

既存海洋レーダを用いた 航空機検知の調査検討

宇野亨(東京農工大)、山田寛喜(新潟大)
藤井智史(琉球大)、赤井秀樹(総合研究奨励会)
鈴木真二(東京大)

研究の趣旨

◆背景

(財)総合研究奨励会の研究会

グローバル・オブザベーション・システム(GOS)

委員長 東京大学大学院教授 鈴木真二

– 地上システム研究会を設立し調査検討を実施

◆体制

東京農工大、新潟大、琉球大が中心となり実施

◆目標

既存の海洋レーダを用いて航空機の探知を確認

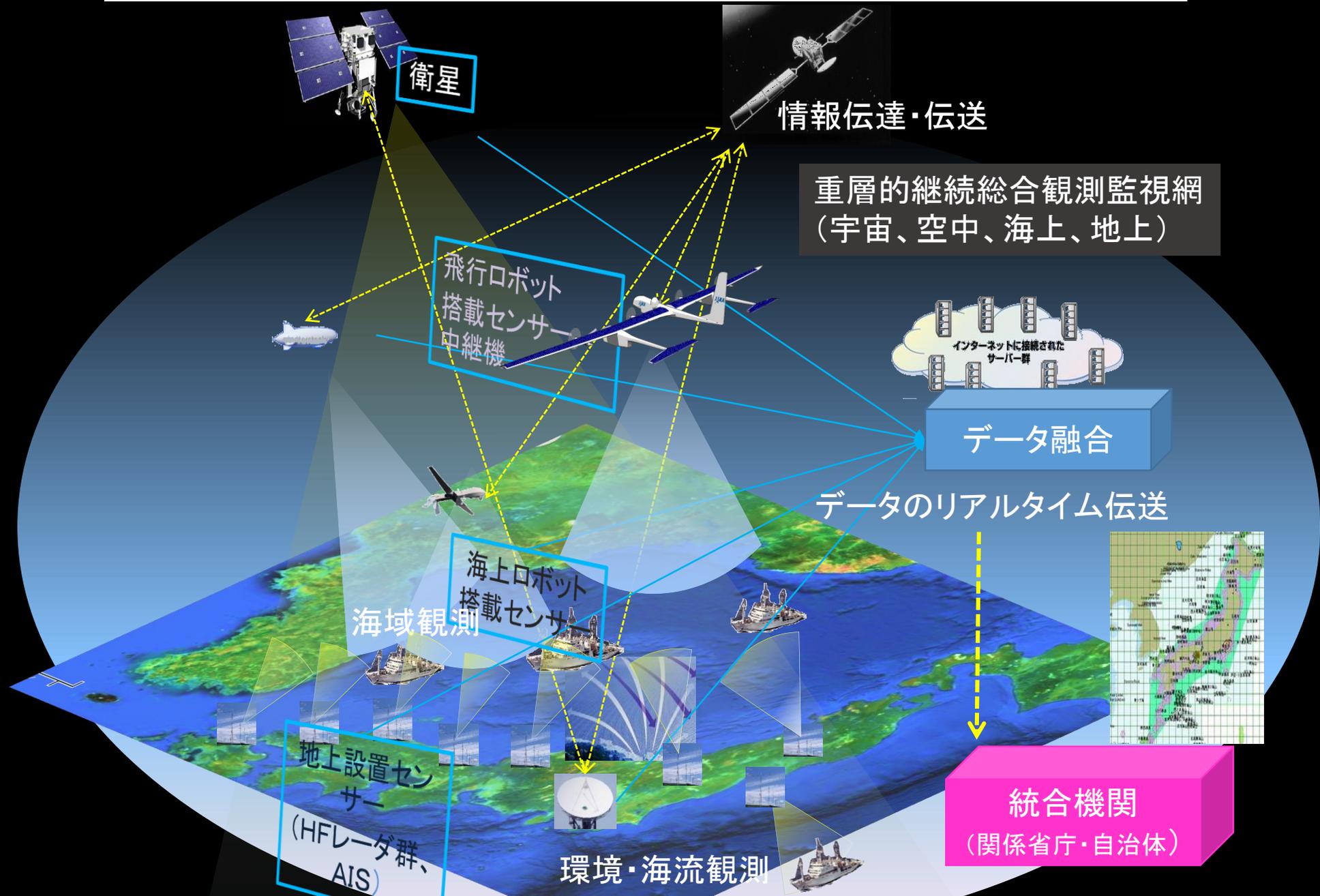
海洋レーダの高度化(多用途化)の追求

◆協力

九州大学応用力学研究所(海洋レーダデータ)

国立研究開発法人 電子航法研研究所(ADS-B航跡データ)

大規模国土海洋監視システム構想概念図



大規模国土海洋監視システムの役割

国民の生活の安定・減災・安全保障



海洋基本法

低潮線保全法

海面の観測

津波検知(減災)
進向位置の把握
到達予測時間の提供
潮流情報(安全)
安全・効率的な航行
潮流情報の提供
潮流情報(環境)
沿岸域等の生態系
赤潮・青潮予測
洋上浮遊物の回収
潮流情報(生活)
養殖・漁業・農業
エネルギー変換
潮流発電

海洋環境の保全 海洋の安全の確保
離島の保全
国際的な連携確保及び国際協力の推進

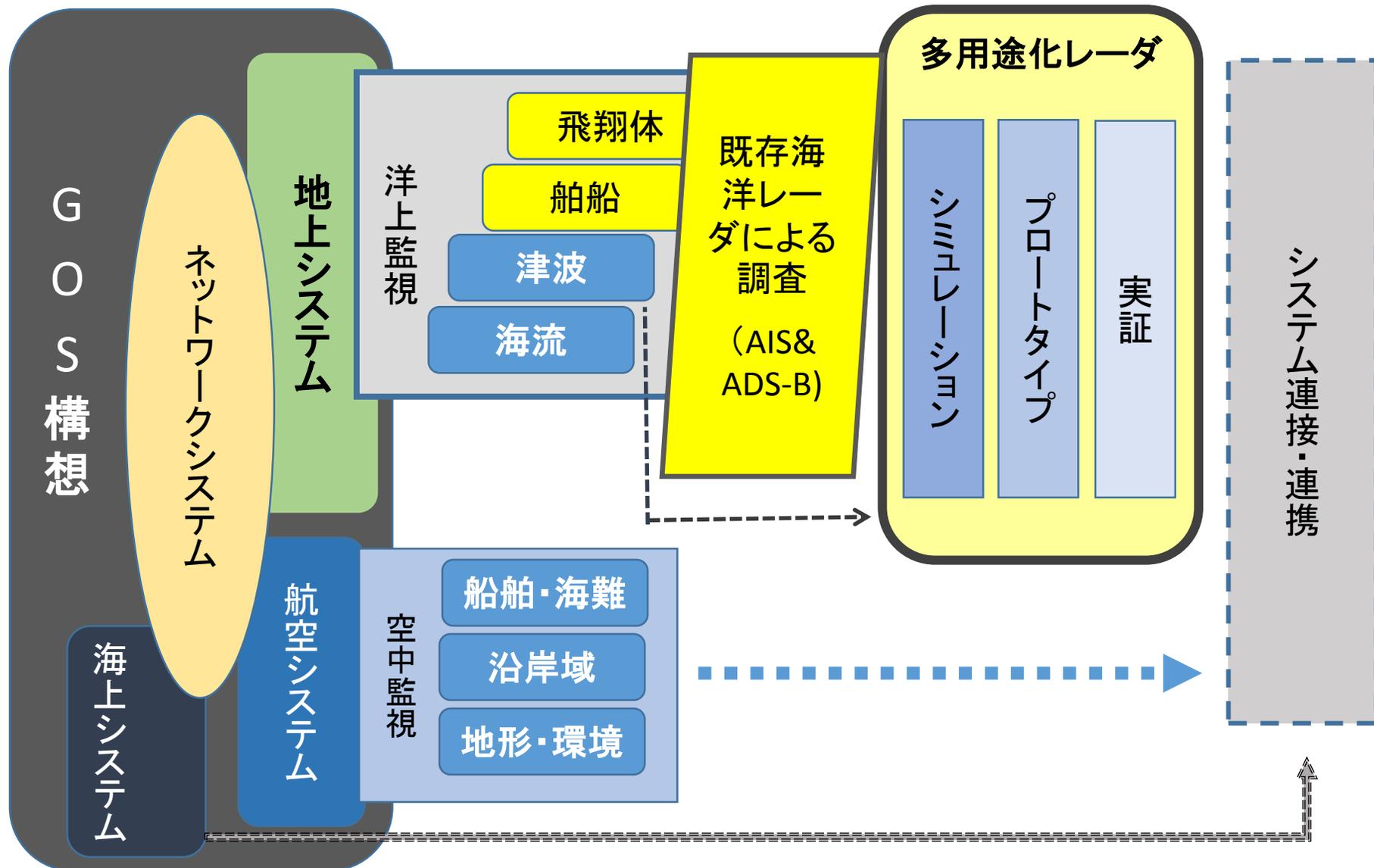
海域の監視

海難事故
救命対処
漂流物の予測把握
安全保障(EEZ内)
不審船・飛翔体検知
海洋資源保全
海底資源域の洋上監視
資源調査発掘作業支援
洋上風力発電

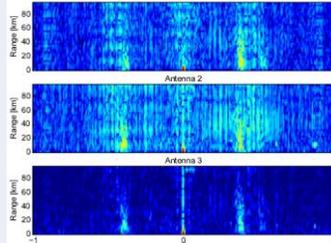
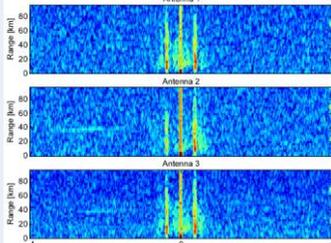
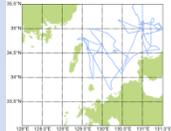
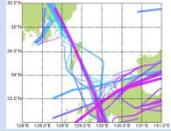


大規模国土海洋監視システム(GOS)

海洋レーダ多用途化構想概念



海洋レーダによる調査の位置づけと内容

年度		25	26	27	28～
項目					
テーマ		調査構想	船舶検知	航空機検知	多用途化レーダ構想
取得データ	レーダ	既存海洋レーダを活用 (九大応力研の海洋データ(CODAR社/SeaSonde))	CSQビデオ 	CSQビデオ 	試作レーダ及び航空機搭載受信データ等
	標的	対馬・壱岐の周辺空・海域の航行物体	AIS航跡 (新青丸にて収集) 船舶 	ADS-B航跡 (ENRIによる収集) 航空機 	プログラム飛行の小型無人機及び試験船舶
評価要領		シミュレーション予測データの照合解析	CSQとAIS照合 シミュレーション補足 課題提示	CSQとABS-B照合 シムレーション補足 課題提示	アルゴリズムの有効性評価検証 シミュレーションによる補完

ADS-Bと航跡データの活用

◆ ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

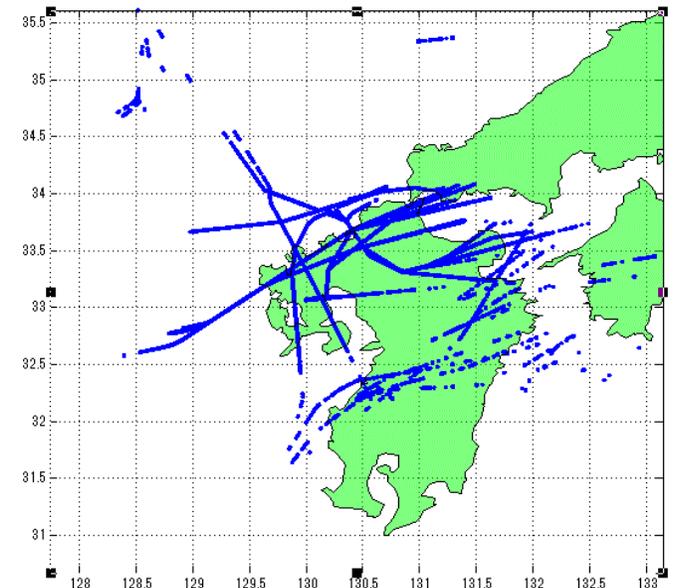
航空機から絶えず、現在の位置と高度を放送(1090MHz)するシステム
航空機自ら監視情報(識別、位置、速度、経路意図等)を
多数の監視者にデータリンク(SSR mode S等)で一括送信
(本来はディスペッチャー向けシステム)

◆ データの活用

電子航法研の(ADS-B監視)データ及び
九大応力研(海洋レーダ)データを照合

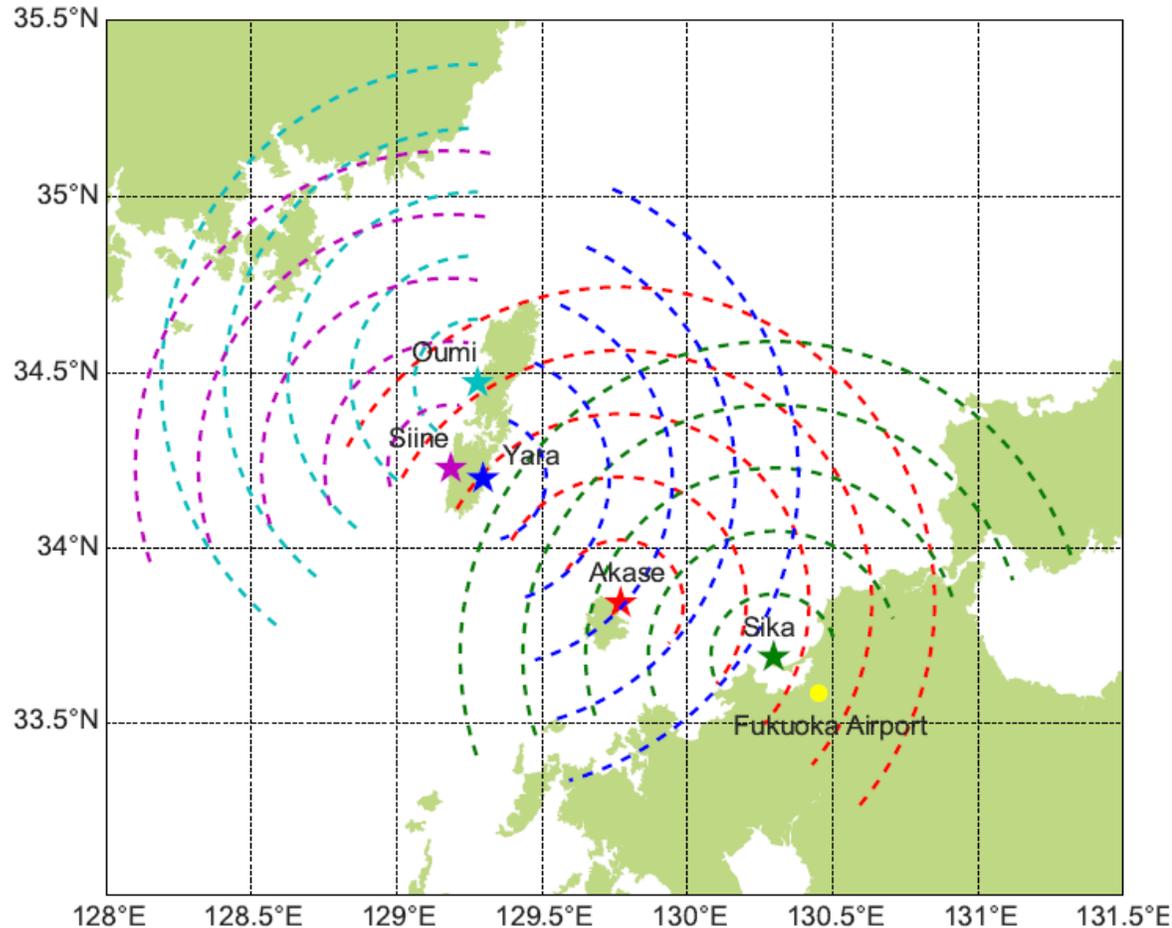


ADS-B搭載航空機



ENRI取得監視データ

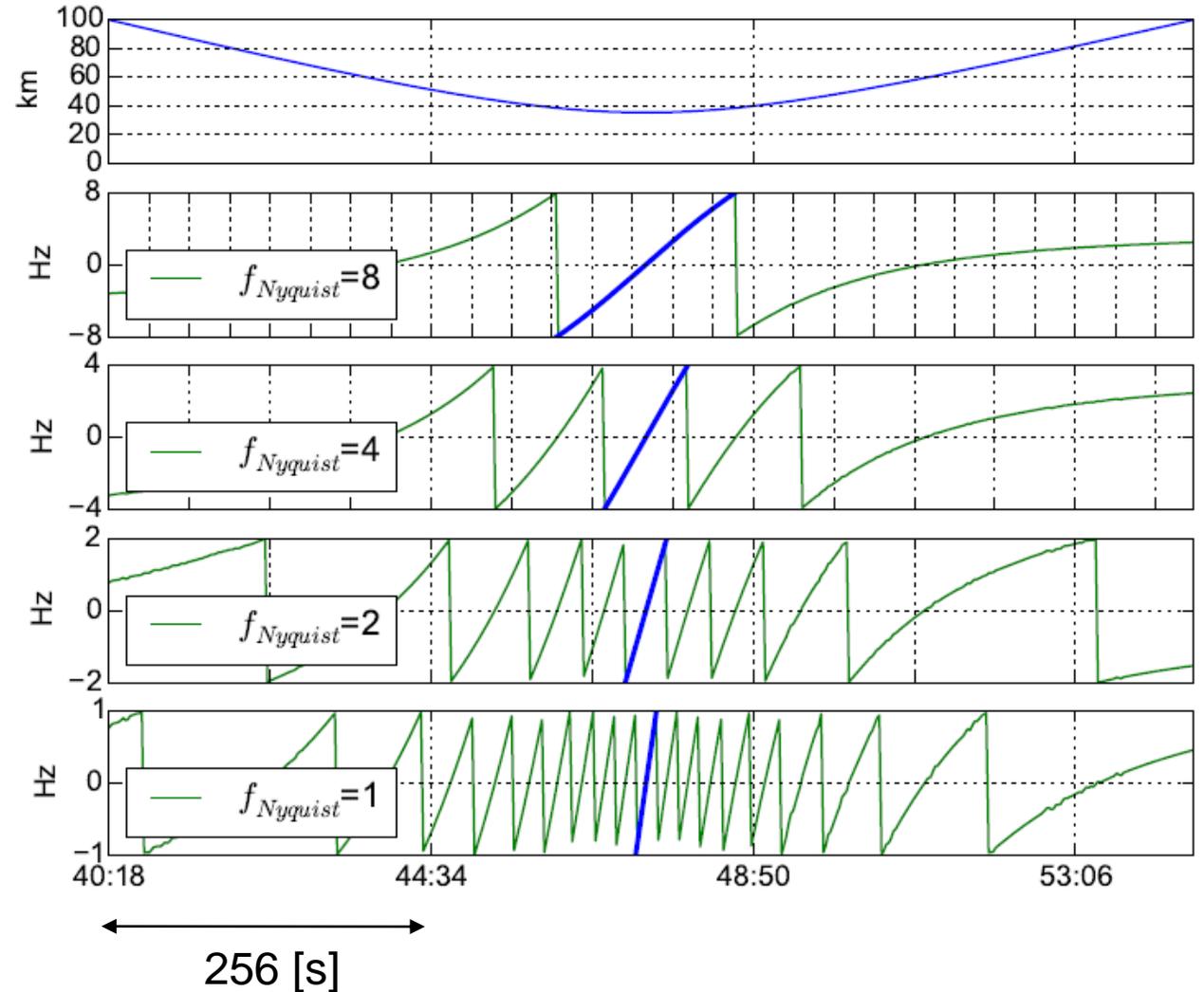
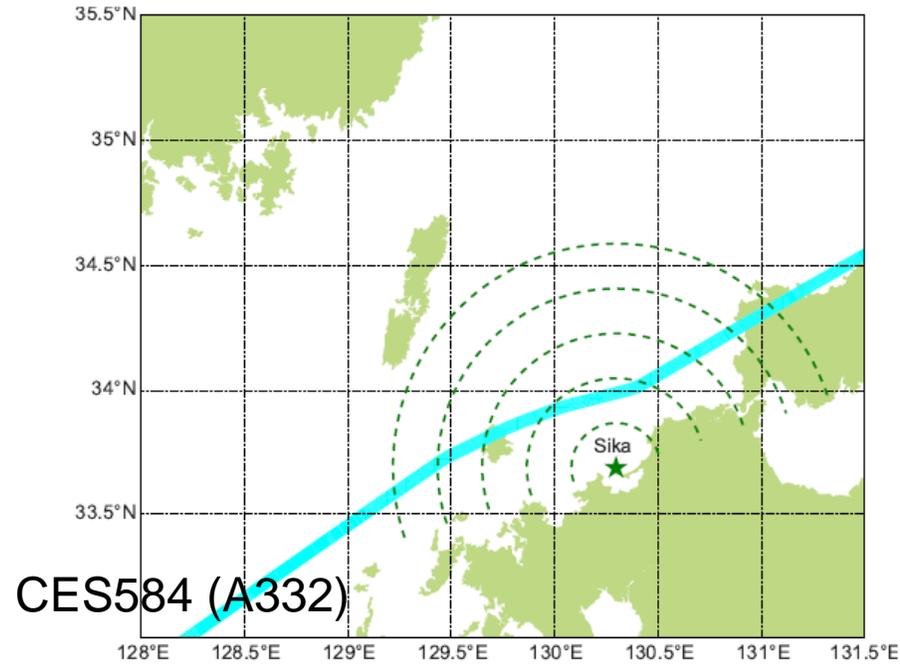
観測期間とレーダーの設定



	2015/08/17	2015/08/18	2015/08/19	2015/08/20
観測時間	05:00~10:00	05:00~10:00	05:00~11:30	05:00~10:00

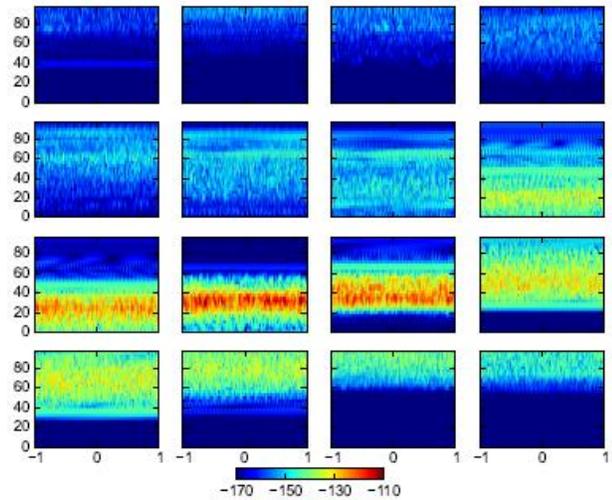
	17日	18日	19日	20日
スweepレート [Hz]	2	4	8	16
ナイキスト周波数 [Hz]	1	2	4	8
データの間隔 (512 FFT bins) [s]	256	128	64	32
出力間隔 (512/4 bins) [s]	64	32	16	8

スweepプレートについて (1/2)

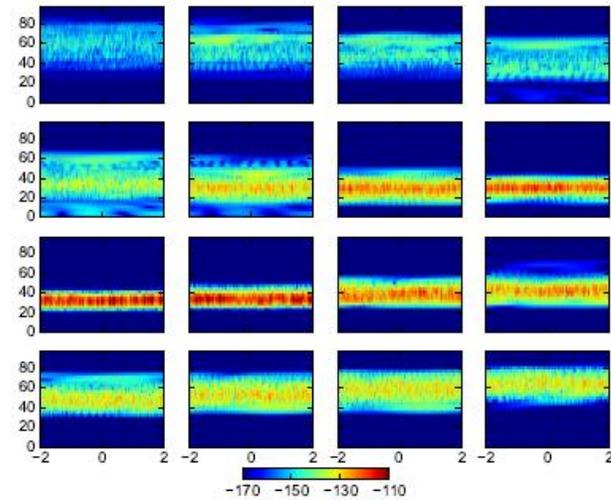


スweepプレート [Hz]	2	4	8	16
ナイキスト周波数 [Hz]	1	2	4	8
データの間隔 (512 FFT bins) [s]	256	128	64	32
出力間隔 (512/4 bins) [s]	64	32	16	8

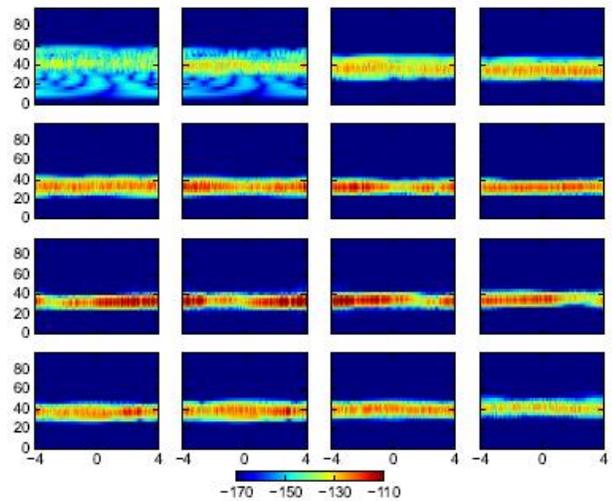
スワイププレートについて (2/2)



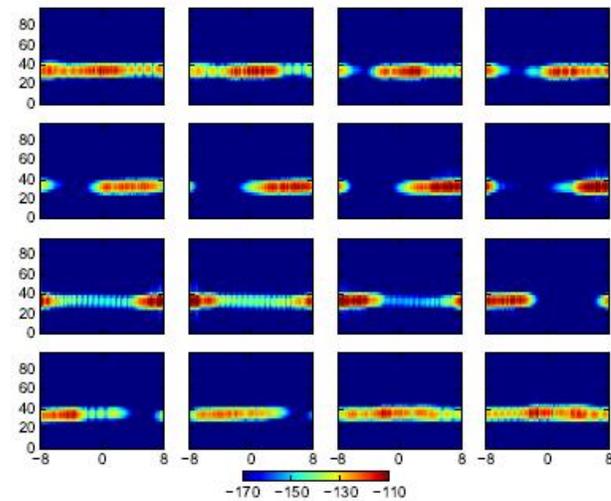
(a) 2Hz



(b) 4Hz



(c) 8Hz



(d) 16Hz

受信電力のシミュレーション

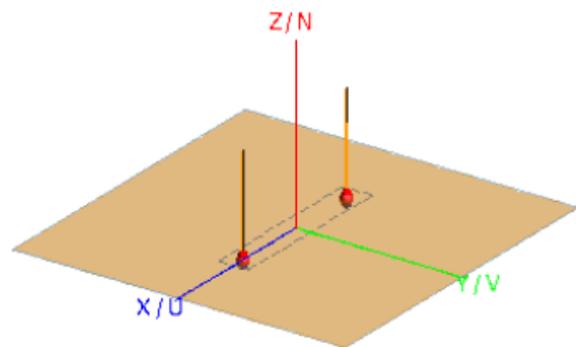
受信電力 P_r :

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R_t^2 R_r^2 L} \text{ [W]}$$

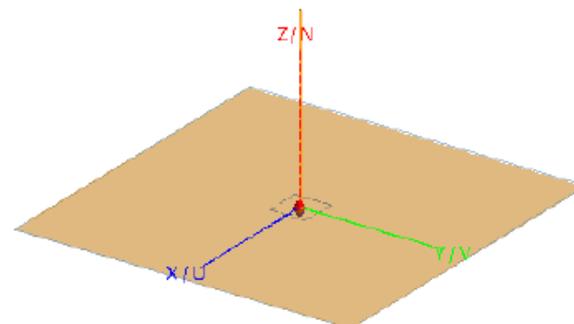
- P_t : 送信電力 → 未知(ただし一定)
- G_t : 送信アンテナのゲイン → シミュレーション (2素子アレー)
- G_r : 受信アンテナのゲイン → シミュレーション (モノポール)
- λ : 波長 → 21.5m ($f_c=13.946\text{MHz}$)
- σ : ターゲットの散乱断面積 (RCS) → シミュレーション
- L : 損失 (空間, ケーブル, etc.) → 未知(ただし一定)
- R_t : 送信アンテナとターゲットの距離 → ADS-B
- R_r : 受信アンテナとターゲットの距離 → ADS-B

P_r の相対値なら計算可能
実測値と比較し検出限界を評価

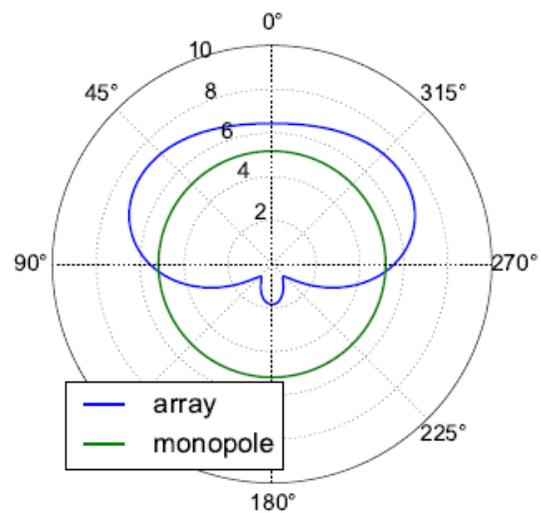
アンテナのゲイン



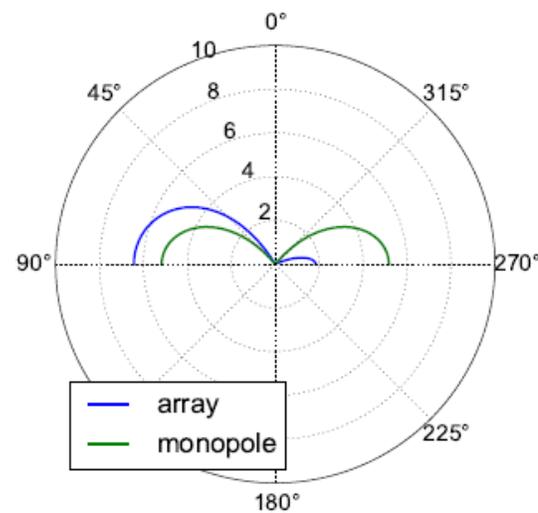
(a) 2素子アレーアンテナ (送信)



(b) モノポールアンテナ (受信)

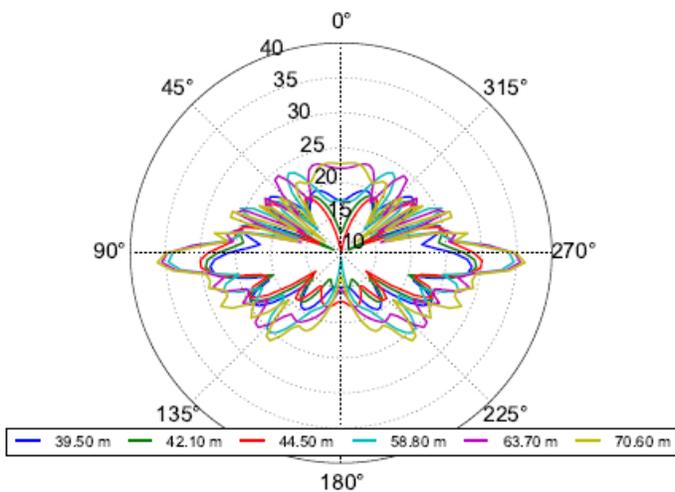


(c) 水平パターン $\theta = 90^\circ$

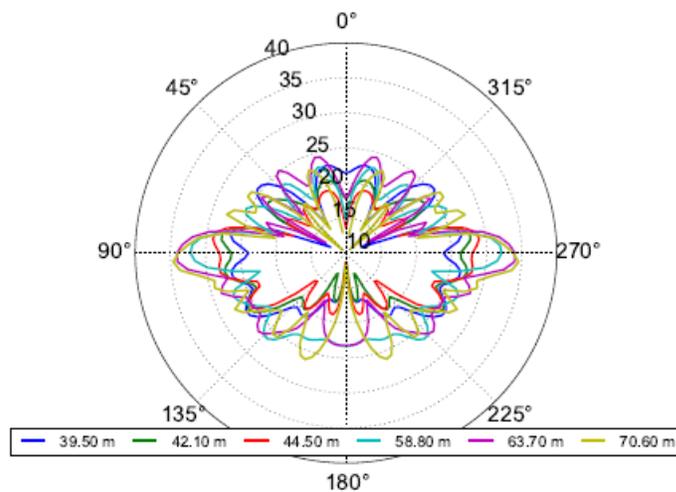


(d) 垂直パターン $\phi = 0^\circ$

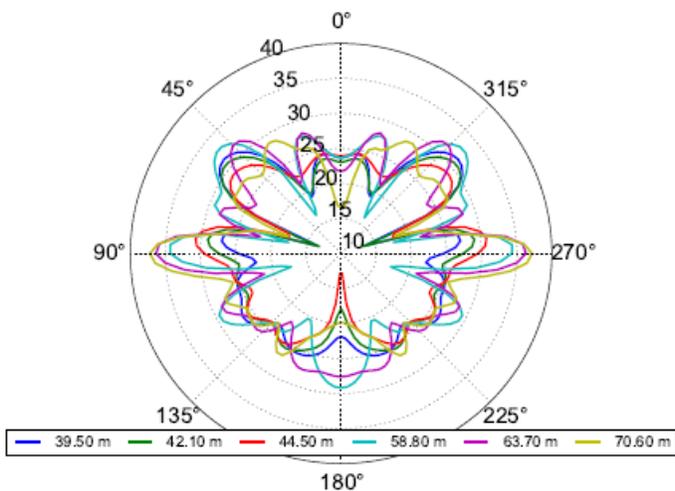
航空機のRCS



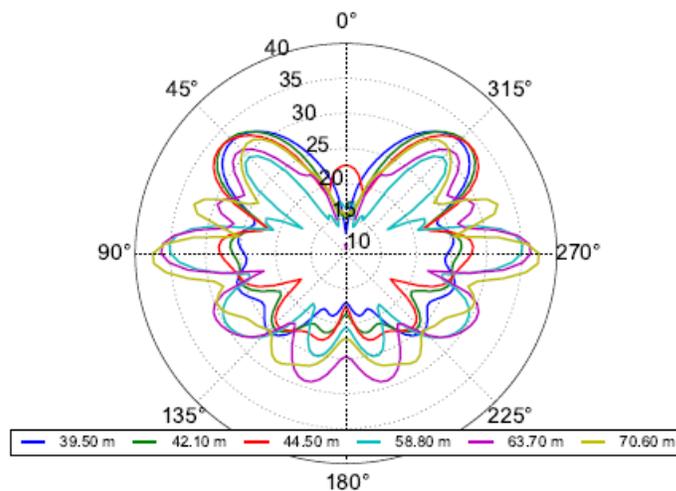
(a) 仰角 : 0°



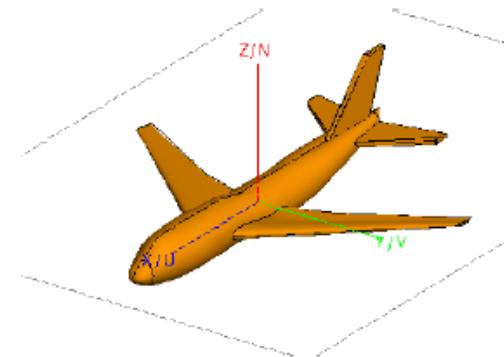
(b) 仰角 : 15°



(c) 仰角 : 30°



(d) 仰角 : 45°



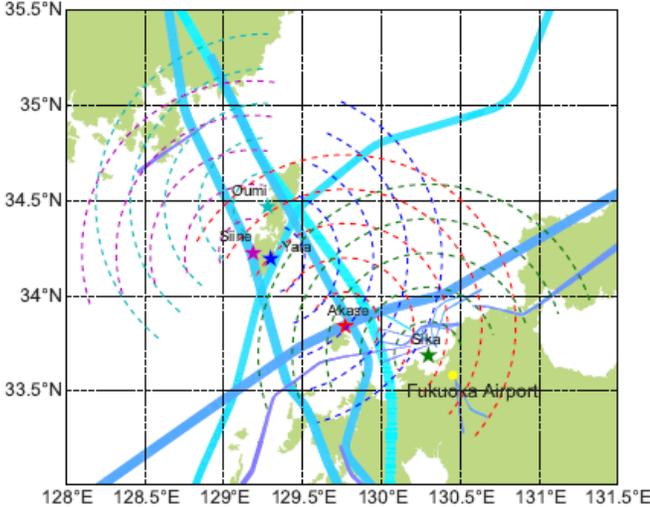
シミュレーションモデル

RCSは側面で最大

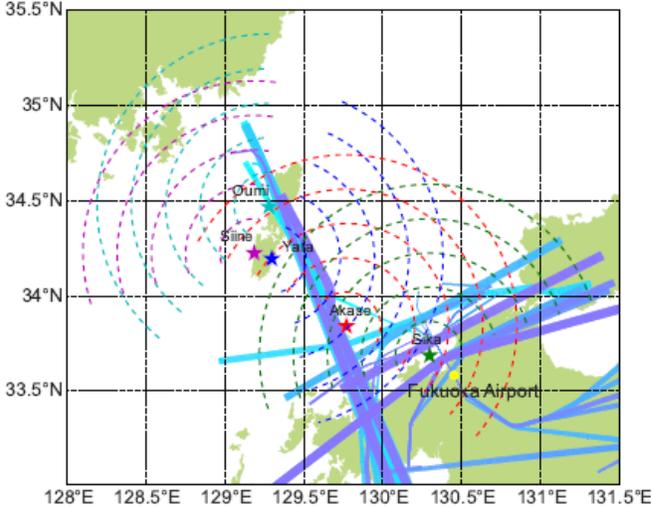


レーダーサイト付近を横切るとき
受信電力が最大

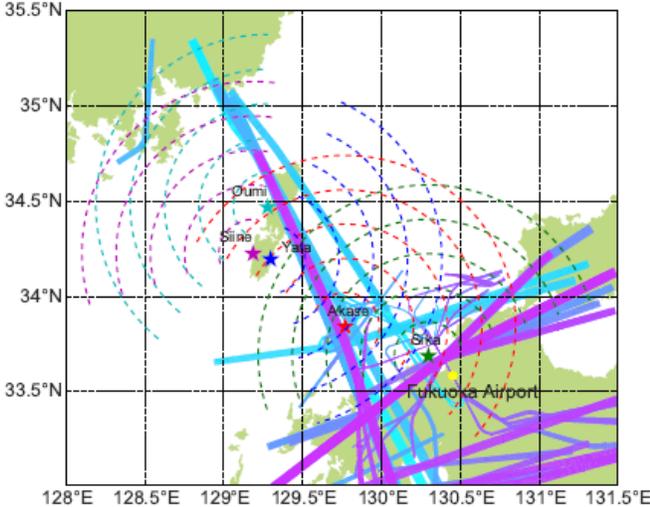
ADS-Bの受信状況



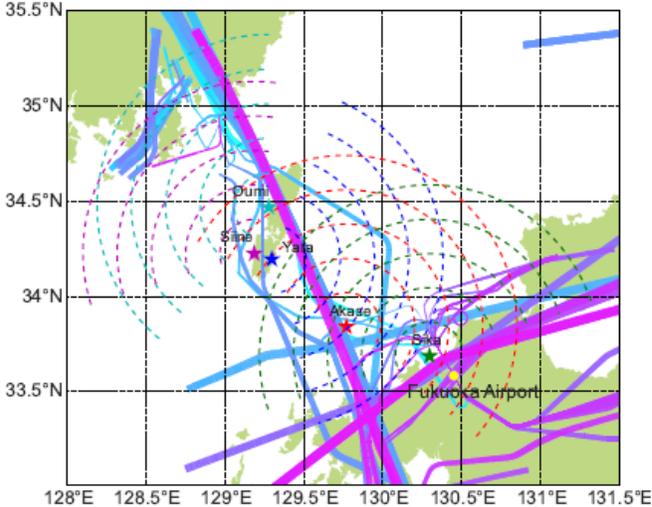
(a) 17日 (19 航路)



(b) 18日 (42 航路)

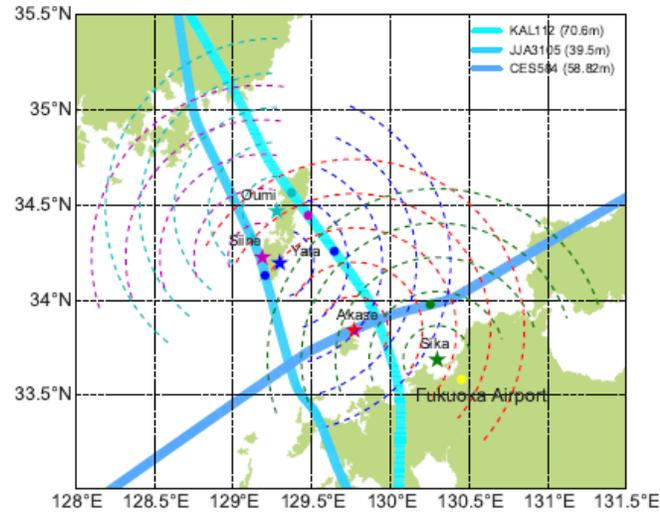


(c) 19日 (71 航路)

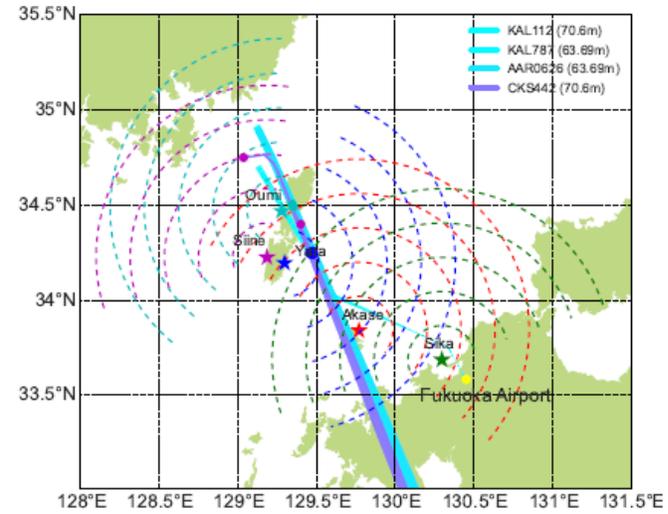


(d) 20日 (75 航路)

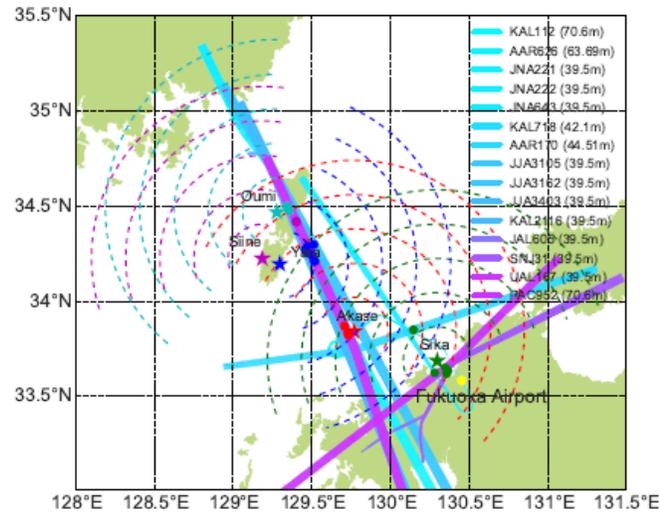
検出できた航空機 (1/2)



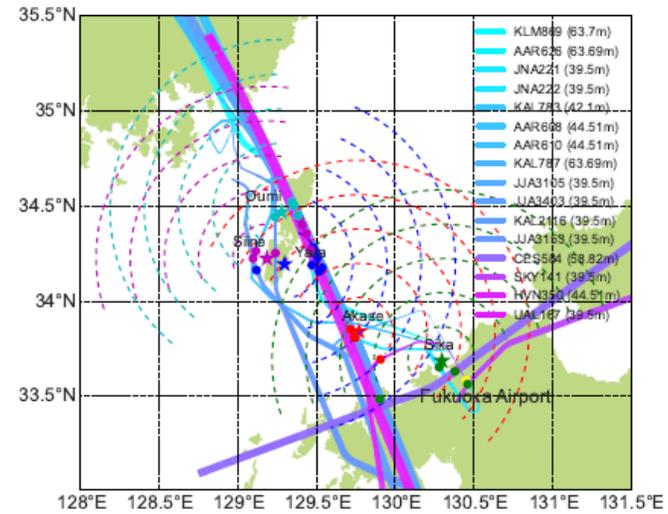
(a) 17日



(b) 18日

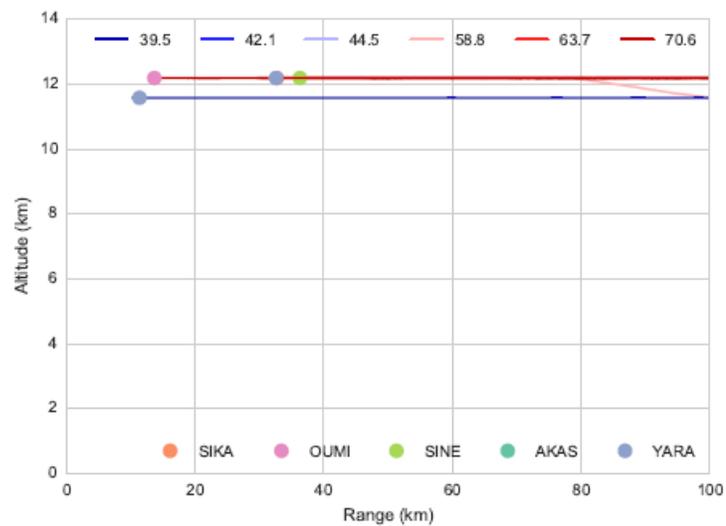


(c) 19日

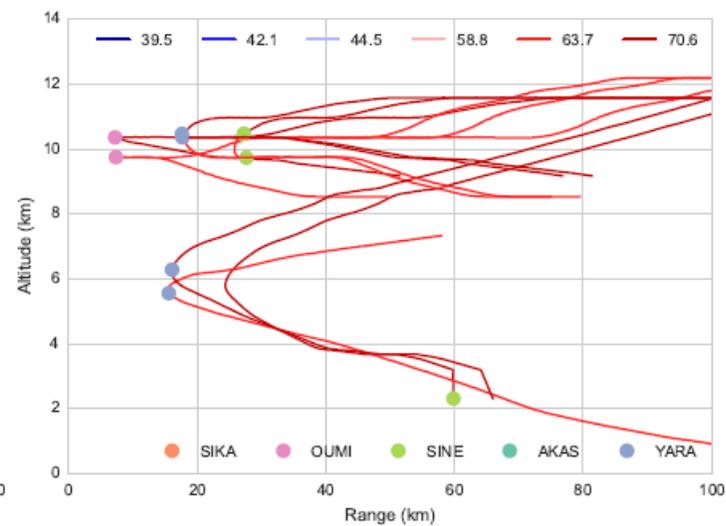


(d) 20日

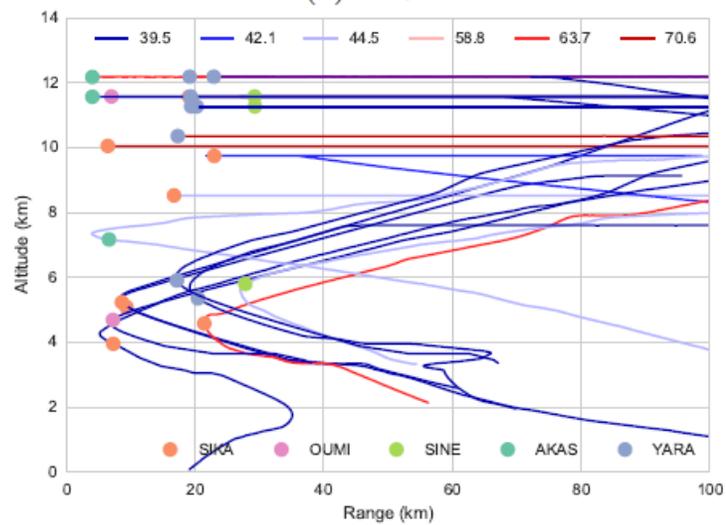
検出できた航空機 (2/2)



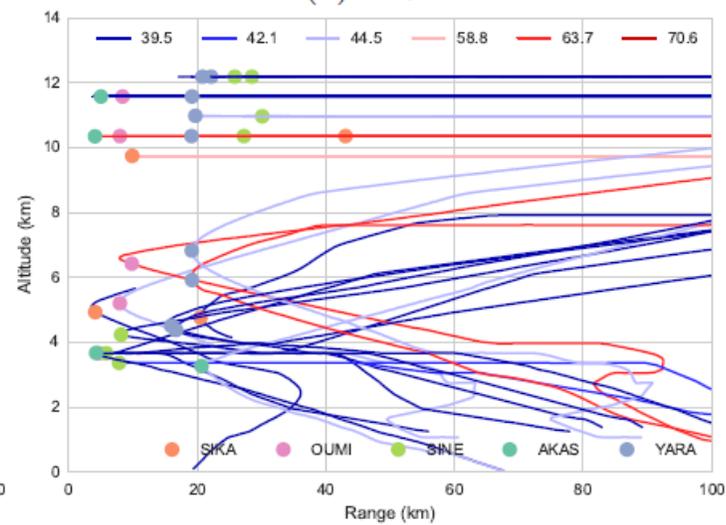
(a) 17日



(b) 18日

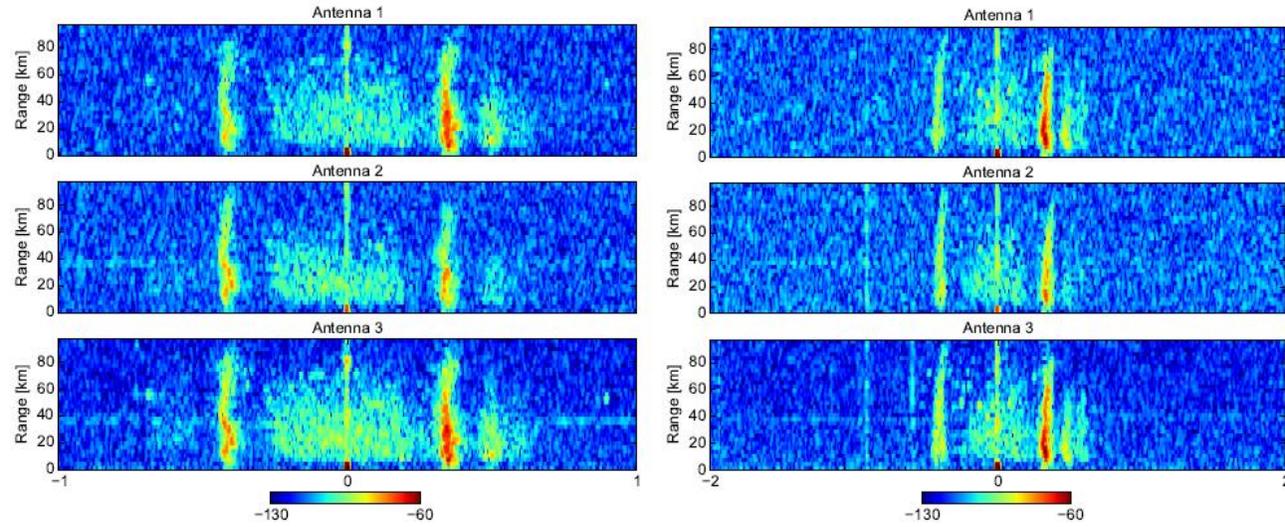


(c) 19日



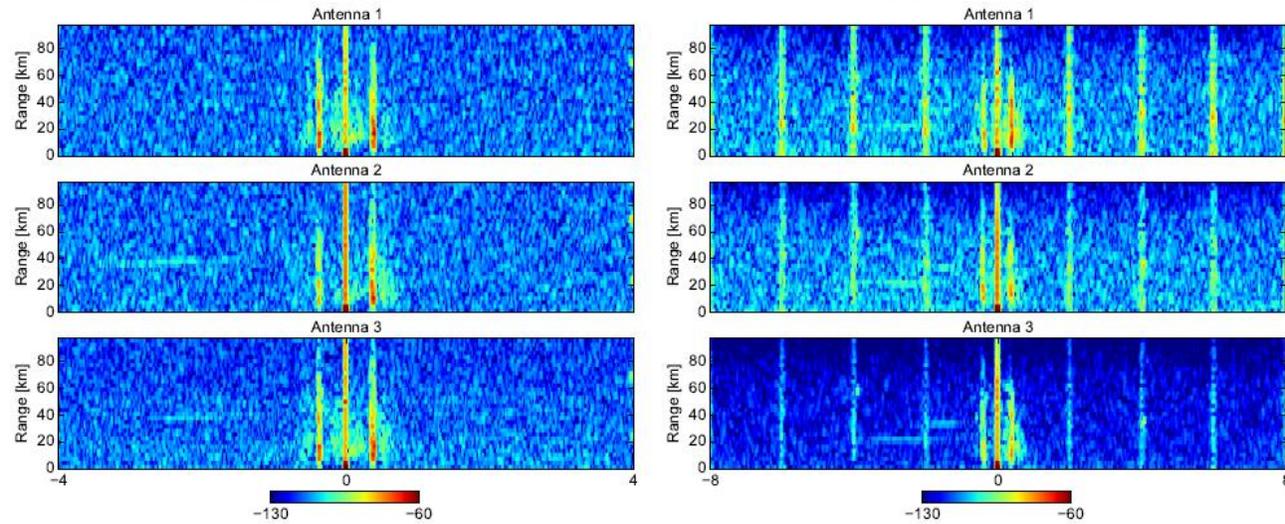
(d) 20日

スペクトルに表われた反射



(a) 17日 椎根

(b) 18日 椎根

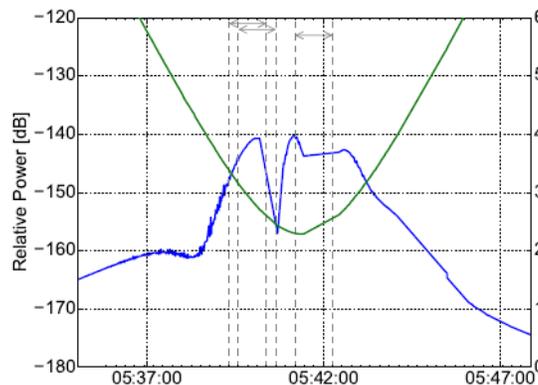
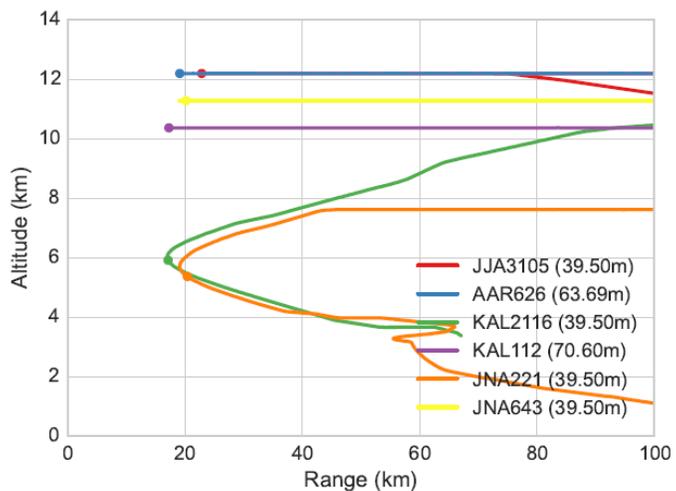
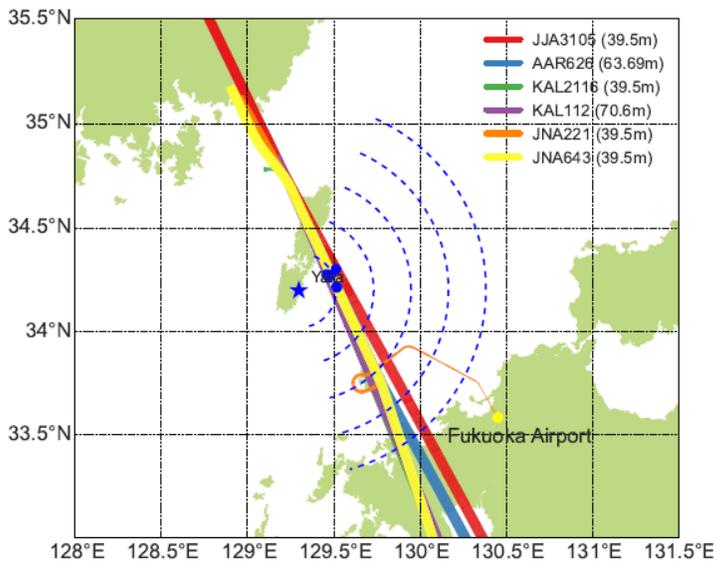


(c) 19日 野良

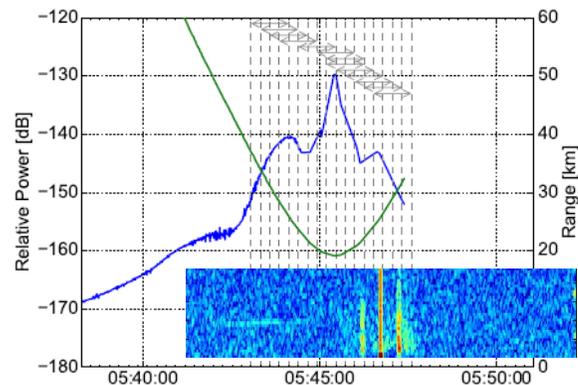
(d) 20日 野良

受信電力

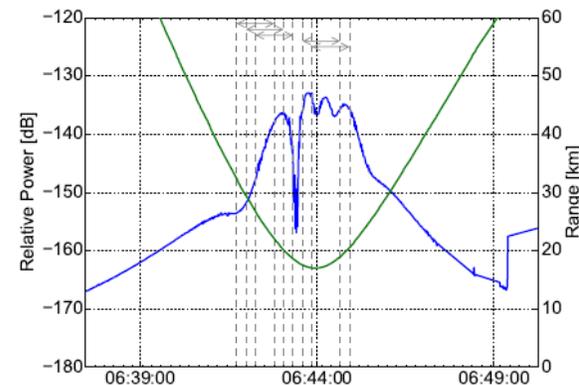
19日



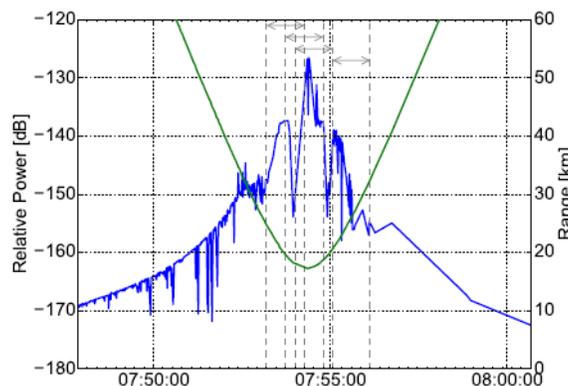
(a) JJA3105



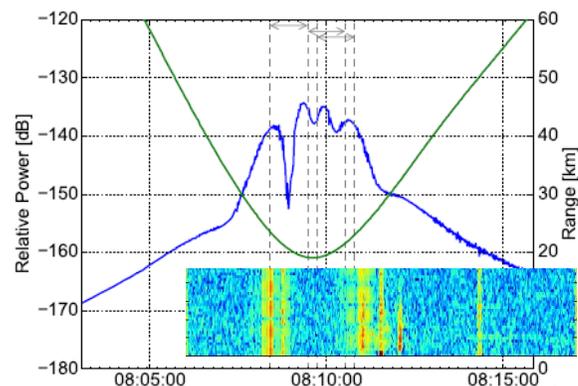
(b) AAR626



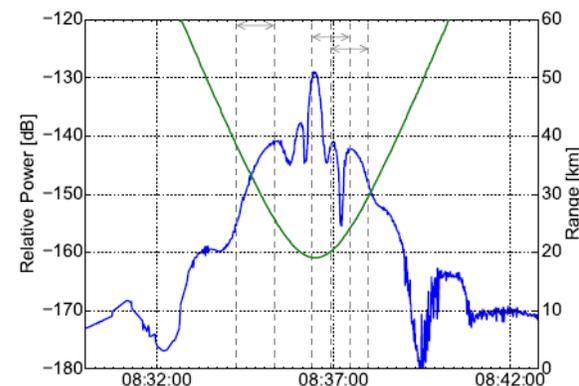
(c) KAL2116



(d) KAL112



(e) JNA221



(f) JNA643

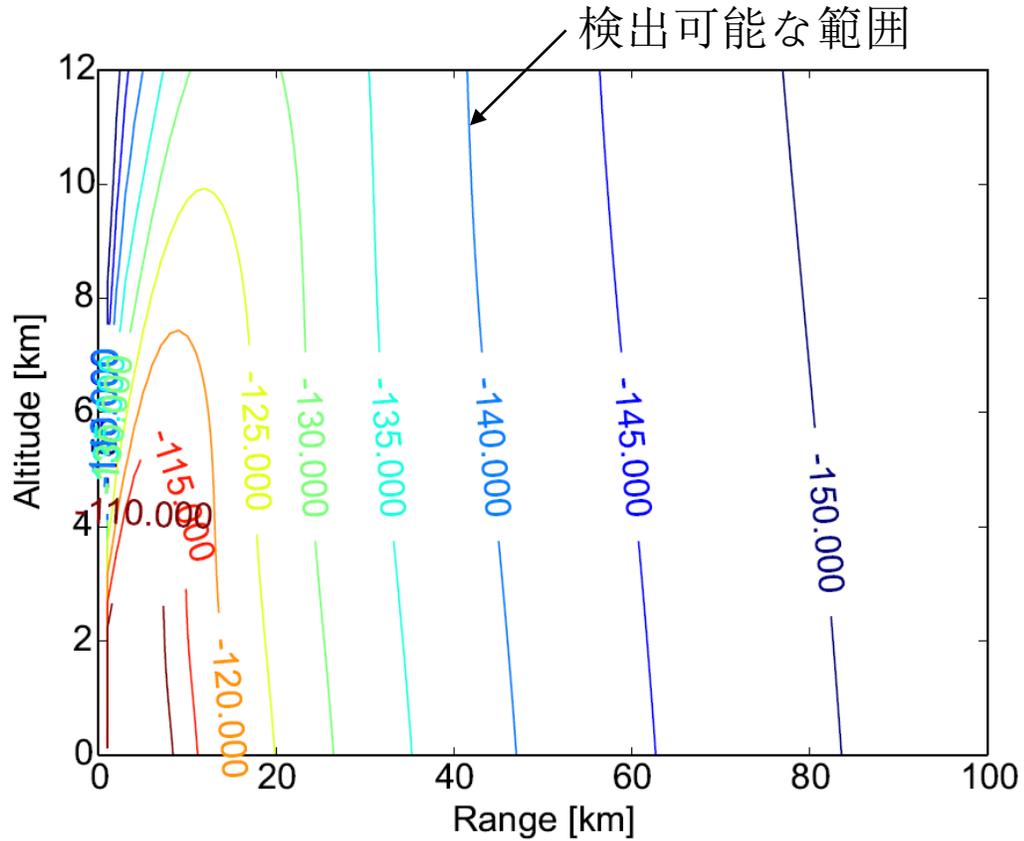
ノイズ小

ノイズ大

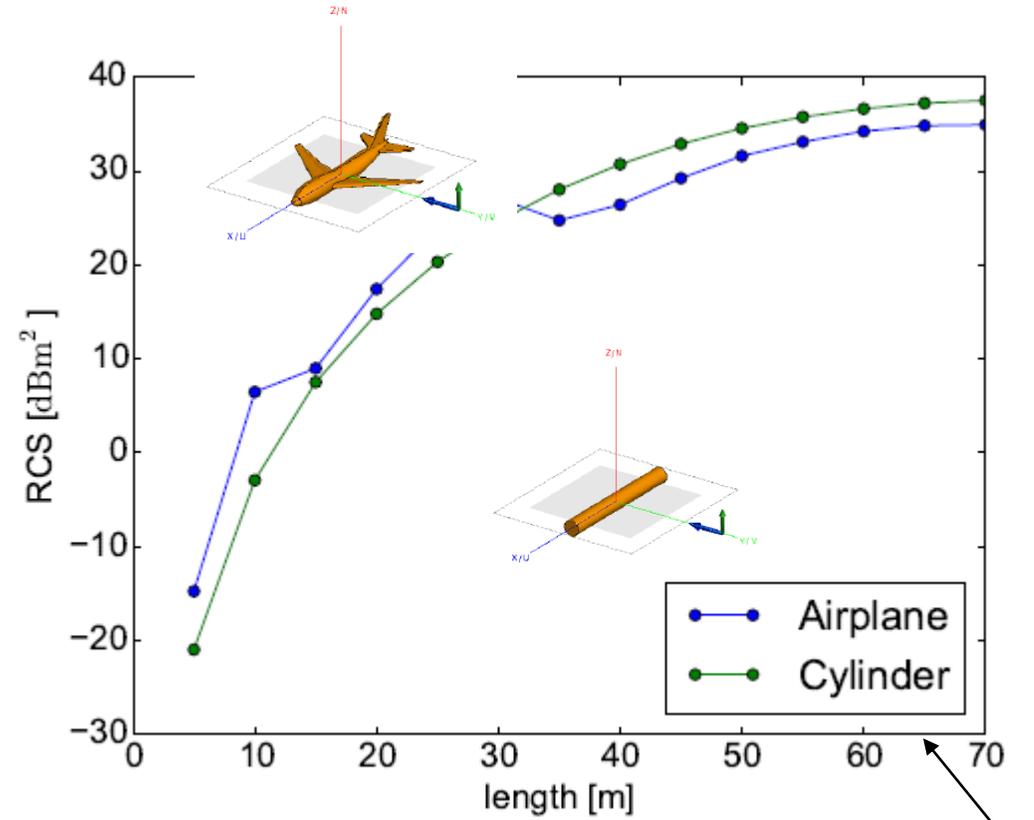


相対電力-140dBが検出の限界

検出可能な範囲



AAR626(全長63.7m)のRCS(側面)をもとに計算



AAR626
(63.7m)

まとめ

- 既存海洋レーダによる航空機検知は可能
有効反射面積が大又は近傍航行の航空機は検知
全長63.9mで45km圏内、39.5mで25km圏内
- 目標検出にはハード及びソフト両面の改善が必要
- 多用途型の海洋レーダ開発を提案する