

情報通信審議会 情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会報告 概要

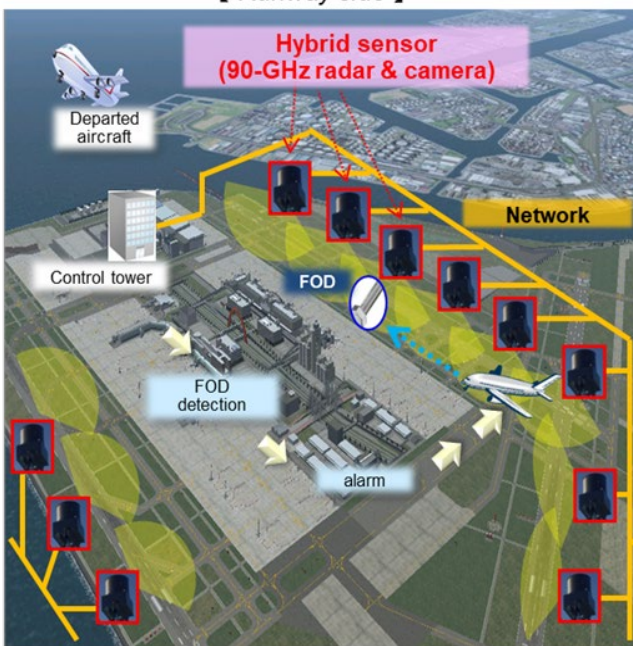
「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち
「90GHz帯滑走路面異物検知レーダーに関する技術的条件」

航空・海上無線通信委員会

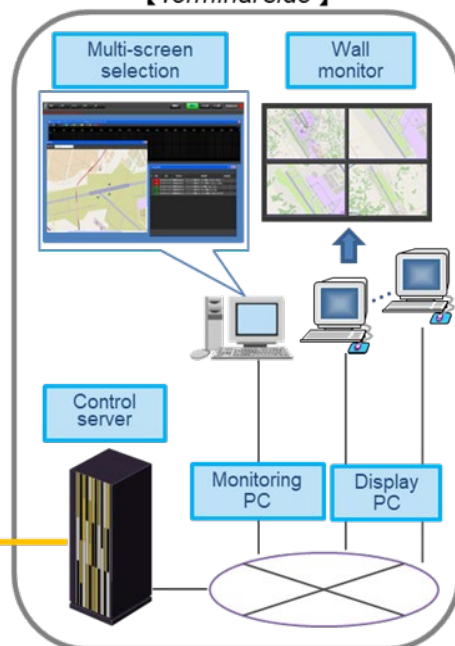
背景と概要

- ✓ 2000（平成12）年に発生したコンコルドの墜落事故以来、空港滑走路におけるFOD(Foreign Object Debris:異物)の除去の重要性が認識され、効率的にFODを除去するための手段として監視カメラによる方法やミリ波レーダーなどを用いたシステム提案が行われる。
- ✓ 空港滑走路においては、航空機から落下するボルト、ナットなど微小な金属片などがあることから、約3cm程度のFODを検出できること、全世界の様々な空港に設置可能であること、更に航空機の離発着が5分前後の空港ではFOD検出の位置精度向上と高速性が求められている。
- ✓ 近年、光ファイバー技術と90GHz帯におけるイメージング技術を組み合わせた90GHz帯滑走路面異物検知レーダーが開発されており、小さなFODの正確な検知等が実現できることから、本システムの技術的条件の検討を実施。

【 Runway side 】



【 Terminal side 】



90GHz帯滑走路面異物検知レーダーの特徴

- ◆ 滑走路側装置は、滑走路を監視できるよう配置。
- ◆ 既設の光ファイバー網の活用も可能。
- ◆ 管制側装置にて、信号処理等を実施。
- ◆ 滑走路全体を10秒程度でスキャン可能。

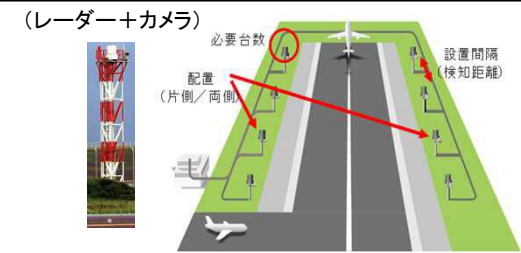
90GHz帯滑走路面異物検知レーダーの導入効果

- ◆ 事故の要因となる異物の早期検知（事故回避）
- ◆ 定時運航確保（経済効果）
- ◆ 滑走路閉鎖時の上空待機便による燃料浪費の削減（環境保全）

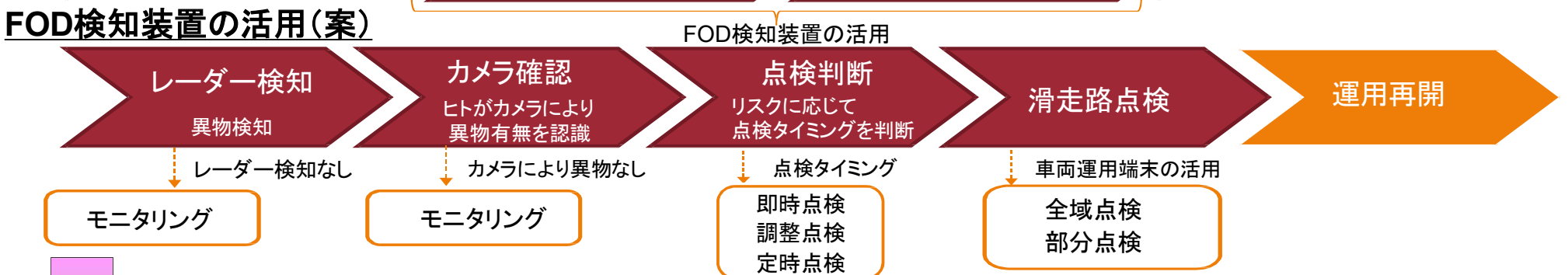
国土交通省において、滑走路の安全性の向上及び効率的な運用に資することを目的とし、関係機関からなる導入検討会を設置し、発着回数及び滑走路臨時点検回数が多い空港へのFOD検知装置導入について、検討中。

滑走路面異物(FOD)検知装置導入検討会(令和3年度 設置)

- (1) 運用要件(障害時及び悪天候時の対応等)
- (2) 仕様要件(検知すべき異物の定義、装置性能等)
- (3) 設置台数及び配置(導入滑走路選定)
- (4) その他、検知装置の導入検討に関する事項



滑走路点検(現状)とFOD検知装置の活用(案)



滑走路

安全性向上

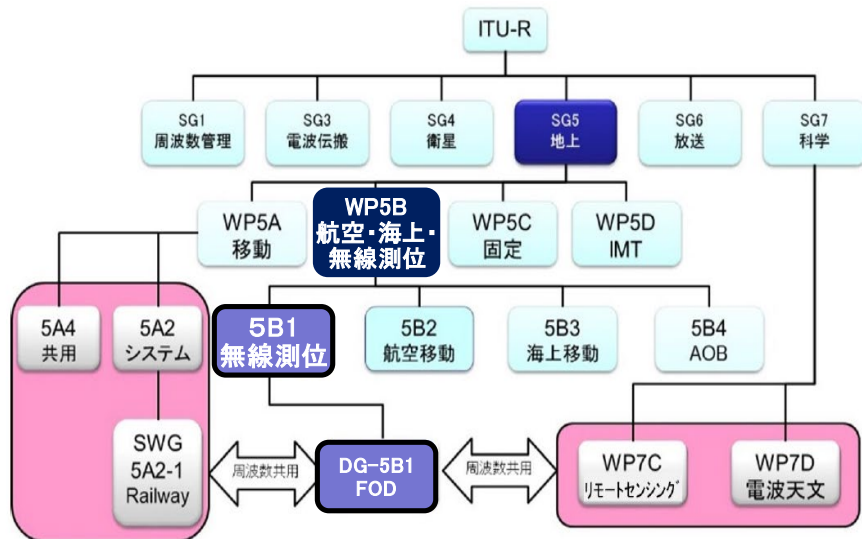
効率的運用

常時監視: 操縦士等からの通報等によらず、滑走路上の異物有無を常時モニタリング可
(例: 離陸直後の航空機からの落下物等をモニタリングできる。)

点検判断: レーダー検知なし/カメラにより異物なしの場合、モニタリングを継続(点検タイミングの調整)

点検経路: FOD落下位置特定による部分点検により、点検経路及び滑走路占有時間の短縮

- ✓ 2017(平成29)年5月以降、国際標準化の取り組み開始。無線測位を取り扱うWP5B1の下で活動中。
- ✓ 5B1の下にDrafting GroupとしてDG-5B1 FODが会期毎に設置され、DG議長は日立国際が担当



提案する帯域での周波数分配

第一地域	第二地域	第三地域
86-92	地球観測衛星(受動)、電波天文、宇宙研究(受動) No.5.340	
92-94	固定、移動、電波天文、無線標定 No.5.149	
94-94.1	地球観測衛星(能動)、無線標定、宇宙研究(能動)、電波天文(二次)	
94.1-95	固定、移動、電波天文、無線標定 No.5.149	
95-100	固定、移動、電波天文、無線標定、無線航行、無線航行衛星 No.5.149	
100-102	地球観測衛星(受動)、電波天文、宇宙研究(受動) No.5.340	

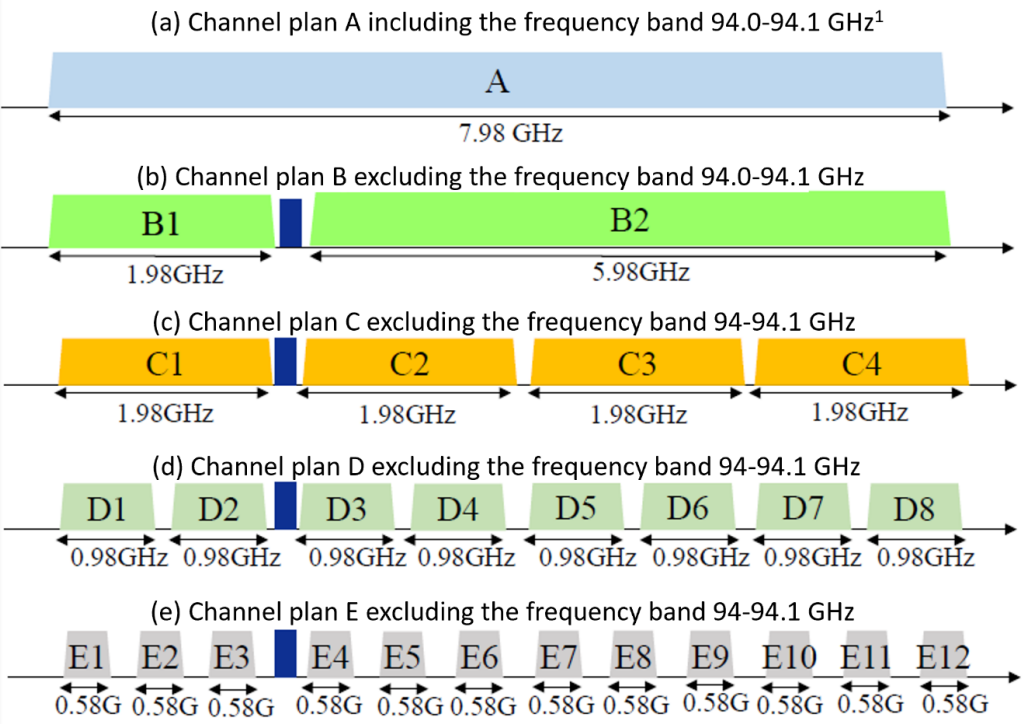
90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー会議 (DG-5B1 FOD) の位置づけ

#	文書名	文書概要	審議・承認の状況
1	ITU-R研究課題260/5	90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー新研究課題	発行済み
2	ITU-R報告M.2501-0	90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー技術仕様に関する技術レポート	発行済み
3	ITU-R勧告M.2162-0	90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー、気象レーダーに関する勧告	発行済み
4	Working document towards a preliminary draft new Report ITU-R M.[FOD_EESS_SHARE]	90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーと地球探査衛星との周波数共用に関する技術レポート	継続審議、2024(令和6)年度の完成を目指す

✓ ITU-Rにおいてとりまとめた90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの主要な技術仕様 (ITU-R報告 M.2501-0) の概要は以下のとおり。

Parameters	Values
Frequency range (GHz)	92-100
Channel plan	See Fig. 3 (右図)
Channel bandwidth (GHz)	0.58-7.98
Output power (mW)	100-200
Sweep frequency (kHz)	1.25
Antenna gain (dBi)	44
Antenna height (m)	4-8
Full width at half maximum antenna gain (3 dB beamwidth) (degrees)	Elevation: 1.0, Azimuth: 1.0
Antenna rotation speed (rpm)	15
Detection distance (m)	200-500
Radiated rotation angle in azimuth (degrees)	±60
Radar cross section specification (dBsm)	-20
Adjacent channel leakage ratio (dBc)	< -70

主要な技術仕様

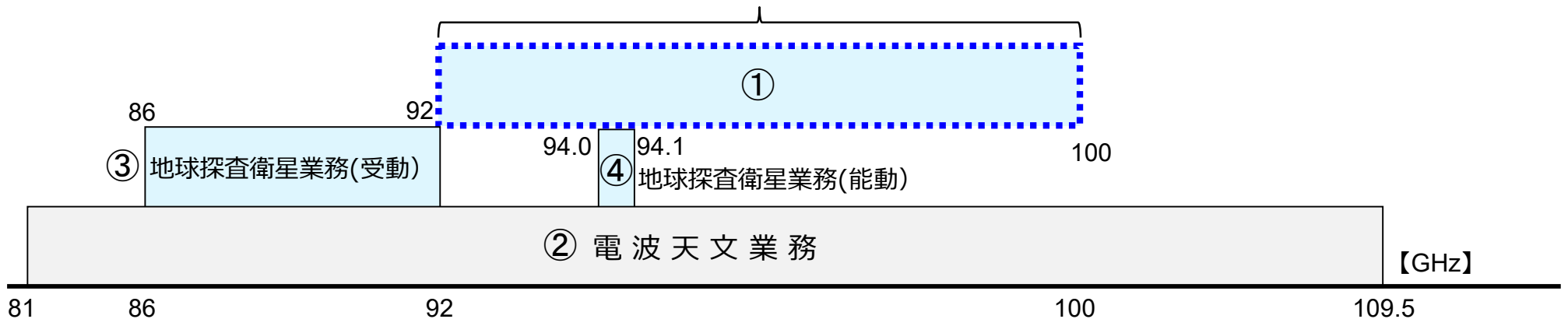


チャンネルプラン

- ✓ 90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの使用する周波数は92-100GHz。
- ✓ 共用検討の対象とする周波数は81-109.5GHzとなり、検討対象は、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー同士、電波天文業務、地球探査衛星業務(受動)/(能動)となる。

検討対象周波数及び隣接周波数の状況

90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの検討対象周波数



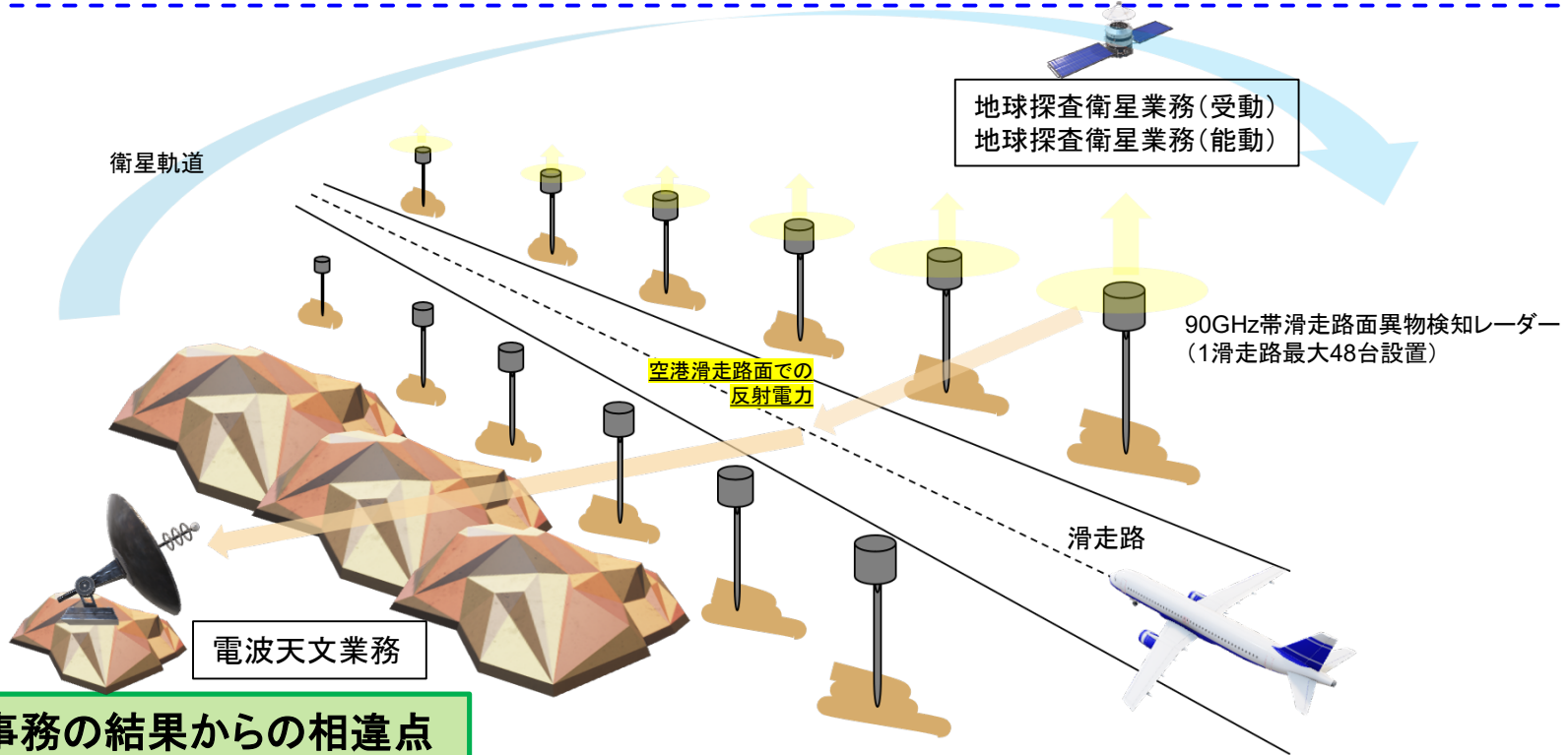
90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの共用検討対象

- ①90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー同士の共用検討 (検討対象周波数 : 92-100GHz)
- ②電波天文業務との共用検討 (検討対象周波数 : 81-109.5GHz)
- ③地球探査衛星業務 (受動) との共用検討 (検討対象周波数 : 86-92GHz)
- ④地球探査衛星業務 (能動) との共用検討 (検討対象周波数 : 94-94.1GHz)

共用検討①～③については、令和2年3月電波利用料技術試験事務「空港滑走路における90GHz帯FODレーダーの導入に向けた周波数有効利用に関する調査検討報告書」のとおり共用可能。共用検討④については、後述する動的検討を今回追加的に実施し共用可能となった。

共用検討の前提条件(全システム共通)

- ✓ 90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの設置台数は、1滑走路あたり建築限界の48台(標準は12台)とし、1空港における滑走路の数を最大6本と仮定。
- ✓ 90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの各出力電力を20dBmとし、空港滑走路面で反射すると22dB減衰と仮定。



技術試験事務の結果からの相違点

- ✓ レーダーの覆域を向上させることを想定し、空中線の半値幅について、1度以下から、垂直面又は水平面の半値幅が5度以下の空中線を想定。
- ✓ 主輻射方向は1度以上下方に向けることを想定していたが、1度より広い半値幅に対応するため、主輻射方向は、水平面より主輻射の角度の幅以上下方とした。
- ✓ 異物の多様な形状に対応することを想定し、偏波面について、直線偏波(垂直及び水平偏波)から、偏波を指定しないことを想定。

いずれの変更も、共用検討において、追加検討事項はない

✓ 最悪条件として、空港間の電波伝搬には回折(ナイフエッジ)損失なしと仮定。

技術試験事務の検討結果

検討の結果、最大で滑走路6本の空港を想定した場合、同一周波数帯を用いた場合の空港間所要離隔距離は78kmとなり、異なる周波数帯を用いた場合の空港間所要離隔距離は7.6kmで共用可能。なお、同一空港内の複数滑走路において、空港内の全ての90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの回転同期を実施することで同一周波数帯を用いることが可能。

各空港において、滑走路が6本より少ない空港を想定した場合の離隔距離については下表のとおり。例えば、南大東島空港～北大東島空港間(国内最小距離7.2km、滑走路数1の場合、異なる周波数を使用することにより共用可能。

空港の滑走路数	各空港が使用する周波数	離隔距離(km)
滑走路1本の空港	同一周波数	63
滑走路2本の空港	同一周波数	68
滑走路3本の空港	同一周波数	72
滑走路4本の空港	同一周波数	74
滑走路5本の空港	同一周波数	76
滑走路6本の空港	同一周波数	78
滑走路1本の空港	異なる周波数	3.7
滑走路2本の空港	異なる周波数	5.0
滑走路3本の空港	異なる周波数	5.8
滑走路4本の空港	異なる周波数	6.5
滑走路5本の空港	異なる周波数	7.1
滑走路6本の空港	異なる周波数	7.6

- ✓ 81-109.5GHzに分配がある電波天文業務との共用検討を実施。
- ✓ 最悪条件として、電波伝搬には回折(ナイフエッジ)損失なしと仮定。
- ✓ 電波天文業務の受信設備と反対方向にアンテナを設置する場合には、背面漏洩電力-89.7dBmを適用。

技術試験事務の検討結果

検討の結果、空港と電波天文業務の受信設備が正対する場合には離隔距離112kmを確保すること、離隔距離112kmが確保できない場合には90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーを電波天文の受信設備に対して背面方向に設置し、放射電力が-89.7dBm以下となるよう遮蔽板を設ける等の対策を行うことにより、電波天文業務の受信設備との共用が可能となる。

追加の共用検討結果

電波天文業務の受信設備に対して90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーを背面に向けた設置や隣接帯域となる場合を含む離隔距離の検討結果を下表のとおり整理した。

レーダーのアンテナ方向	与干渉周波数	離隔距離
電波天文業務の受信設備と正対する設置	同一周波数	112km
電波天文業務の受信設備と正対する設置	隣接周波数	6.0km
電波天文業務の受信設備に背面向きに設置	同一周波数	5m未満
電波天文業務の受信設備に背面向きに設置	隣接周波数	1m未満

(注)黄色の行は追加の検討結果

- ✓ 地球探査衛星(受動)の対象となるセンサーは、水循環観測技術衛星(GOSAT-GW)に搭載されているAMSR3 (Advanced Microwave Scanning Radiometer 3)で、使用周波数は86-92GHz。
- ✓ 地球探査衛星(能動)の対象となるセンサーは、EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer)衛星に搭載されるCPR (Cloud Profiling RADAR)で、使用周波数は94-94.1GHz。
- ✓ CPR観測域は750m×10km、瞬時可視範囲は750m×750mであり、観測地域に含まれる90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー数は、最大値として東京国際空港を想定した128台※1と仮定。

※1 最大6滑走路のうち4滑走路(うち、2滑走路は全域、2滑走路は1/3)が観測地域に含まれる($48 \times 2 + 48 \times 1/3 \times 2 = 128$ 台)。

技術試験事務の検討結果(地球探査衛星業務(受動))

検討の結果、干渉電力は、空港滑走路面での反射電力と、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーから直接上空35°方向への電力の合計であり、この合計値が干渉許容電力密度(-169dBW)を下回ったため、地球探査衛星業務(受動)のセンサーとの共用は可能である。

技術試験事務の検討結果(地球探査衛星業務(能動))

検討の結果、CPRの帯域内(94-94.1GHz)で90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの電波を送信した場合には共用不可となり、CPRの帯域外(92-100GHzのうち94-94.1GHz以外の周波数)で90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの電波を送信した場合には共用可能となった。

追加の共用検討結果(地球探査衛星業務(能動))

技術試験事務における静的解析で共用不可となった地球探査衛星(能動)に対する動的解析の結果、干渉を受ける時間率の許容値1%に対し約0.01%の解析結果※2が示されており、国内関係者との調整の結果、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーは地球探査衛星(能動)と共用可能となった。

1. 一般条件

(1)周波数	92GHzから100GHzまでとする。
(2)変調方式	FM-CW(周波数変調連続波)方式とする。
(3)電波防護指針への適合	電波法施行規則第21条の4を満足すること。

2. 無線設備の技術的条件

(1)周波数の許容偏差	指定周波数帯によるため規定しない。
(2)占有周波数帯域幅の許容値	
(3)空中線電力	最大100mWとする。
(4)等価等方輻射電力	規定しない。
(5)空中線系	①送信空中線の絶対利得 44dBi以下とすること。なお、送信空中線の水平面及び垂直面の主輻射の角度の幅は、5度以下であることとし、主輻射方向は、水平面より主輻射の角度の幅以上下方となること。 ②偏波面 偏波は規定しない。
(6)空中線電力の許容偏差	上限50%、下限50%以内であること。
(7)送信スペクトラムマスク※	同一帯域及び隣接帯域を使用する全ての他業務との共用検討に基づく保護の観点により、帯域外領域については、必要周波数帯域内の上限周波数及び下限周波数の電力値に対して-70dBcの電力比とする。
(8)チャンネル配置	チャンネル配置は、特段規定しない。なお、92-100GHzのうち、5.9GHz以下の帯域幅を使用する場合、94-94.1GHzを避ける周波数配置が望ましい。

※ (9)帯域外領域における不要発射の強度の許容値及び(10)スプリアス領域における不要発射の強度の許容値についても、同様に搬送波の平均電力より70dB低い値とする。

干渉回避のための機能、設置、運用、その他の留意点

90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの無線設備に関して、同一システム・他システムとの共用の促進及び周波数有効利用に資するため以下の機能等を具備することが適当である。

(1) 90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー相互間の同期機能

同一空港内の同一滑走路又は複数滑走路において、同一の周波数を利用した90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーを設置する場合、同一システム間の周波数を共用するため、全ての90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの回転同期を実施する機能を設けること。なお、当該機能については、民間標準規格に規定することが適当と考えられる。

(2) 90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの不要な電波発射の停止

90GHz帯の他システムとの共用の促進及び周波数有効利用の観点から、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの空中線が検知しようとする方向以外の方向を向いた際には、電波の発射を停止する機能を設けること。なお、当該機能については、民間標準規格に規定することが適当と考えられる。

今後の検討課題

本検討では、92-100GHzの周波数帯を対象として90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの技術的条件の検討を行った。当該周波数帯は、92-100GHz帯が無線標定業務に分配されており、また、95-100GHzが無線航行業務に分配されている。90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの技術的条件は、無線標定業務である滑走路路面の異物検知以外にも、例えば、無線航行業務の用途にも利用することが可能と考えられる。

無線標定業務以外の用途に用いる際、新たな技術的条件等が必要になった場合には、追加の検討を行う必要があると考えられる。

航空・海上無線通信委員会

- 第24回会合
(令和5年10月25日(水)) 「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーに関する技術的条件」について検討を開始することとし、検討を促進させるための「90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー作業班の検討」の設置、作業方針及び検討スケジュールを定めた。
- 第25回会合
(令和6年2月9日(金)) 「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーに関する技術的条件」に関する委員会報告案をとりまとめ、これについて意見募集を行うこととした。

90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー作業班

- 第1回会合
(令和5年11月1日(水)) 「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーに関する技術的条件」について作業方針及び調査スケジュールを定めた。また、電波天文業務及び地球探査衛星業務との共用に関する詳細報告、国内実証結果、国際標準化動向及び国際展開等の報告並びに令和元年度に総務省が実施した技術試験事務の調査結果の報告を受けて調査を行った。
- 第2回会合
(令和5年12月5日(火)) 滑走路路面異物検知装置の導入検討状況及び90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー技術的条件に関する調査を行った。
- 第3回会合
(令和6年1月24日(水)) 「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーに関する技術的条件」に関する作業班報告書を取りまとめた。

氏名		主要現職 (敬省略)
【主査】専門委員	小瀬木 滋	一般財団法人航空保安無線システム協会 技術顧問
委員	森川 博之	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
専門委員	石井 義則	一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会 常務理事
〃	井手 麻奈美	MOLマリン&エンジニアリング株式会社 海洋技術事業部 主任研究員
〃	伊藤 功	株式会社モコス・ジャパン 取締役
〃	大槻 秀夫	日本無線株式会社 マリンシステム事業部 マリンシステム技術部 担当部長
〃	栗田 和博	日本航空株式会社 IT企画本部 IT運営企画部長
〃	児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃	齋藤 絵里	東芝インフラシステムズ株式会社 電波システム事業部 小向工場 センサシステム技術部 主務
〃	高橋 裕之	海上保安庁 総務部 情報通信課長
〃	竹内 康夏	ANAシステムズ株式会社 ITアーキテクチャ部 マネジャー
〃	竹之下 早苗	スカパーJSAT株式会社 宇宙事業部門 専任部長
〃	豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター 研究センター長
〃	生田目 瑛子	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会委員
〃	南風立 千枝子	一般社団法人全国漁業無線協会 参与
〃	福田 巖	東京海洋大学 学術研究院海事システム工学部門 海洋工学部 海事システム工学科 准教授
〃	藤井 威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授
〃	山口 茂彦	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長

氏名	所属 (敬省略)
【主任】 福島 荘之介	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所 特別研究主幹
栗田 和博	日本航空株式会社 IT企画本部 IT運営企画部長
柴垣 信彦	株式会社日立国際電気プロダクト本部製品開発部 部員
竹内 康夏	ANAシステムズ株式会社 ITアーキテクチャ部 マネジャー
中村 一城	公益財団法人鉄道総合技術研究所情報通信技術研究部通信ネットワーク研究室長
中村 元	防衛省整備計画局サイバー整備課 防衛部員
西村 公佐	株式会社KDDI総合研究所フォトニクスイノベーションG
野尻 英行	一般社団法人電波産業会研究開発本部 担当部長
橋田 芳男	東芝インフラシステムズ株式会社小向事業所 フェロー
平松 正顕	大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台天文情報センター周波数資源保護室長 講師
ニッ森 俊一	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所 上席研究員
細川 貴史	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長
堀江 宏昭	国立研究開発法人情報通信研究機構電磁波研究所電磁波伝搬研究センターリモートセンシング研究室
牧野 仁	国土交通省航空局交通管制部運用課 航空管制運航情報調査官