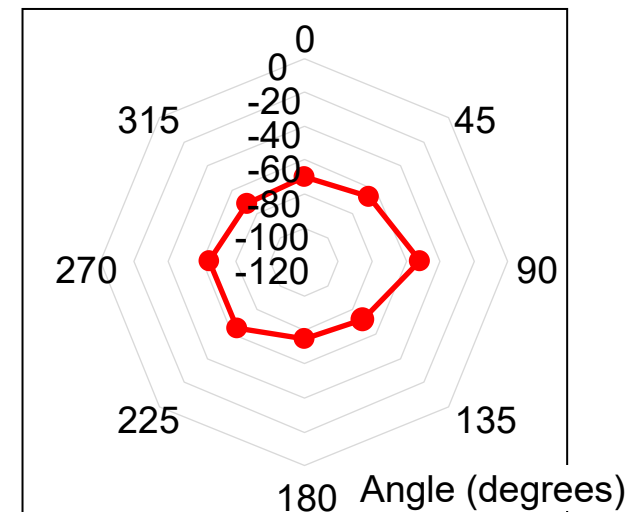
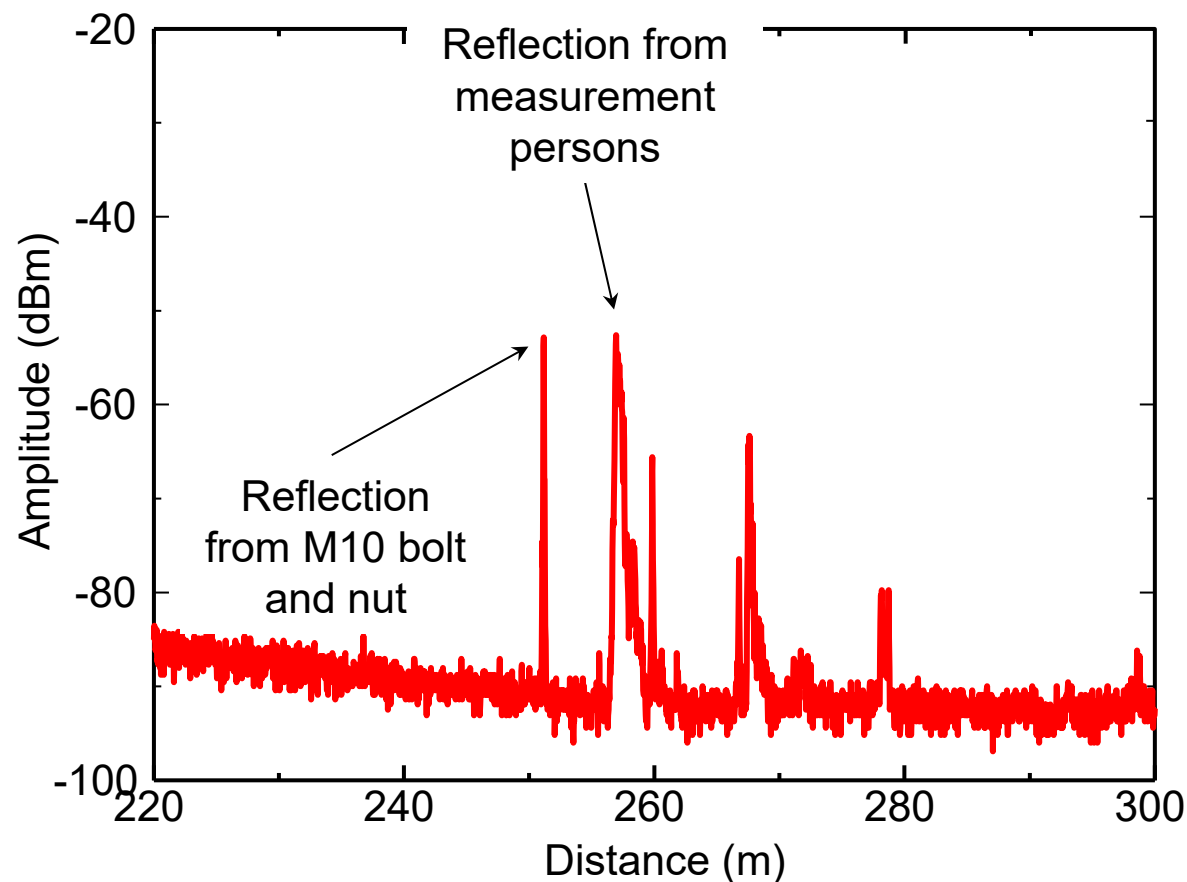
## ■ EUROCAE ED-235およびFAA AC150/5220-24に準拠



# FODサンプルからの反射電力ピーク値の取得

## ■ 1次元ビートスペクトラム

- 距離250 mにおいて、FODの設置角度を45度刻みで8種類に変化させFODサンプルからの反射電力ピーク値を取得



# 各種FODサンプルの探知率

■ 測定値に基づく探知率推定結果 単位は%、括弧内は感度10 dB改善

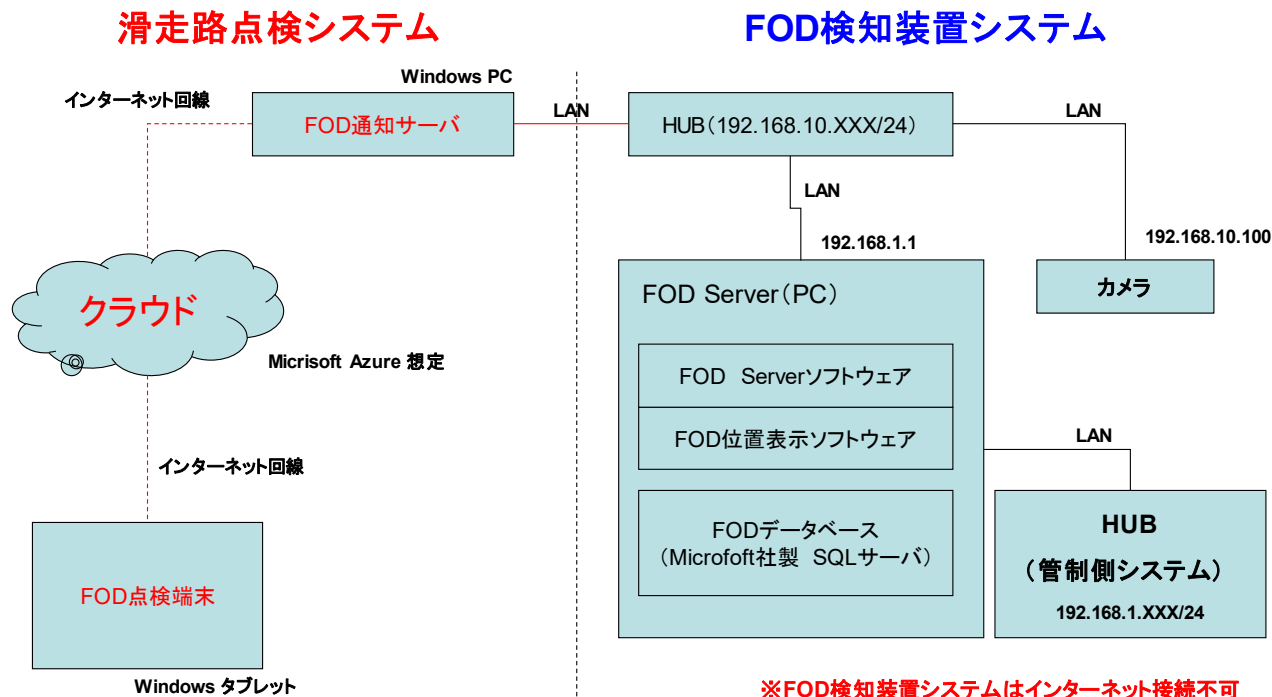
番号	対象物/距離	250 m	300 m	500 m
1	1インチ金属円柱	100 (100)	100 (100)	100 (100)
2	ゴルフボール	100 (100)	100 (100)	0 (100)
3	モンキーレンチ	100 (100)	87.5 (100)	12.5 (100)
4	ディーブソケット(横倒し)	100 (100)	100 (100)	37.5 (100)
5	タイヤ片(横倒し)	62.5 (75)	37.5 (75)	12.5 (75)
	タイヤ片(直立)	100 (100)	100 (100)	100 (100)
6	ラグナット(横倒し)	100 (100)	100 (100)	25 (100)
7	アルミパイプ(油圧管模擬)	100 (100)	75 (100)	50 (100)
8	塩化ビニールパイプ(直立)	100 (100)	100 (100)	100 (100)
9	M10ボルトナット(直立)	100 (100)	100 (100)	100 (100)
	M10ボルトナット(横倒し)	100 (100)	100 (100)	50 (100)
10	燃料キャップ	100 (100)	100 (100)	62.5 (100)
11	金属片(広面を下)	100 (100)	100 (100)	37.5 (100)
	金属片(直立)	100 (100)	100 (100)	87.5 (100)

探知が必要なFODの基準策定と同時に検討を行うことが必要

# 異物回収端末の構築①

## ■ 異物回収端末を構築

- 飛行場点検者がタブレットを用いて探知したFODの位置および映像を確認できる異物回収端末を構築
- 成田国際空港試験において、目視よりも効率的なFOD回収に活用可能であることを確認



異物回収端末

# 異物回収端末の構築②

## ■ 異物回収端末の画面(タッチパネル)

探知したFODの位置

FODまでの距離

FODの写真

回収者の位置

地図のスケール変更

地図の向き設定

**FOD Mapping**  
(Ver 0.1 Build 91.0)

Direct distance  
**2920 m**

Receive level  
**-7.83 dBsm**

Detection time  
**04:34:15**

Number of FOD  
**1**

Scale  
+  
14%  
-

Direction  
Heading Up  
North Up

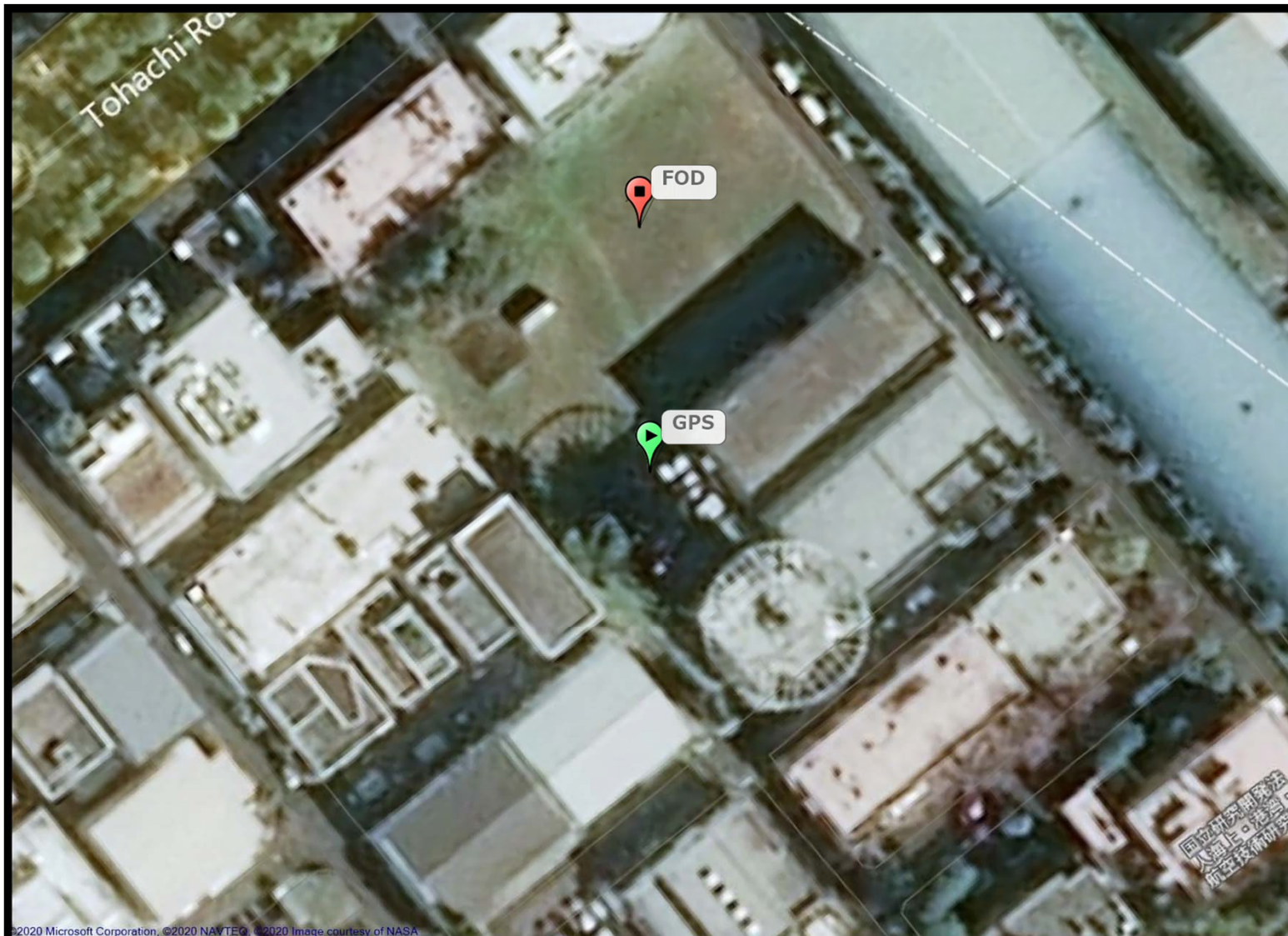
Center  
GPS FOD

04:44:05 FOD mapping start.(Ver 0.1 B...  
04:44:05 Center is FOD  
04:44:14 FOD受信 dbsm:-7.83  
04:44:22 Center is FOD  
04:44:23 Center is GPS  
04:46:31 scale:18  
04:46:32 scale:17  
04:46:32 scale:16  
04:46:33 scale:15  
04:46:37 scale:14

DEBUG



# 異物回収端末の構築③




**FOD Mapping**  
(Ver 0.1 Build 91.0)

Direct distance  
**36 m**

Receive level  
**113 dBsm**

Detection time  
**16:00:59**

Number of FOD  
**1**



Scale  
+  
20%  
-

Direction  
Heading Up  
North Up

Center  
GPS FOD

11:00:09 FOD mapping start. (Ver 0.1 Bu  
11:00:09 Center is FOD  
11:00:17 FOD受信 dbsm:113  
11:00:23 Center is FOD  
11:00:23 Center is GPS  
11:04:10 scale:20

DEBUG

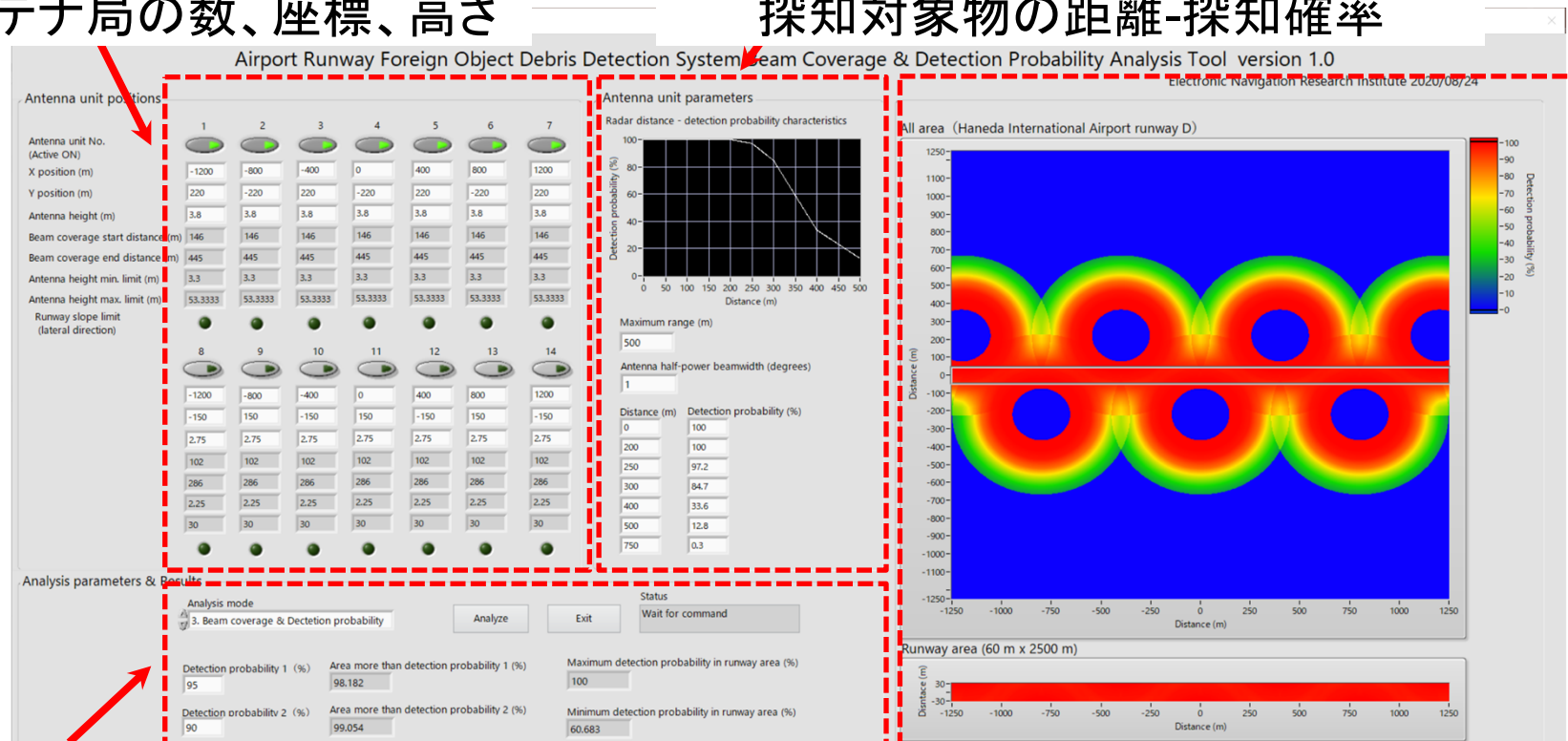
# 監視覆域および探知確率推定ツールの開発①

## FOD監視システム検討支援ツール

- ▶ アンテナ局の情報(数、座標、高さ、アンテナ特性)、滑走路の構造(探知エリア)、およびFOD探知装置の性能(距離-探知確率)を入力することで、探知確率を推定可能

アンテナ局の数、座標、高さ

探知対象物の距離-探知確率



探知確率計算結果

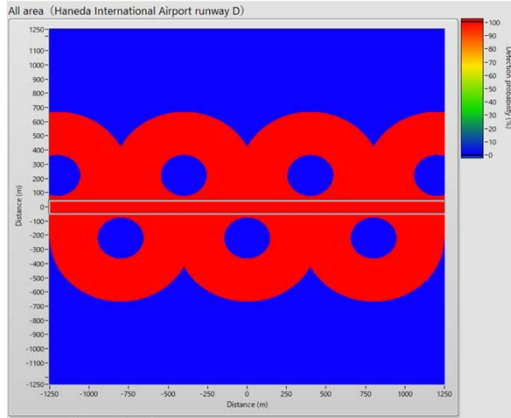
18/20

探知確率グラフ表示

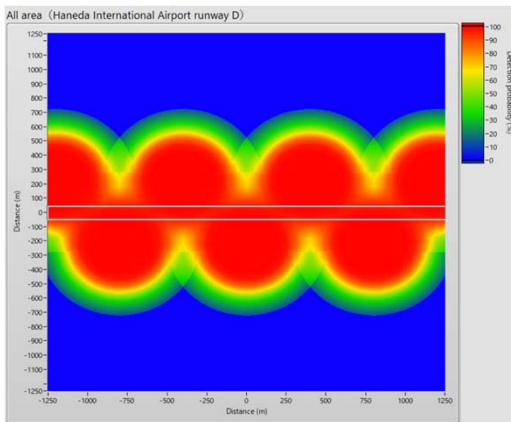
# 監視覆域および探知確率推定ツールの開発②

## FOD監視システム検討支援ツール

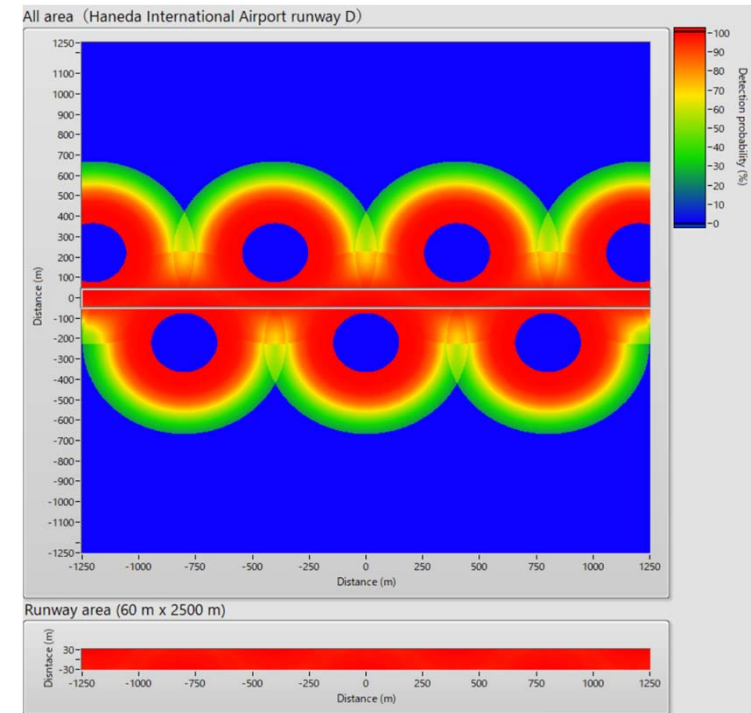
監視覆域  
推定



探知確率  
推定



監視覆域+探知確率推定



探知エリア内の最大探知率、最低探知率、所望探知率を超える面積率等

今後、FOD監視システムのアンテナ局数、配置検討に利用予定

# まとめと今後の予定

## ■ まとめ

### ➤ 滑走路異物監視システムの高度化

成田国際空港の実験用FOD探知システム(2015年設置)を用いたFAA/EUROCAE準拠FODサンプル探知率定量化試験を実施

レーダセンサ感度10 dB改善を想定した場合、ほぼ全てのFODサンプルの探知率が距離500 mにおいて100 %となる見通しを確認

FOD回収を支援する異物回収端末およびアンテナ局配置検討等を行うための覆域および探知確率推定ツールの開発状況を議論

## ■ 今後の予定

- 改良版FOD探知システムの探知率定量化試験の実施
- 評価用の改良版FOD探知システムの羽田空港設置準備

# 謝辞

- ▶ 実験にご協力頂いている国土交通省航空局、成田国際空港株式会社の方々を始めとした関係各所の皆様に深く感謝いたします。
- ▶ 本研究の一部は、総務省「電波資源拡大のための研究開発」(JPJ000254)の一環として実施された。



# 総務省

Ministry of Internal Affairs and Communications