

2023年6月 令和5年度 電子航法研究所研究発表会（2023年6月9日）於 海上技術安全研究所本館

羽田空港での

滑走路異物監視システムの評価計画

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

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

■ FOD監視システムの研究開発状況

- FOD監視システム用レーダセンサの概要
- 羽田空港へ設置したFOD監視システム評価装置の概要

■ 羽田空港での評価計画

- 滑走路センサデータ例
- 試験用FODを用いた動作検証

■ まとめ

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

- コンコルドの事故-
仏、ル・モンド紙より



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監視システムの概要(レーダセンサ部)

- ▶ ミリ波レーダセンサを用いて異物を探知し、レーダで得られた位置情報を用いてカメラ画像を取得



アンテナ局

送信周波数: 92 GHz~100 GHz
中心周波数: 96 GHz
送信電力: 80 mW
測距方式: FMCW
覆域: 350 m



中央局: 1Uラックマウント(1局あたり)

96 GHz帯ミリ波レーダにより、高探知性能と耐候性を両立。
最大8 GHz帯域幅を活用し、高分解能/高クラッタ除去性能を実現。

仙台空港での性能評価試験：探知率評価

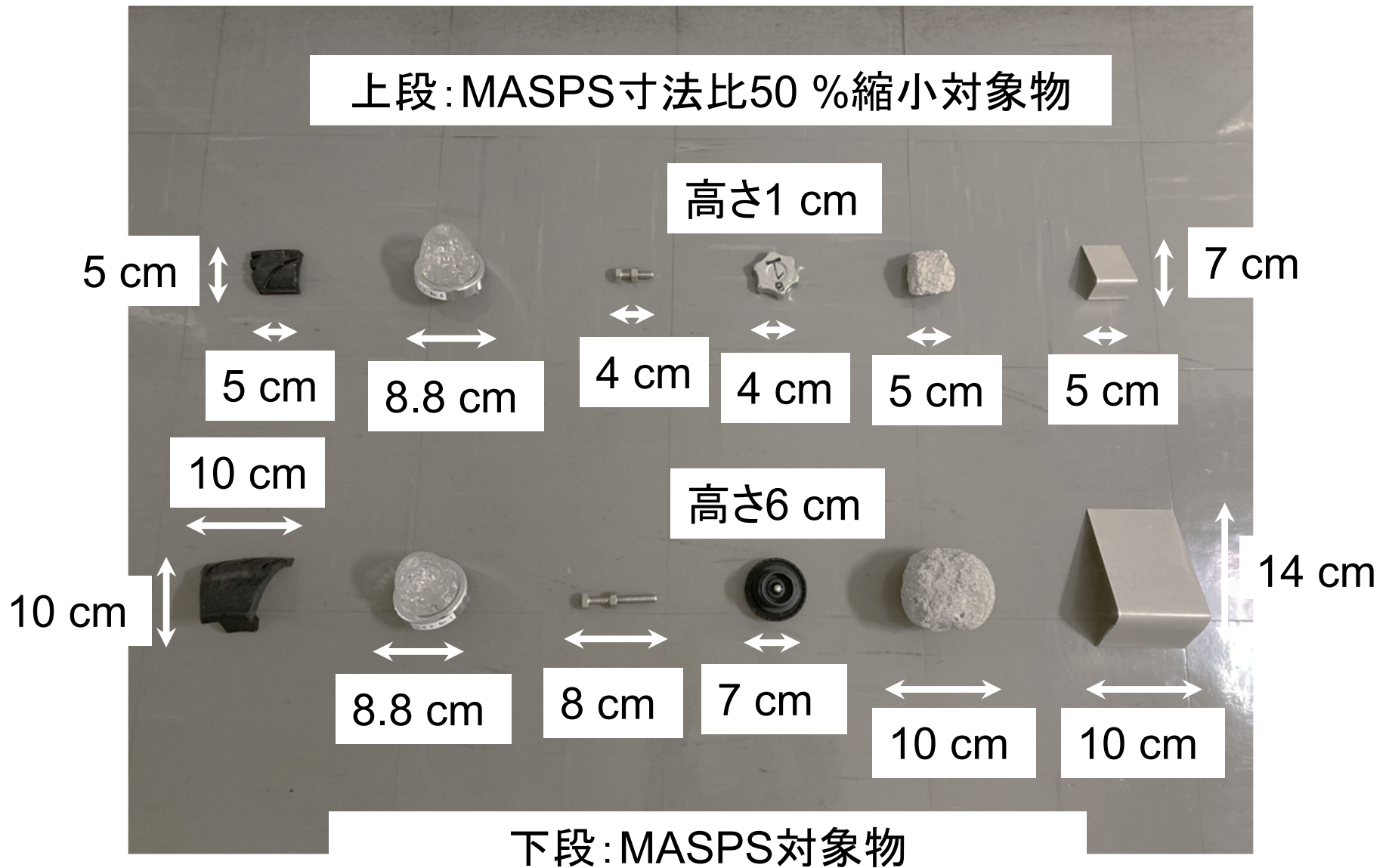
■ 目的

- 羽田空港での評価システム設置に先立ち、FOD探知システムの想定覆域端で、晴天時検知率95 %以上を満たすことを確認

■ 内容

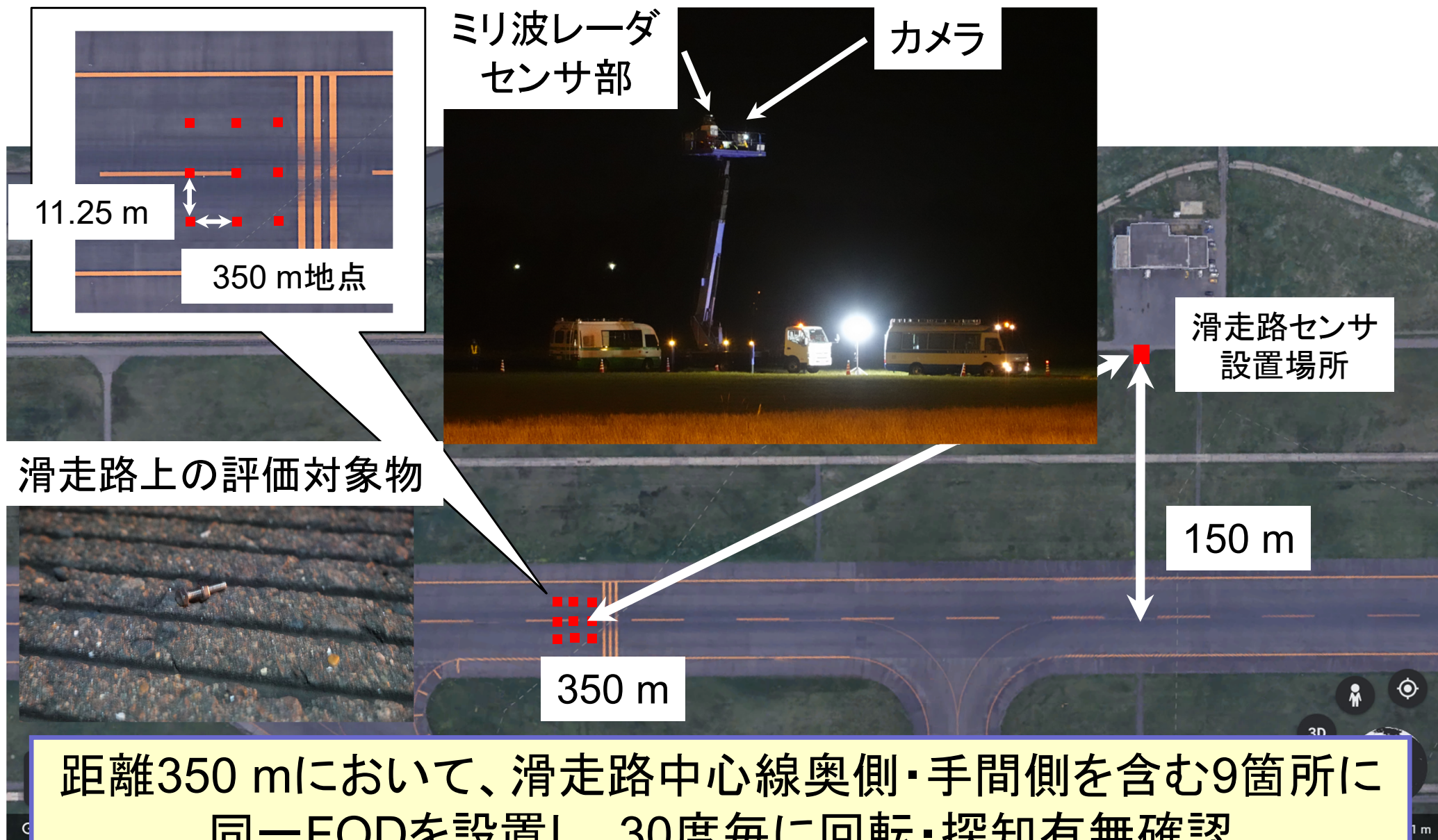
- 距離350 mにおいて、6種類のEUROCAE MASPS対象物および6種類のEUROCAE MASPS寸法比50 %縮小対象物を用いて探知有無を評価(2022年11月実施)
- 評価対象物は中心線手前・奥側を含む滑走路内9箇所に同一対象物を設置し、30度おきに回転させ、100個以上のサンプル数を用いて探知率を取得

評価対象物比較



※灯火についてはどちらの条件でもサイズ縮小対象物を使用

評価用FOD設置位置



試験結果：距離350 m、MASPSサイズ

■ 評価対象物毎の探知率

対象物	測定数	検知数	検知率(%)
タイヤ片 (高さ10 cm×幅10 cm)	117	117	100
灯火 (直径8.8 cm)	117	117	100
M10ボルト+ナット (長さ8 cm)	117	116	99.1
燃料キャップ (直径7 cm、高さ6 cm)	117	117	100
コンクリート片 (3片10 cm)	117	117	100
金属片 (高さ14 cm×幅10 cm)	117	112	95.7

EUROCAE準拠対象物全てについて検知率95 %以上を確認

試験結果：距離350 m、MASPSサイズ比50%

■ 評価対象物毎の探知率

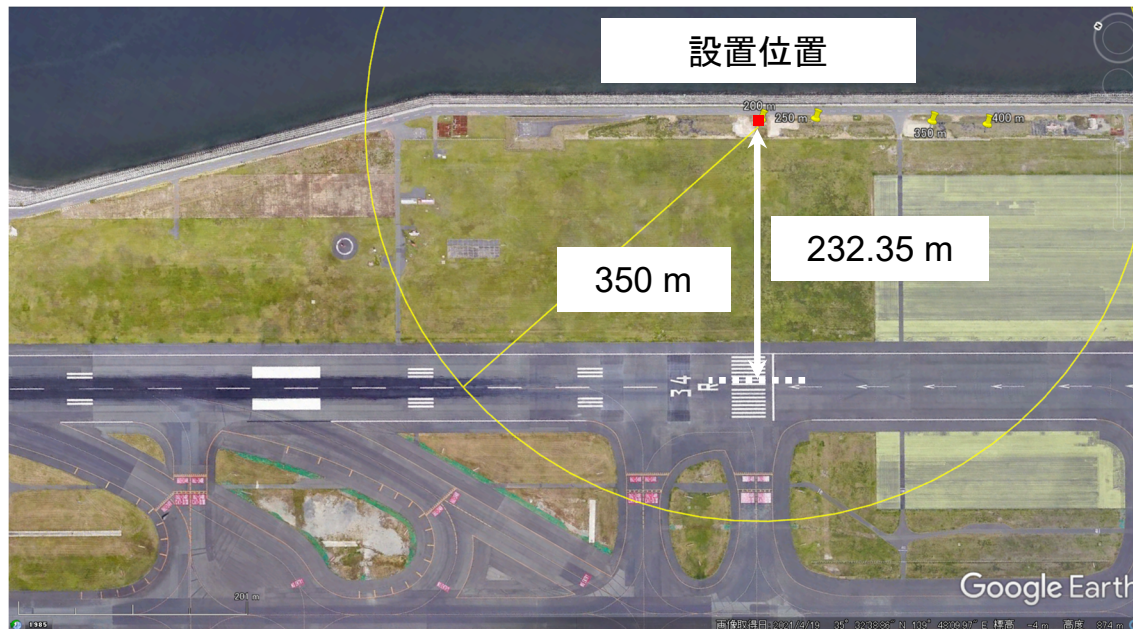
対象物	測定数	検知数	検知率(%)
タイヤ片 (高さ5 cm × 幅5 cm)	117	117	100
灯火 (直径8.8 cm)	117	117	100
M10ボルト+ナット (長さ4 cm)	117	114	97.4
燃料キャップ (直径4 cm、高さ1.5 cm)	117	117	100
コンクリート片 (3片5 cm)	117	117	100
金属片 (高さ7 cm × 幅5 cm)	117	116	98.3

サイズを縮小した場合についても検知率95 %以上を確認

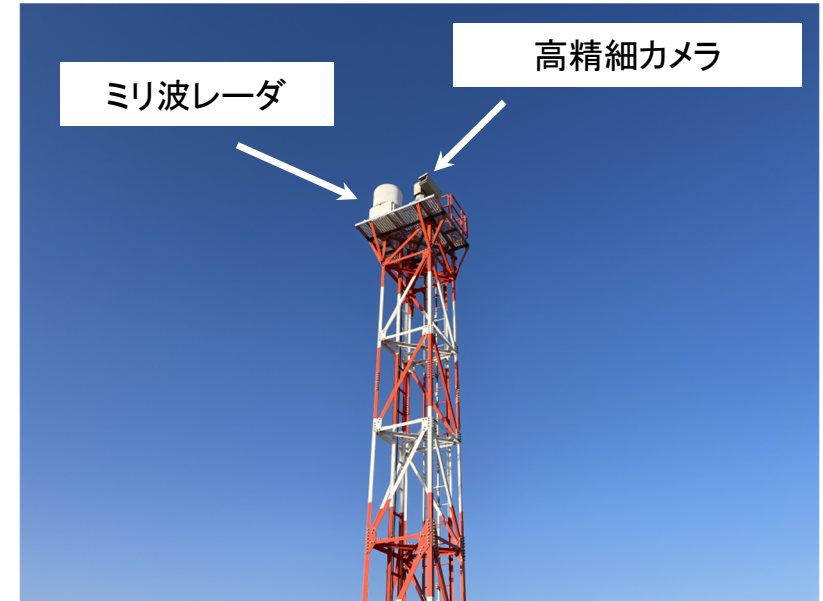
滑走路異物監視システム評価装置概要①

■ 羽田空港設置機材の概要

- 中央局+滑走路センサ1局構成
- C滑走路付近に滑走路センサ1局を設置
- 設置位置から350 m以内のFODを探知
- 東京空港事務所庁舎内に中央局を設置
- 2023年3月に設置工事完了



滑走路センサ設置位置

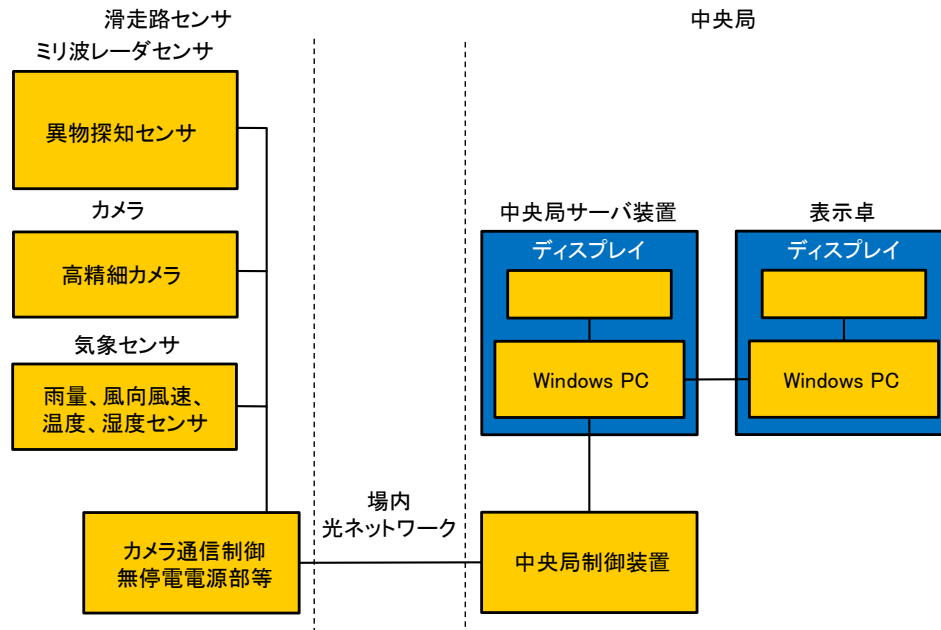


滑走路異物監視システム鉄塔概観

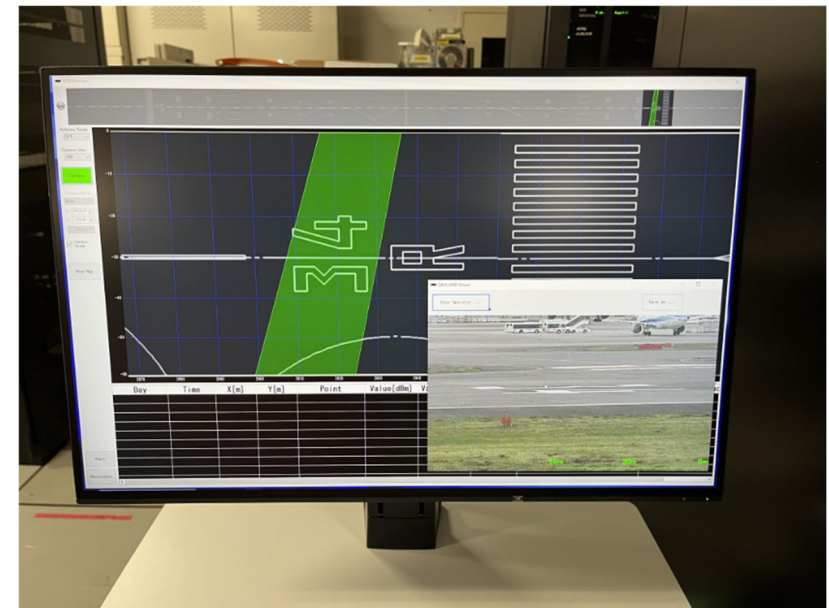
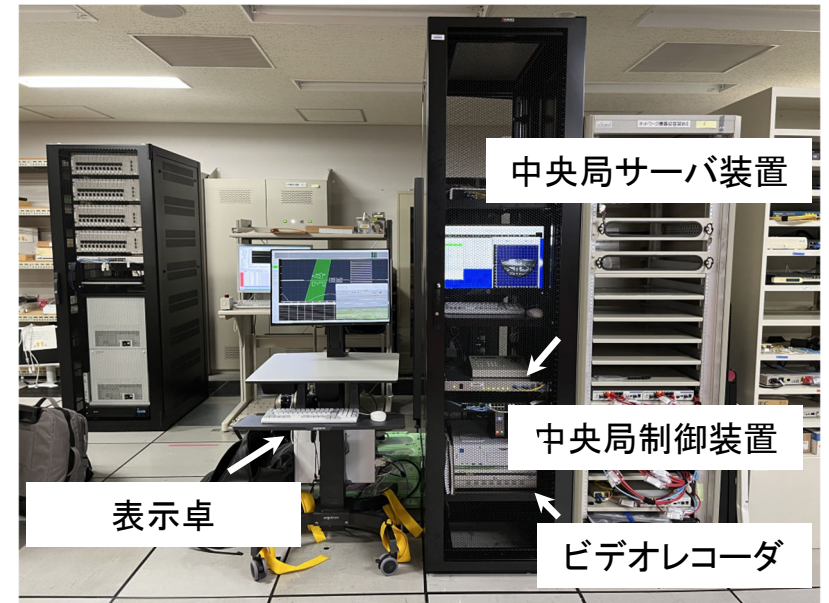
滑走路異物監視システム評価装置概要②

■ 中央局の概要

- 制御装置、サーバ装置、表示卓から構成
- レーダセンサ、カメラ映像、システム動作状態、気象センサの情報を記録・分析
- FOD情報を記録、表示卓/端末に表示
- EUROCONTROL ASTERIX形式で出力



滑走路異物監視システム評価装の系統図

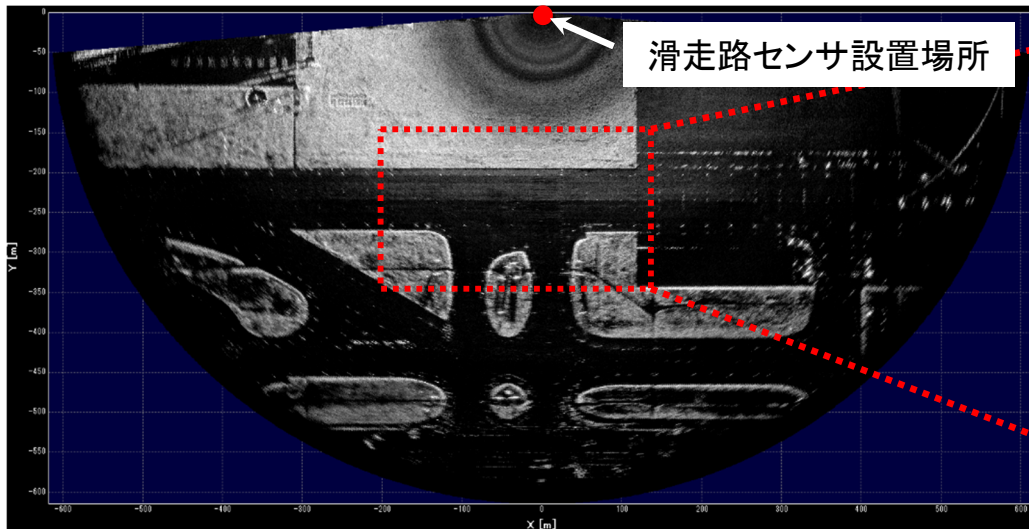


中央局装置概観

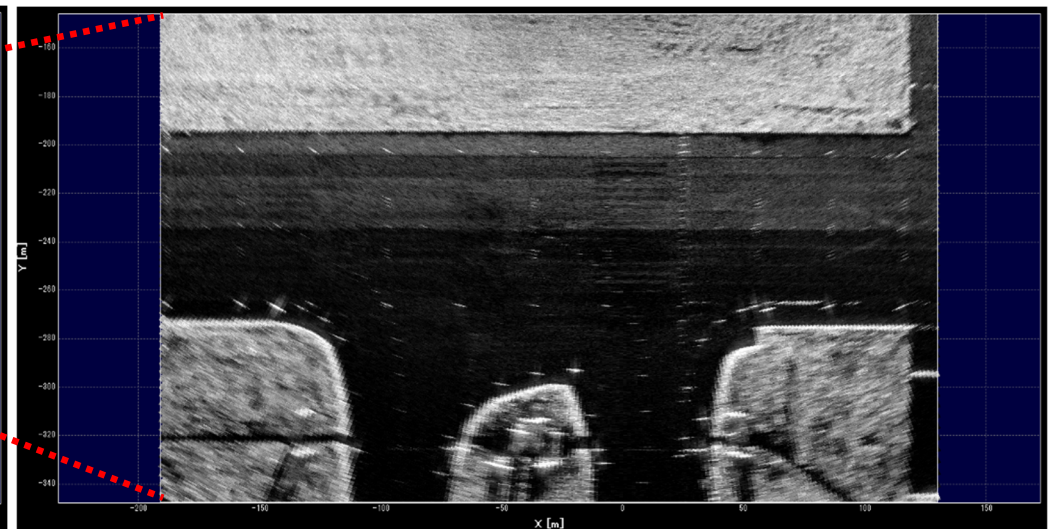
レーダセンサの概要

■ ミリ波レーダセンサの概要

- FODを探知するため、エリア内を常時監視
- レーダセンサで得られたデータを中央局制御装置およびサーバ装置で信号処理・分析し、FOD情報を取得
- レーダセンサスコープ画素数は1センサあたり $32,768 \times 16,384$



レーダ覆域全域表示



一部拡大表示(赤線範囲内)

ミリ波レーダセンサのスコープ表示例

高精細カメラの概要

■ 高精細カメラの概要

- ミリ波レーダセンサの探知結果に基づき、FOD画像を取得
- FOD探知時のFOD自動撮影およびFOD探知時以外のプリセット位置の自動撮影に対応



滑走路センサ設置位置からの
滑走路の見通し状況



カメラ画像例 (距離220 m滑走路灯)

評価項目と評価手法①

① 滑走路周辺環境に起因する誤検知の検証、評価

② 動体物(鳥等)に起因する誤検知の検証、評価

- 継続してデータを取得し、センサ検知結果(レーダデータ、画像データ)の記録・分析を実施し、誤検知を発生し得る探知対象物の発生頻度、場所、時間帯等を評価

進捗:3月以降、評価データ取得中(カメラ画像は無い場合があるが、統計データは分析可能)。カメラ調整完了後、カメラ画像を含めたデータを取得・評価

③ 未検知の検証、評価

- 探知エリア内で滑走路点検等によりFODが回収された場合、前回定時点検以降のセンサ検知結果を分析することにより、未検知の原因を評価

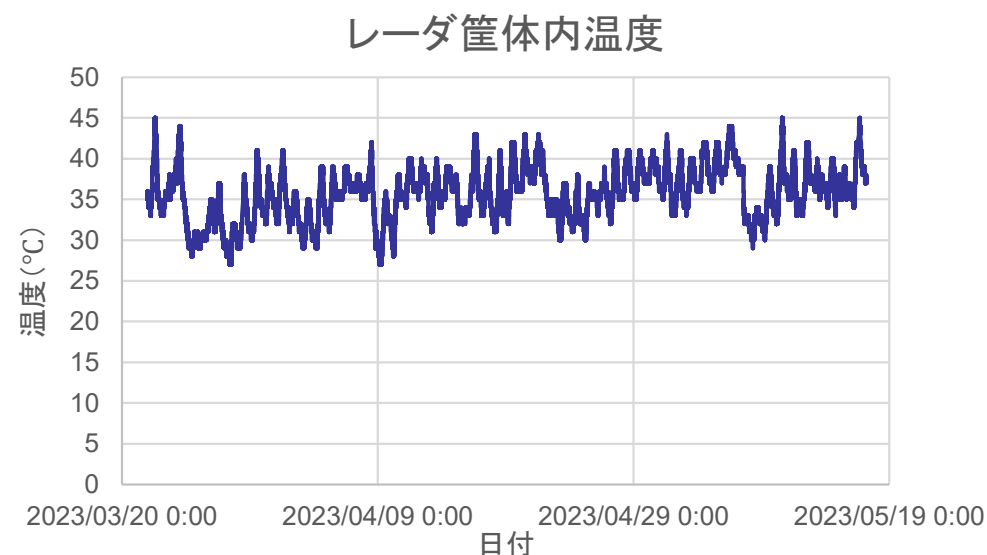
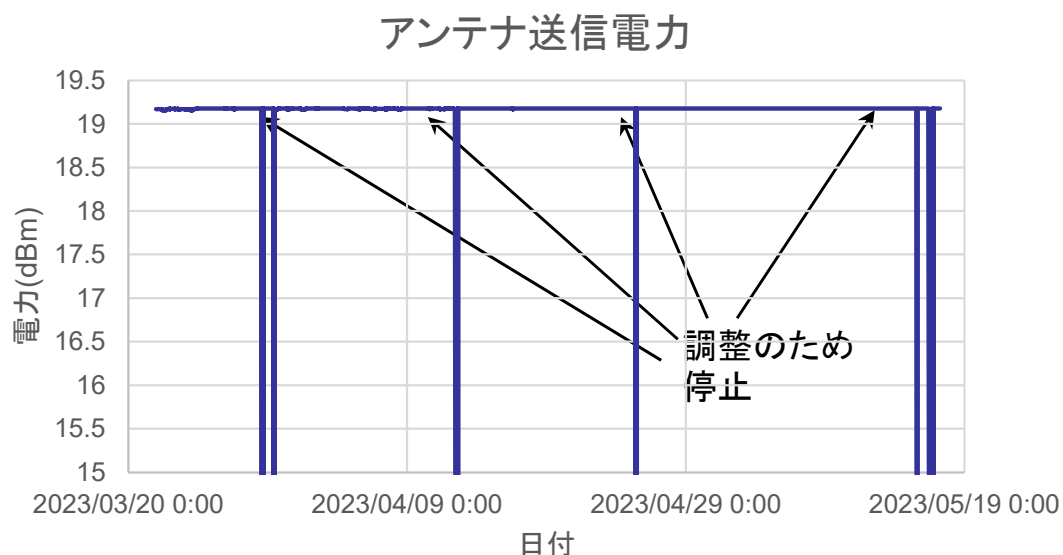
進捗:3月以降に評価システム覆域で回収された落下物が発生する場合、検知結果を分析予定。

評価項目と評価手法②

④ 環境変動(クラッタ・温度・天候変化・メンテナンス)および長期信頼性評価

- 気象変化(雨天、雪、霧など)および滑走路周辺のメンテナンスによる滑走路環境の変動が探知結果に及ぼす影響(降雨量、降雪量、視程量に対するクラッタ増加および対象物反射電力低下等)を評価(※羽田空港気象情報および評価装置に付属する気象計データを利用)
- アンテナ回転数・レーダ送受信信号強度・環境および機器温度の記録・分析により機器信頼性評価を実施

進捗:3月以降のデータを評価・分析中



評価項目と評価手法③

⑤ ①から③の結果に基づくシステム動作パラメータの提案と検証

- ①から③までの評価結果に基づき、最適なシステム動作パラメータ(センサ動作条件およびアラート発生条件)を提案し、評価装置を用いて検証を実施

⑥ 試験用FODを用いた動作検証と低コスト化に向けた検討

- 試験用FODを用いた動作検証を行い、信頼性向上(確実性確認)および低コスト化に向けた検討を実施

進捗:5月16日(火)夜間から滑走路試験を開始

⑦ 滑走路異物監視システムユーザインターフェースの検討

- 滑走路異物監視システムユーザインターフェースの改善項目抽出を実施

⑧ その他必要とされる項目の検討

- 運用者側で必要とされる機器操作内容の検討

評価期間とスケジュール

■ 評価期間

- 令和5年3月～令和6年度末

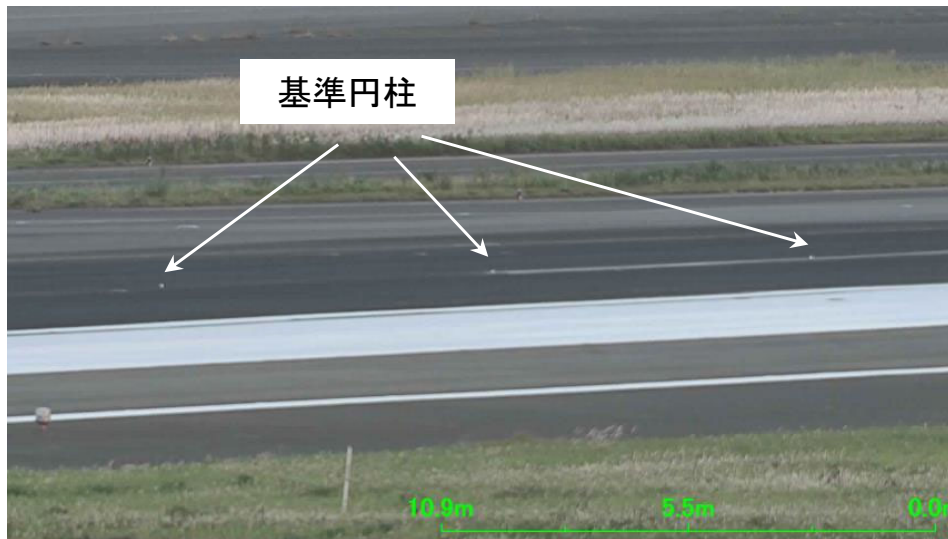
■ スケジュール(令和5年度分)

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
①滑走路環境に起因する誤検知の検証評価		設置完了後、継続してデータを取得し、定期的に取りまとめ	←→			←→			←→			←→
②動体物に起因する誤検知の検証評価		設置完了後、継続してデータを取得し、定期的に取りまとめ	←→			←→			←→			←→
③未検知の検証、評価		探知エリア内で未検知があった場合に検証・評価を実施										
④環境変動および長期信頼性評価		設置完了後、継続してデータを取得し、定期的に取りまとめ、また、適宜対策を実施			←→							←→
⑤システム動作パラメータの提案と検証		データ取りまとめを実施すると同時に、パラメータを評価装置に入力し、データを取得			←→							←→
⑥試験用FODを用いた動作検証・低コスト化検討		航空局と協力して動作検証を実施										
⑦HMI改善項目検討		滑走路異物監視システムユーザインターフェースの改善項目抽出を実施										
⑧その他の項目の検討		運用者側で必要とされる機器操作内容等の検討										

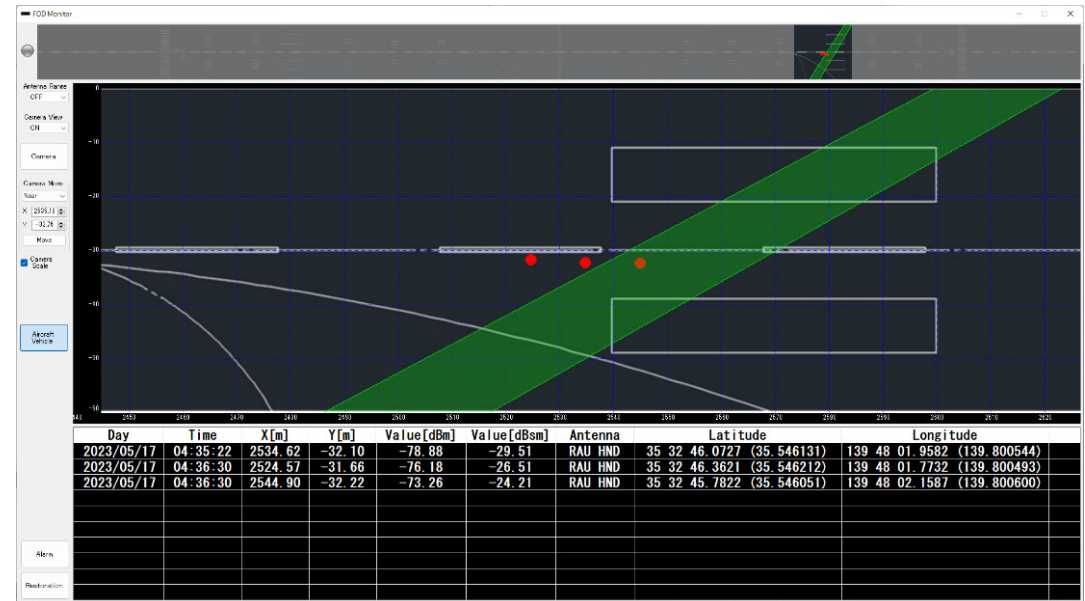
試験用FODを用いた動作検証結果例①

■ 動作検証進捗①

- 5月16日(火)夜間から評価システムを用いた動作検証を実施中
- EUROCAE MASPS評価項目(FOD探知時間、FOD位置精度、FOD分離性能、FOD探知率性能)を評価予定
- 覆域の複数箇所(全測定箇所)でMASPS要求値のFOD位置精度5 m以下、およびFOD分離性能(10 m離隔3個分離探知)を確認



滑走路上への基準円柱3個の設置状況
(直径4 cm × 3 cm高さ)

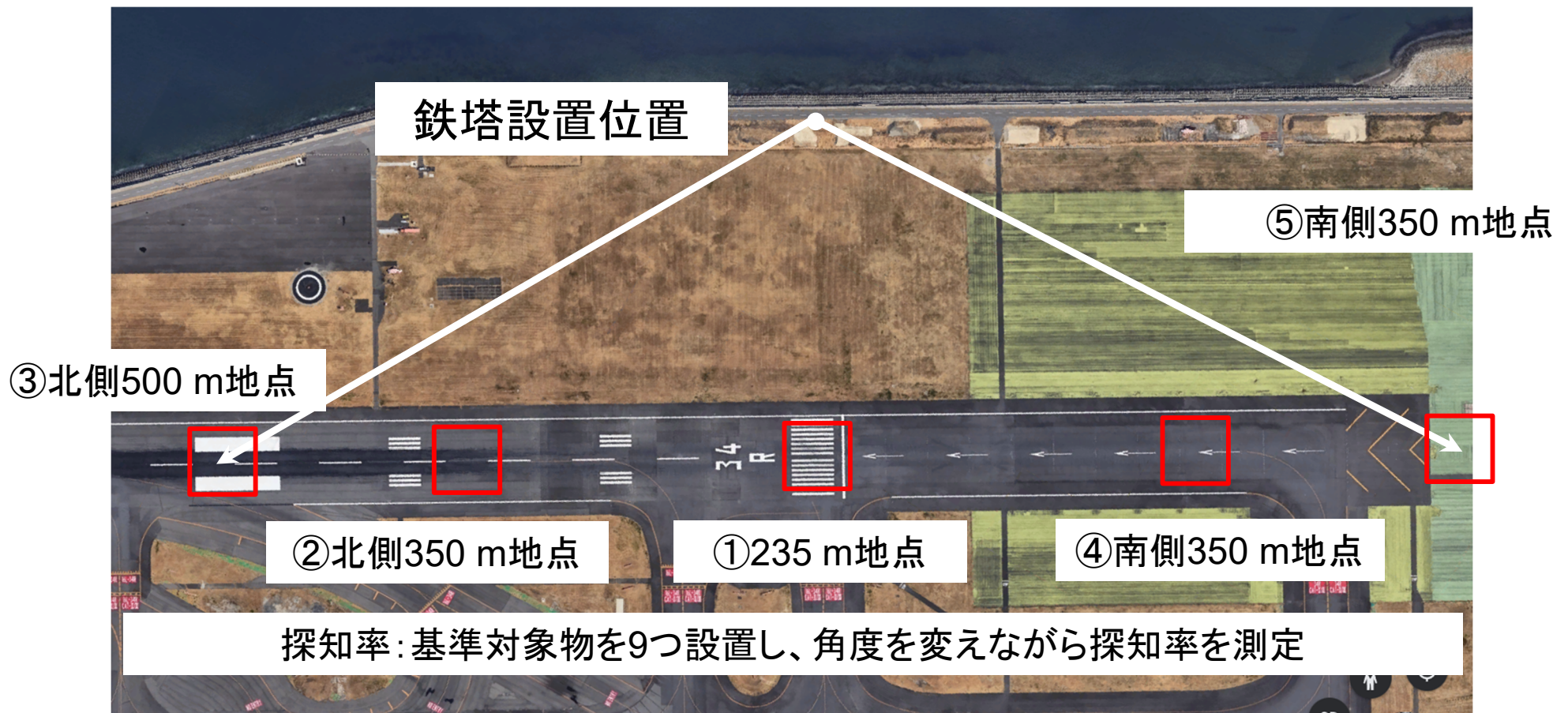


中央局表示卓の探知例
3個の基準円柱を3つに分離して探知かつ距離精度5 m以下

試験用FODを用いた動作検証結果例②

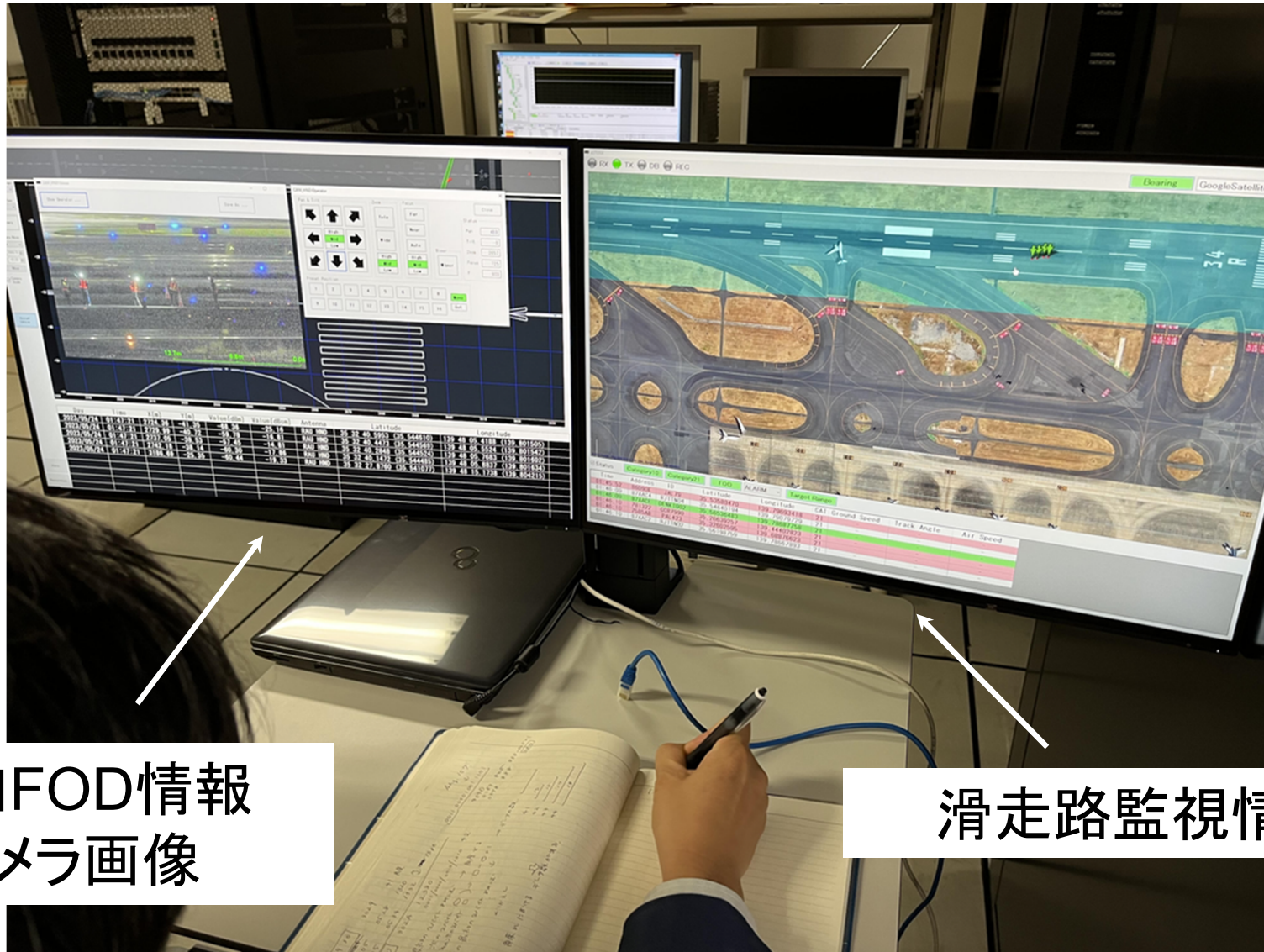
■ 動作検証進捗②

- 5月23日(火)夜間以降にMASPS探知率試験において実施中
- MASPS対象物およびMASPS寸法比50%縮小対象物の探知率を測定



試験用FODを用いた動作検証結果例③

■ 中央局表示卓画面例

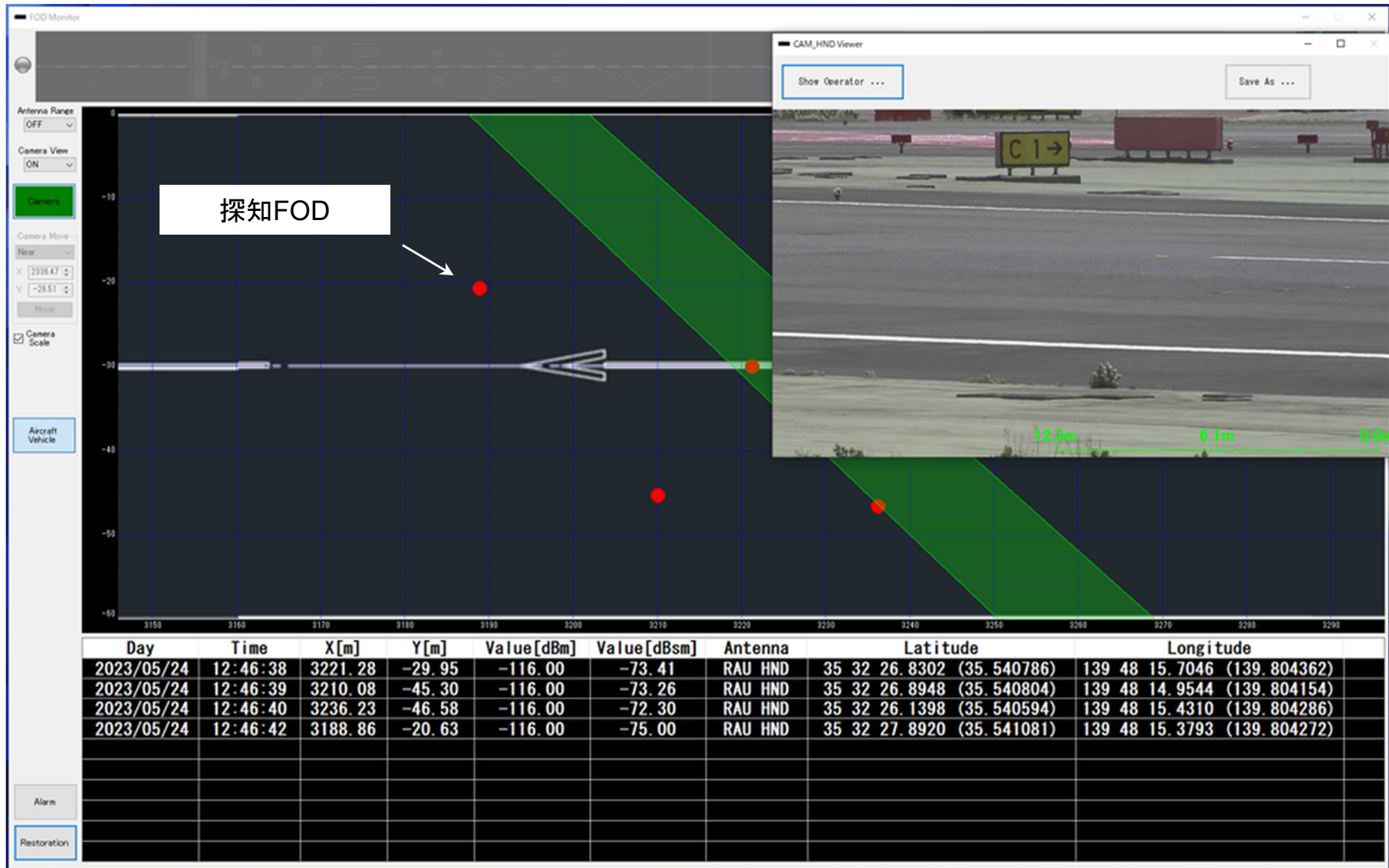


探知FOD情報
カメラ画像

滑走路監視情報

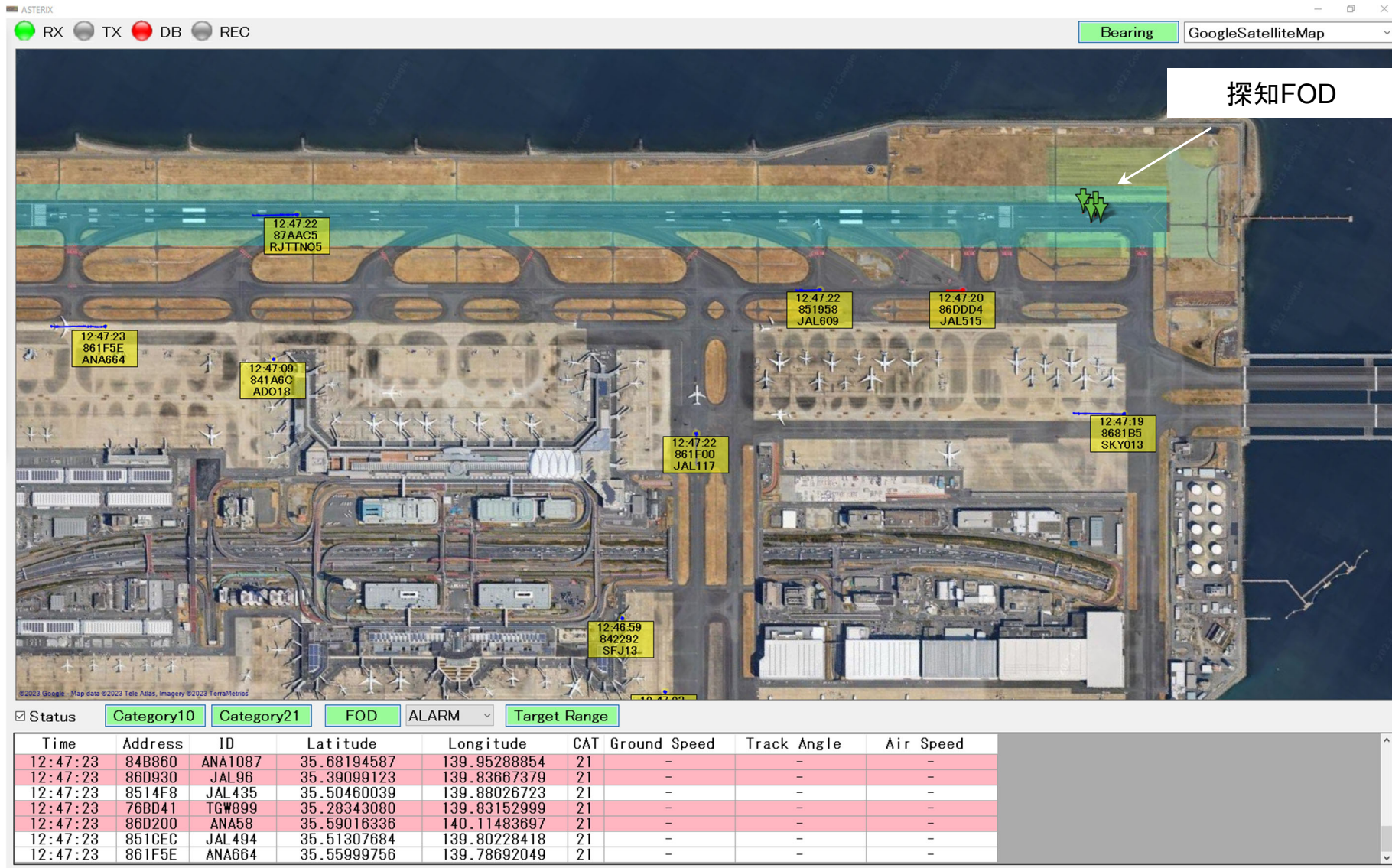
試験用FODを用いた動作検証結果例④

■ 中央局画面例（探知FOD情報カメラ画像）



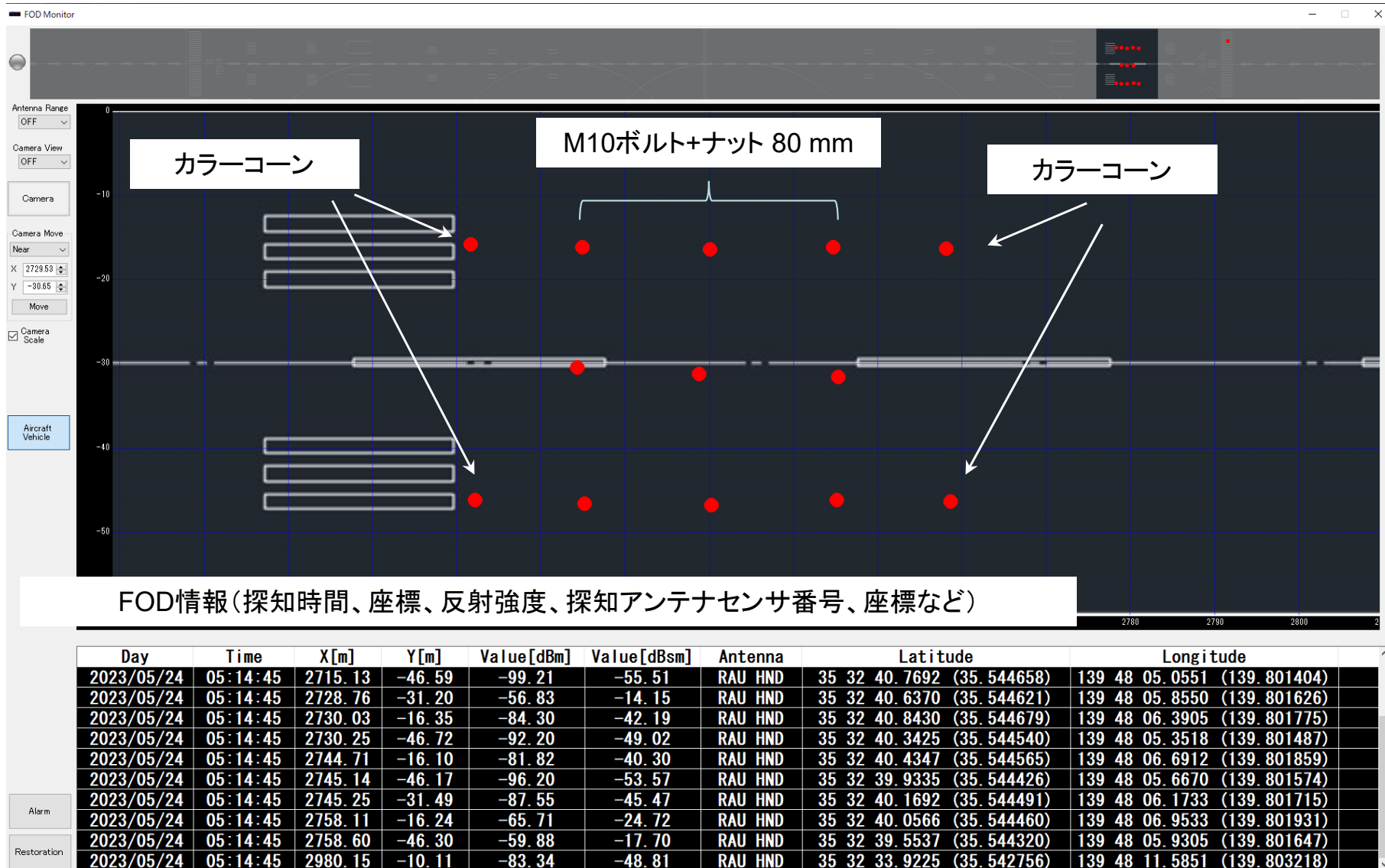
試験用FODを用いた動作検証結果例⑤

■ 中央局画面例(滑走路監視情報)



試験用FODを用いた動作検証結果例⑥

MASPS探知率試験における中央局画面例



まとめ

■ まとめ

羽田空港での滑走路異物監視システムの評価計画

羽田空港への設置に先立ち、仙台空港でEUROCAE ED-235に基づく探知率評価を実施し、覆域端での探知率95 %以上を確認

羽田空港に、滑走路センサ1局と中央局からなる評価システムを設置し、誤検知・未検知・信頼性・国際基準適合性の評価を実施

2023年5月中旬から6月中旬まで、EUROCAE ED-235に基づく、FOD探知時間、位置精度、分離性能、探知率性能を評価中

■ 今後の予定

- 評価結果に基づき、最適なシステム動作パラメータを明らかにし、本装置を用いた検証を実施

謝辞

- 評価装置の設置および試験実施にご協力頂いている国土交通省航空局、東京航空局、東京空港事務所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。