

2019年6月 令和元年度 電子航法研究所研究発表会（2019年6月6日）於 電子航法研究所

# 航空機内データ通信における

# 国際標準化動向および電磁環境評価

\*電子航法研究所 監視通信領域

\*\*北海道大学 大学院情報科学研究院

\*二ツ森 俊一 \*森岡 和行 \*河村 暁子 \*米本 成人

\*\*日景 隆

\*\*関口 徹也

\*\*野島 俊雄

# 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

## ■ WAIC機器の国際標準化動向

## ■ 大型航空機の4 GHz帯電波伝搬推定

- WAIC周波数帯におけるA320-200型機の解析結果例

## ■ 電波高度計の地上放射特性測定

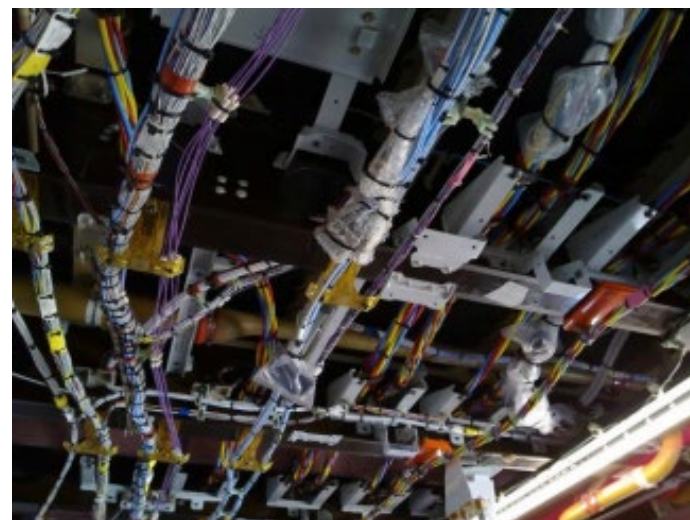
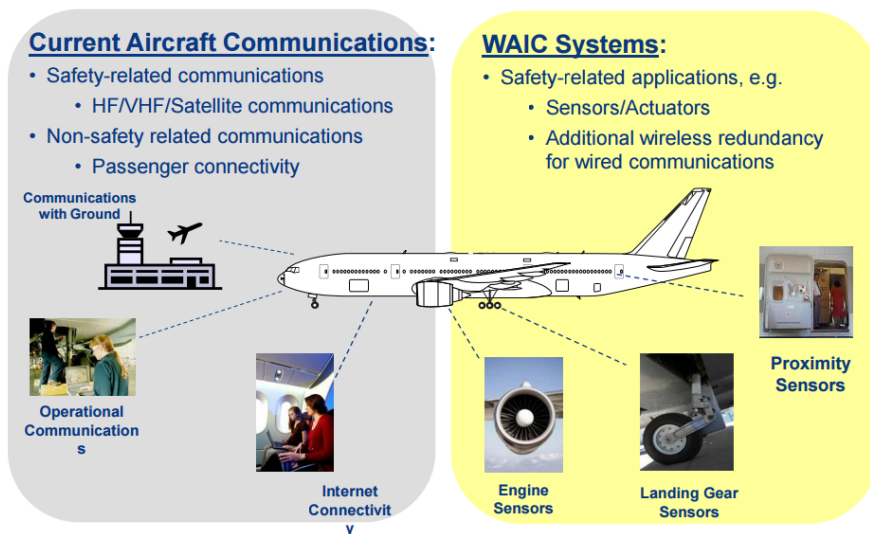
- ビーチクラフトB300型機搭載の航空機電波高度計
- 測定結果例

## ■ まとめ

# 研究背景

## ■ 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



電磁環境評価技術および通信技術の研究開発を実施中

# WAIC機器の国際標準化動向①

## ■ 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
- ICAO SARPsでは、自機のWAIC機器と他機の電波高度計の共用条件、WAIC機器の送信電力およびスペクトルマスク等を規定

# WAIC機器の国際標準化動向②

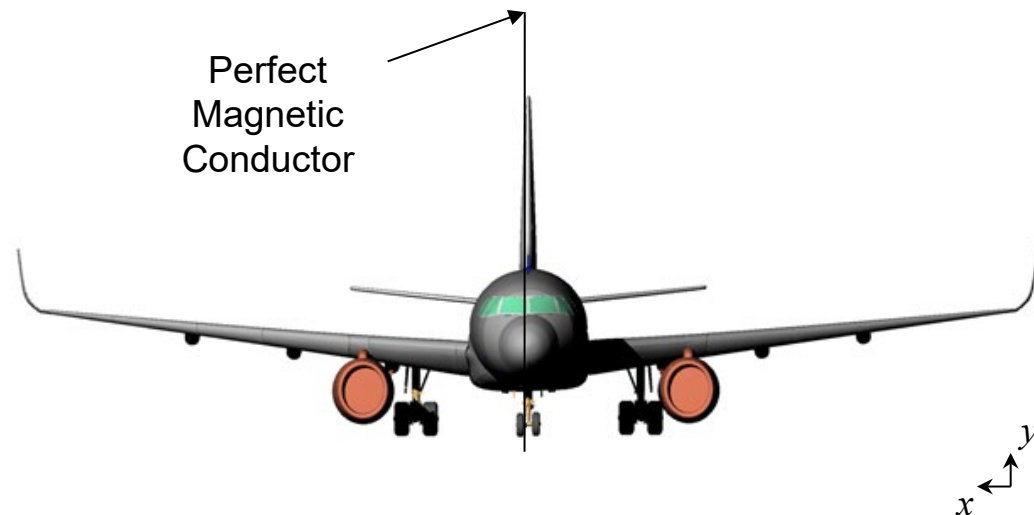
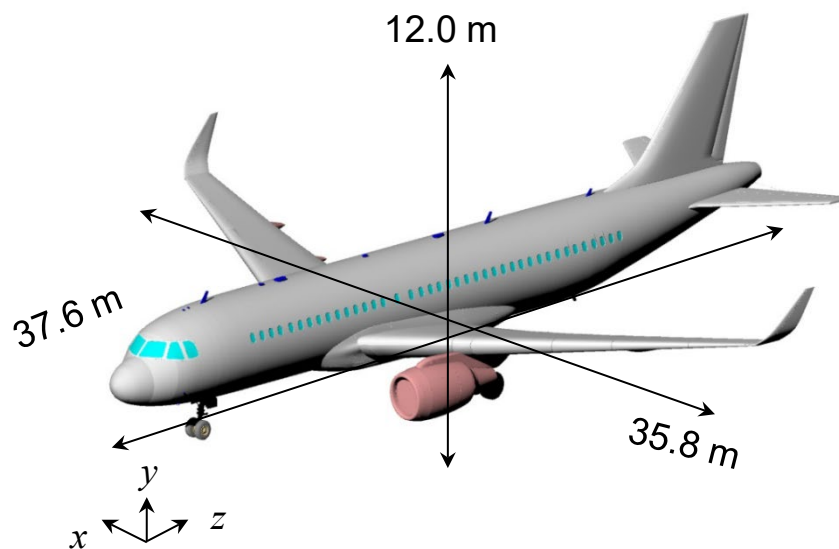
## ■ RTCAおよびEUROCAE

- 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
- MASPSでは、①自機のWAIC機器が他機の電波高度計に影響を及ぼさないためWAIC機器の放射電力密度制限を行うこと、②自機のWAIC機器が他機の電波高度計とWAIC機器から影響を受けないこと、の検証法を含めた基準を規定
- MASPSは2019年上期中に発行予定。MOPS策定完了は、2021年10月が目標

# 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

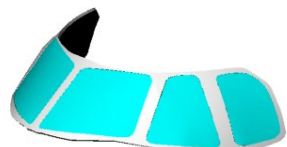
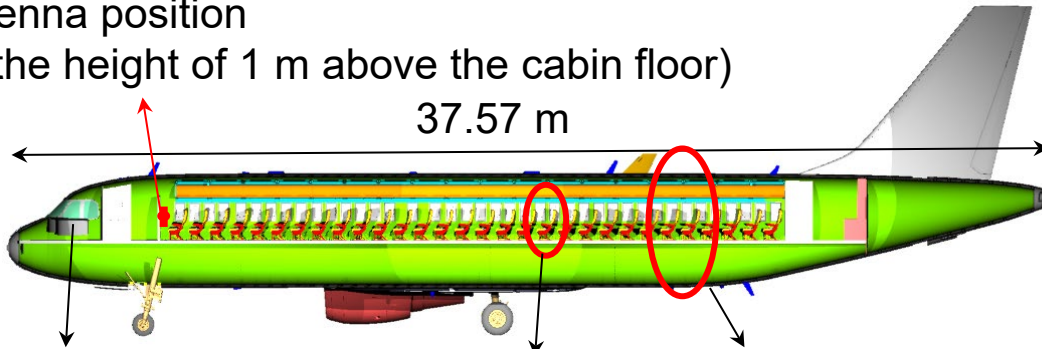
## ■ 3次元航空機数値モデル

- 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

Antenna position

(at the height of 1 m above the cabin floor)

37.57 m



Window: plastic



Seat: metal & pad

Aircraft body(outer panel & frame)

luggage rack

internal panel

cabin floor



# 数値解析パラメータ

## ■ FDTD数値解析のパラメータ

- 全領域に対して5 mm<sup>3</sup>の均一立方体セルを用いて解析を実施。また、解析に必要な主記憶容量を減らすため、導体中央部に磁気壁を設置
- この解析領域を40個のエリアに分割して計算を行う。吸収境界を含むセル数は合計で3,625 × 2,449 × 7,525セル。また、解析に必要な主記憶容量は約6.4 TB

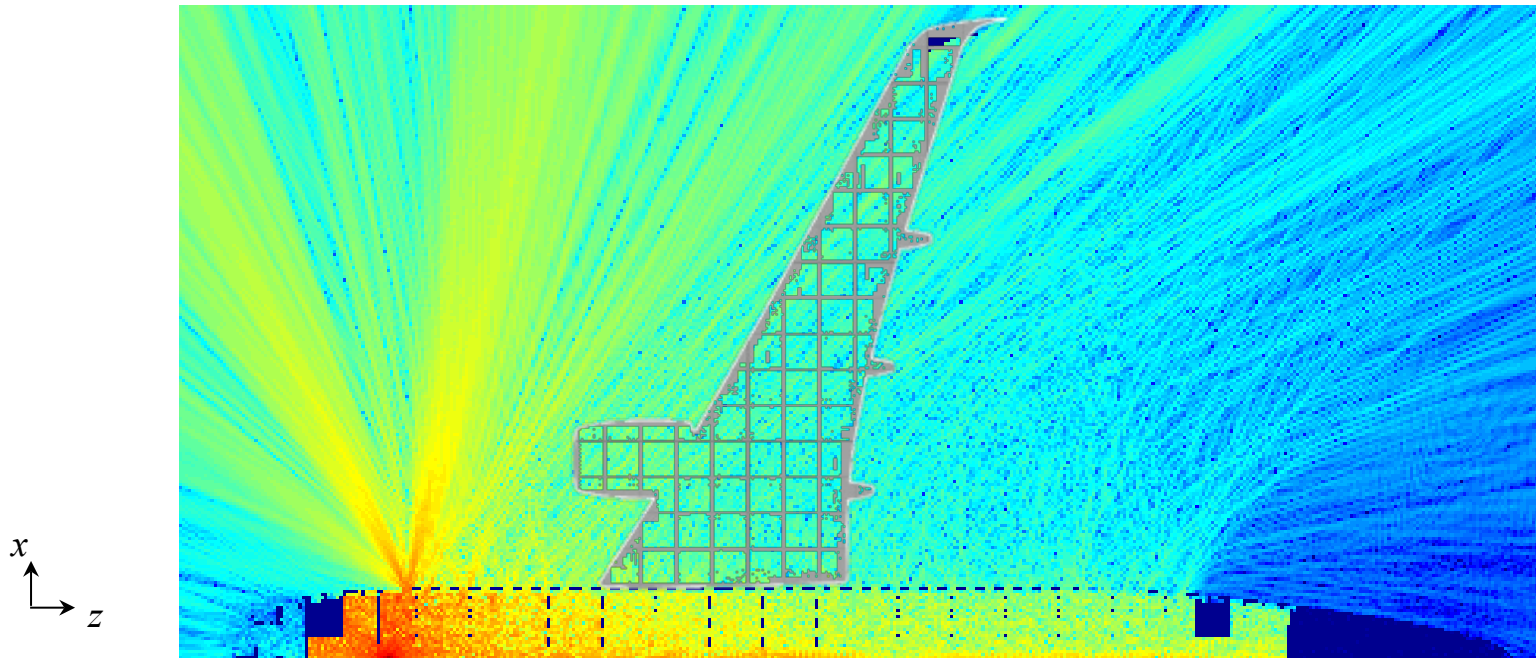
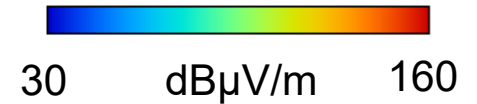
Problem Space (mm <sup>3</sup> )	18,125 × 12,245 × 37,625
Cell size (mm)	5
Number of cells	3,625 × 2,449 × 7,525 (67,000 M)
Frequency (GHz)	4.4
A. B. C.	CPML (10 layers)
Number of nodes	40
Required memory	6,400 GB
Antenna	1/2 dipole (0.1 W input power)



# 2次元電界強度分布の解析結果例①

## ■ $xz$ 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

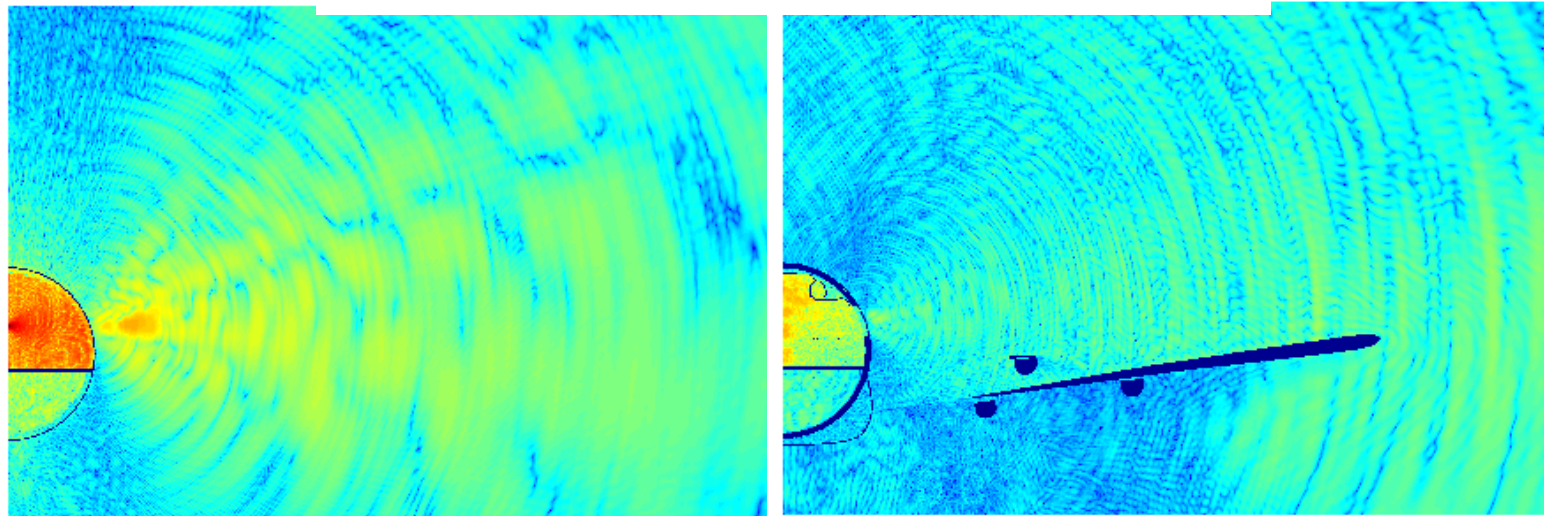
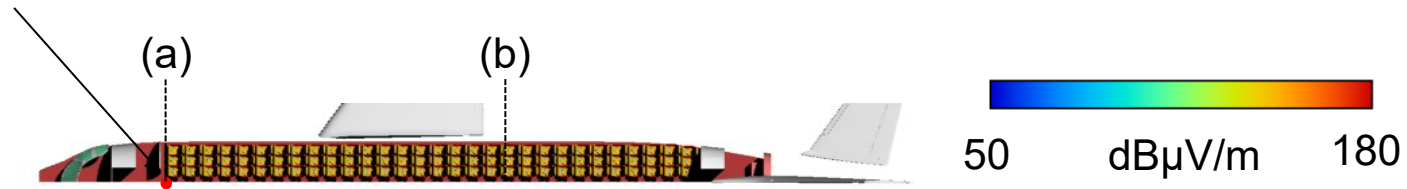


アンテナから放射された電磁界の機外伝搬の様子を確認。比較的高い電界強度が航空機長手方向の鉛直方向に存在

# 2次元電界強度分布の解析結果例②

## ■ yz平面における電界強度分布

Transmitter antenna is set 1 m above the floor



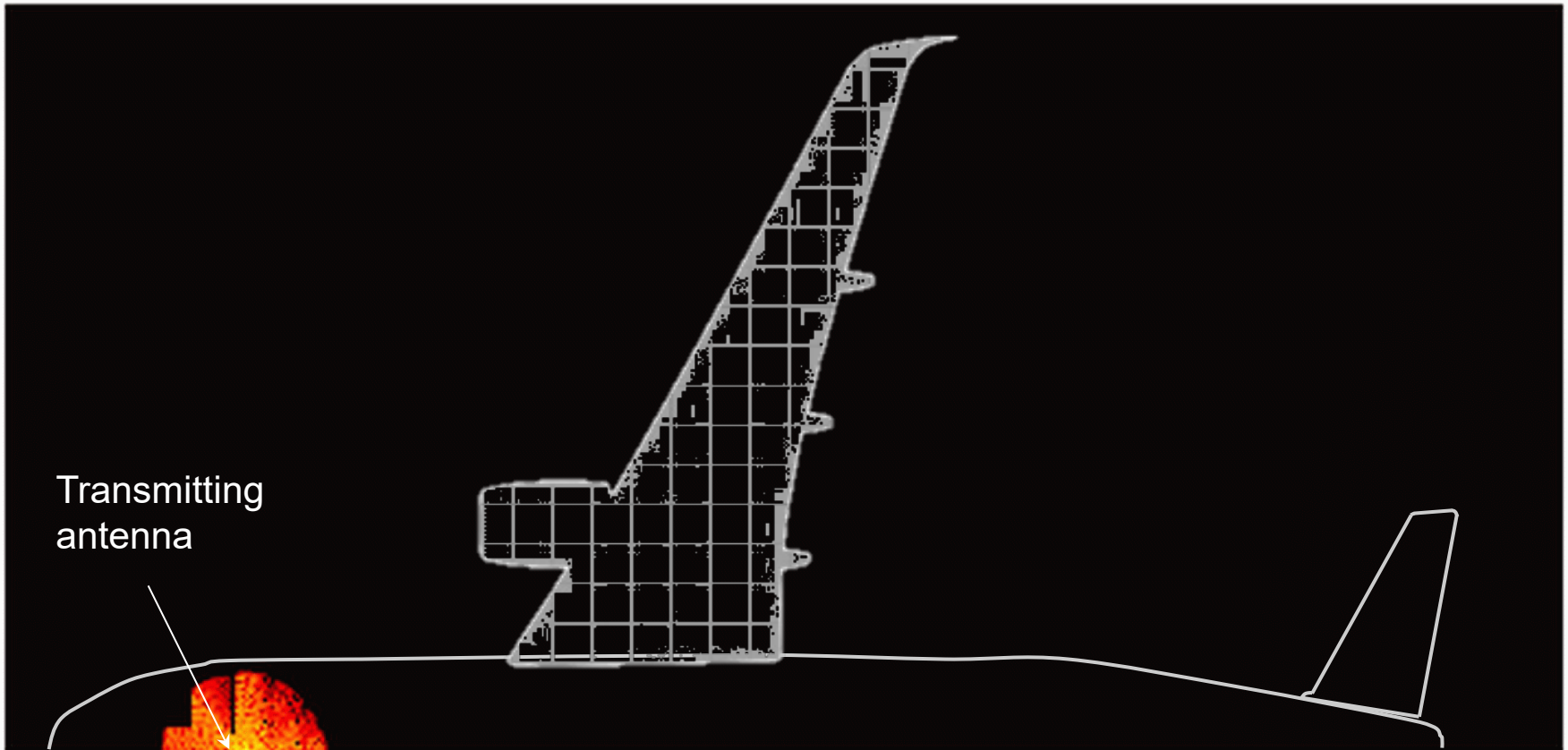
(a)

(b)

航空機窓から円周上に広がる電磁波を確認。また、窓から外部に伝搬した電磁波が主翼に反射し、複雑に伝搬する様子を確認

# 2次元電界強度分布の解析結果例③

## ■ 電磁界伝搬時間特性

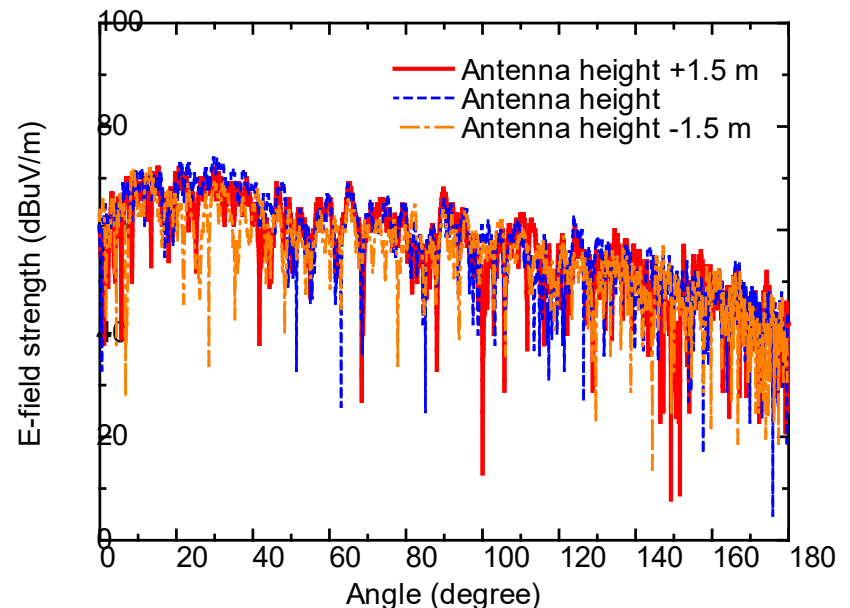
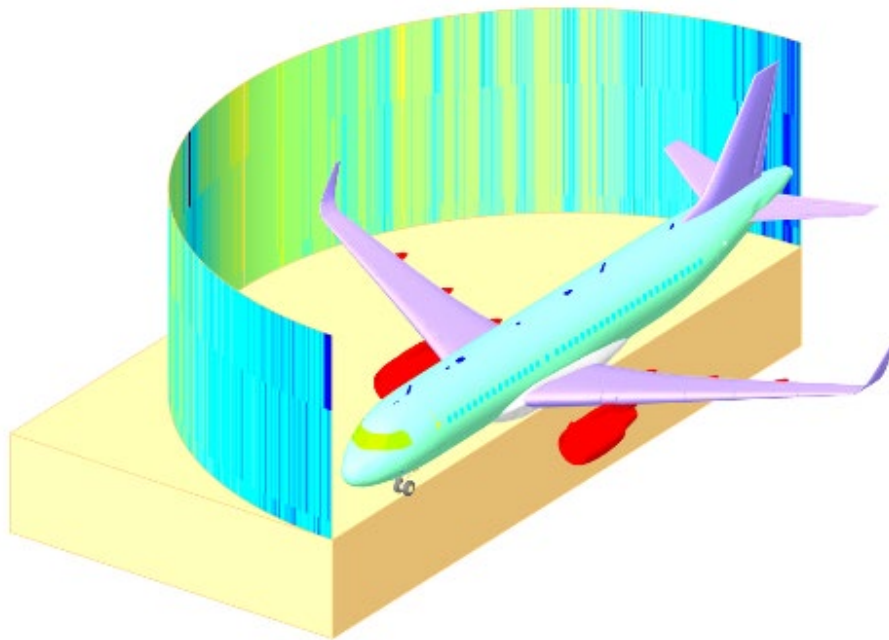


電磁波伝搬損失は航空機外で高く、航空機内で低い。  
航空機内では複雑な反射特性を示すことを確認

# 円周上電磁界分布評価

## ■ WAIC機器認証に適用可能な数値解析

- ICAO SARPs、RTCA/EUROCAE MASPSで検討されているWAIC機器認証に必要な電磁界数値解析技術を開発
- 円筒状もしくは半球状の面における詳細な電磁界分布を取得可能



国際基準策定会議において技術提案を実施



# 電波高度計の地上放射特性測定

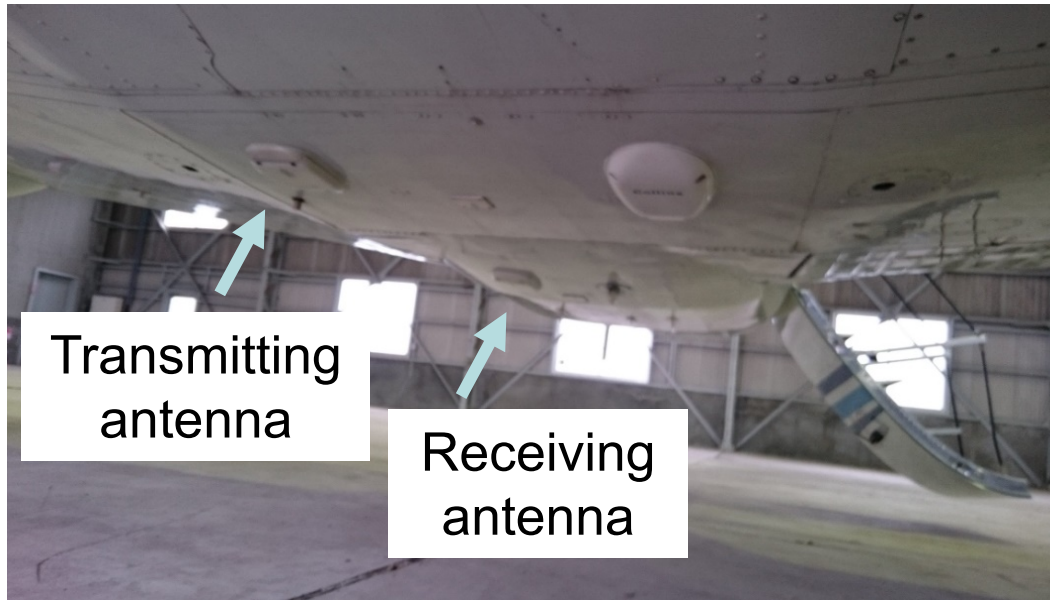
## ■ ビーチクラフトB300型機 (King Air B350)

- ▶ 航空機電波高度計とWAIC機器の周波数共用検討を実施するための実測基礎データ
- ▶ 電子航法研究所のビーチクラフト B300型機に搭載している電波高度計の地上放射特性を測定評価



# 航空機電波高度計

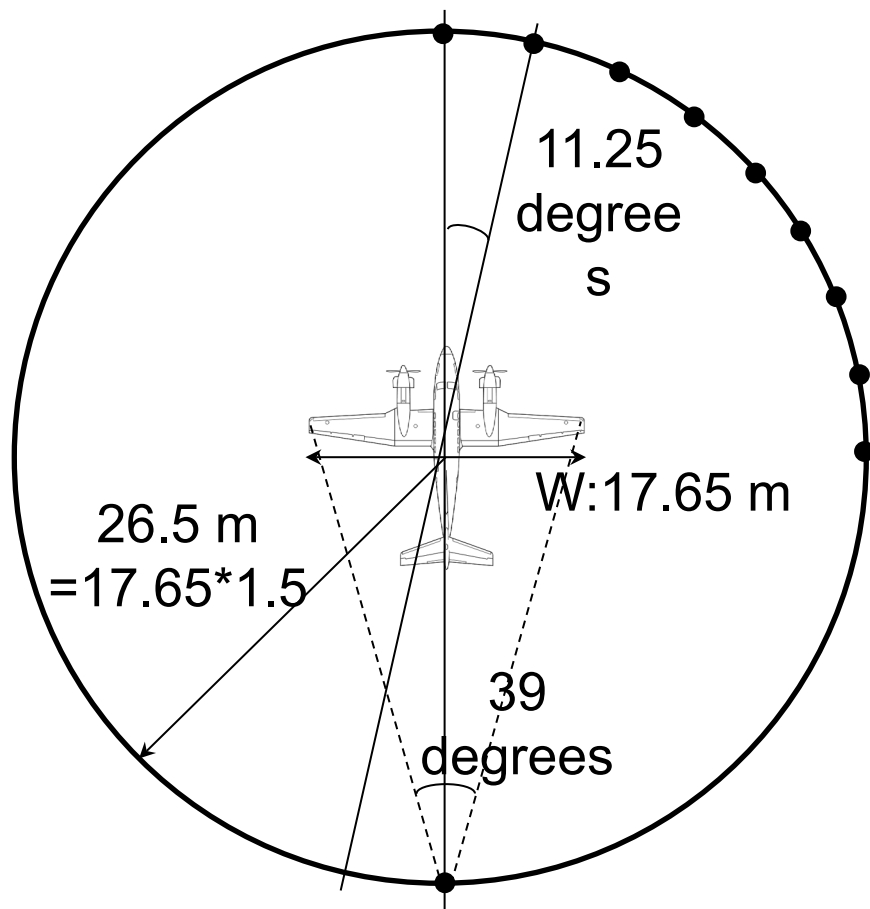
## ■ FMCW方式の電波高度計



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)

# 測定条件

## ■ アンテナ設置箇所および測定偏波



Tx-Rx distance: 26.5 m

Rx antenna polarization:  
V and H

Rx antenna 3 dB bandwidth:  
80 degrees

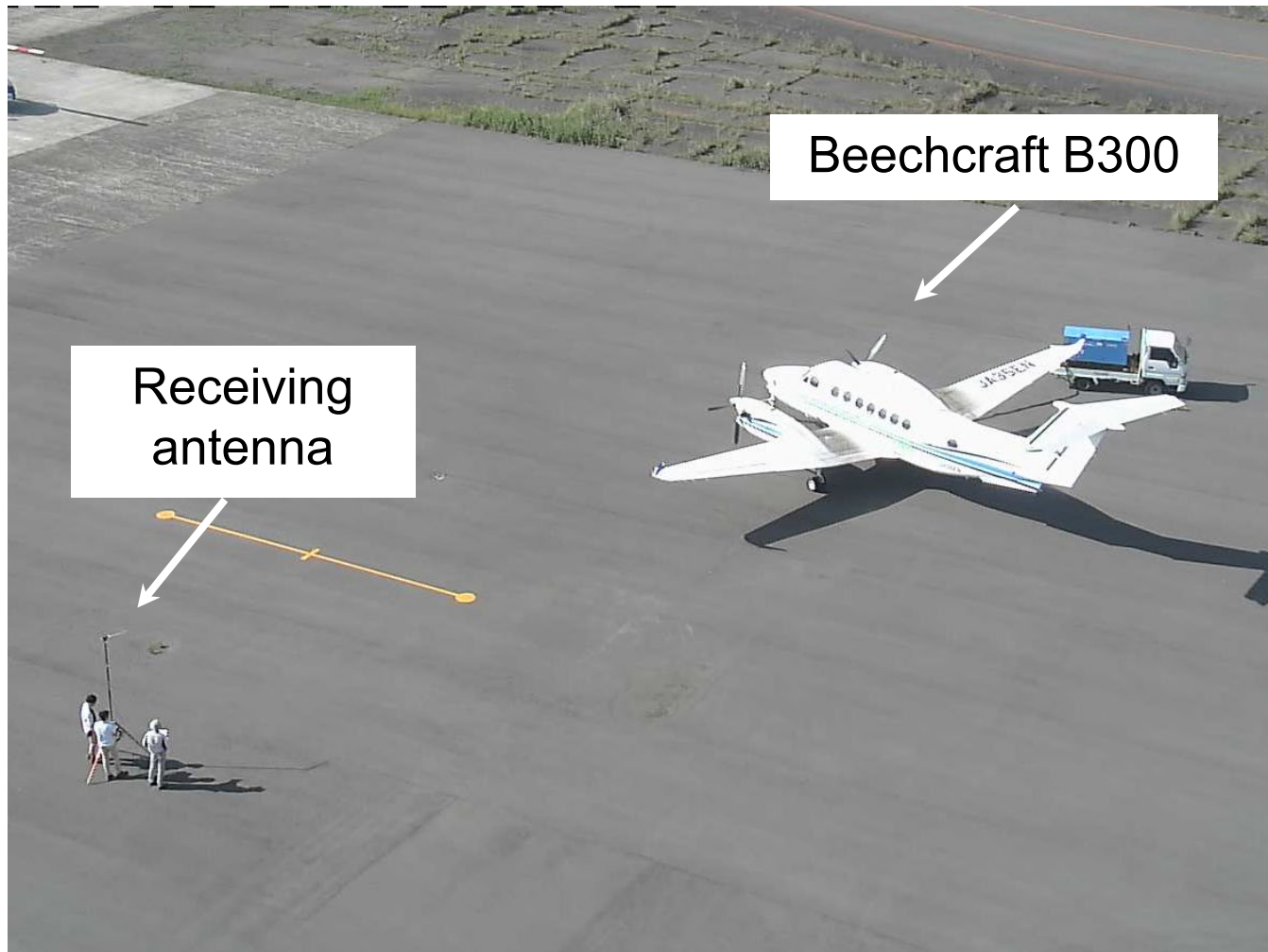
Rx antenna height:  
Window height +1 m, Window  
height, Window height -1 m

Angle resolution:  
11.25 degrees  
(32 steps for 360 degrees)

ICAOおよびEUROCAE/RTCAで検討中の測定法に準拠

# 地上放射特性測定状況

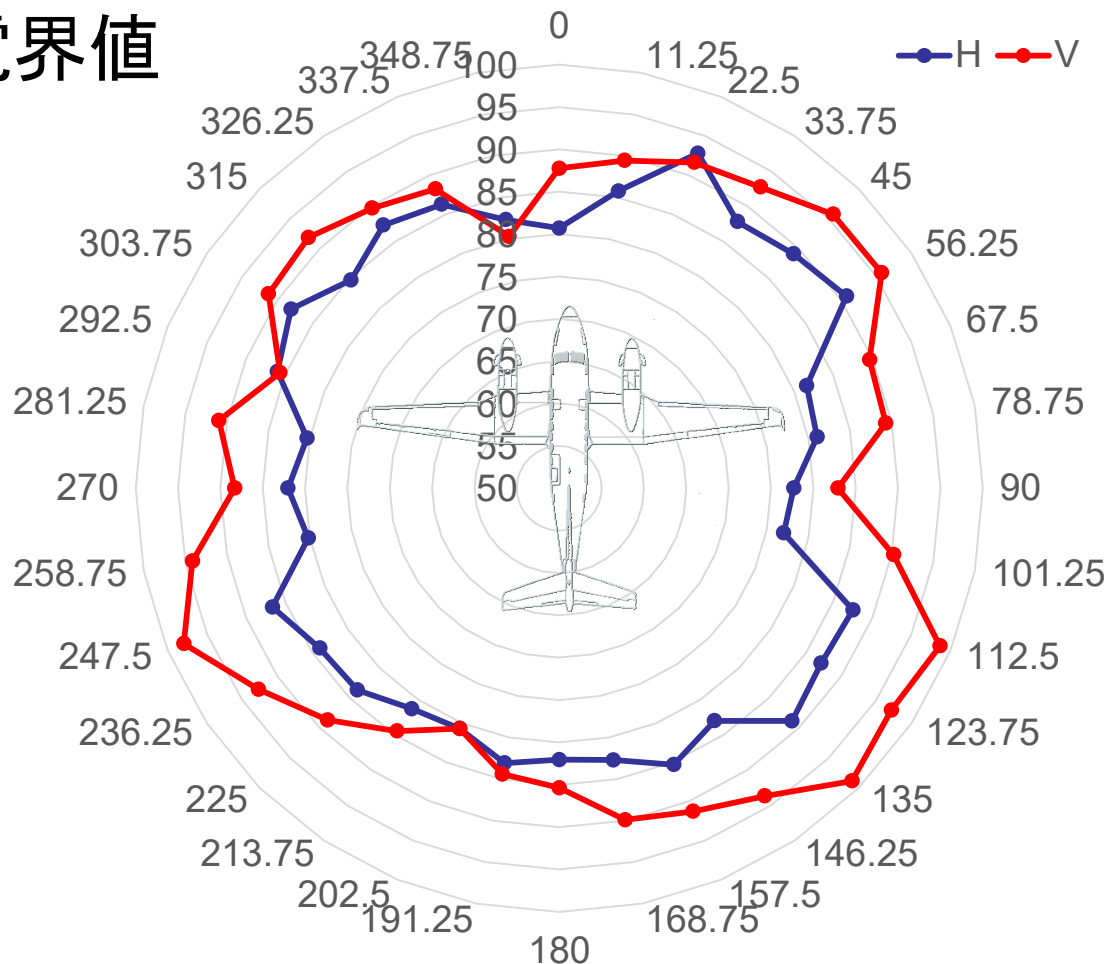
## ■ 仙台空港における測定試験





# アンテナ受信高さ1.35 m (航空機窓高-1 m)

## ■ 放射電界値



水平偏波および垂直偏波で、最大値はそれぞれ92.8 dB  $\mu$ V/mおよび98.9 dB $\mu$ V/m  
今後、本測定結果をWAIC機器の耐電磁干渉特性の検討に活用予定

# まとめ

## ■ まとめ

- WAIC機器の国際標準化動向および電磁環境評価

WAIC機器の導入により航空機の運航効率化が予想されるが、航空機電波高度計との周波数共用検討および認証法確立が必要

大規模電磁界数値解析法を用い、大型航空機においてもWAIC機器の電磁干渉評価および認証に適用可能な数値解析技術を提案

ビーチクラフトB300型機に搭載されている電波高度計の地上放射特性を取得し、WAIC機器の耐電磁干渉特性検討に活用予定

## ■ 今後の予定

- WAIC周波帯における機内伝搬特性評価およびWAIC機器から電波高度計への干渉経路損失評価を実施