

2022年6月 令和4年度 電子航法研究所研究発表会（2022年6月17日）於 オンライン

# 航空機内データ通信および 電波高度計の電磁環境評価に 関する研究開発

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

# 発表内容

## ■ 研究背景と目的

- 航空機内データ通信 (Wireless Avionics Intra-Communication、WAIC) システムと電波高度計

## ■ WAIC周波数帯電磁干渉推定技術の開発

## ■ 電波高度計およびWAIC放射特性評価

## ■ 電波高度計への干渉経路損失測定

## ■ 電波高度計の電磁干渉特性測定

## ■ まとめ

# 研究背景①

## ■ 航空機内データ通信 (WAIC) システム

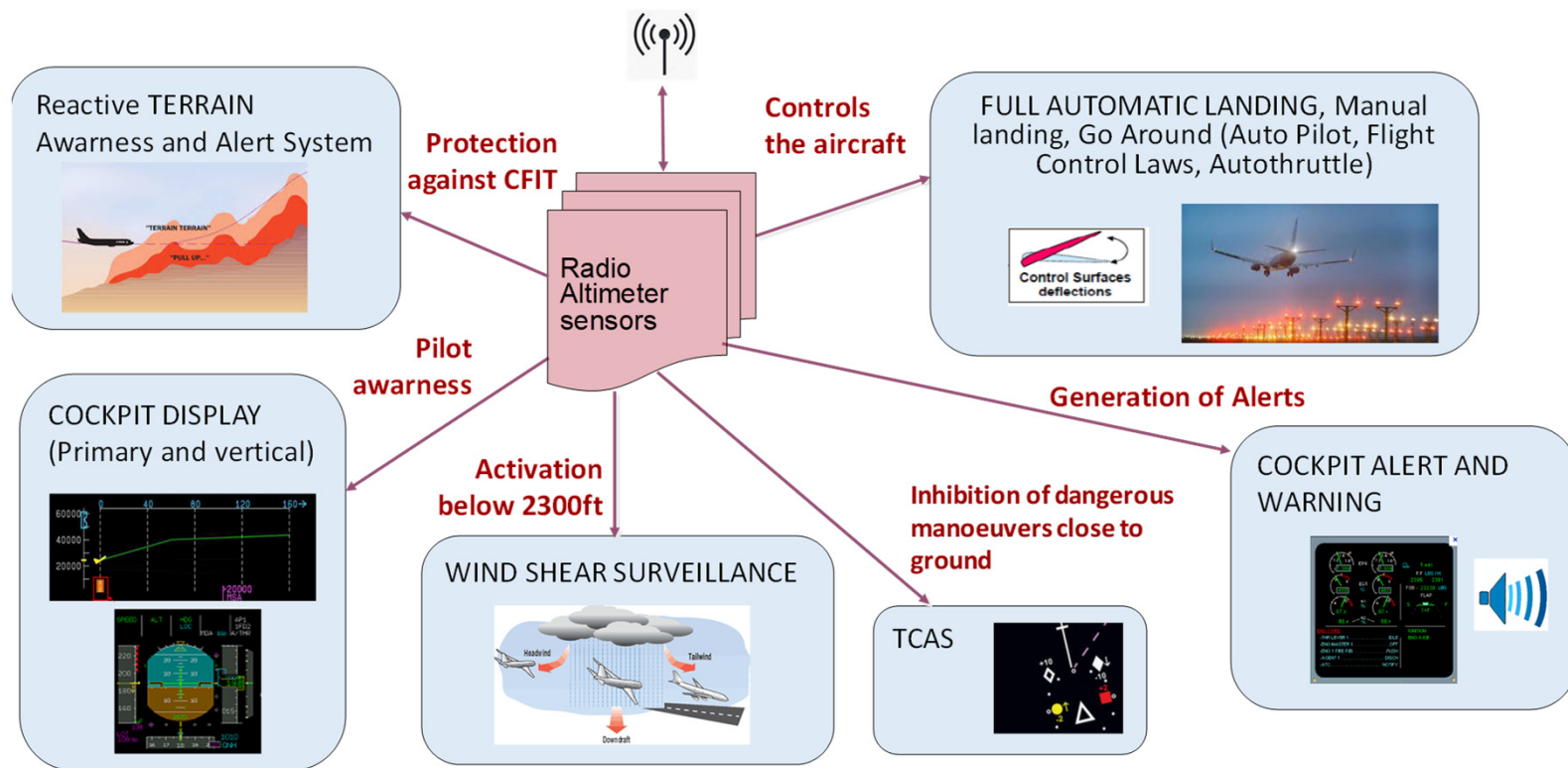
- 航空機内のセンサ等の情報について、4 GHz帯(4.2 GHz～4.4 GHz)を用いた通信システムによる無線化を検討中
- 航空機内の配線を無線化することで重量低減・運行効率化が可能となるが、同一周波数帯を用いる電波高度計との共用条件、WAIC機器認証法、耐干渉対策が必要

WAIC機器および電波高度計の電磁環境評価に関する研究

# 研究背景②: 航空機電波高度計

## ■ 電波高度計 (Radio Altimeter)

- 幅広い航空機で利用。各種アビオニクスシステム・機体機能への重要な情報源
- FMCW方式、Pulse方式の2種類
- 周波数: 4.2 GHz~4.4 GHz
- 航空機1機あたりの搭載数: 1~3台



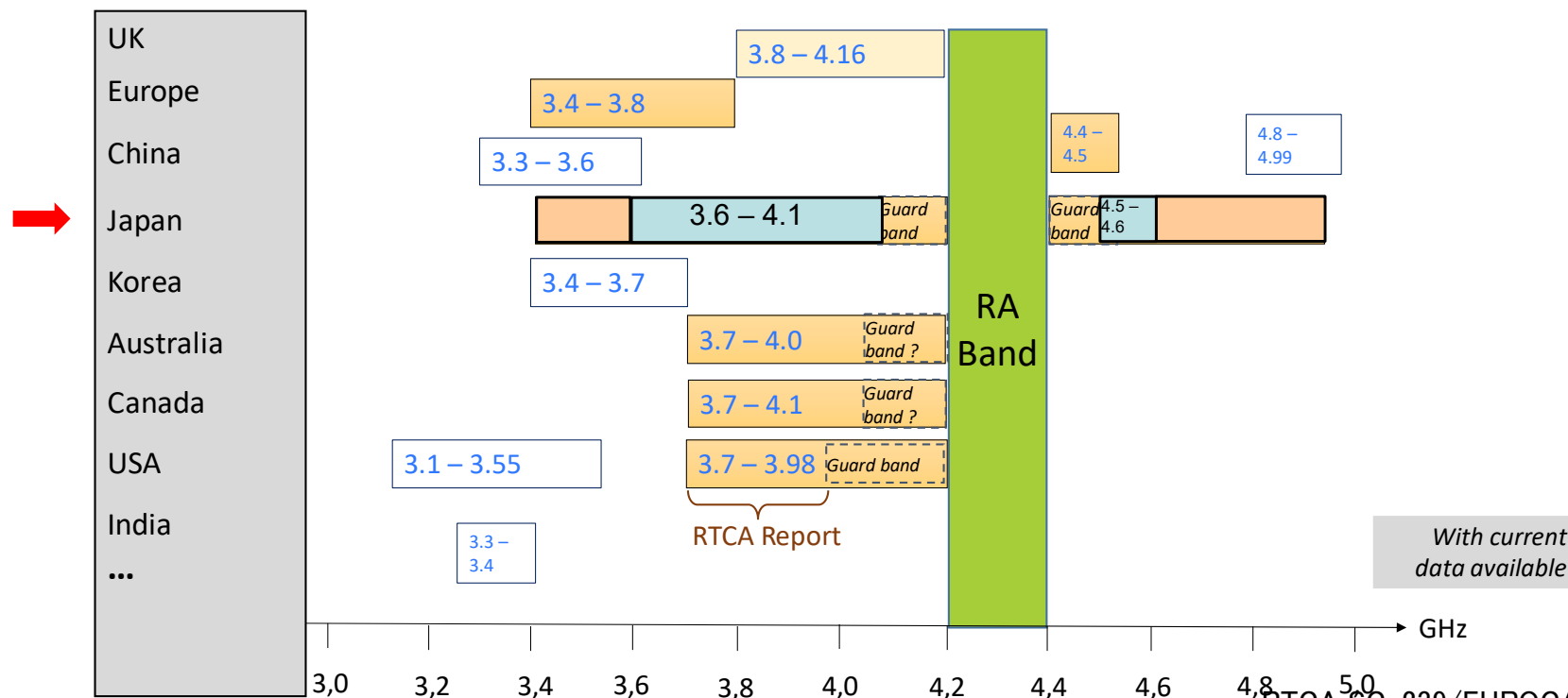
RTCA SC-239/EUROCAE WG-119資料

# 研究背景③：隣接帯域利用システム

## ■ 電波高度計周波数帯付近での電波利用

- Sub-6帯5Gモバイルシステム（隣接帯域）：世界的に隣接周波数帯に5Gモバイルシステムの導入が進捗

• Ongoing 5G Telecommunication Picture:



5Gモバイルシステムとの共用検討が必要

# WAIC機器の国際標準化動向

## ■ ITU(国際電気通信連合)

- 2015年に開催されたWRC-15において、4 GHz帯(4.2 GHz ~4.4 GHz)を1次業務としてWAIC機器に国際分配

※国内では上記を受けて、2016年12月に国内分配を変更

## ■ ICAO(国際民間航空機関)

- FSMP(周波数管理パネル)において、電波高度計とWAIC機器の共用条件に関するSARPs(標準および勧告方式)の策定作業を実施中

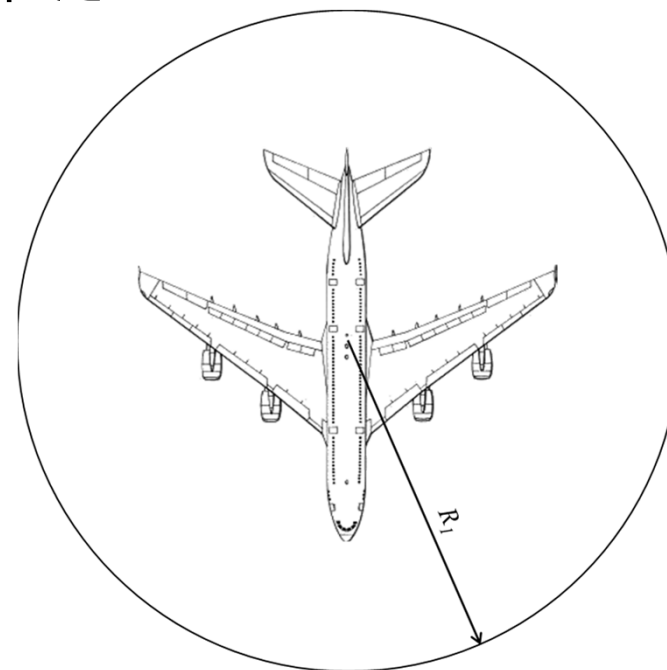
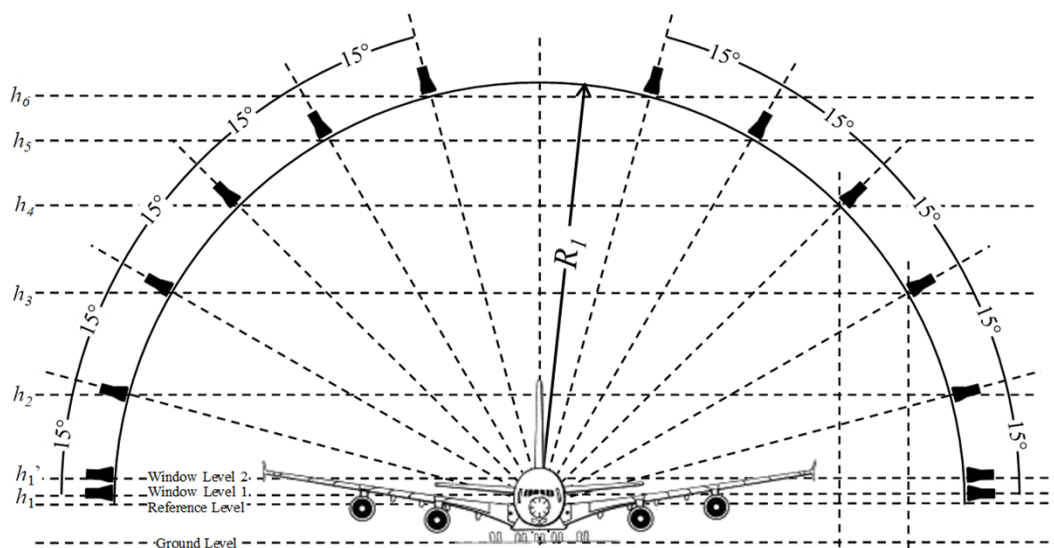
## ■ RTCA(米国航空無線技術委員会)およびEUROCAE(欧州民間航空装置機構)

- 2016年9月から合同でMASPS(最低性能要件)およびMOPS(最低運用要件)を策定するための委員会/作業班を開催

# WAIC機器の放射電力制限

## ■ 他の航空機の電波高度計に影響を与えないための電力制限

- WAIC MASPS RTCA DO-378/EUROCAE ED-260が2019年7月に発行され、WAIC機器からの放射電力は1機当たり航空機物理中心の点波源電力に換算して6 dBm/MHzを越えないこととされた



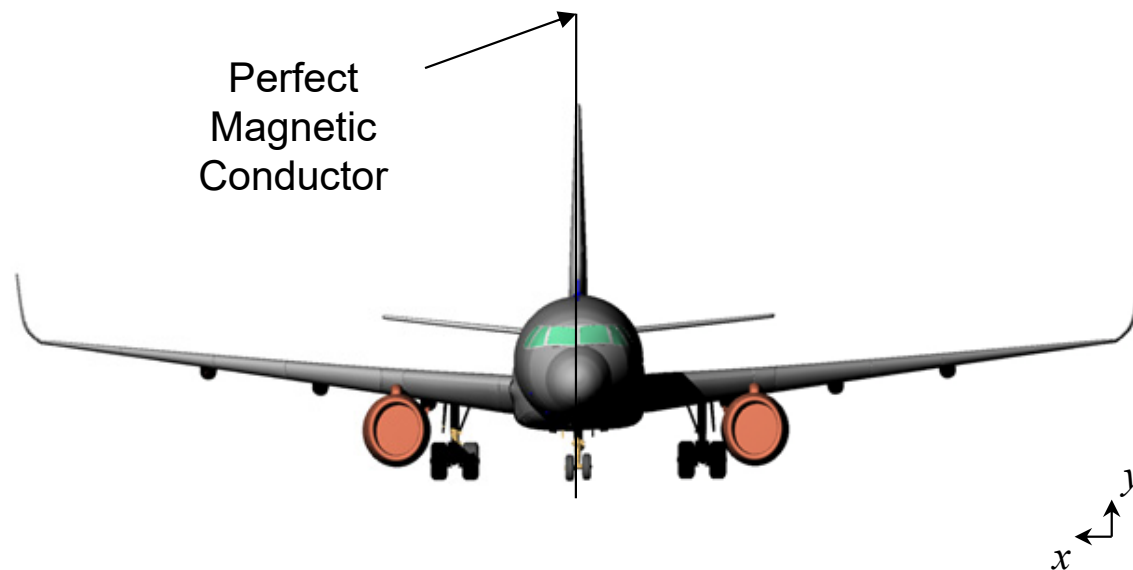
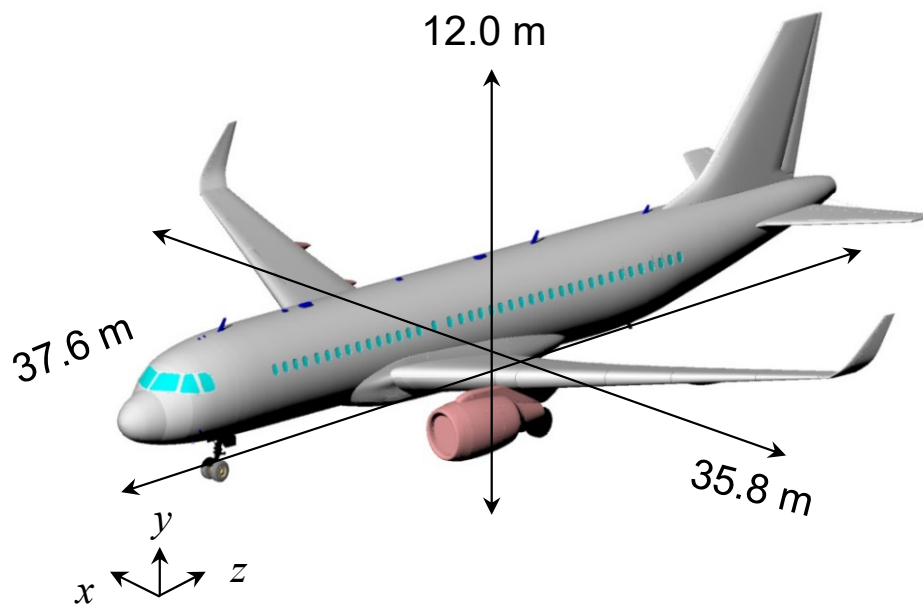
航空機物理中心の点波源電力の取得には航空機全周での詳細な電磁界強度測定が必要

電波高度計への干渉影響を避けるため、ICAOおよびRTCA/EUROCAEでは、WAIC機器の最大放射電力値の見直しを検討中(6 dBm/MHzから-20 dBm)

# 大型航空機の4 GHz帯電波伝播推定

## ■ 航空機電磁界伝搬特性推定

- ▶ 大型航空機においてもWAIC機器からの電磁波放射を評価可能とする技術を開発することで、電波高度計との干渉評価およびWAIC機器認証に活用
- ▶ 4 GHz帯における航空機電磁界特性を明らかにするため、時間領域差分法 (Finite-Difference Time-Domain method、FDTD) を用い、エアバス A320-200型機の3次元数値モデルを用いた電磁界数値解析を実施
- ▶ 航空機の寸法は、長さ36.7 m、幅35.8 mおよび高さ12.0 m

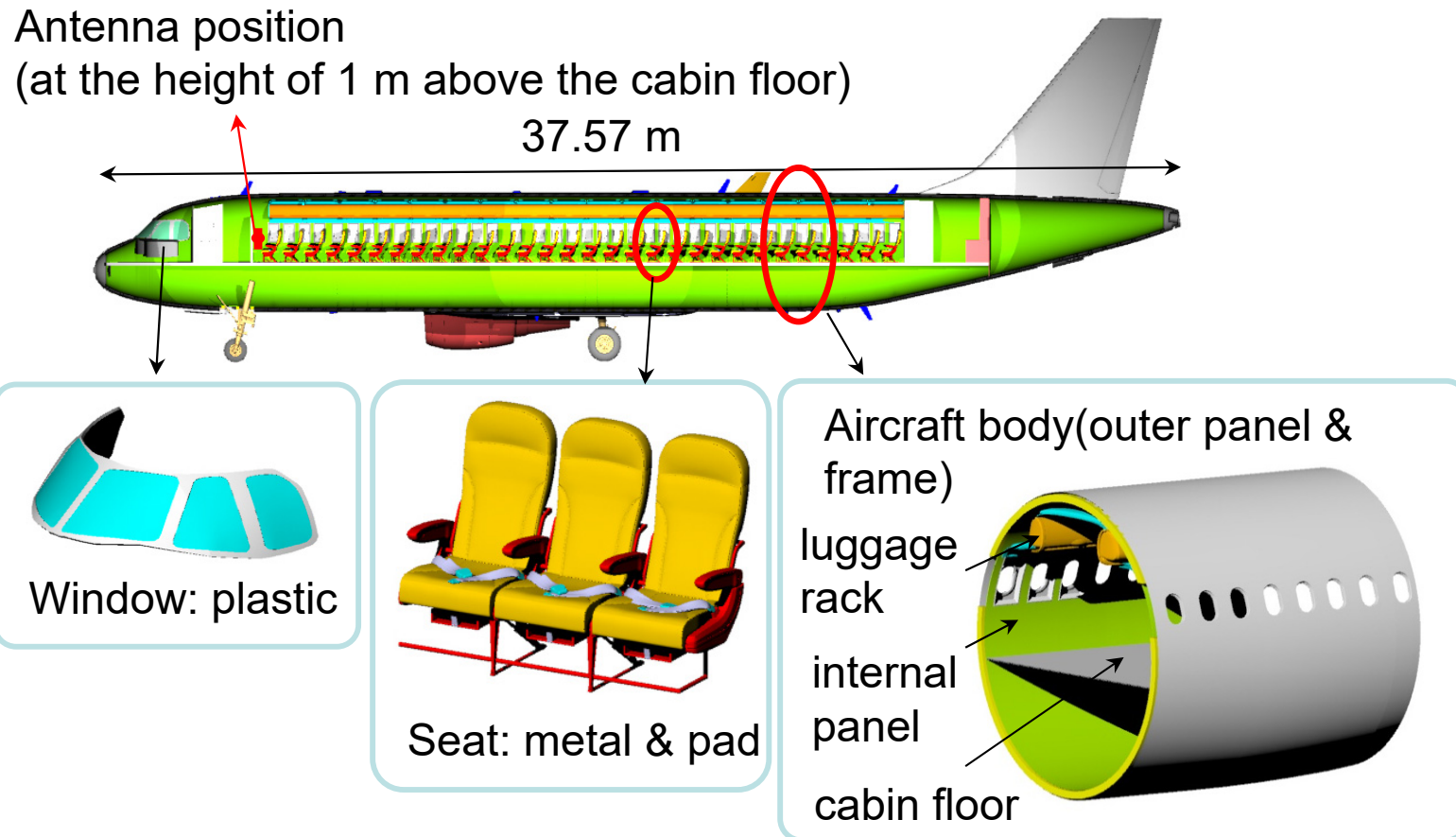




# A320-200数値モデル

## ■ 3次元航空機数値モデル

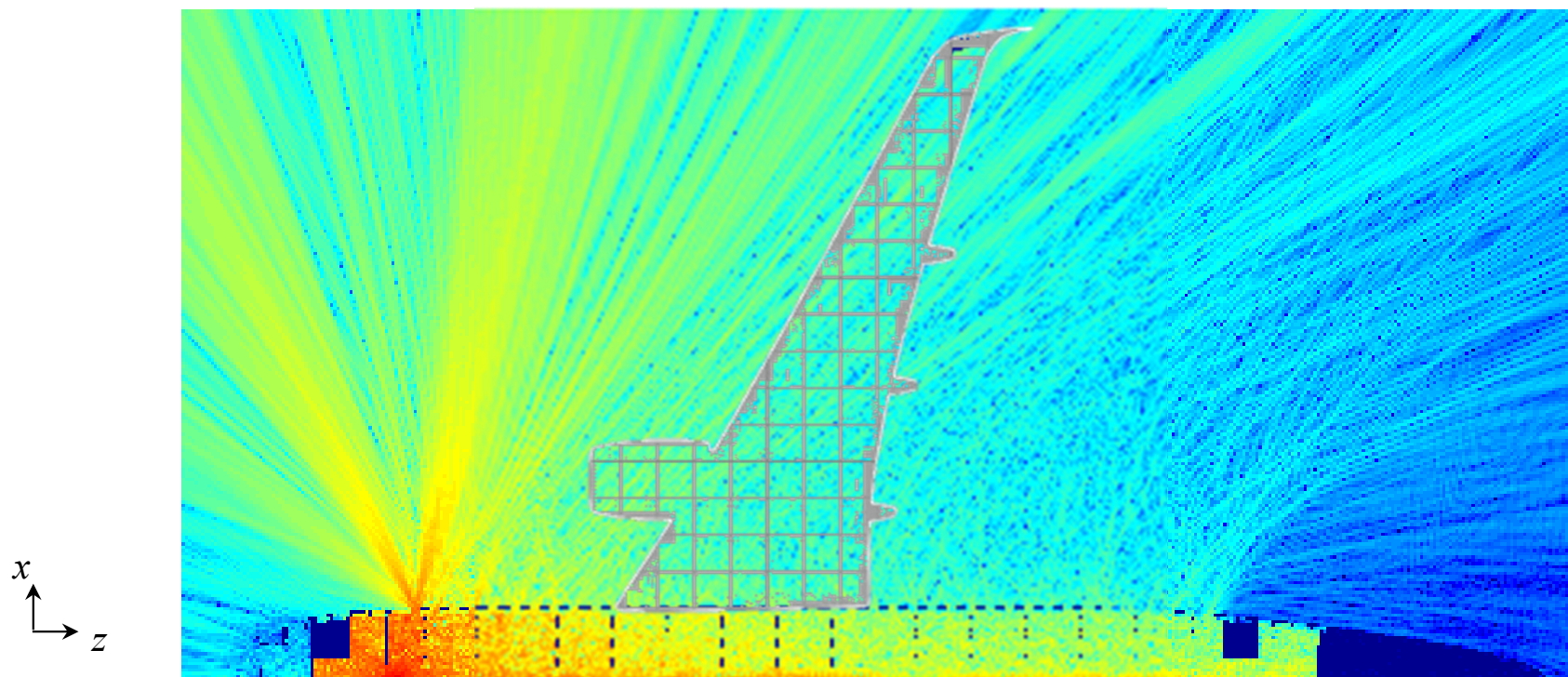
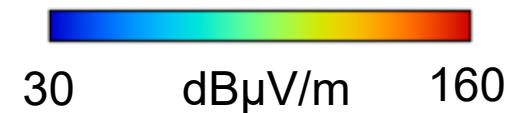
- 機内の金属部分は完全導体 (perfect electric conductor、P.E.C.) をモデル化。窓は10 mm厚みのプラスチック
- 機内パネルは10 mm厚みの電磁界損失媒体を設置



# 2次元電界強度分布の解析結果例

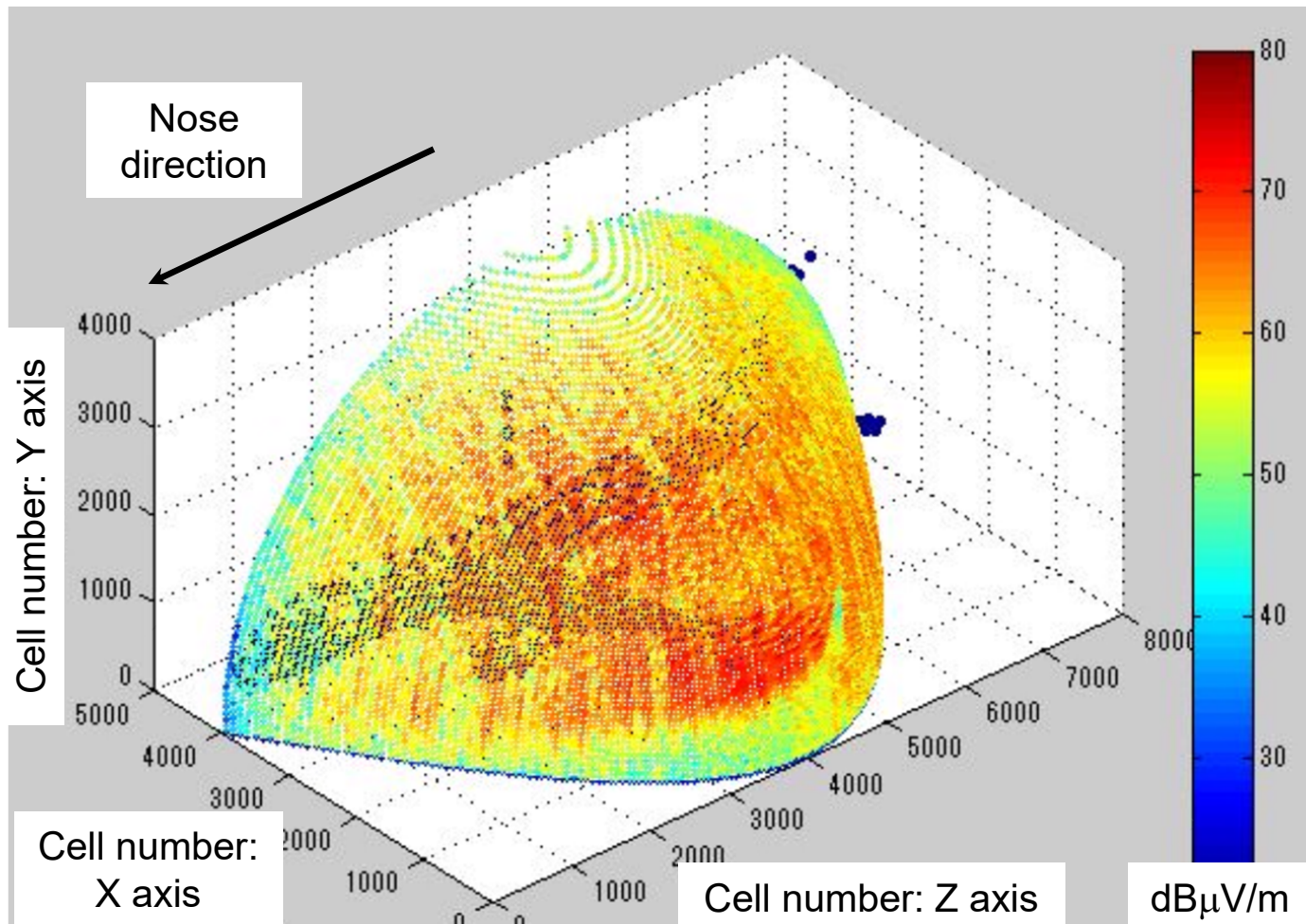
## ■ $xz$ 平面 (アンテナ設置高) における電界強度分布

Transmitting antenna is set 1 m above the floor



# 大型航空機全体を含む電磁界数値解析

## ■ 航空機を中心とした半球上における電界強度解析結果例



世界で初めて数値解析により詳細な球面評価を実現し、今後のWAIC周波数帯電磁環境評価での活用が期待

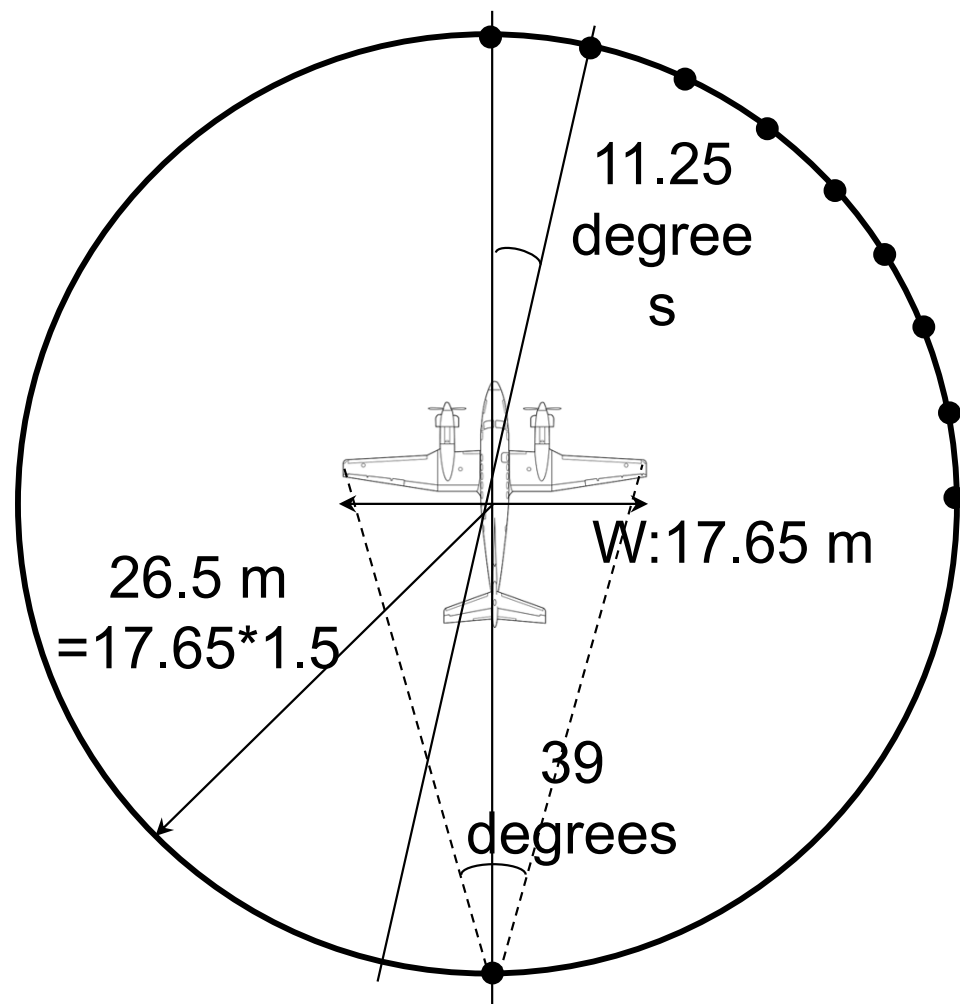
# WAIC周波数帯放射特性評価：対象航空機

## ■ ビーチクラフトB300型機 (King Air B350)



# 測定条件

## ■ アンテナ設置箇所および測定偏波



測定半径: 26.5 m

受信アンテナ偏波:  
垂直および水平

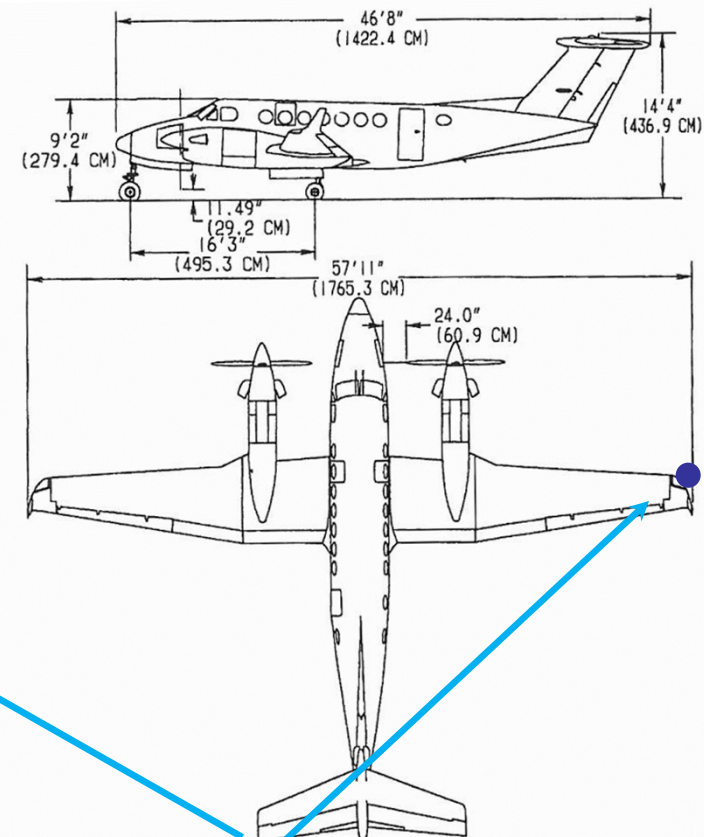
受信アンテナ利得半値幅: 80  
degrees

受信アンテナ高さ:  
窓高+1 m, 窓高, 窓高 -1 m

角度分解能:  
11.25度  
(360度で32ステップ)

ICAOおよびEUROCAE/RTCAで検討中の測定法に準拠

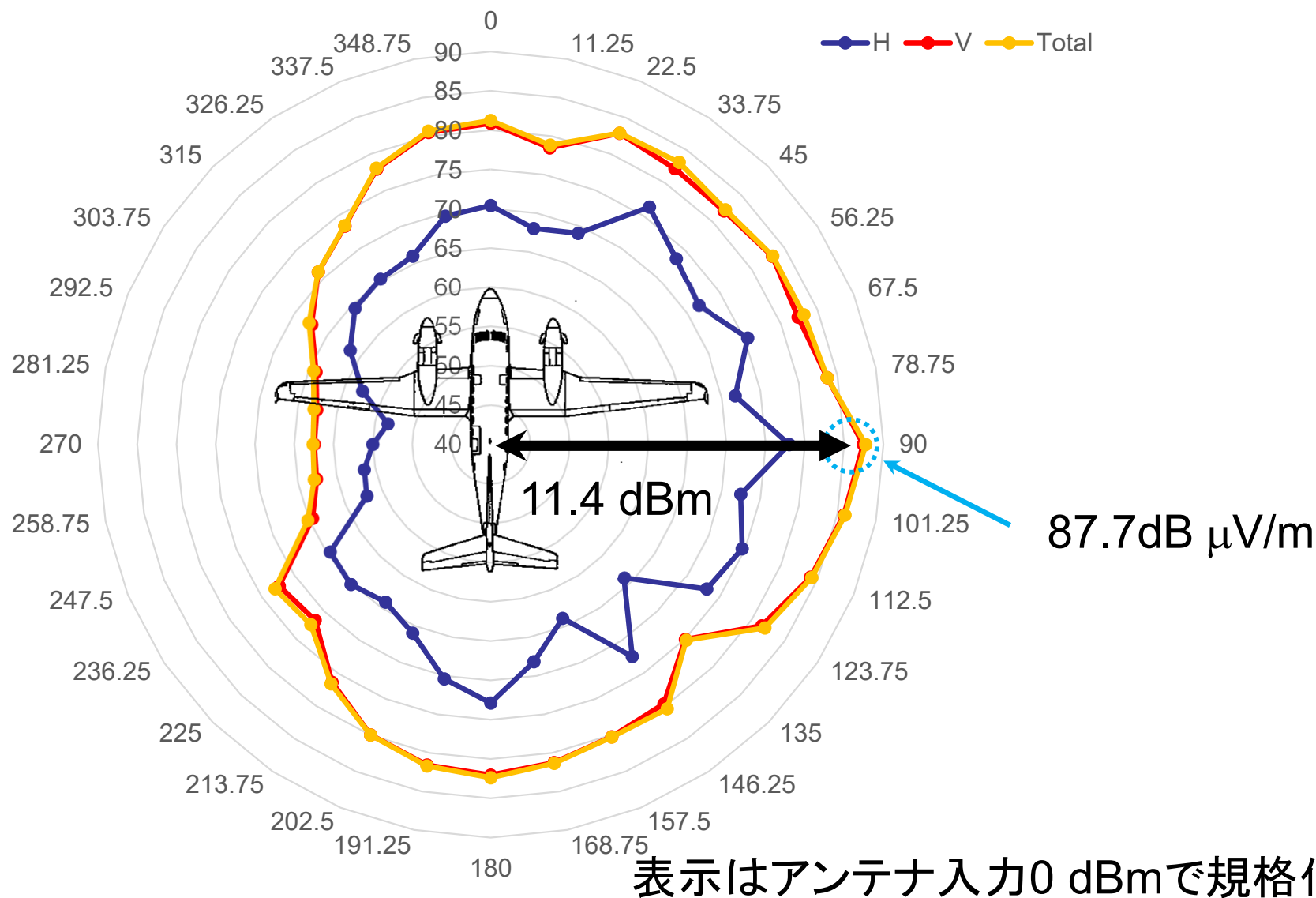
# 送信アンテナ位置:右翼端灯部分



送信アンテナ条件  
場所: キャビン外側, 高さ: 地面から1.92 m  
偏波: 垂直偏波

送信アンテナ:  
右翼端灯

# 航空機周囲の電界強度特性（測定高：窓高）

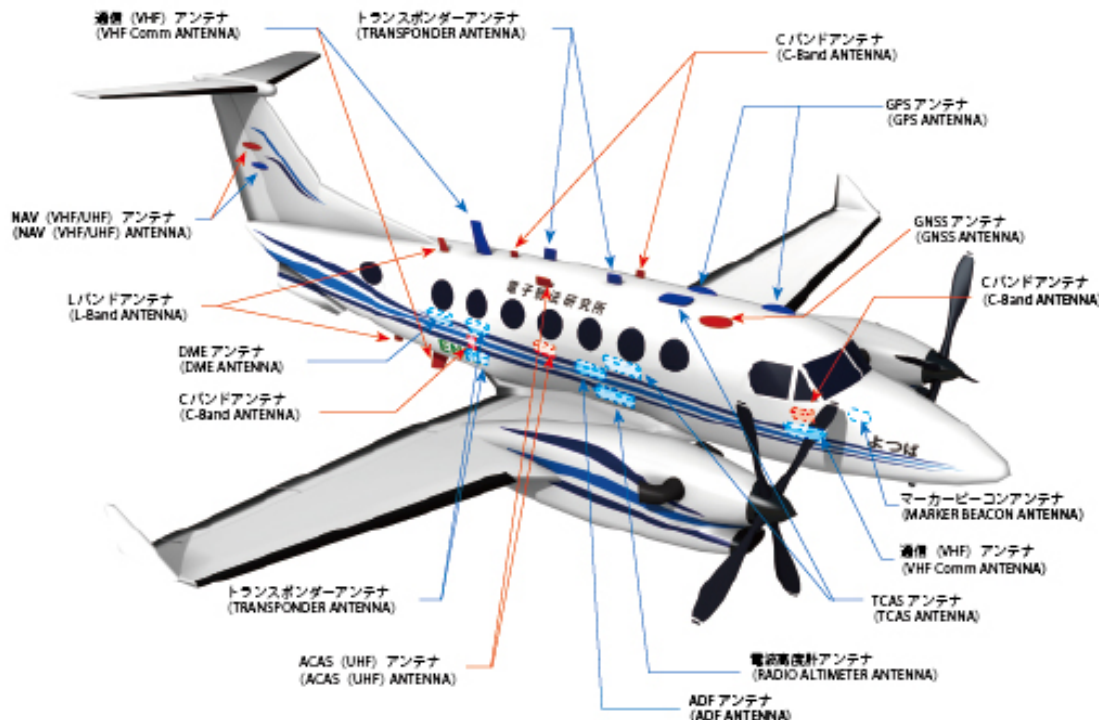


送信アンテナ設置位置に最も近い90度方向で電界強度最大値を確認

# 干渉経路損失 (Interference Path Loss) 測定

## ■ 携帯機器から航法装置のIPL

- 携帯電子機器から放射される電磁波が、空間を伝搬して、航法装置のアンテナ端子へ伝わる際の損失量
- 航法装置 (VHF、NAV、ILS、ATC、TCAS、GPS) 等は、DO-307A等において、IPL目標値が定められている



携帯電子機器  
(送信電力+アンテナ利得)-IPL  
干渉基準値を超えた場合に干渉発生

### 航空機電波高度計の干渉基準値

帯域外/帯域内	干渉基準値 (dBm)
帯域内	-119
帯域外	-74



# 測定対象航空機：小型固定翼機

## ■ ビーチクラフトB300型機 (King Air B350)



# 航空機電波高度計:小型固定翼機

## ■ FMCW方式の電波高度計



製造者	Rockwell Collins
型番	ALT-1000
中心周波数	4.3 GHz
帯域幅	100 MHz
送信電力	27 dBm
測距方式	FMCW
アンテナ利得	9.5 dBi(直線偏波)

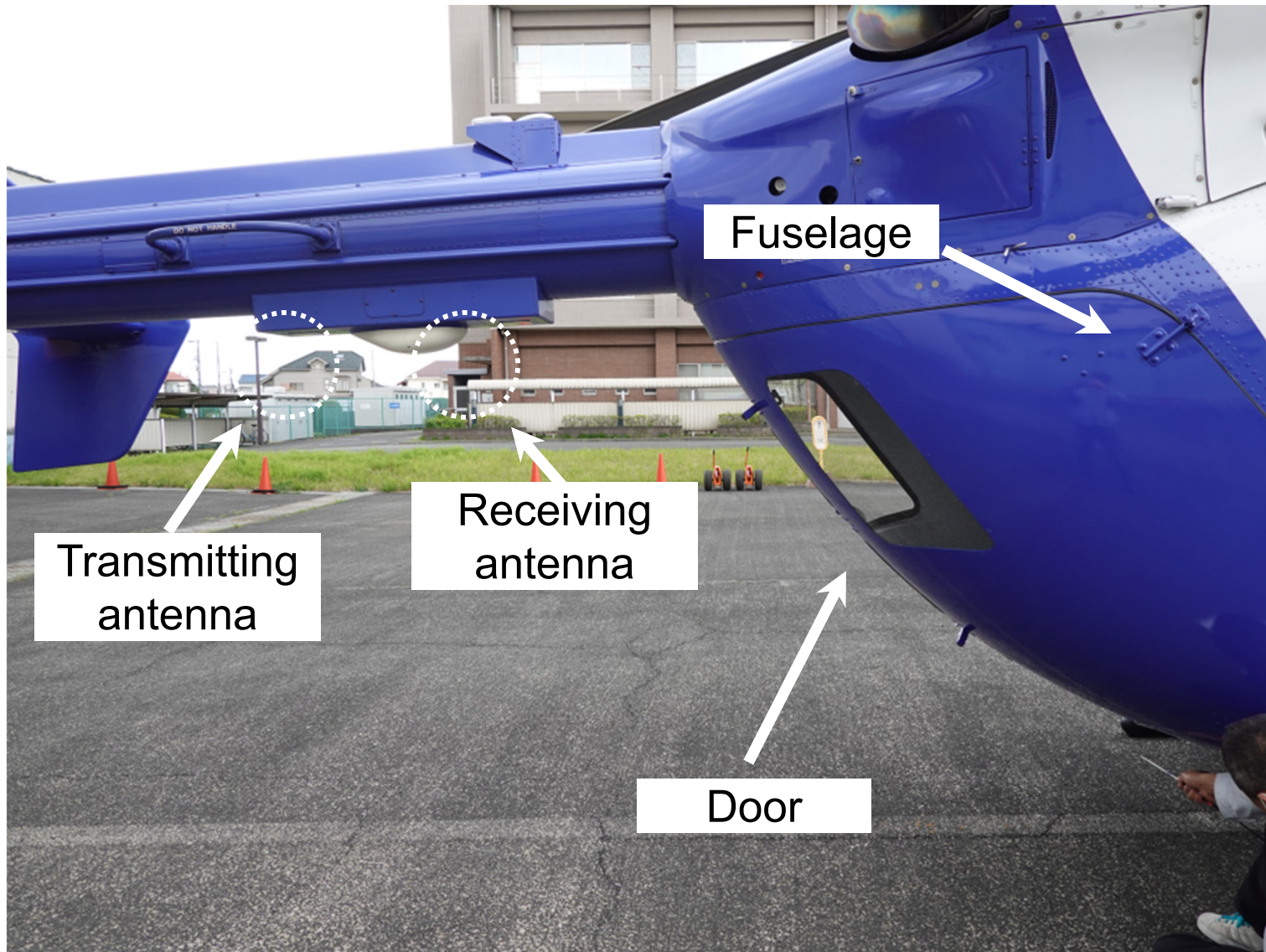
# 測定対象航空機：ヘリコプタ

## ■ 川崎式BK117-C2型



# 航空機電波高度計：ヘリコプタ

## ■ 電波高度計送受信アンテナの設置位置



# IPL測定系

## ■ RTCA DO-307Aに基づく測定

- IPLの測定評価では、RTCA DO-307A - Aircraft Design and Certification for Portable Electronic Device (PED)に基づく測定を実施
- 航空機内外の複数箇所にWAIC機器等の通信機器を想定した送信アンテナを設置し、場所を変えながら電波高度計アンテナ端子に伝わる電力損失量を測定
- 送信アンテナは標準ダイポールアンテナを用い、3軸に変化させ、各偏波で測定を実施

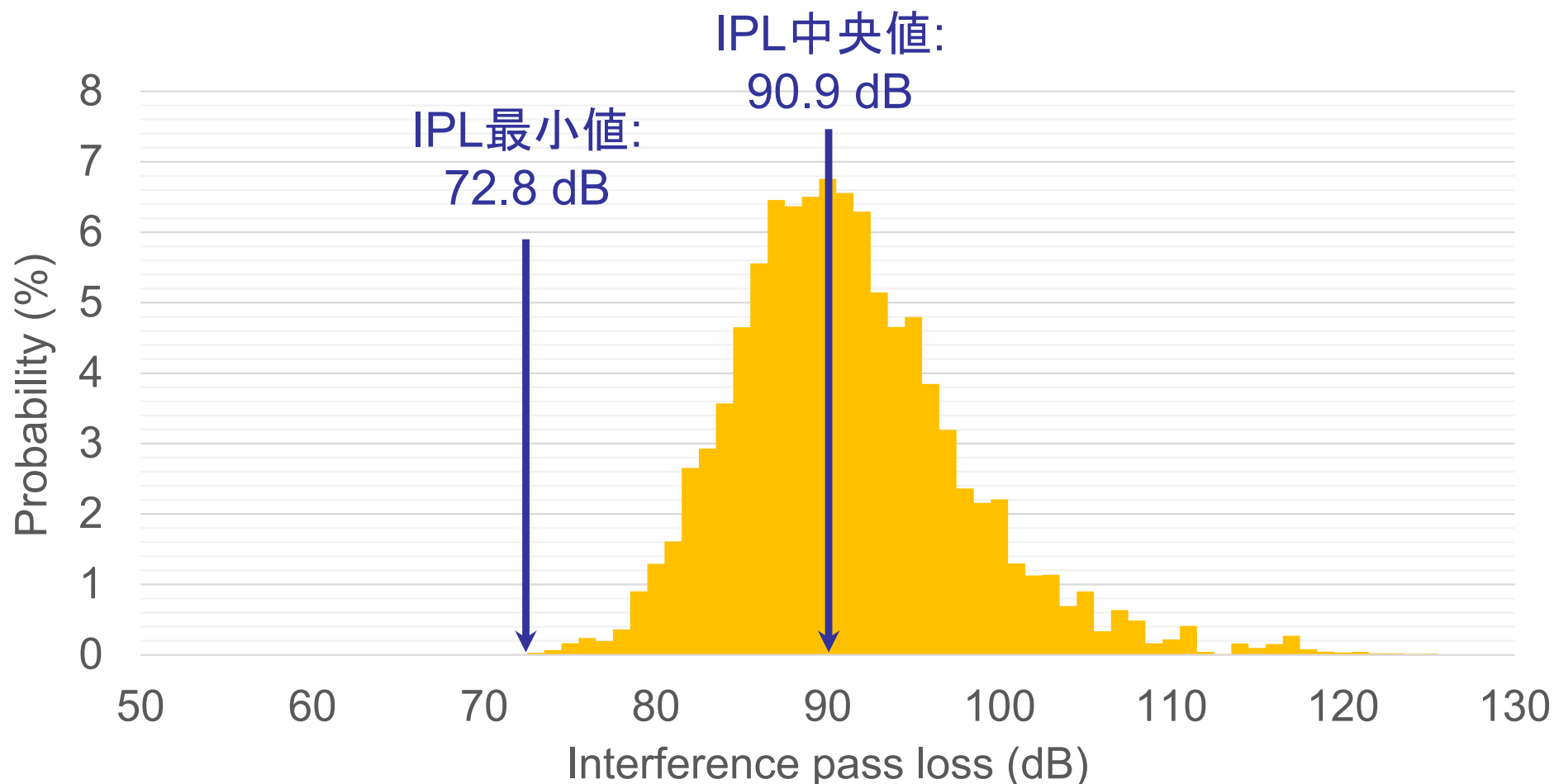


送信アンテナ (標準ダイポールアンテナ)



# 測定結果: ビーチクラフトB300機内アンテナ設置

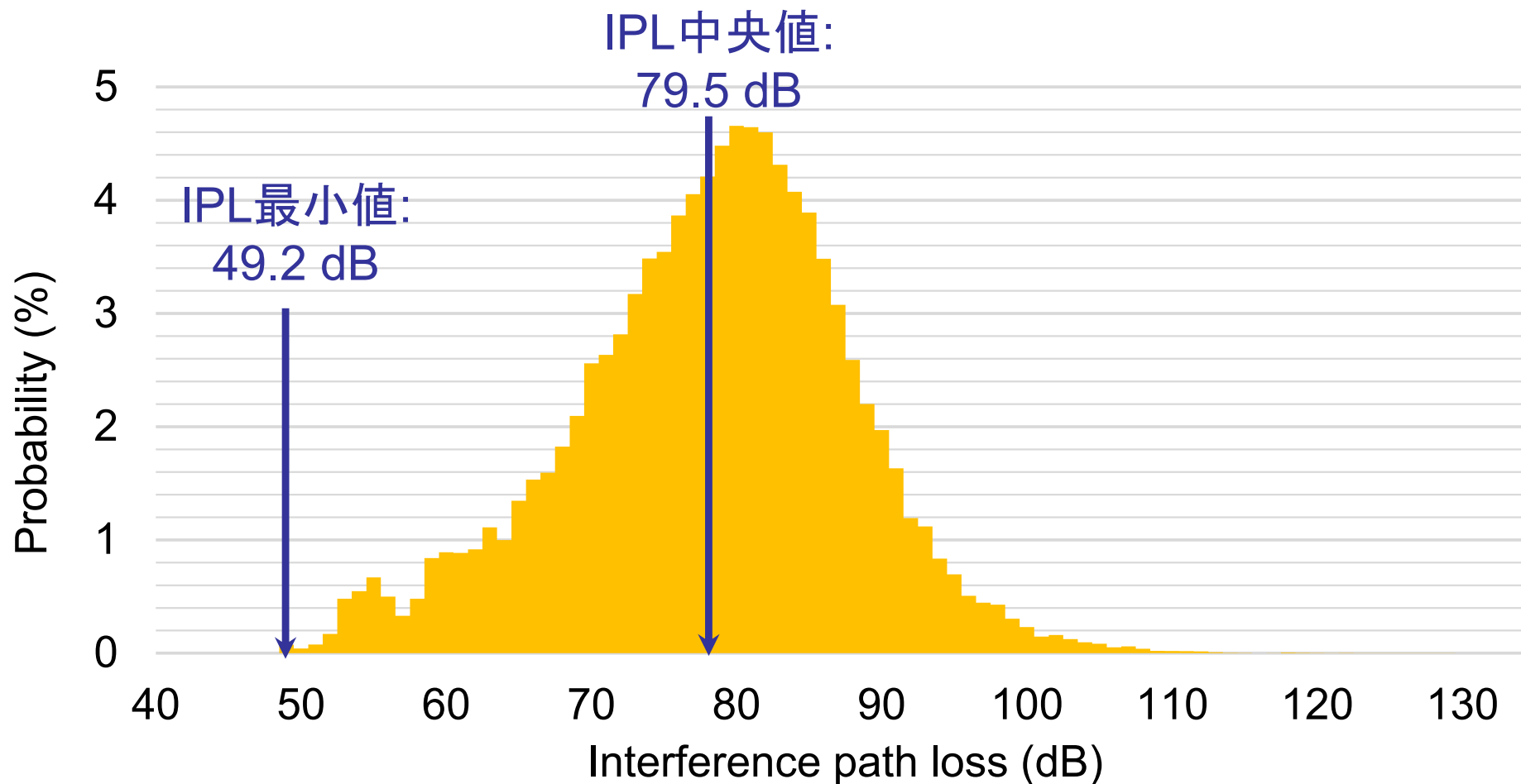
## IPL値ヒストグラム



航空機内送信アンテナ設置の場合、IPL最小値は72.8 dBであり、大型機(Airbus A321、約75 dB)とほぼ同等の値

# 測定結果: BK117C-2機内アンテナ設置

## IPL値ヒストグラム

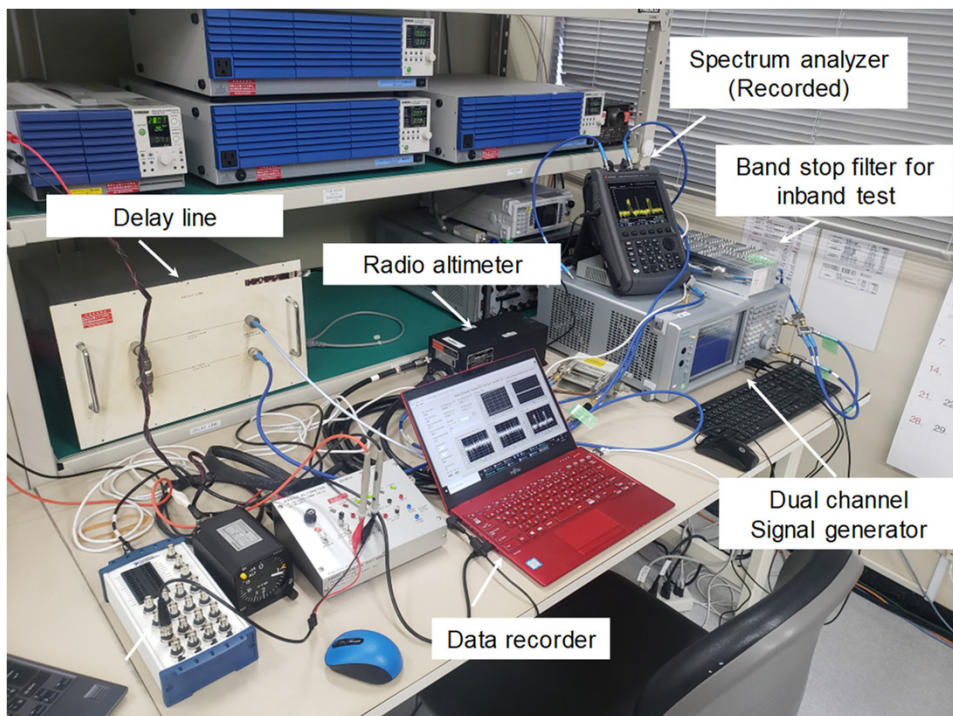


大型固定翼航空機(Airbus A321、約75 dB)および小型固定翼航空機(Beechcraft B300、約73 dB)に比較すると約20 dB低い値

# 電波高度計の電磁干渉特性測定

## ■ 電波高度計の電磁干渉耐性の評価

- WAIC機器や5Gモバイルシステムとの周波数共用を検討する際、電波高度計の電磁干渉の耐性(干渉により誤動作が生じる電波高度計固有の性能)の調査が必須



令和4年度から実施している指定研究「電波高度計と同一隣接周波数利用システムの周波数共用に関する研究」に先行して、電波高高度計の電磁干渉特性を取得



# まとめ

## ■ まとめ

WAIC機器および電波高度計の電磁環境評価に関する研究

スーパーコンピュータを用いた大規模数値解析法により、WAIC機器の電磁界放射特性を詳細に評価可能な解析技術を開発

電波高度計とWAIC機器および5Gモバイルシステムとの周波数共用に適用する、航空機電磁環境評価およびIPL測定を実施

電波高度計とWAIC機器および5Gモバイルシステムとの周波数共用に必要な、航空機電波高度計の電磁干渉特性の測定を実施

## ■ 今後の予定

- 後継テーマにおいて、電波高度計とWAIC機器および5Gモバイルシステムとの電磁環境両立性を評価・分析