

(案)

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

電気通信技術審議会諮問第10号

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち

「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的条件」

平成30年7月11日

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

目 次

I 検討事項	1
II 委員会及び作業班の構成	1
III 検討経過	1
1 航空・海上無線通信委員会	1
2 地上型衛星航法補強システム作業班	1
IV 審議概要	3
第1章 検討の背景	3
1 地上型衛星航法補強システム (GBAS) について	3
2 地上型衛星航法補強システム (GBAS) の導入状況	5
3 地上型衛星航法補強システム (GBAS) の国際的な標準化動向	10
第2章 周波数の共用に関する検討	12
1 V-Low マルチメディア放送との共用検討	13
2 FM 放送との共用検討	21
3 ILS (LOC) との共用検討	26
4 VOR との共用検討	26
5 航空通信との共用検討	27
6 同一システム (地上型衛星航法補強システム (GBAS)) との共用検討	27
第3章 地上型衛星航法補強システム (GBAS) に関する技術的条件	30
第4章 今後の検討課題	36
V 審議結果	37
別表1 航空・海上無線通信委員会 構成員	38
別表2 地上型衛星航法補強システム作業班 構成員	40
別 添	41
参考資料	48
参考資料1 RECOMMENDATION ITU-R M1841-1	49
参考資料2 平成28年度次世代の航空機着陸誘導システム (GBAS) の導入のための技術 的条件に関する調査検討の請負報告書 (抜粋)	90

I 検討事項

航空・海上無線通信委員会は、電気通信技術審議会諮問第10号「航空無線通信の技術的諸問題について」（昭和60年4月23日）を所掌しており、今般、「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件」について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別表1のとおりである。

委員会における検討の促進を図るため、委員会の下に「地上型衛星航法補強システム作業班」を設けて「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件」について調査を行った。作業班の構成は別表2のとおりである。

III 検討経過

1 航空・海上無線通信委員会

(1) 第20回会合（平成30年3月9日）

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件」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「地上型衛星航法補強システム作業班」の設置、作業方針及び検討スケジュールを定めた。

(2) 第21回会合（平成30年7月11日）

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件」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。

2 地上型衛星航法補強システム作業班

(1) 第1回会合（平成30年3月26日）

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件」について、作業方針及び調査スケジュールを定めた。また、海外における地上型衛星航法補強システム（GBAS）の導入状況等について調査を行った。

(2) 第2回会合（平成30年4月23日）

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強

システム（GBAS）の技術的条件」について、平成 28 年度及び平成 29 年度の技術試験事務の報告を受けて、近隣周波数帯域を使用する無線通信システムとの周波数共用及び GBAS システムの技術的条件に関する調査を行った。

(3) 第 3 回会合（平成 30 年 5 月 28 日）

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち、「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的条件」について、同一周波数帯を使用する無線通信システムとの共用に関する調査を行った。

(4) 第 4 回会合（平成 30 年 6 月 29 日）

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的条件」に関する作業班報告書を取りまとめた。

IV 審議概要

第1章 検討の背景

欧米や中東、豪州、東南アジア等の空港では、世界的な航空トラフィック急増に対応するために、国際民間航空機関(ICA0: International Civil Aviation Organization)が普及を促進する衛星航法により効率的かつ安全な精密進入を可能とする装置(GBAS: Ground-Based Augmentation System)の整備が進んでいる。また国内外の航空会社においても、新たな航空機導入に際しては、GBASを搭載した機体の導入が進んでいる。

さらに、国土交通省では、「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)」の中で、2020年度に国内空港におけるGBAS初号機の運用開始を目指すこととしており、その後は順次、国内主要空港へ展開していく計画である。

1 地上型衛星航法補強システム(GBAS)について

地上から無線測位衛星(GPS(Global Positioning System)衛星)の精度や安全性を向上させる補強信号や航空機の進入降下経路情報を送信し、航空機を安全に滑走路へ誘導するためのシステムで、GPS衛星、地上装置及び機上装置により構成される。

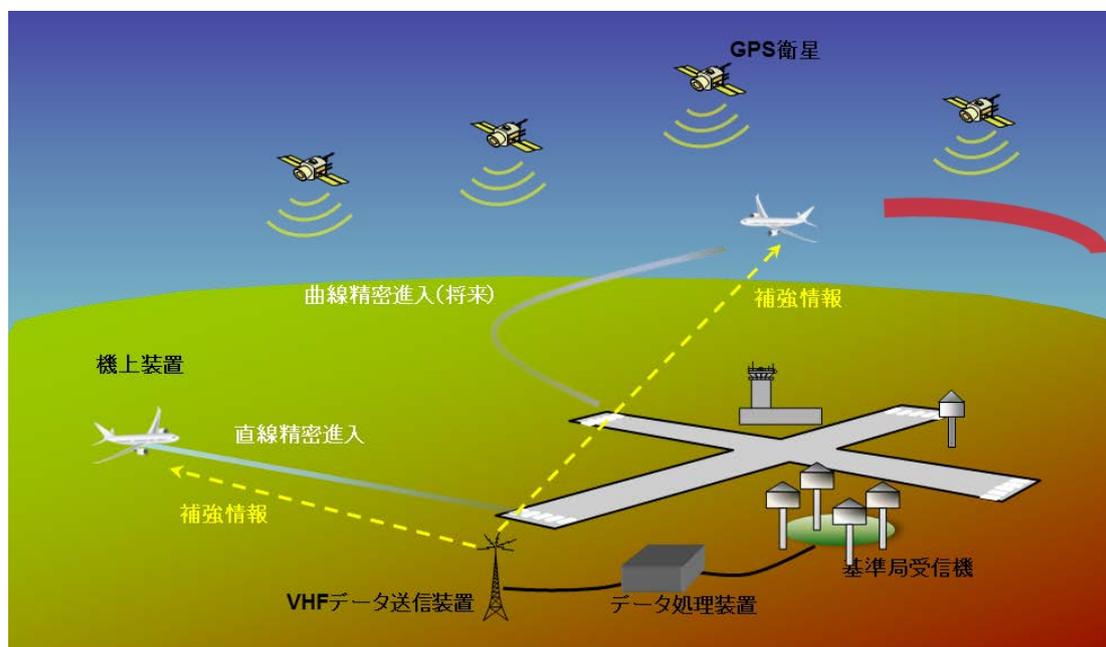


図1-1 GBASの全体構成図

(1) GPS 衛星

アメリカ合衆国が運用するL1/L2/L5の測位信号を放送する測位衛星である。GBASでは、そのうちL1の測位信号を使用する。

(2) 地上装置

地上装置は、大きく分けて、GBAS基準局、GBAS処理部プロセッサ、VDB (VHF Data Broadcast) アンテナの3つで構成される。

ア GBAS基準局

GPS衛星のL1波を受信するアンテナと、受信した測位信号をデコード（復号化）し測位計算する受信機で構成される。標準構成では、設置した付近の地上障害物やGPS信号の地面反射等により生じるマルチパスに対応するために、4式が設置される。

イ GBAS処理部プロセッサ

航空機の精密進入に必要な補強情報を生成処理する機能や、GBASの運用に脅威をもたらす事象を検出して航空機に通知する機能等を持ったソフトウェアを搭載する装置である。送信する補強情報はICAO SARPsで規格化されており、表1-1の内容となっている。

脅威をもたらす事象が発生した場合、即座に検出して航空機の安全運航への支障をなくす各種仕組みが組み込まれており、例えば、衛星故障の検出や電離圏異常の検出、送信前のメッセージ照合等がある。

表1-1 GBAS補強情報規格表

メッセージタイプ	用途
0	(予備)
1	基準局から受信したGPS測位情報を基に計算したGPS衛星毎の擬似距離補正值
2	GBAS 地上システムに関する情報（基準局の数、GBAS測位参照点の位置、カテゴリ別の性能区分等）
3	パディングするための空メッセージ
4	最終進入経路（FAS : Final Approach Segment）情報
5	GPSの測距予測情報（旧規格。対応GBAS受信機なし）
6~8	設定予定あり
9~100	(予備)
101	擬似距離補正值（豪州用の旧規格）
102~255	(予備)

出典) ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.4.1

ウ VDBアンテナ

GBAS処理部プロセッサで作成した補強メッセージ情報は、VDB送信機により変調・多重化（D8PSK（Differential 8-Phase Shift Keying）、TDMA（Time Division Multiple Access））がなされ、VDBアンテナから飛行している航空機に放送される。VDBアンテナは、複数滑走路でも補強情報が共有できるよう全方向性となっている。

（3）機上装置

機上装置では、自身が受信するGPS測位信号とVDBアンテナから放送される補強データから精密進入の要件に合致した自己位置に関する情報を計算して、航空機の自動飛行制御に提供する。航空機のコックピットにはILSアプローチと同様の水平方向及び垂直方向の位置偏差情報が表示され、パイロットはこれに基づき精密進入を行う。着陸の方式としては、ILS 同様滑走路への直線進入が行われるほか、将来的には図1-1に示すような曲線精密進入が期待されている。

2 地上型衛星航法補強システム（GBAS）の導入状況

（1）国内の状況

日本においては、2020年度よりCAT（Category）-Iの実運用開始が目指されている。各空港におけるシステムの導入に向けた状況は以下のとおりである。

・仙台空港

電子航法研究所により1990年代からGBAS研究が開始され、CAT-Iプロトタイプが開発され試験飛行や空港内でのデータ収集が行われた。現在は曲線進入などの飛行試験や次世代のMC/MF（複数衛星・複数周波数）GBASの研究に利用されている。2011年の東日本大震災の津波により破壊されたが、復旧済みである。

・新石垣空港

電子航法研究所により高カテゴリGBAS（CAT-II/III GBAS：GAST（GBAS Approach Service Type）-D）のプロトタイプが試験運用されている。また、磁気低緯度に発生するプラズマバブルが大きな電離圏遅延勾配を作るため、GBASへ大きな影響を与える可能性が指摘されており、現在その評価研究が行われている。

・新千歳空港

電子航法研究所が関西空港に設置していたCAT-I GBAS（GAST-C）の安全設計手法を開発するためのプロトタイプは新千歳空港に移設され、航空局により降雪等の設置環境のGBASに対する影響評価が実施されている。

- ・羽田空港

GBAS 初号機の設置が決定している。2018 年度末までに整備を完了し、評価運用を経て 2020 年度中に CAT-I を運用開始予定である。

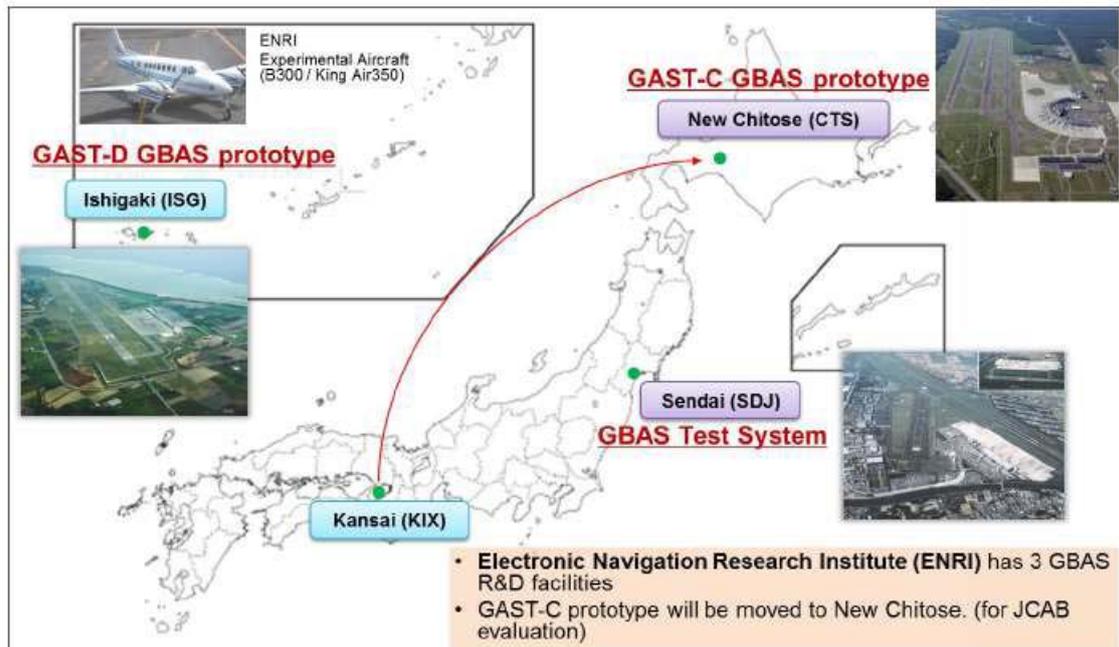


図 1 - 2 日本国内の空港におけるGBAS導入に向けた試験の実施状況

(2) 国外の状況

各国におけるGBASシステムの導入状況等は以下のとおりである。

- ・米国

米国内の空港においては、民航用としてヒューストン空港及びニューアーク空港においてGAST-Cが運用されている。また、ジョン・F・ケネディ空港、ラガーディア空港、シアトル・タコマ空港、ミネアポリス・セントポール空港へのGBAS導入が推進されている。なお、FAA（米国連邦航空局：Federal Aviation Administration）では、GBASを空港運営組織が整備し運用する方針としており、FAAは政府機関として機材のシステム設計承認、空港への設置承認と支援、飛行検査、各種基準の制定、研究開発支援などの役割を担う。このため、他空港へのGAST-Cの整備拡大は、空港運営側の判断に依存している。

現在FAAは、テクニカルセンターでGAST-D GBAS（CAT-II/III）機材のシステム設計承認を実施中であり、2019年の完了を目指している。さらにFAAでは国際協調の取り組みとして、欧州EUROCONTROL（European Organisation for the Safety of Air Navigation）、ドイツ、ブラジル等とMOU（Memorandum of Understanding）を締結している。

- ・ドイツ

ドイツにおいては、ブレーメン空港、フランクフルト空港において

CAT-I GBASが実運用されている。また、フランクフルト空港にGAST-Dプロトタイプを設置し、複数VDB局で試験を実施している。さらに、同空港ではGBAS推進のため、GBAS利用機の着陸料割引キャンペーンを行った。

- ・ スイス

スイスにおいては、チューリッヒ空港にSLS-4000 (CAT-I GBAS) が設置され、2016年10月から実運用が開始されている。なお、GLSアプローチを設定しているのはRWY (runway) 14のみであり、現在運用データを収集し評価を実施している。他の滑走路においては今後、着陸の方式 (経路や高度、使用する航行援助施設等) を設定する予定である (時期は未定)。

- ・ オーストラリア

オーストラリアにおいては、シドニー空港で2014年5月29日よりCAT-I GBASが実運用されている。また、メルボルン空港にSLS-4000 (CAT-I GBAS) が設置されており、2017年5月に運用を開始した。なお、オーストラリア政府はGNSS (Global Navigation Satellite System) コアコンステレーションを監視する独立システムの開発を行う予定である。

- ・ フランス

フランスにおいては、トゥールーズ空港にCAT-I GBASが設置され、エアバス機の評価用として使用されるとともに、SESAR (Single European Sky ATM Research) の活動の一貫として、CAT-III GBASのプロトタイプが設置されている。さらに、同空港には、MC/MF (Multi Constellation/Multi Frequency) 対応GBAS (GAST-F GBAS) のテストベッドも設置されている。

- ・ 英国

英国においては、ヒースロー空港にて、電離圏環境のモニタリングを実施中であり、今後電波干渉の状況調査と対策検討を実施予定である。

- ・ ノルウェー

ノルウェーにおいては、地上施設はIndra Navia社製、機上装置はUniversal社製に限定したSCAT-I (Special CAT-I) 方式のGBAS装置が17の空港に設置されている。

また、オスロ空港には、Indra Navia社の高カテゴリGBAS (GAST-D) のプロトタイプが設置されている。

- ・ 中国

中国においては、上海空港にHoneywell社製GBAS (CAT-I) が設置されており、エアバス機・ボーイング機を使用したデモフライトも実施されている。また、天津空港には中国製のGBASプロトタイプが設置され、GPSとBeidouの両衛星を利用した精密進入の評価が実施されている。

表 1 - 2 海外におけるGBAS地上装置の導入状況

精密進入(カテゴリI GBAS) 運用中			
空港	国	運用開始月	就航状況
ブレーメン空港	ドイツ	平成24年2月	
ヒューストン空港	米国	平成24年4月	ANA
ニューアーク空港	米国	平成24年9月	
マラガ空港	スペイン	平成26年5月	
シドニー空港	オーストラリア	平成26年5月	JAL、ANA
フランクフルト空港	ドイツ	平成26年9月	JAL、ANA
チューリッヒ空港	スイス	平成26年10月	
モスクワ他90空港	ロシア	平成28年度	JAL
メルボルン空港	オーストラリア	平成29年5月	JAL
カテゴリI GBAS 設置済み(運用準備中)			
金浦空港	韓国	評価中	JAL、ANA
上海空港(浦東)	中国	評価中	JAL、ANA
チェンナイ空港	インド	評価中	
リオデジャネイロ空港	ブラジル	評価中	
セントヘレナ空港	英国	評価中	
GBAS 計画有り(整備中を含む)			
パース/ブリスベン空港	オーストラリア	調達計画中	
ヒースロー空港	英国	調達計画中	JAL、ANA
クアラルンプール空港	マレーシア	調達計画中	JAL、ANA
ドバイ空港	UAE	調達計画中	
ダカール空港	セネガル	調達計画中	
ジョンFケネディ空港	米国	調達計画中	JAL、ANA
ラガーディア空港	米国	調達計画中	
シアトル空港	米国	調達計画中	ANA
サンフランシスコ空港	米国	調達計画中	JAL、ANA
バリツェ空港	ポーランド	調達計画中	

(3) GBAS機上装置の搭載動向

GBAS機上装置の搭載状況は表1-3のとおりであり、我が国の航空会社の一部の機体にも既に導入されている。

表1-3 GBAS機上装置の搭載状況

機体メーカー	機種	標準/オプション
Boeing	B737NG	オプション
	B737max	オプション
	B787	標準
	B747-8	標準
	B777-X	標準
Airbus	A320 Family	オプション
	A380 Family	オプション
	A330 Family	オプション
	A340 Family	オプション
	A350 Family	オプション (SBASとセット)

3 地上型衛星航法補強システム（GBAS）の国際的な標準化動向

GBAS については以下の（１）～（３）の国際標準が存在しており、その関係は図 1－3 に示すとおりである。

（１）ICAO SARPs : ICAO Standards and Recommended Practices

ICAO は、国際航空運送業務における条約の作成、国際航空運送に関する国際標準、勧告、ガイドラインを規定している。

GBAS (CAT-I) については、Annex 10, Vol. 1 3.7.3.5 (6th edition) 並びに、Appendix B の 3.6、Attachment D の 7 に規定されている。

GAST-D (CAT-III の GBAS) については、航法システムパネル (NSP) の作業部会において机上検討による実現可能性を検証中であり、2010 年 5 月からは運用を含めた検証へ移行し、現在 Annex 10 の改訂版を各国にて発効承認中である。

（２）RTCA DO : Radio Technical Commission for Aeronautics DO

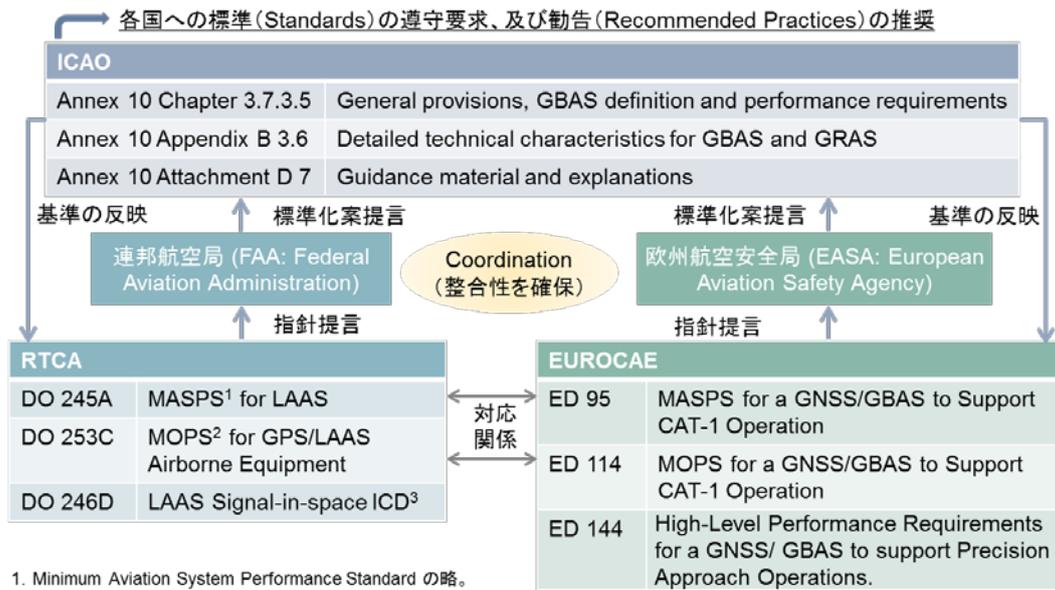
RTCA は航空に関する要求事項・技術的コンセプトの調査検討に取り組み、提言を行うことを目的とした米国の民間非営利団体である。同団体は、航空要求事項を満足させる電子技術の適用実施を示す規格及び指針文書の作成を実施している。

GBAS 関連事項については、LAAS MASPS DO-245A、LAAS MOPS DO-253C、LAAS ICD DO246D に規定されている。

（３）EUROCAE ED : European Organization for Civil Aviation Equipment ED

EUROCAE は航空に関する要求事項・技術的コンセプトの調査検討に取り組み、提言を行うことを目的とした欧州の民間非営利団体である。

GBAS 関連の規格については、ED-95、ED-114、ED-144 に規定されている。ただし、欧州における CAT-I 機器の製造は米国メーカーが独占していたため、RTCA DO に比べると ED の国際的な効力は小さい。



1. Minimum Aviation System Performance Standard の略。主に地上装置側の規格を規定。
2. Minimum Operational Performance Standard の略。主に機上装置側の規格を規定。
3. Interface Control Document の略。主に機上装置と地上装置のインターフェイスに係る規格規定。

図 1 - 3 GBASに係る国際標準間の関連図

第2章 周波数の共用に関する検討

国内外におけるGBASが使用する周波数付近の使用状況は図2-1のとおりである。また、その無線システムの諸元は表2-1のとおりである。

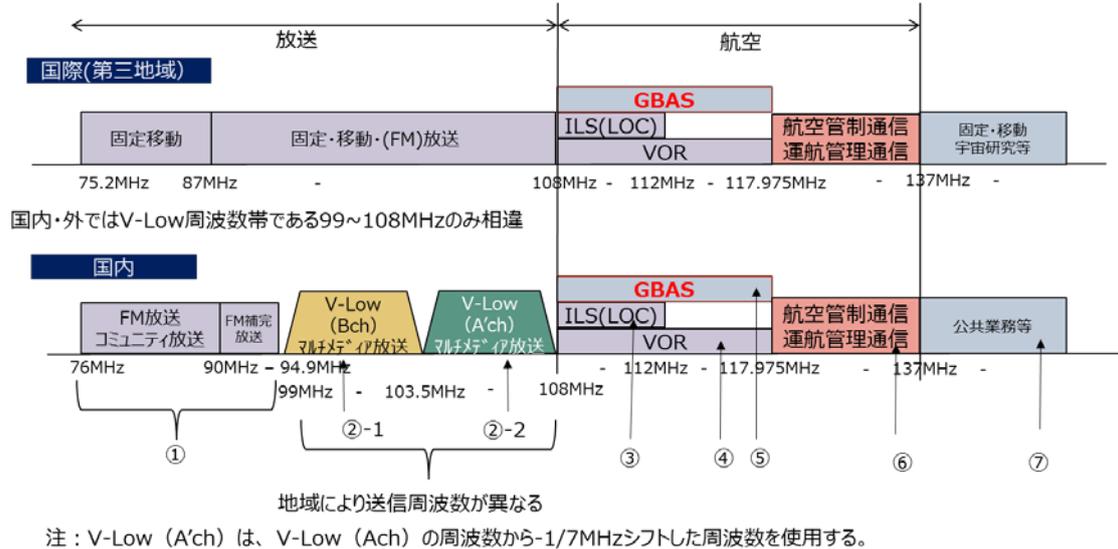


図2-1 GBAS周波数付近における周波数の使用状況

表2-1 無線システムの諸元

No	無線システム	周波数 (MHz)	通信方式	通信輻域	送信電力	用途
①	FM放送・コミュニティ放送・FM補完放送	76~94.9	F8E	—	125kW (FM放送、コミュニティ放送 ERP) 57kW (FM補完放送 ERP)	音声放送等
②	V-Low マルチメディア放送	(Bch) 101.285714 (A'ch) 105.428571 ^{※1}	X7W	—	5~10kW	V-Low マルチメディア放送
③	ILS(LOC)	108~112	A2A	20NM	10W	航空保安無線施設
④	VOR	108~117.975	AXX	200NM	200W	航空保安無線施設
⑤	GBAS	108~117.975 ^{※2}	G1D	20NM	覆域内の電界強度規定 (<150W)	航空保安無線施設
⑥	航空通信	117.975~137	A3E	200NM	50W	航空音声通信 航空データ通信 (VDL)
⑦	公共業務等	137~144	個別規定	—	個別規定	消防・防災・鉄道無線等

※1 北海道、関東・甲信越、近畿及び九州・沖縄地域では、混信回避のため A ch (105.571429MHz) ではなく A' ch (105.428571MHz) を使用する。
 ※2 ICAO Annex 10において、ILSとGBAS及び航空通信とGBASの共用条件が定められるまでは、112.025MHzから116.4MHzまでの周波数を使用することが推奨されている。

1 V-Lowマルチメディア放送との共用検討

(1) 共用検討

ア GBAS与干渉

(ア) 試験概要

GBAS送信機がV-Lowマルチメディア放送（以下、「V-Low」という）受信機に与える干渉の影響を検証する。

希望波としてV-Low信号（ISDB-T_{SB} : Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial for Sound Broadcasting）を信号発生器（SG）出力としてV-Low受信機に入力し、妨害波であるGBAS信号の許容レベルを計測する。なお、GBAS信号の許容レベルは、GBAS運用周波数が最もV-Lowの周波数に近い108.025MHzのほか、117.950MHzまでの周波数の違いによる許容レベルの変化を定量的に測定し、V-Lowへの影響を調査する。

V-Low受信機への入力レベル及び干渉許容レベルについては、ARIB STD-B30 1.3版の5.2.2妨害抑圧比の測定及び5.3 VHF帯受信用チューナー部の特性「付録2」に従うものとする。

なお、検証では3機種のV-Low受信機を使用する。

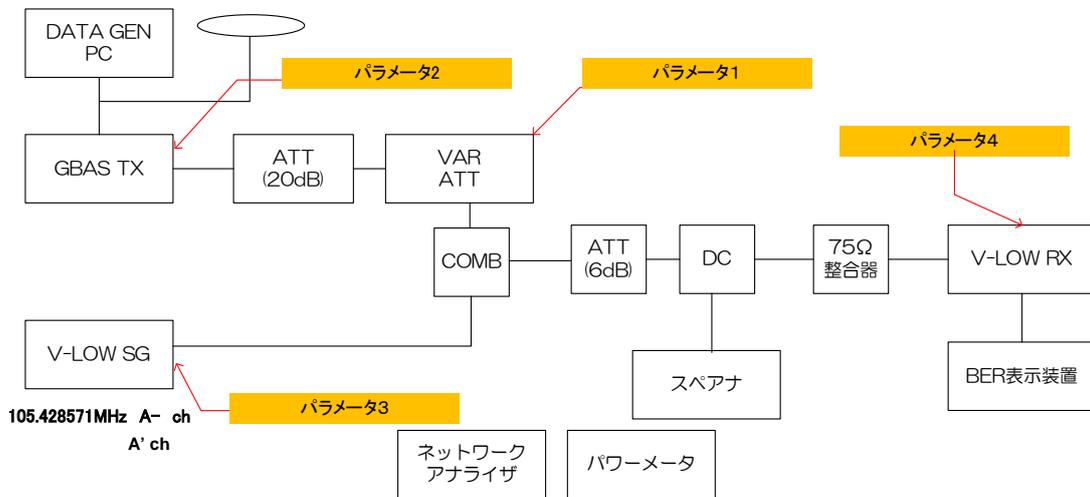


図2-2 試験系統図：GBAS与干渉検証

試験における各パラメータについては以下のとおりとする。

- ・ パラメータ1（GBAS（妨害波）レベル）

妨害波レベルは、1dBステップとしてBER（Bit Error Rate） $= 2 \times 10^{-4}$ 以下となる干渉レベルの最大値を取得する。なお、最大入力は、V-Low許容入力レベルとする。ただし、ヒステリシス特性を持つ場合は、レベルを徐々に下げた場合と上げた場合の2種類

を取得する。

- ・ パラメータ 2 (GBAS (妨害波) 周波数)
GBAS 周波数は、ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.1 で規定されている周波数の下限 (108.025MHz)、上限 (117.950MHz)、及び ILS との共用面から推奨されている当面の使用下限周波数 (112.050MHz) の 3 点のほか、干渉レベル特性が変化する点を密に選定した合計 10 点程度の周波数とする。
- ・ パラメータ 3 (V-Low (希望波) レベル)
-15dBm、-65dBm の 2 点とする (ARIB STD-B30 5.2.2 妨害抑圧比の測定に基づく値)。
- ・ パラメータ 4 (V-Low 受信機)
V-Low 受信機 (A)、(B)、(C) の 3 機種

ここで、V-Low の許容妨害波レベルについては、「ARIB STD-B30 5.2.2 妨害抑圧比の測定」に基づき、V-Low 受信機希望波レベル-65dBm 時のビタビ符号の誤り訂正の許容する BER $\leq 2 \times 10^{-4}$ の点と定義している。

一般に BER の測定においては、BER の逆数の 10 倍の長さの信号を入力して測定することから、 2×10^{-4} の場合は、 $1 / (2 \times 10^{-4}) \times 10 = 5 \times 10^4$ bit をデータ入力数とする。

また、V-Low の測定チャンネルについては以下のとおりとする。

V-Low 送信波は、図 2-3 に示すように 3 つのチャンネルから構成されており、その 1 チャンネルは、3 セグメント (seg) の周波数から構成されている。本検討においては、パラメータ 3 及び 4 に関連して、GBAS 周波数に近い A' ch の「中間 3seg」と「上位 3seg」の 2 つのチャンネルについて測定を行う。

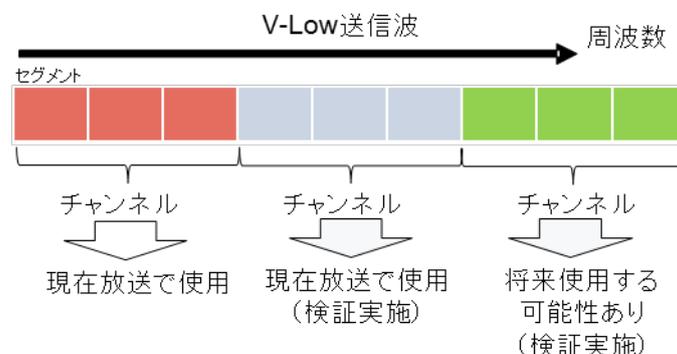


図 2-3 V-Low チャンネル・セグメント構成

(イ) 試験手順

以下の①～③を実施する。

- ① V-Low 周波数は A' ch とし、希望波 (D) が V-Low 受信機入力端でパラメータ 3 の値となるように V-Low SG の出力レベルを調整する。変調信号は、MPEG-2 TS ファイル (実信号と同じ 1 分間データ) を SG より繰り返し出力再生させる。
- ② V-Low 受信機のチャンネル周波数も同様に A' ch に合わせ、SG からのデータが正しく受信されることを確認する。
- ③ 妨害波 (GBAS) の周波数を 108.025MHz として可変減衰器 (VAR ATT) を 1 dB 単位で変化させ BER=2×10⁻⁴以下の妨害波レベルとなる最大値を測定する。
なお、妨害波レベルは、過去の検証で各 V-Low 受信機に入力した実績のある最大値 (+10dBm) を上限とする。

(ウ) 試験結果

参考資料 2 に示す試験結果に基づき、混信保護比は以下の方針で定めることが適当である。

- ・セグメントについては、V-Low A' ch の中間 3seg と上位 3seg の測定結果より、混信保護比が保守的な A' ch の上位 3seg の結果を用いる。
- ・受信機については、機種による周波数依存もわずかながらみられることから、最も保守的な受信機の結果を利用する。
- ・希望波レベルの上限である -15dBm と下限である -65dBm で混信保護比の差が大きいことから、各希望波レベルに応じて設定する。

各希望波レベルに対して、A' ch の上位 3seg で全受信機の結果を包含する線形なグラフとして以上の方針により与えられる、GBAS 与干渉保護比を図 2-4 に示す。

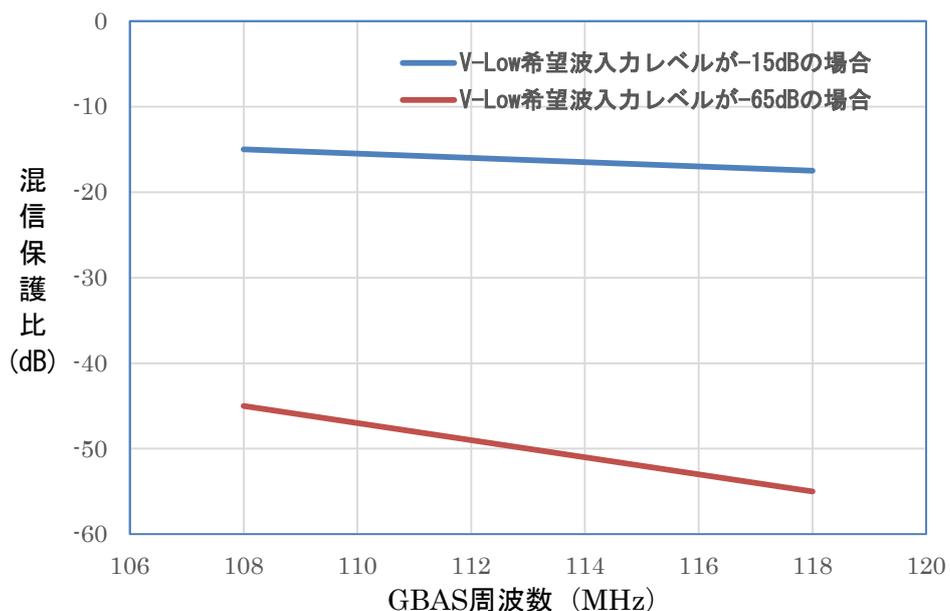


図 2 - 4 GBAS与干渉保護比

イ GBAS被干渉

(ア) 与干渉波がV-Lowのみの場合

a 試験概要

希望波としての GBAS 信号と妨害波としての V-Low 信号を GBAS 受信機に入力し、V-Low 信号の許容レベルを計測する。V-Low 信号の許容レベルは、GBAS 運用周波数の最も V-Low 周波数に近い GBAS 周波数 108.025MHz のほか、117.950MHz までの GBAS 運用周波数において、V-Low 信号からのスプリアス発射・帯域外発射からの干渉及び V-Low 信号 (A' ch) 同士による相互変調干渉の影響を定量的に測定する。

また、V-Low信号の許容レベルはGBAS希望波レベルによっても異なる可能性があることから、希望波レベルを数点ほど変化させ妨害波としてのV-Low信号許容レベルがどのように変化するかも併せて調査する。なお、検証では2機種 of GBAS受信機を使用した。

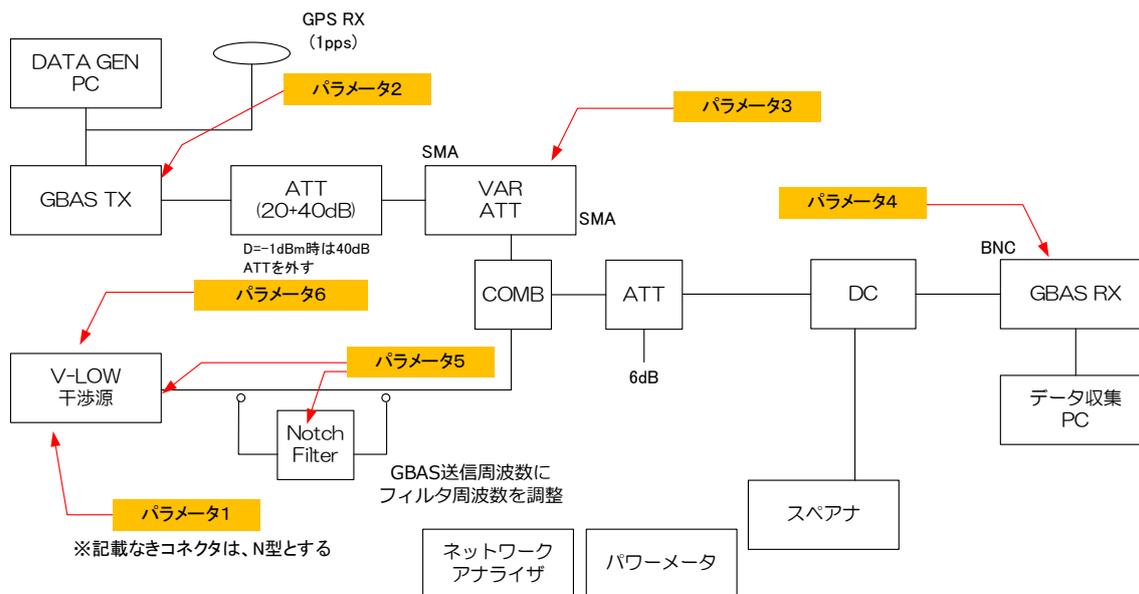


図 2 - 5 試験系統図：GBAS被干渉検証（V-Low放送）

試験における各パラメータについては以下のとおりとする。

- ・ パラメータ 1（V-Low（妨害波）レベル）

妨害波レベルは、1 dB ステップとして MFR（Message Failure Rate） $\leq 1/1000$ 以下の点の探索に必要な 2～3 点とする。探索のために、許容点と許容不可点の 2 点以上を取得する。

ただし、各希望波レベル（パラメータ 3）に対する妨害波レベルの最大値は、試験環境で実現できる最大レベルを上限とする。
- ・ パラメータ 2（GBAS 送信機（希望波）周波数）

GBAS 周波数は、ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.1 で規定されている周波数の下限（108.025MHz）、上限（117.950MHz）及び ILS との共用面から推奨されている当面の使用下限周波数（112.050MHz）の 3 点のほか、干渉レベル特性が変化する点を密に選定した合計 10 点程度の周波数とする。
- ・ パラメータ 3（GBAS 希望波レベル）
 - 87dBm、-81dBm、-72dBm、-1dBm
 - 87dBm：RTCA DO-245A 3.3.2.1 項で規定されている VDB 受信機の最低受信レベル値
 - 72dBm：RTCA DO-245A Appendix D.5. Table D-12 の AIL (Aircraft Implementation Loss)=0dB とした入力レベル
 - 81dBm：最低受信レベル～-72dBm 間の中間値（レベル比 1：4：8＝-87dBm：-81dBm：-72 dBm）
 - 1 dBm：RTCA DO-245A 3.3.2.1 項で規定されている最大受信機入力レベル値

- ・ パラメータ 4 (GBAS 受信機)
GBAS 受信機 (X)、GBAS 受信機 (Y) の 2 機種
- ・ パラメータ 5 (V-Low (妨害波) 送信機)
V-Low SG、V-Low SG+Notch Filter、V-Low 送信機
- ・ パラメータ 6 (V-Low (妨害波) 周波数)
現在、使用されている V-Low 運用周波数 A' ch(105.428571MHz) を基本とする。ただし、パラメータ 5 が V-Low SG を干渉源とした場合においては、無線設備規則で使用が認められている Ach (105.571429MHz) についても参考として実施する。

b 試験手順

対象とする各 GBAS 周波数において以下の①～③を実施する。

- ① GBAS 周波数は、108.025MHz とし、DATA GEN PC よりダミーデータを発生させ GBAS 送信機からの希望波 (D) が GBAS 受信機入力端で-87dBm となるように VAR ATT を調整する。
- ② GBAS 受信機のチャンネル周波数も同様に 108.025MHz に合わせ、GBAS 受信機からのデータが正しく受信されることを確認する。また、MFR が “0” であることを確認する。
- ③ 妨害波 (V-Low) の周波数を 105.428571MHz (A' ch : 東京放送周波数) として VAR ATT を 1dB 単位で変化させ MFR=0 のレベルと MFR=1/1000 の妨害波レベルを測定する。

なお、MFR= 1/1000を満足するために必要となるメッセージ数については、RTCA DO-253C 2.5.2.1.3に基づき、10,000メッセージを送信して15メッセージ以下の誤りであればパス、16メッセージ以上の誤りであればフェイルとする。

(イ) 与干渉波としてFM補完放送とV-Low放送が同時に加わる場合

a 試験概要

V-Low放送 (A' ch) とFM補完放送の組み合わせによる、GBAS受信機への相互変調干渉の影響を検討した。

FM放送局に見立てる信号については、変調信号はCW (搬送波信号) とし、またGBAS受信機内部で相互変調積を生成させるためにSG出力レベルは+20dBm (GBAS受信機端で+11.3dBm) とする。この条件のもと、GBAS希望波レベル-87dBm時のV-Low信号の許容レベルを確認する。GBAS希望波を-87dBmとするのは、最低受信感度であること

と、V-Low SGの出力レベルが最大値（+13dBm）を超えず評価できるレベルとするためである。

なお、FM放送局に見立てるSGとV-Low SGの信号出力にはスプリアスの影響を極力なくするため、Notch Filterを通して入力する。

また、検証では2機種種のGBAS受信機を使用する。

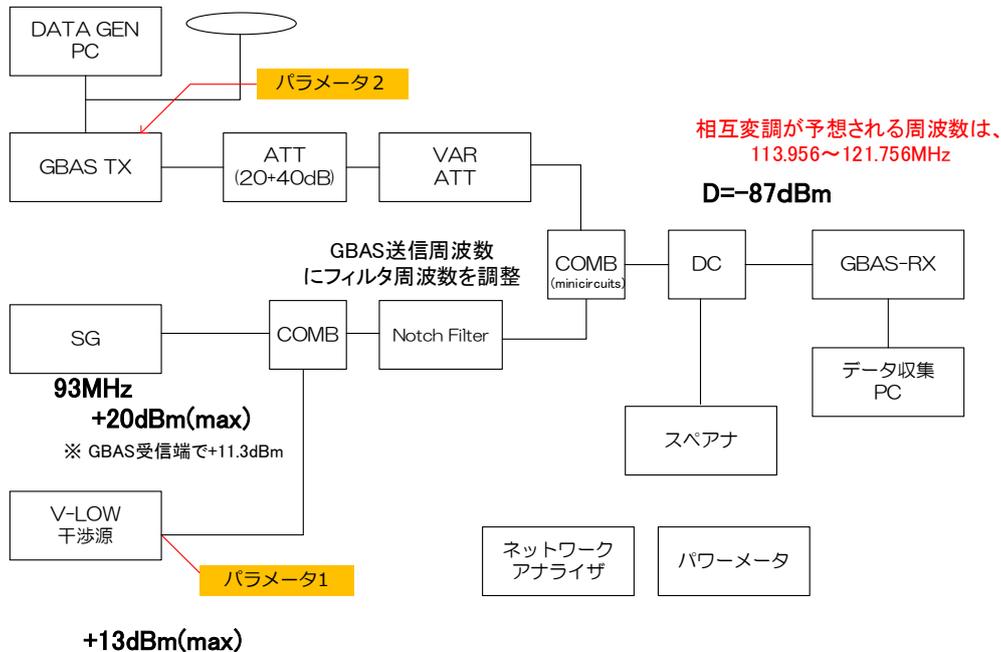


図 2 - 6 試験系統図：GBAS被干渉検証（FM補完放送+V-Low放送）

試験における各パラメータについては以下のとおりとする。

- ・ パラメータ 1（V-Low（妨害波）レベル）
妨害波レベルは、1 dBステップとしてMFR（Message Failure Rate） $\leq 1/1000$ 以下の点を探査するのに必要な2～3点とする。探査のために、許容点と許容不可点の2点以上を取得する。
- ・ パラメータ 2（GBAS送信機（希望波）周波数）
GBAS周波数は、ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.1で規定されている周波数の下限（108.025MHz）、上限（117.950MHz）及びILSとの共用面から推奨されている当面の使用下限周波数（112.050MHz）並びに干渉レベル特性が変化する周波数部分から数点及び相互変調の影響を受けると予想される113.956MHz以上の周波数から数点とする。

b 試験手順

対象とする各 GBAS 周波数において以下の①～③を実施する。

- ① GBAS 周波数は、108.025MHz とし、DATA GEN PC よりダミーデータを発生させ GBAS 送信機からの希望波 (D) が GBAS 受信機入力端で-87dBm となるように VAR ATT を調整する。
- ② GBAS 受信機のチャンネル周波数も同様に 108.025MHz に合わせ、GBAS 受信機からのデータが正しく受信されることを確認する。また、MFR が “0” であることを確認する。
- ③ 妨害波 (V-Low) の周波数を 105.428571MHz (A' ch : 東京放送周波数) として VAR ATT を 1 dB 単位で変化させ MFR=0 のレベルと MFR=1/1000 の妨害波レベルを測定する。

なお、MFR= 1/1000 を満足するために必要となるメッセージ数は、RTCA DO-253C 2.5.2.1.3 に基づき、10,000 メッセージを送信して 15 メッセージ以下の誤りであればパス、16 メッセージ以上の誤りであればフェイルとする。

(ウ) 試験結果

参考資料 2 に示す試験結果に基づき、以下のとおり混信保護比を定めることが適当である。なお、(イ)において実施した試験では相互変調干渉の影響は認められなかったことから、(ア)の試験結果に基づき混信保護比を定めた。

a GBAS周波数が108.025MHz以上112.025MHz未満の場合について

検証結果より、V-Low送信機による妨害波のレベルが低い場合は、V-Low送信機の帯域外スプリアス性能からの影響が支配的であるが、妨害波のレベルが高くなるに伴い、V-Low送信機による相互変調干渉の影響により混信保護比が劣化していくことが導出されたことから、混信保護比は以下のとおりとすることが適当である。

- ・ 妨害波レベルが0dBm以下の場合：-60dB
- ・ 妨害波レベルが0dBmを超える場合：妨害波レベル0dBmでの混信保護比 -60dBを基準として、妨害波レベル1dB上昇あたり 3dB劣化

b GBAS周波数が112.025MHz以上117.950MHz以下の場合について

混信保護比は以下のとおりとすることが適当である。

- ・ -80dB

以上を取りまとめたGBAS被干渉保護比を図 2-7 に示す。

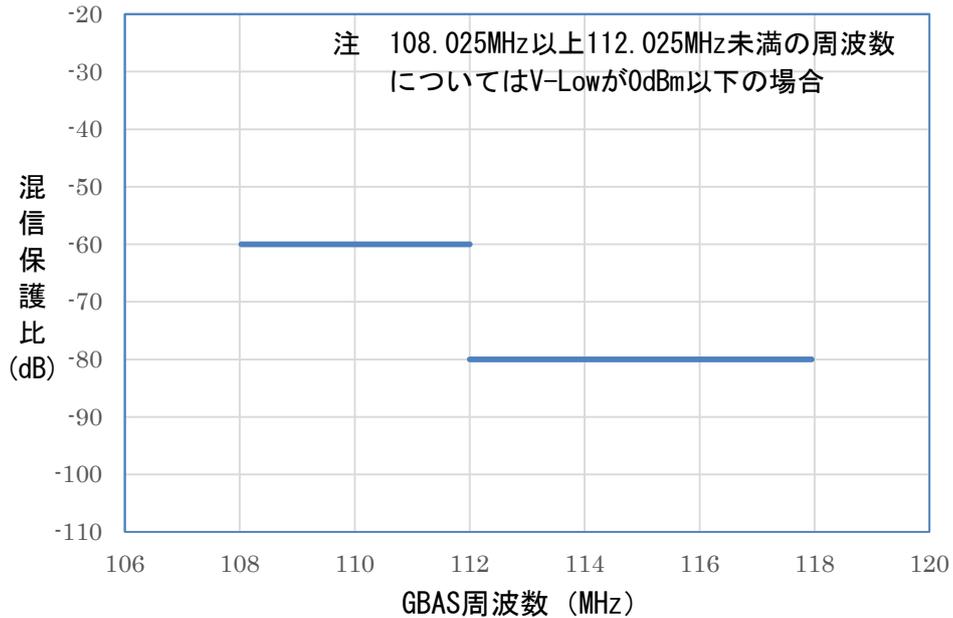


図 2 - 7 GBAS被干渉保護比

2 FM放送との共用検討

(1) 共用条件

ITU-R勧告 M. 1841-1は、FM音声放送とGBASの周波数共用に関するものであり、FM放送信号による干渉タイプ別の共用条件が勧告されている。共用検討の対象周波数帯は、図 2 - 8において赤で囲んだ部分である（第三地域における周波数分配）。

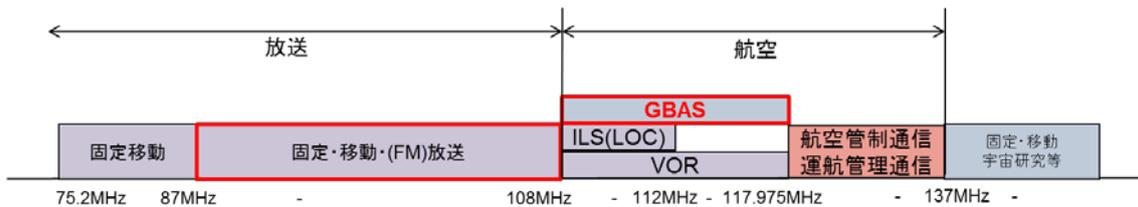


図 2 - 8 「Recommendation ITU-R M. 1841-1」の検討対象周波数帯

同勧告では、干渉のタイプとして、(A1)スプリアス干渉、(A2)帯域外干渉、(B1)相互変調干渉、(B2)感度抑圧干渉の4種類を挙げている。

FM放送信号の偏波は水平方向、垂直方向、混合の3パターンがあり、電界強度は次式で表される。

$$E = 76.9 + P - 20 \log d + H + V$$

E : 放送信号の電界強度 (dB (μ V/m))

P : 放送局の最大ERP (dBW)

d : 2点間の距離 (km)

H : 水平放射パターン補正 (dB)

V : 垂直放射パターン補正 (dB)

87.5MHz-108.0MHz帯の放送信号の場合、航空受信機に入る放送信号レベルN (dBm) は次式で表される。

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a$$

L_s : 信号分配器損失 (dB) (3.5dB)

$L(f)$: 放送周波数f (MHz) のアンテナシステムの周波数依存損失 (dB)

L_a : アンテナシステムの固定損失 (dB) (9dB)

108MHz-118MHz帯の航空信号及びタイプA1信号の場合、航空受信機に入る信号レベル N_a (dBm) は次式で表される。

$$N_a = E_a - 118 - L_s - L_a$$

E_a : 航空またはタイプA1信号の電界強度 (dB (μ V/m))

ア タイプA1、A2の干渉評価基準

以上をもとに、GBAS受信機のタイプA1、A2の干渉評価基準が表2-1及び表2-2のように与えられている。なお、タイプA1では200kHz、タイプA2では300kHzを超える周波数差の場合にはいずれも考慮する必要はない。

表2-1 タイプA1の干渉評価基準

希望波とスプリアス発射の周波数差 (kHz)	混信保護比 (dB)
0	14
50	7
100	-4
150	-19
200	-38

出典) Recommendation ITU-R M.1841-1

表2-2 タイプA2の干渉評価基準

希望波と放送信号の周波数差 (kHz)	混信保護比 (dB)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

出典) Recommendation ITU-R M.1841-1

イ タイプB1の干渉評価基準

GBAS受信機のB1干渉からの保護要件は、FM放送信号が2つと3つの場合、以下のとおり与えられる。

- ・ 放送信号が2つの場合の保護要件

$$2 \left\{ N_1 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_1)}{0.4} \right) \right\} + N_2 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_2)}{0.4} \right) + K - L_c + S > 0$$

- ・ 放送信号が3つの場合の保護要件

$$N_1 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_1)}{0.4} \right) + N_2 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_2)}{0.4} \right) + N_3 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_3)}{0.4} \right) + K + 6 - L_c + S > 0$$

f_1, f_2, f_3 : 放送周波数 (MHz) (ただし $f_1 \geq f_2 > f_3$)

N_1, N_2, N_3 : 各放送周波数 f_1, f_2, f_3 における航空受信機に入る放送信号レベル (dBm)

$K=78$

L_c : 希望波レベルの変化を考慮した補正係数 (dB)

S : マージン (dB) (3dB)

ただし、上式を適用する前に N を次式により表 2-3 にしたがって補正する。なお、希望波と相互変調積の周波数差が 150kHz を超える場合には、タイプB1の干渉を考慮する必要はない。

$$N(\text{補正}) = N - \text{補正值}$$

表 2-3 希望波と相互変調積の周波数差とそれに対応する補正值

希望波と相互変調積の周波数差 (kHz)	補正值 (dB)
0	0
50	2
100	5
150	11

出典) Recommendation ITU-R M.1841-1

また、補正係数 L_c は以下のとおりである。

$$L_c = N_A - N_{ref}$$

N_A : 航空受信機に入る希望波レベル (dBm)

N_{ref} : 航空受信機に入る希望波の参照レベル (dBm) (-72dBm)

以上をもとに、放送信号が2つの場合と3つの場合のいずれの場合においても、干渉評価基準として以下の2つの条件を満たす場合は干渉の影響がありうるとされている。

- ・ Trigger値<妨害波入力レベルとなるFM放送信号が1つ以上存在する。
- ・ 全FM放送信号について、Cutoff値<妨害波入力レベルとなる。

ここで、Trigger値及びCut-off値は以下により与えられる。

$$Trigger\ value = \frac{(L_c - K - S)}{3} + 20\log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right)$$

$$Cut - off\ value(dBm) = -66 + 20\log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right)$$

Trigger value : 相互変調積が干渉を引き起こすFM放送信号の最小値 (dBm)

Cut-off value : いずれかのFM放送信号がタイプB1からB2干渉に変化する強度に達するとき、3次の相互変調積を引き起こす他のFM放送信号の最小値

L_c : 希望波レベルの変化を考慮した補正係数 (dB)

$K = 78$ 信号が2つの場合

$K = 84$ 信号が3つの場合

f : 放送周波数 (MHz)

S : マージン (dB) (3dB)

ウ タイプB2の干渉評価基準

GBAS受信機のB2干渉評価基準について、航空周波数が108.025MHz-111.975MHzの場合と、航空周波数が112MHz-117.975MHzの場合で、以下のとおり基準が与えられている。航空受信機が受信する放送信号が以下で求められる値を超えなければ、B2干渉を避けることができる。

- ・ 航空周波数が108.025MHz-111.975MHzの場合

$$N_{max} = \min\left(15; -10 + 20\log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right)\right) + L_c - S$$

- ・ 航空周波数が112MHz-117.975MHzの場合

$$N_{max} = \min \left(15; 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4} \right) \right) + L_c - S$$

N_{max} : 航空受信機に入る干渉しない放送信号の最大値 (dBm)

f : 放送周波数 (MHz)

L_c : 希望波レベルの変化を考慮した補正係数 (dB)
(タイプB1の L_c に同じ)

S : マージン (dB) (3dB)

(2) 結論

ITU-R勧告M. 1841-1の評価基準に従い検討した結果は参考資料2に示すとおりである。日本国内におけるワーストケースは、東京スカイツリーのFM補完放送局と羽田空港に設置するGBASの場合であり、その結果は以下の表2-4のとおりとなった。

以上より、FM放送との共用は可能である。

表2-4 東京スカイツリーのFM補完放送局と羽田空港に設置するGBASの共用検討結果

干渉タイプ	結果	判定
タイプA1 (スプリアス干渉)	ワーストテストポイントを含むすべてのテストポイントにおいて干渉条件に該当することはないことから、羽田空港の各滑走路では干渉は発生しない。	○
タイプA2 (帯域外干渉)	FM補完放送の占有帯域幅 (BN=200kHz) より、帯域外領域の上限値 (2.5×BN) は+500kHzとなる。したがって、GBAS送信周波数 (108.25MHz) とFM補完放送周波数の帯域外領域上限 (93.5MHz) 間は300kHzを超えているため干渉は発生しない。	○
タイプB1 (相互変調干渉)	ワーストテストポイントを含む全てのテストポイントにおいて干渉条件に該当するものはないことから、羽田空港の各滑走路では干渉は発生しない。	○
タイプB2 (感度抑圧干渉)	ワーストテストポイントを含む全てのテストポイントにおいて干渉条件に該当するものはないことから、羽田空港の各滑走路では干渉は発生しない。	○

3 ILS (LOC) との共用検討

ICAO Annex 10 Vol. 1 Attachment D 7.2.2において、GBASとILSの間の地理的離隔条件については現在検討中とされている。また、ICAO Annex 10 Vol. 1 Attachment D 7.2.3において、離隔条件が定まるまでは112.025MHz未満の周波数を割り当てることはできないとされていることから、ILSとの共用については、ICAOにおいて地理的離隔条件が定められるまで、割当周波数を112.025MHz以上とすることで共用が可能である。

さらに、同7.2.3には、ILSが高い周波数に割り当てられている場合には同一空港においては、112MHz付近の周波数の割り当てる場合は詳細な共用検討が必要とあることから、できる限り高い周波数から割り当てることが望ましい。

4 VORとの共用検討

(1) GBAS与干渉

ICAO Annex 10 Vol. 1 Attachment D 7.2.1.6 (Table D-5) に地理的離隔条件が規定されており、この離隔条件を満足する周波数を選定することで共用は可能である。

表 2-5 GBAS与干渉を満足するVORとの地理的離隔条件

	VOR カバー半径		
	342 km (185 NM)	300 km (162 NM)	167 km (90 NM)
同一チャンネル (0 kHz)	892 km (481 NM)	850 km (458 NM)	717 km (386 NM)
第一隣接チャンネル (±25kHz)	774 km (418 NM)	732 km (395 NM)	599 km (323 NM)
第二隣接チャンネル (±50kHz)	351 km (189 NM)	309 km (166 NM)	176 km (94 NM)
第三隣接チャンネル (±75kHz)	344 km (186 NM)	302 km (163 NM)	169 km (91 NM)
第四隣接チャンネル (±100kHz)	制限なし	制限なし	制限なし

(2) GBAS被干渉

ICAO Annex 10 Vol. 1 Appendix B 3.6.8.2.2.5及び同3.6.8.2.2.6に妨害許容レベルの規定があり、これを満足する周波数を選定することで共用は可能である。

表 2-6 VORからのGBAS被干渉の許容値

チャンネル間隔	D/U
同一チャンネル (0kHz)	26dB
第一隣接チャンネル (±25kHz)	0dB
第二隣接チャンネル (±50kHz)	-34dB
第三隣接チャンネル (±75kHz)	-46dB

5 航空通信との共用検討

ICAO Annex 10 Vol.1 Attachment D 7.2.2に、GBASとVHF通信の間の地理的離隔条件については現在検討中であり、ICAO Annex 10 Vol.1 Attachment D 7.2.4に116.400MHzを超える周波数を割り当てる場合には詳細な共用検討が必要とされていることから、当面の間割当周波数を116.400MHz以下とすることで共用が可能である。

6 同一システム（地上型衛星航法補強システム（GBAS））との共用検討

GBAS相互間の地理的離隔条件のガイドラインについては、ICAO Annex10 Vol.1 Attachment D 7.2.1.5 (Table D-4) に典型例（表 2-7）が示されており、本ガイドラインを満足する周波数を割り当てる必要がある。

また、ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.8.2.2.5及び同3.6.8.2.2.6に妨害許容レベルの規定があり、上記のガイドラインを満足しない場合は本規定（表 2-8）を満足する周波数を割り当てる必要がある。

表 2-7 GBAS相互間の地理的離隔距離のガイドライン

チャンネル間隔	離隔距離km (NM)
同一チャンネル (0kHz)	361 (195)
第一隣接チャンネル (±25kHz)	67 (36)
第二隣接チャンネル (±50kHz)	44 (24)
第三隣接チャンネル (±75kHz)	制限なし

表 2-8 GBAS相互間の所要D/U比

チャンネル間隔	D/U (同スロット)
同一チャンネル (0kHz)	26dB※
第一隣接チャンネル (±25kHz)	-18dB
第二隣接チャンネル (±50kHz)	-43dB
第三隣接チャンネル (±75kHz)	-46dB

※受信機入力が+15dBm以下 (別スロット)

7 電波防護指針への適合性について

(1) 電波防護指針

電波防護指針では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。今回、電波防護指針の基準値（電気通信技術審議会答申 諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」（平成2年6月））への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、評価する対象が、電波利用の実情が認識されていると共に、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起など必要な措置可能であり、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、管理環境を適用し、このような条件が満たされない場合は、一般環境を適用することとしている。各条件における指針値を次に示す。

表 2-9 管理環境の電磁界強度（6分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
30MHz-300MHz	61.4	0.163	1

表 2-10 一般環境の電磁界強度（6分間平均値）の指針

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
30MHz-300MHz	27.5	0.0728	0.2

電波の強度の算出については、「無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法を定める件」（平成11年郵政省告示第300号）において、以下の式が定められている。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \quad \dots\dots\dots \text{(式1)}$$

S : 電力束密度 [mW/cm²]

P : 空中線入力電力 [W]

G : 送信空中線の最大輻射方向における絶対利得

R : 算出にかかる送信空中線と算出を行う地点との距離 [m]

K : 反射係数

すべての反射を考慮しない場合 : K=1

大地面の反射を考慮する場合 : K=2.56

また、電波法施行規則第21条の3において、一般環境の電波防護指針を超える範囲においては人が立ち入らないよう施設をしなければならないこととなっている。

(2) 電波防護指針への適合性の検討結果

地上型衛星航法補強システムは、通常、飛行場内の管理区域に設置される。このため管理区域は管理環境といえる。なお、一般環境である通常人が立ち入ることができる管理区域外においては、電波法施行規則第21条の3に適合することが必要である。

第3章 地上型衛星航法補強システム（GBAS）に関する技術的条件

第2章の共用検討及びICAO Annex 10の規程等を踏まえ、地上型衛星航法補強システム（GBAS）に関する技術的条件を以下のとおりとすることが適当である。

1 一般的条件

（1）周波数帯

108.025MHzから117.950MHzまででチャンネル間隔は25kHzとする。

（理由：ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.1）

（2）通信方式

一周波単信方式

（理由：ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.3）

（3）変調方式

差動八相位相変調方式

（理由：ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.2.2）

（4）伝送速度

31.5kbps

（理由：ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.2.5）

（5）電波の型式

G1D

（理由：ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.2.2）

（6）覆域

図3-1のとおりとする。

（理由：ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.3、Attachment D Figure D-4）

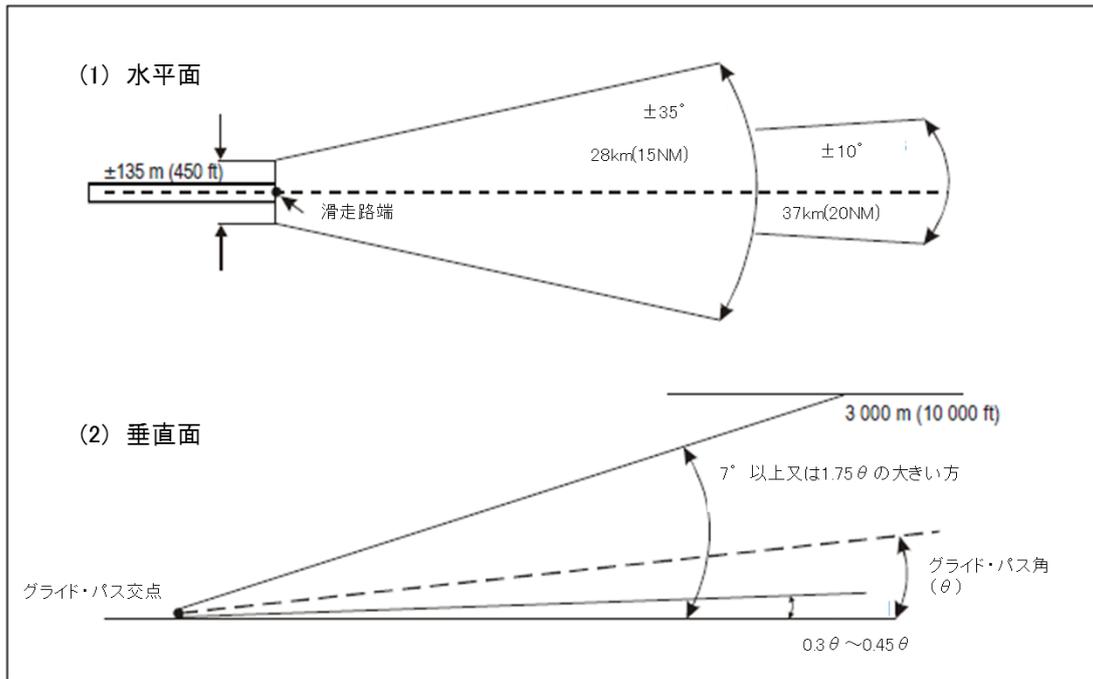


図 3 - 1 地上型衛星航法補強システム (GBAS) の覆域

(7) 電界強度

地上型衛星航法補強システムの覆域内において以下のとおりとする。

水平偏波・・・最小電界強度 $215\ \mu\text{V/m}$ (-99dBW/m^2)

最大電界強度 0.35V/m (-35dBW/m^2)

楕円偏波・・・最小電界強度 $136\ \mu\text{V/m}$ (-103dBW/m^2)

最大電界強度 0.22V/m (-39dBW/m^2)

(理由：ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.4.1.2、3.7.3.5.4.4.2.2)

(8) 識別信号

アルファベット又はそれと数字の組み合わせからなる4文字

(理由：ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.3.4.1)

2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

2×10^{-6}

(理由：ICAO Annex 10 Vol.1 Appendix B 3.6.2.1)

イ 占有周波数帯幅の許容値

16.8kHz

(理由：無線設備規則別表第二号第46で規定される無線設備と同等で

あるため)

ウ 不要発射の許容値

不要発射の許容値は表 3-1 のとおりとする。

表 3-1 不要発射の許容値

周波数帯	相対不要発射 レベル	最大不要発射 レベル	参照帯域 幅
9 kHz以上150kHz未満	-93dBc	-55dBm	1kHz
150kHz以上30MHz未満	-103dBc	-55dBm	10kHz
30MHz以上106.125MHz未満	-115dBc	-57dBm	100kHz
106.125MHz以上106.425MHz未満	-113dBc	-55dBm	100kHz
106.425MHz以上107.225MHz未満	-105dBc	-47dBm	100kHz
107.225MHz以上107.625MHz未満	-101.5dBc	-53.5dBm	10kHz
107.625MHz以上107.825MHz未満	-88.5dBc	-40.5dBm	10kHz
107.825MHz以上107.925MHz未満	-74dBc	-36dBm	1kHz
107.925MHz以上107.9625MHz未満	-71dBc	-33dBm	1kHz
107.9625MHz以上107.975MHz未満	-65dBc	-27dBm	1kHz
107.975MHz以上118MHz未満	-65dBc	-27dBm	1kHz
118MHz以上118.0125MHz未満	-71dBc	-33dBm	1kHz
118.0125MHz以上118.050MHz未満	-74dBc	-36dBm	1kHz
118.050MHz以上118.150MHz未満	-88.5dBc	-40.5dBm	10kHz
118.150MHz以上118.350MHz未満	-101.5dBc	-53.5dBm	10kHz
118.350MHz以上118.750MHz未満	-105dBc	-47dBm	100kHz
118.750MHz以上119.550MHz未満	-113dBc	-55dBm	100kHz
119.852MHz以上1GHz未満	-115dBc	-57dBm	100kHz
1GHz以上1.7GHz未満	-115dBc	-47dBm	1MHz

注 1.7GHz以上の周波数帯における不要発射は-56dBmを超えないものとする。ただし、参照帯域幅は1MHzとする。

(理由：ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.6)

エ 空中線電力の許容偏差

上限20%、下限50%

(理由：無線設備規則第14条)

オ 隣接チャンネル漏えい電力

隣接チャンネル漏えい電力の許容値は表 3-2 のとおりとする。

表 3 - 2 隣接チャンネル漏えい電力の許容値

離調周波数	相対電力 (dBc)	最大電力 (dBm)	参照帯域幅
25kHz	-40dBc	12dBm	25kHz
50kHz	-65dBc	-13dBm	25kHz
100kHz	-74dBc	-22dBm	25kHz
200kHz	-88.5dBc	-36.5dBm	25kHz
400kHz	-101.5dBc	-49.5dBm	25kHz
800kHz	-105dBc	-53dBm	25kHz
1.6MHz	-113dBc	-61dBm	25kHz
3.2MHz	-115dBc	-63dBm	25kHz

(理由 : ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.5)

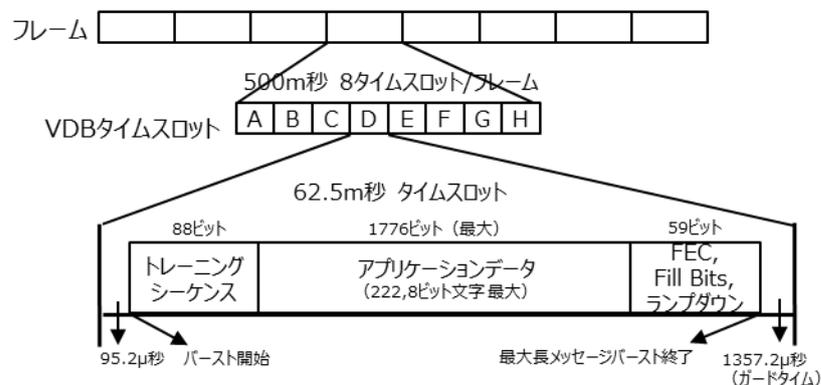
カ 送信空中線

発射する電波の偏波面は、水平又は楕円となるものであること。

(理由 : ICAO Annex 10 Vol.1 3.7.3.5.4.4.1.1、3.7.3.5.4.4.2.1)

キ TDMA信号構成

TDMA信号構成は図 3 - 2 のとおりとする。



- 注 1 各TDMAフレームは、500m秒であること。
- 2 2つのTDMAフレームは、UTCの1秒エポックに含まれ、最初のフレームは、UTCエポックの始まりから開始すること。
- 3 各TDMAフレームは、8スロットで構成され、各スロットの幅は等しいものであること。

図 3 - 2 TDMA信号構成

(理由 : ICAO Annex10 Vol.1 Appendix B 3.6.3)

3 測定方法

(1) 周波数の偏差

無変調波（搬送波）を送信した状態で、周波数計を用いて測定（バースト波にあってはバースト内の平均値）する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの測定値のうち周波数偏差が最大となる値を周波数の偏差とすることが適当である。

波形解析装置等の専用測定器を用いる場合は変調状態として測定することができる。

（2）占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたとき（占有周波数帯幅が最大となる変調状態とする。）に得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれの全電力の0.5%となる周波数幅を測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値のうち最大となる値を占有周波数帯幅とすることが適当である。

（3）不要発射の強度

標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの帯域外領域及スプリアス領域における不要発射の平均電力を測定する。

不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、9kHzから110GHzまでとすることが望ましいが、当分の間は9kHzから1.7GHzまでとすることができる。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の周波数ごとの総和を不要発射の強度とすることが適当である。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は無線設備の技術的条件で規定される参照帯域幅に設定することを原則とするが、測定値が搬送波の振幅及びスペクトルアナライザの内部雑音の影響を受ける場合は、スペクトルアナライザの分解能帯域幅の設定値を狭くして測定を行っても良い。

（4）空中線電力の偏差

標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力を、高周波電力計を用いて測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を空中線電力とすること。

連続送信波により測定することが望ましいが、バースト波にて測定する場合は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分に長い期間における平均電力を測定し、その測定値に送信時間率の逆数を乗じて

平均電力とすることが適当である。

(5) 隣接チャンネル漏えい電力

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザ等を用いて搬送波の電力及び搬送波から隣接チャンネル間隔離れた周波数において技術的条件で定められる帯域内の電力を積算し、搬送波の電力との比を求め隣接チャンネル漏えい電力とする。また、絶対値で算出する場合は、予め測定した空中線電力の測定値に隣接チャンネル漏えい電力を乗じて算出することが適当である。

なお、バースト波にあつては、スペクトルアナライザを掃引速度が1サンプル点あたり1個以上のバーストが入るようにし、ピーク検波モードに設定して測定を行うこととする。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を求め、隣接チャンネル漏えい電力を算出することが適当である。

第4章 今後の検討課題

同一周波数帯におけるILSからGBASへの共用条件及びGBASからILSへの共用条件については、現在、ICAOにおいて検討中である。当該共用条件が規定されるまでは112.025MHz以上を割り当てることとするが、当該共用条件がされた場合には、108.025MHzから112MHzまでの周波数を割り当てることが可能とすることが望ましい。

また、GBASからVHF通信への共用条件についても現在、ICAOにおいて検討中である。当該共用条件が規定されるまでは、116.4MHz以下の周波数を割り当てることとするが、当該共用条件がされた場合には、116.4MHzを超え117.950MHzまでの周波数も割り当てることが可能とすること望ましい。

V 審議結果

電気通信技術審議会諮問第 10 号「航空無線通信の技術的諸問題について」
（昭和 60 年 4 月 23 日）のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術
的条件」について、別添のとおり答申（案）をとりまとめた。

別表 1 航空・海上無線通信委員会 構成員

(敬称略)

氏 名		所 属
主 査 専門委員	三木 哲也	電気通信大学 企画調査室 特任教授
主査代理 専門委員	浜口 清	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合 研究センター 総合研究センター長
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	井手 麻奈美	株式会社 MOL マリン 海洋技術事業部 研究員
〃	伊藤 功	株式会社モコス・ジャパン 取締役
〃	今宮 清美	株式会社東芝 社会システム社 小向工場 電波応用技術部 技術 第二担当主務
	遠藤 武	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長 (第 21 回～)
〃	小瀬木 滋	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 理事 (研究担当) 電子航法研究所長
〃	片山 泰祥	一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
〃	加藤 真子	全日本空輸株式会社 業務プロセス改革室 イノベーション推進部 サービスイノベーションチーム主席部員
	栗田 和博	日本航空株式会社 IT 企画本部 IT 運営企画部 技術戦略グループ グループ長 (第 21 回～)
〃	小山 英之	日本航空株式会社 IT 企画本部 IT 運営企画部 部長 (第 20 回)
〃	庄司 るり	東京海洋大学大学院 海洋工学系 教授
〃	杉崎 明弘	一般社団法人全国漁業無線協会 業務部長
〃	田北 順二	一般社団法人全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
	野久保 薫	海上保安庁 総務部 情報通信課長 (第 21 回～)

〃	林 尚吾	東京海洋大学 名誉教授
〃	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃	増田 紀子	スカパーJSAT 株式会社 技術運用本部 衛星運用部長
〃	松井 淳	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長（第20回）
〃	森 征人	海上保安庁 総務部 情報通信課長（第20回）
〃	若尾 正義	元 一般社団法人電波産業会 専務理事

別表2 地上型衛星航法補強システム作業班 構成員

氏名	所属
【主任】 小瀬木 滋	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 理事（研究担当） 電子航法研究所長
【主任代理】 久保 信明	東京海洋大学 准教授
赤木 宣道	定期航空協会 専門委員
植木 隆央	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課 課長補佐（第2回～）
上田 和範	株式会社 JAL エンジニアリング 技術部システム技術室電装技術グループ
小竹 信幸	（一財）テレコムエンジニアリングセンター 技術部 技術部長
金田 知剛	日本電気株式会社 電波・誘導事業部 衛星航法システム室
菊池 弘明	全日本空輸株式会社 整備センター 技術部 上席マネージャ
辻 宏之	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 宇宙通信研究室 研究マネージャー
仁平 成彦	株式会社 VIP 代表取締役社長
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 航法システム領域 上席研究員
森井 智一	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課 航行支援技術高度化企画室 課長補佐（第1回）
矢吹 和哉	ハネウエルジャパン（株） エアロスペース コマーシャル・アヴィエーション

別 添

電気通信技術審議会諮問第 10 号

「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち

「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的条件」（案）

電気通信技術審議会諮問第 10 号「航空無線通信の技術的諸問題について」のうち「地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件」に対する答申（案）

航空無線通信の技術的諸問題のうち、地上型衛星航法補強システム（GBAS）の技術的條件については、以下のとおりとすることが適当である。

1 一般的条件

（1）周波数帯

108.025MHzから117.950MHzまででチャンネル間隔は25kHzとする。

（2）通信方式

一周波単信方式

（3）変調方式

差動八相位相変調方式

（4）伝送速度

31.5kbps

（5）電波の型式

G1D

（6）覆域

図1のとおりとする。

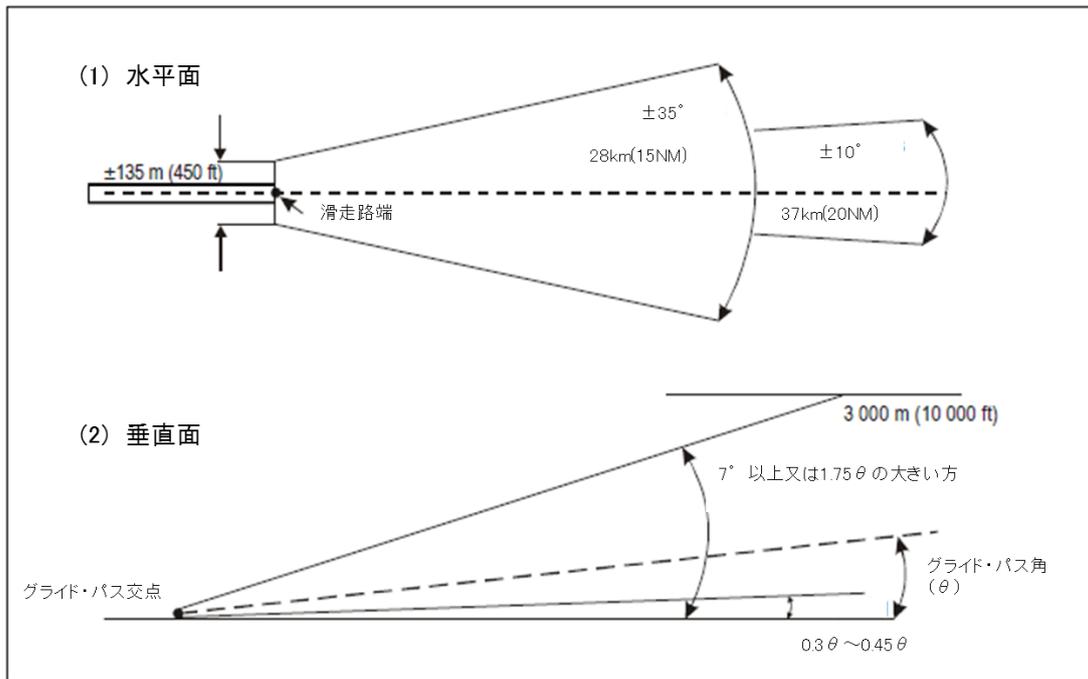


図1 地上型衛星航法補強システム（GBAS）の覆域

(7) 電界強度

地上型衛星航法補強システムの覆域内において以下のとおりとする。

水平偏波・・・最小電界強度 $215 \mu\text{V/m}$ (-99dBW/m^2)

最大電界強度 0.35V/m (-35dBW/m^2)

楕円偏波・・・最小電界強度 $136 \mu\text{V/m}$ (-103dBW/m^2)

最大電界強度 0.22V/m (-39dBW/m^2)

(8) 識別信号

アルファベット又はそれと数字の組み合わせからなる4文字

2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

$$2 \times 10^{-6}$$

イ 占有周波数帯幅の許容値

16.8kHz

ウ 不要発射の許容値

不要発射の許容値は表 1 のとおりとする。

表 1 不要発射の許容値

周波数帯	相対不要発射レベル	最大不要発射レベル	参照帯域幅
9 kHz以上150kHz未満	-93dBc	-55dBm	1kHz
150kHz以上30MHz未満	-103dBc	-55dBm	10kHz
30MHz以上106.125MHz未満	-115dBc	-57dBm	100kHz
106.125MHz以上106.425MHz未満	-113dBc	-55dBm	100kHz
106.425MHz以上107.225MHz未満	-105dBc	-47dBm	100kHz
107.225MHz以上107.625MHz未満	-101.5dBc	-53.5dBm	10kHz
107.625MHz以上107.825MHz未満	-88.5dBc	-40.5dBm	10kHz
107.825MHz以上107.925MHz未満	-74dBc	-36dBm	1kHz
107.925MHz以上107.9625MHz未満	-71dBc	-33dBm	1kHz
107.9625MHz以上107.975MHz未満	-65dBc	-27dBm	1kHz
107.975MHz以上118MHz未満	-65dBc	-27dBm	1kHz
118MHz以上118.0125MHz未満	-71dBc	-33dBm	1kHz
118.0125MHz以上118.050MHz未満	-74dBc	-36dBm	1kHz
118.050MHz以上118.150MHz未満	-88.5dBc	-40.5dBm	10kHz
118.150MHz以上118.350MHz未満	-101.5dBc	-53.5dBm	10kHz
118.350MHz以上118.750MHz未満	-105dBc	-47dBm	100kHz
118.750MHz以上119.550MHz未満	-113dBc	-55dBm	100kHz
119.852MHz以上1GHz未満	-115dBc	-57dBm	100kHz
1GHz以上1.7GHz未満	-115dBc	-47dBm	1MHz

注 1.7GHz以上の周波数帯における不要発射は-56dBmを超えないものとする。ただし、参照帯域幅は1MHzとする。

エ 空中線電力の許容偏差

上限20%、下限50%

オ 隣接チャンネル漏えい電力

隣接チャンネル漏えい電力の許容値は表2のとおりとする。

表2 隣接チャンネル漏えい電力の許容値

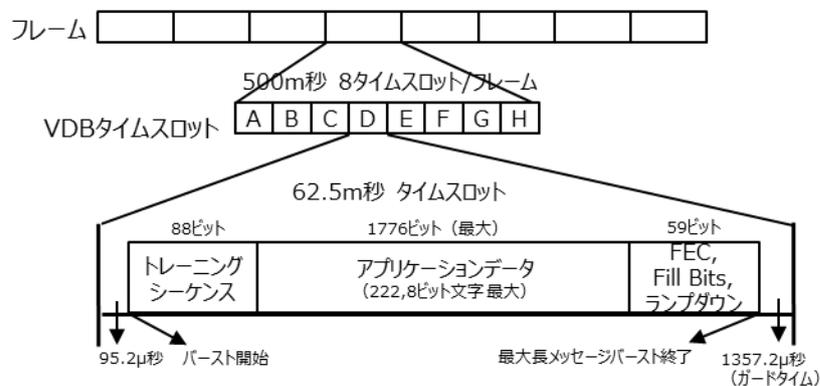
離調周波数	相対電力 (dBc)	最大電力 (dBm)	参照帯域幅
25kHz	-40dBc	12dBm	25kHz
50kHz	-65dBc	-13dBm	25kHz
100kHz	-74dBc	-22dBm	25kHz
200kHz	-88.5dBc	-36.5dBm	25kHz
400kHz	-101.5dBc	-49.5dBm	25kHz
800kHz	-105dBc	-53dBm	25kHz
1.6MHz	-113dBc	-61dBm	25kHz
3.2MHz	-115dBc	-63dBm	25kHz

カ 送信空中線

発射する電波の偏波面は、水平又は楕円となるものであること。

キ TDMA信号構成

TDMA信号構成は図2のとおりとする。



- 注 1 各TDMAフレームは、500m秒であること。
 2 2つのTDMAフレームは、UTCの1秒エポックに含まれ、最初のフレームは、UTCエポックの始まりから開始すること。
 3 各TDMAフレームは、8スロットで構成され、各スロットの幅は等しいものであること。

図2 TDMA信号構成

3 測定方法

(1) 周波数の偏差

無変調波（搬送波）を送信した状態で、周波数計を用いて測定（バースト波にあってはバースト内の平均値）する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの測定値のうち周波数偏差が最大となる値を周波数の偏差とすることが適当である。

波形解析装置等の専用測定器を用いる場合は変調状態として測定することができる。

(2) 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたとき（占有周波数帯幅が最大となる変調状態とする。）に得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれの全電力の0.5%となる周波数帯幅を測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値のうち最大となる値を占有周波数帯幅とすることが適当である。

(3) 不要発射の強度

標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの帯域外領域及スプリアス領域における不要発射の平均電力を測定する。

不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、9kHzから110GHzまでとすることが望ましいが、当分の間は9kHzから1.7GHzまでとすることができる。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の周波数ごとの総和を不要発射の強度とすることが適当である。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は無線設備の技術的条件で規定される参照帯域幅に設定することを原則とするが、測定値が搬送波の振幅及びスペクトルアナライザの内部雑音の影響を受ける場合は、スペクトルアナライザの分解能帯域幅の設定値を狭くして測定を行っても良い。

(4) 空中線電力の偏差

標準符号化試験信号を入力信号端子に加えたときの平均電力を、高周波電力計を用いて測定する。複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を空中線電力とすること。

連続送信波により測定することが望ましいが、バースト波にて測定する

場合は、送信時間率が最大となるバースト繰り返し周期よりも十分に長い期間における平均電力を測定し、その測定値に送信時間率の逆数を乗じて平均電力とすることが適当である。

(5) 隣接チャンネル漏えい電力

標準符号化試験信号を入力信号とし、スペクトルアナライザ等を用いて搬送波の電力及び搬送波から隣接チャンネル間隔離れた周波数において技術的条件で定められる帯域内の電力を積算し、搬送波の電力との比を求め隣接チャンネル漏えい電力とする。また、絶対値で算出する場合は、予め測定した空中線電力の測定値に隣接チャンネル漏えい電力を乗じて算出することが適当である。

なお、バースト波にあつては、スペクトルアナライザを掃引速度が1サンプル点あたり1個以上のバーストが入るようにし、ピーク検波モードに設定して測定を行うこととする。

複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を求め、隣接チャンネル漏えい電力を算出することが適当である。

参考資料

参考資料 1 RECOMMENDATION ITU-R M1841-1

参考資料 2 平成 29 年度次世代の航空機着陸誘導システム（GBAS）の導入のための技術的条件に関する調査検討の請負報告書（抜粋）

RECOMMENDATION ITU-R M.1841-1*

Compatibility between FM sound-broadcasting systems in the frequency band of about 87-108 MHz and the aeronautical ground-based augmentation system in the frequency band 108-117.975 MHz

(2007-2013)

Scope

Resolution 413 (WRC-03) invited ITU-R to study any compatibility issues between the broadcasting and aeronautical services operating around 108 MHz and to develop new or revised ITU-R Recommendations as appropriate. This Recommendation provides technical and operational requirements that may be used by administrations as a technical guideline for establishing the compatibility of the ICAO ground-based augmentation system (GBAS) above 108 MHz and frequency modulation (FM) broadcasting systems operating up to 108 MHz.

The ITU Radiocommunication Assembly,

considering

- a) that, in order to improve the efficiency of spectrum utilization, there is a need to refine the criteria used when assessing compatibility between the FM sound-broadcasting service and the aeronautical services in the nearby frequency band;
- b) that there is a need for a compatibility analysis method for identifying potential incompatibilities associated with a large broadcasting assignment plan;
- c) that there is a need for a detailed, case-by-case compatibility analysis method to investigate potential incompatibility cases identified by a large scale analysis or for individual assessment of proposed broadcasting or aeronautical assignments;
- d) that there is a need to continue the refinement of the compatibility criteria and assessment methods,

* This Recommendation should be brought to the attention of Radiocommunication Study Group 6.

recommends

- 1** that the criteria given in Annex 1 may be used for compatibility calculations;
- 2** that the method given in Annex 2 may be used for predicting potential incompatibilities associated with a large broadcasting assignment plan;
- 3** that the techniques in Annex 3 may be used for detailed, case-by-case compatibility calculations concerning potential interference cases identified by the method given in Annex 2 or concerning individual assessment of proposed assignments to broadcasting or aeronautical stations;
- 4** additionally, that results of practical verification of predicted compatibility situations as well as other relevant information may be used for coordination and to effect further refinement of the compatibility criteria, assessment method and techniques given in Annexes 1, 2 and 3 respectively.

Annex 1

Interference mechanisms, system parameters and compatibility assessment criteria

1 Background and introduction

FM broadcasting service interference to aeronautical mobile systems used for navigation and surveillance purposes is a widely recognized problem among users of aviation facilities. In airborne GBAS receivers, the interference problem causes errors in navigation correction information. The interference to these receivers is a serious problem, especially during the critical approach and landing phase, as it is not readily evident to the pilot.

The effects of interference to aircraft receivers vary with the aircraft location, altitude and intermodulation and spurious emission conditions. The way in which the presence of such interference is flagged varies with the make and model of the receiver. There is an increasing probability of harmful interference due to the growing need for additional aeronautical and broadcasting frequency assignments.

This Annex describes:

- interference mechanisms;
- system parameters of the aeronautical mobile systems affected;
- system parameters of the FM broadcasting stations;
- compatibility assessment criteria for GBAS receivers.

2 Types of interference mechanisms

In general, from a GBAS receiver point of view, FM broadcasting transmission modulation can be regarded as noise.

2.1 Type A interference

2.1.1 Introduction

Type A interference is caused by unwanted emissions into the aeronautical band from one or more broadcasting transmitters.

2.1.2 Type A1 interference

A single transmitter may generate spurious emissions or several broadcasting transmitters may intermodulate to produce components in the aeronautical frequency bands; this is termed Type A1 interference.

2.1.3 Type A2 interference

A broadcasting signal may include non-negligible components in the aeronautical bands; this interference mechanism, which is termed Type A2 interference, will in practice arise only from broadcasting transmitters having frequencies near 108 MHz and will only interfere with aeronautical mobile services with frequencies near 108 MHz.

2.2 Type B interference

2.2.1 Introduction

Type B interference is that generated in an aeronautical receiver resulting from broadcasting transmissions on frequencies outside the aeronautical band.

2.2.2 Type B1 interference

Intermodulation may be generated in an aeronautical receiver as a result of the receiver being driven into non-linearity by broadcasting signals outside the aeronautical band; this is termed Type B1 interference. In order for this type of interference to occur, at least two broadcasting signals need to be present and they must have a frequency relationship which, in a non-linear process, can produce an intermodulation product within the wanted RF channel in use by the aeronautical receiver. One of the broadcasting signals must be of sufficient amplitude to drive the receiver into regions of non-linearity but interference may then be produced even though the other signal(s) may be of significantly lower amplitude.

Only third-order intermodulation products are considered; they take the form of:

$$f_{intermod} = 2f_1 - f_2 \quad \text{two-signal case or}$$
$$f_{intermod} = f_1 + f_2 - f_3 \quad \text{three-signal case}$$

where:

$$f_{intermod} : \quad \text{intermodulation product frequency (MHz)}$$
$$f_1, f_2, f_3 : \quad \text{broadcasting frequencies (MHz) with } f_1 \geq f_2 > f_3.$$

2.2.3 Type B2 interference

Desensitization may occur when the RF section of an aeronautical receiver is subjected to overload by one or more broadcasting transmissions; this is termed Type B2 interference.

3 Compatibility assessment parameters

3.1 Introduction

This section identifies the parameters of GBAS aeronautical transmitters and receivers relevant for a compatibility assessment.

3.2 Characteristics of aeronautical systems

3.2.1 Designated operational coverage

GBAS can be operated in the following two modes:

- a) a precision approach service; or
- b) a positioning service.

ICAO requires that GBAS offers at least the precision approach service. Moreover, optionally a positioning service may be provided.

3.2.1.1 Precision approach service

Figure 1A illustrates the horizontal extension of a typical designated operational coverage (DOC) for GBAS precision approach service based on the requirements described in Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation. It covers a keyhole-shaped area composed of a sector with a width of $\pm 35^\circ$ extending 28 km (15 NM) from the runway stop-end and a second sector with a width of $\pm 10^\circ$ extending additional 9 km (5 NM). Further details are depicted in Fig. 1B.

The lower coverage boundary (H) at the maximum distance from the landing threshold point (LTP) for a given glide path angle (α) shall be computed as follows:

$$H = \left(Dist_{max} + \frac{TCH}{\tan(\alpha)} \right) \cdot \tan(0.3 \cdot \alpha)$$

where:

- $Dist_{max}$: maximum distance in metres from LTP;
- $TCH/\tan(\alpha)$: distance in metres from LTP to the glide path intercept point (GPIP i.e. the point where the final approach path intercepts the local level plane);
- α : glide path angle (nominal value is 3 degrees);
- TCH : threshold crossing height (height of the approach path above LTP), nominal value is 15 m.

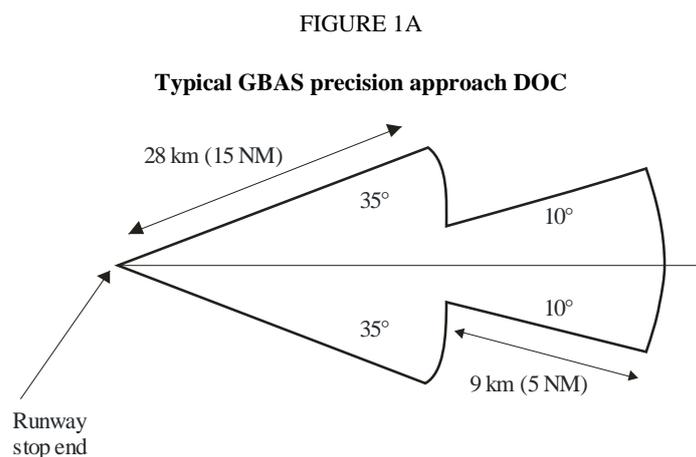
This is further illustrated in Fig. 1B.

For nominal values of the glide path angle 3 degrees and a threshold crossing height of 15 m at a typical maximum distance of 37 km (20 NM) the following lower coverage boundary is obtained:

$$H = \left(37\,000 + \frac{15}{\tan(3^\circ)} \right) \cdot \tan(0.3 \cdot 3^\circ) = 586\,m \quad (\approx 1900\,ft)$$

This DOC is defined on a per runway basis. As a single GBAS ground station may serve multiple aerodromes with multiple runways in its vicinity, the overall DOC may be considered as the sum of the DOCs.

Some administrations may also use the GBAS in a way such that the DOC may not be aligned with a runway.

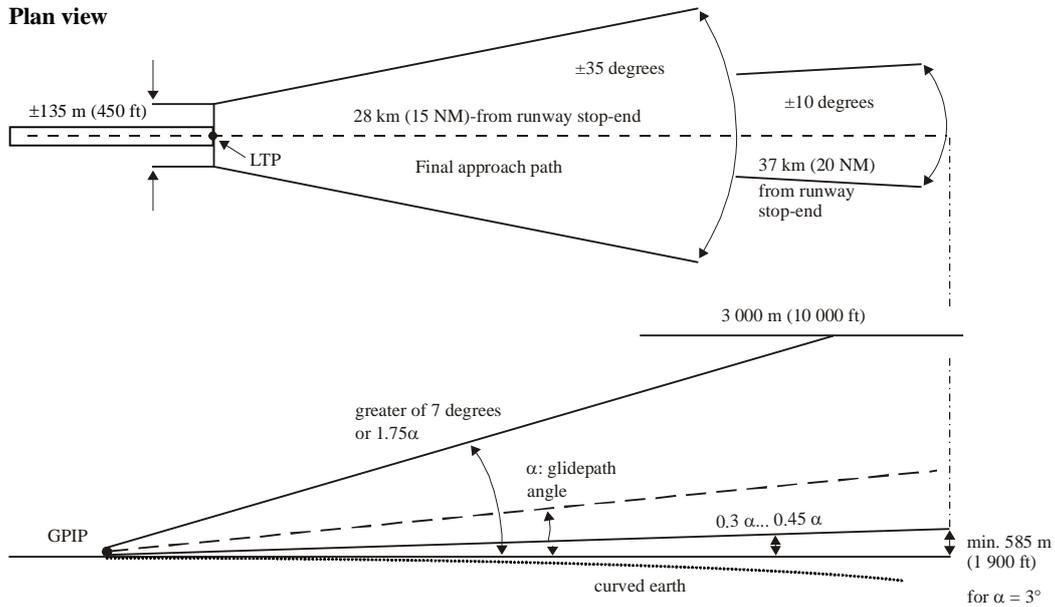


M.1841-01A

NOTE – Not drawn to scale.

FIGURE 1B

More detailed specification of typical DOC for GBAS precision approach



M.1841-1B

NOTE – Not drawn to scale.

Editorial Note – The DOC is derived from the requirements for GBAS in Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation. The depicted elevation diagram for GBAS is not the same as for ILS in Fig. 1 of Recommendation ITU-R SM.1009-1.

3.2.1.2 Positioning service

The DOC of a GBAS for positioning can vary from one installation to another: a typical DOC for GBAS for positioning may be circular and have a radius of 43 km (23 NM) from the GBAS transmitter. Some installations may have a greater radius depending on the operational requirements and frequency planning constraints. Details can be obtained from the appropriate national Aeronautical Information Publication (see definitions in Annex 4) (AIP).

3.2.2 Field strength

The minimum field strength to be protected throughout the DOC (see § 3.5.4.4.2.2 of Appendix 1) is 215 $\mu\text{V/m}$ (46.6 dB($\mu\text{V/m}$)).

3.2.3 Frequencies

GBAS frequencies lie in the band near to the FM broadcasting band, and can operate on ILS/VOR frequencies as well as those in between. GBAS frequencies occupy channels at 25 kHz intervals and may be as follows: 108.025, 108.050 ... 117.950 MHz.

3.2.4 Polarization

There are two types of polarization that can be used by GBAS; horizontal and an optional additional vertical polarization. It is only the horizontal polarization that is intended for international civil aviation use and therefore only aircraft with horizontally polarized antennas are considered in this Recommendation. The use of the optional vertical polarization is only intended for national use.

3.3 Characteristics of FM broadcasting stations

3.3.1 Maximum effective radiated power

The most accurate available value of maximum e.r.p. should be used for compatibility calculations.

3.3.2 Horizontal radiation pattern

The most accurate available information for horizontal radiation pattern (h.r.p.) should be used for compatibility calculations.

3.3.3 Vertical radiation pattern

The most accurate available information for vertical radiation pattern (v.r.p.) should be used for compatibility calculations.

3.3.4 Spurious emission suppression

In the North American experience, it has not generally been necessary to require the suppression of spurious emissions by more than 80 dB. Considering special circumstances within some areas of Region 1 and some areas of Region 3, the values given in Table 1, for spurious emission suppression in the aeronautical band 108-137 MHz, may be recommended for the case of radiated intermodulation products from co-sited broadcasting transmitters.

TABLE 1

Maximum e.r.p. (dBW)	Suppression relative to maximum e.r.p. (dB)
≥ 48	85
30	76
< 30	46 + maximum e.r.p. (dBW)

NOTE 1 – Linear interpolation is used between maximum e.r.p. values of 30 and 48 dBW.

3.3.5 Frequencies

The bands of operation may be found in the Radio Regulations. In Region 1 and certain parts of Region 3, the band is 87.5-108 MHz, with channels every 100 kHz (87.6, 87.7 ... 107.9 MHz). In Region 2, the band is 88-108 MHz, with channels every 200 kHz (88.1, 88.3 ... 107.9 MHz).

3.3.6 Polarization

The polarization of an FM signal may be horizontal, vertical or mixed.

3.3.7 Free-space field-strength calculation for broadcasting signals

The free-space field strength is to be determined according to the following formula:

$$E = 76.9 + P - 20 \log d + H + V \quad (1)$$

where:

- E*: field strength (dB(μ V/m)) of the broadcasting signal;
- P*: maximum e.r.p. (dBW) of broadcasting station;
- d*: slant path distance (km) (see definition in Annex 4);
- H*: h.r.p. correction (dB);
- V*: v.r.p. correction (dB).

In the case of a broadcasting station with mixed polarization, the maximum e.r.p. to be used is the larger of the horizontal and vertical components. However, where both the horizontal and vertical components have equal values, the maximum e.r.p. to be used is obtained by adding 1 dB to the value of the horizontal component.

3.4 Receiver input power

Assuming an aircraft antenna radiation pattern with no directivity, the field strengths of the broadcasting signal and of the aeronautical signal are to be converted to power at the input to an aeronautical receiver according to the following formulas:

- a) for a broadcasting signal in the band 87.5-108.0 MHz:

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a \quad (2)$$

where:

N : broadcasting signal level (dBm) at the input to the aeronautical receiver;

E : field strength (dB(μ V/m)) of the broadcasting signal;

L_s : signal splitter loss of 3.5 dB;

$L(f)$: antenna system frequency-dependent loss at broadcasting frequency f (MHz) of 1.2 dB per MHz below 108 MHz (for a horizontally polarized antenna);

L_a : antenna system fixed loss of 9 dB.

b) for an aeronautical signal and a Type A1 signal in the band 108-118 MHz:

$$N_a = E_a - 118 - L_s - L_a \quad (3)$$

where:

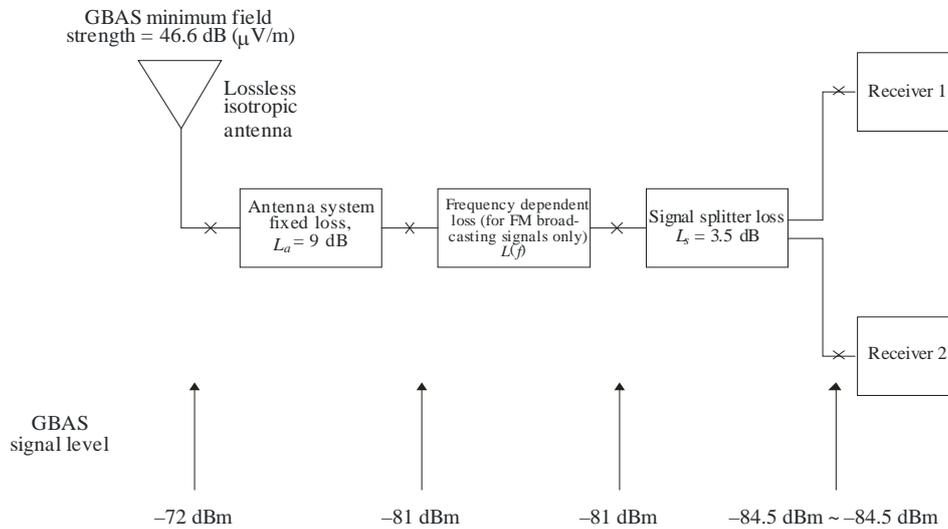
N_a : signal level (dBm) at the input to the aeronautical receiver;

E_a : field strength (dB(μ V/m)) of the aeronautical or Type A1 signal.

Figure 2 illustrates how the GBAS minimum field strength of 46.6 dB(μ V/m) is converted to -84 dBm at the receiver input of a typical aircraft receiver installation using formula (3).

FIGURE 2

Conversion of the GBAS minimum field strength to a signal level at the input to an aeronautical receiver



M.1841-02

Note 1 – Typical aircraft installation includes a signal splitter to feed two aeronautical receivers.

Note 2 – The frequency dependent loss $L(f)$, is equal to 0 for aeronautical frequencies and therefore does not appear in formula (3).

4 Compatibility assessment criteria

4.1 Standard interference thresholds

4.1.1 GBAS

The interference threshold for GBAS receivers is:

- a message failure rate less than or equal to one failed message per 1 000 full-length (222 bytes) application data messages.

4.2 Interference assessment criteria – GBAS receivers

4.2.1 Type A1 interference

Table 2 gives the values of the protection ratio that may be used. Type A1 interference need not be considered for frequency differences greater than 200 kHz.

TABLE 2

Frequency difference between wanted signal and spurious emission (kHz)	Protection ratio (dB)
0	14
50	7
100	-4
150	-19
200	-38

4.2.2 Type A2 interference

Table 3 gives the values of the protection ratio that may be used. Type A2 interference need not be considered for frequency differences greater than 300 kHz.

4.2.3 Type B1 interference

4.2.3.1 Compatibility assessment formulas

The following formulae may be used to assess potential incompatibilities.

a) *Two-signal case*

$$2 \left\{ N_1 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_1)}{0.4} \right) \right\} + N_2 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_2)}{0.4} \right) + K - L_c + S > 0 \quad (4)$$

where:

N_1, N_2 : broadcasting signal levels (dBm) at the input to the aeronautical receiver for broadcasting frequencies f_1 and f_2 respectively;

f_1, f_2 : broadcasting frequencies (MHz) $f_1 > f_2$;

$K = 78$ for GBAS;

L_c : correction factor (dB) to account for changes in wanted signal levels (see § 4.3.3.3);

S : 3 dB margin to take into account of the fact that the receiver immunity criteria equations given in Annex 10 to the Convention on

International Civil Aviation do not provide comprehensive compatibility assessment formulae.

b) *Three-signal case*

$$\begin{aligned}
 N_1 - 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_1)}{0.4}\right) + \\
 N_2 - 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_2)}{0.4}\right) + \\
 N_3 - 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_3)}{0.4}\right) + K + 6 - L_c + S > 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

where:

f_1, f_2, f_3 : broadcasting frequencies (MHz) $f_1 \geq f_2 > f_3$;

N_1, N_2, N_3 : broadcasting signal levels (dBm) at the input to the aeronautical receiver for broadcasting frequencies f_1, f_2 and f_3 respectively;

$K = 78$ for GBAS;

L_c : correction factor (dB) to account for changes in wanted signals (see § 4.3.3.3);

S : 3 dB margin to take into account of the fact that the receiver immunity criteria equations given in Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation do not provide comprehensive compatibility assessment formulae.

TABLE 3

Frequency difference between wanted signal and broadcasting signal (kHz)	Protection ratio (dB)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

4.2.3.2 Frequency offset correction

Before applying formulae (4) and (5), a correction from Table 4 is applied to each signal as follows:

$$N \text{ (corrected)} = N - \text{correction term}$$

Type B1 interference need not be considered for frequency differences greater than 150 kHz; in such cases, signal levels would be so high that Type B2 interference would occur.

TABLE 4

Frequency difference between wanted signal and intermodulation product (kHz)	Correction term (dB)
0	0
50	2
100	5
150	11

4.2.3.3 Correction factor to account for changes in Type B1 interference immunity resulting from changes in wanted signal levels

The following correction factor may be applied for GBAS, two and three-signal cases:

$$L_c = N_A - N_{ref} \quad (6)$$

where:

- L_c : correction factor (dB) to account for changes in the wanted signal level;
- N_A : wanted signal level (dBm) at the input to the aeronautical receiver;
- N_{ref} : reference level (dBm) of the wanted signal at the input to the aeronautical receiver for the Type B1 interference immunity formula;
= -72 dBm for GBAS.

4.2.3.4 Trigger and cut-off values (see definitions in Annex 4)

$$\begin{array}{l} \text{Trigger} \\ \text{value} \\ \text{(dBm)} \end{array} = \frac{(L_c - K - S)}{3} + 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right) \text{ dBm} \quad (7)$$

where:

- L_c : correction factor (dB) (see § 4.2.3.3);
- $K = 78$ for GBAS for 2-signal cases;
- $K = 84$ for GBAS for 3-signal cases;
- f : broadcasting frequency (MHz);
- S : 3 dB margin to take into account of the fact that the receiver immunity criteria equations given in Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation do not provide comprehensive compatibility assessment formulae.

$$\text{Cut-off value (dBm)} = -66 + 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right) \text{ dBm} \quad (8)$$

where:

- f : broadcasting frequency (MHz).

Experience has shown that the use of lower cut-off values merely associates additional intermodulation products with each trigger value, but at lower levels of potential interference.

4.2.4 Type B2 interference

For an assessment of Type B2 interference, the following empirical formula may be used to determine the maximum level of a broadcasting signal at the input to the airborne GBAS receiver to avoid potential interference:

For aeronautical frequencies from 108.025 to 111.975 MHz:

$$N_{max} = \min\left(15; -10 + 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right)\right) + L_c - S \quad (9)$$

For aeronautical frequencies from 112 to 117.975 MHz:

$$N_{max} = \min\left(15; 20 \log\left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4}\right)\right) + L_c - S \quad (10)$$

where:

N_{max} : maximum level (dBm) of the broadcasting signal at the input to the aeronautical receiver;

f : broadcasting frequency (MHz);

S : 3 dB margin to take into account of the fact that the receiver immunity criteria equations given in Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation do not provide comprehensive compatibility assessment formulae;

L_c : correction factor (dB) to account for changes in the wanted signal level.

$$L_c = \max(0; 0.5(N_A - N_{ref}));$$

N_A : wanted signal level (dBm) at the input to the aeronautical receiver;

N_{ref} : reference level (dBm) of the wanted signal at the input to the aeronautical receiver for the Type B2 interference immunity formula;

$$= -72 \text{ dBm for GBAS.}$$

Appendix 1 to Annex 1

GBAS coverage and minimum field strengths

Extract from: “International Standards, Recommended Practices and Procedures for Air Navigation Services: Aeronautical Telecommunications, Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation, Volume I”, International Civil Aviation Organization, Montreal, 1985.

The following extract pertains to GBAS¹:

“3.7.3.5.3 Coverage

3.7.3.5.3.1 The GBAS coverage to support each Category I precision approach shall be as follows, except where topographical features dictate and operational requirements permit:

- a) laterally, beginning at 140 m (450 ft) each side of the landing threshold point/fictitious threshold point (LTP/FTP) and projecting out ± 35 degrees either side of the final approach path to 28 km (15 NM) and ± 10 degrees either side of the final approach path to 37 km (20 NM); and
- b) vertically, within the lateral region, up to the greater of 7 degrees or 1.75 promulgated glide path angle (GPA) above the horizontal with an origin at the glide path interception point (GPIP) and 0.45 GPA above the horizontal or to such lower angle, down to 0.30 GPA, as required, to safeguard the promulgated glide path intercept procedure. This coverage applies between 30 m (100 ft) and 3 000 m (10 000 ft) of the height above touchdown (HAT).

NOTE – LTP/FTP and GPIP are defined in Appendix B, 3.6.4.5.1.

3.7.3.5.3.2 **Recommendation** – The GBAS coverage should extend down to 3.7 m (12 ft) above the runway surface.

3.7.3.5.3.3 **Recommendation** – The data broadcast should be omnidirectional to support future applications.

¹ For references to “Category 1 precision approach” in this extract, see Annex 4 to this Recommendation under “Precision Approach”.

NOTE – Guidance material concerning GBAS coverage for Category I precision approach and for the GBAS positioning service is provided in Attachment D, 7.3.

3.7.3.5.4.4 Data broadcast RF field strength and polarization

NOTE – GBAS can provide a VHF data broadcast with either horizontal (GBAS/H) or elliptical (GBAS/E) polarization that employs both horizontal polarization (HPOL) and vertical polarization (VPOL) components. Aircraft using a VPOL component will not be able to conduct operations with GBAS/H equipment. Relevant guidance material is provided in Attachment D, 7.1.

3.7.3.5.4.4.1 *GBAS/H.*

3.7.3.5.4.4.1.1 A horizontally polarized signal shall be broadcast.

3.7.3.5.4.4.1.2 The effective radiated power (ERP) shall provide for a horizontally polarized signal with a minimum field strength of 215 microvolts per metre (–99 dBW/metres-squared) and a maximum field strength of 0.350 volts per metre (–35 dBW/metres-squared) within the GBAS coverage volume. The field strength shall be measured as an average over the period of the synchronization and ambiguity resolution field of the burst. The RF phase offset between the HPOL and any VPOL components shall be such that the minimum signal power defined in Appendix B, 3.6.8.2.2.3 is achieved for HPOL users throughout the coverage volume.

3.7.3.5.4.4.2 *GBAS/E.*

3.7.3.5.4.4.2.1 **Recommendation** – An elliptically polarized signal should be broadcast whenever practical.

3.7.3.5.4.4.2.2 When an elliptically polarized signal is broadcast, the horizontally polarized component shall meet the requirements in 3.7.3.5.4.4.1.2, and the effective radiated power (ERP) shall provide for a vertically polarized signal with a minimum field strength of 136 microvolts per metre (–103 dBW/m²) and a maximum field strength of 0.221 volts per metre (–39 dBW/m²) within the GBAS coverage volume. The field strength shall be measured as an average over the period of the synchronization and ambiguity resolution field of the burst. The RF phase offset between the HPOL and VPOL components, shall be such that the minimum signal power defined in Appendix B, 3.6.8.2.2.3 is achieved for HPOL and VPOL users throughout the coverage volume.

NOTE – The minimum and maximum field strengths in 3.7.3.5.4.4.1.2 and 3.7.3.5.4.4.2.2 are consistent with a minimum receiver sensitivity of –87 dBm and minimum distance of 200 metres (660 ft) from the transmitter antenna for a coverage range of 43 km (23 NM).”

Annex 2

General assessment method

1 Introduction

The purpose of this Annex is to provide an assessment method for the analysis of compatibility between stations of the aeronautical radionavigation services and stations in a large broadcasting assignment plan. The techniques given in Annex 3 may be used to carry out a more detailed analysis, or to verify the results obtained from an analysis.

1.1 Philosophy of the general assessment method

The central objective of the General Assessment Method (GAM) is to calculate all significant potential incompatibilities within an aeronautical volume at a number of defined calculation points or test points (see Note 1). For a particular set of broadcasting and aeronautical frequency combinations, the maximum potential incompatibility associated with a particular aeronautical service is identified in the form of a protection margin.

An extension of the compatibility assessment method contained in the Geneva Agreement, 1984, is needed because of subsequent refinement of the compatibility criteria and identification of the need for a more thorough assessment method. In addition, because of the need to identify and examine potential incompatibilities associated with a large assignment plan, it is necessary to develop an assessment method suitable for automated implementation in an efficient manner.

The GAM is based upon the need to protect the aeronautical radionavigation service at specified minimum separation distances (see Note 1) from broadcasting station antennas, depending on the aeronautical service (GBAS) (see Note 1) and the particular use made of that service.

NOTE 1 – See definitions in Annex 4.

1.2 GBAS

The DOC employed for a GBAS as a positioning service is circular. When an aircraft, however, is using GBAS as a precision approach service, each protected DOC is the same as that for ILS. Therefore, the test points required for GBAS are the same as those for VOR when used as a positioning service. When used as a precision approach service, for each supported DOC the test points required are the same as for ILS.

2 Location and height of GBAS test points for each DOC

2.1 GBAS precision approach test points

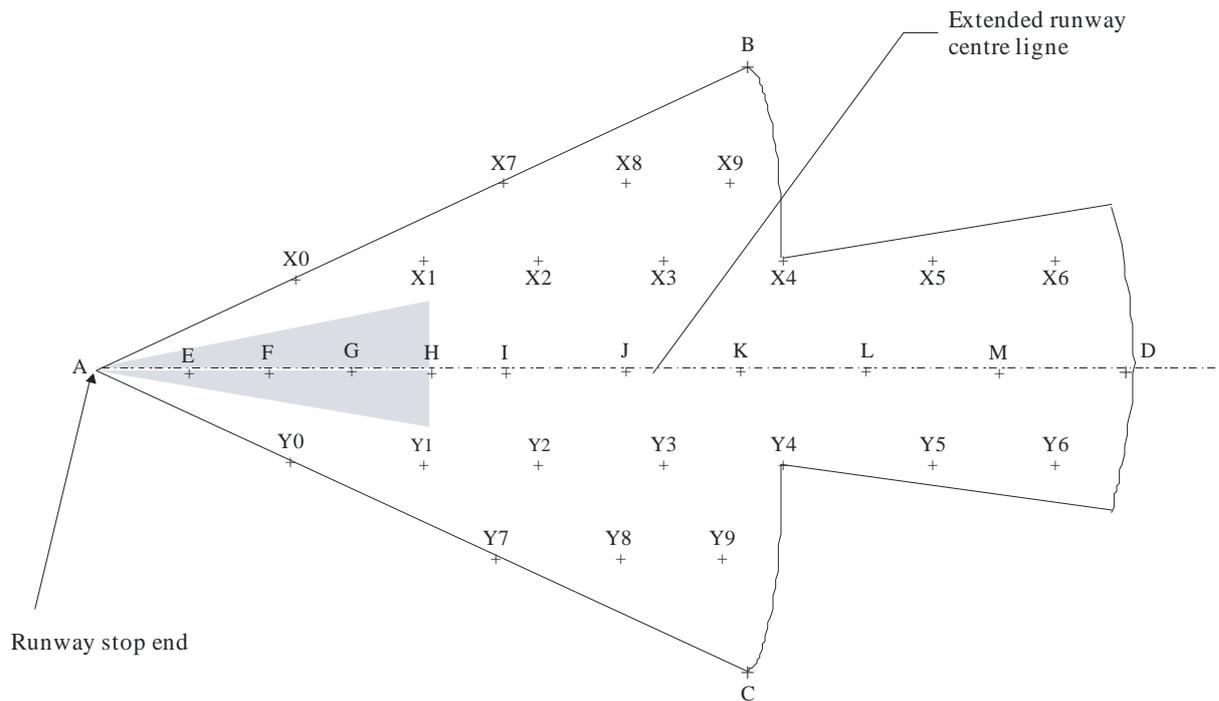
2.1.1 Fixed test points

For each of the fixed test points shown in Fig. 3, the minimum height, distance from the localizer site and the bearing relative to the extended runway centre line are given in Table 5.

The fixed test points A, E, F, G and H have minimum heights (see also § 3.2.1) of 0, 0, 150, 300 and 450 m, respectively, above the runway stop end elevation. These values represent a glide path with a slope of 3°. All other fixed test points have minimum heights of 600 m.

FIGURE 3

Fixed test point locations within each GBAS DOC



M.184403

Note 1 – The shaded zone extends 12 km from the runway stop end and is within $\pm 7.5^\circ$ of the extended runway centre.

2.1.2 Test points related to broadcasting stations

If the broadcasting station is within the shaded zone in Fig. 3:

- an additional test point is generated having the geographic coordinates of the broadcasting station and the same height as the broadcasting antenna.

If the broadcasting station is within or below the GBAS DOC but outside the shaded zone in Fig. 3, an additional test point is generated having the geographic coordinates of the broadcasting station. The minimum height of the test point is the greater of:

- 600 m above the runway stop end; or
- 150 m above the broadcasting antenna.

TABLE 5

Points on or above the extended runway centre line			Points off the extended runway centre line (all at height of 600 m)		
Identification	Distance (km)	Minimum height (m)	Identification	Distance (km)	Bearing relative to the runway centre line (degrees)
A	0	0	B, C	31.5	-35, 35
E	3	0	X0, Y0	7.7	-35, 35
F	6	150	X1, Y1	12.9	-25.5, 25.5
G	9	300	X2, Y2	18.8	-17.2, 17.2
H	12	450	X3, Y3	24.9	-12.9, 12.9
I	15	600	X4, Y4	31.5	-10, 10
J	21.25	600	X5, Y5	37.3	-8.6, 8.6
K	27.5	600	X6, Y6	43.5	-7.3, 7.3
L	33.75	600	X7, Y7	18.5	-35, 35
M	40	600	X8, Y8	24.0	-27.6, 27.6
D	46.3	600	X9, Y9	29.6	-22.1, 22.1

2.2 GBAS positioning test points

2.2.1 Test points related to broadcasting stations that are inside each DOC

A test point is located at the geographic coordinates of the broadcasting station, at a minimum height which is the greatest of:

- 600 m above local terrain (approximated as 600 m above the site height of the broadcasting station); or
- 300 m above the antenna of the broadcasting station.

2.2.2 Test points related to broadcasting stations that are outside each DOC

Broadcasting stations which are outside the DOC but no more than 3 km from the boundary of the DOC are treated as in § 2.2.1. For stations more than 3 km outside the DOC, but within the distance limits specified in § 3.1.2, a test point is generated at the nearest point on the boundary of the DOC, and at a minimum height which is the greatest of:

- 600 m above mean sea level; or
- the broadcasting antenna height above mean sea level.

Test points on the boundary of the DOC which are separated by less than 250 m are regarded as co-located.

2.2.3 Additional test points

Additional test points within the DOC may be specified to cover a particular use of a GBAS, for instance where it is used as a landing aid, or where a service is required at an elevation angle of less than 0° (see also § 3.2.3.2).

3 Application of general assessment method

3.1 General

The compatibility criteria are contained in Annex 1.

3.1.1 Test point selection

Test points are selected in accordance with the criteria set out in § 2.

3.1.2 Broadcasting stations to be included in the analysis at a test point

Broadcasting stations are included in the analysis at a test point:

- if there is a line-of-sight path (see definitions in Annex 4) from the broadcasting antenna to the test point and if the calculated signal level is greater than the B1 cut-off value (§ 4.2.3.4 of Annex 1);
- if the free-space field strength (§ 3.3.7 of Annex 1) is at least the value which can cause Type A1 or A2 or B2 incompatibility (§ 4.2 and 4.3 of Annex 1) subject to a maximum separation distance of 125 km in the A1 and B2 cases.

3.1.3 Compatibility calculations

In order to assess the compatibility of the set of broadcasting stations which meet the conditions of § 3.1.2 at any selected test point (see § 3.1.1), it is necessary to:

- calculate the free-space field strength (§ 3.3.7 of Annex 1) from each of the broadcasting stations at the test point taking account of the slant path distance (see definitions in Annex 4), the maximum e.r.p. and the antenna characteristics (see § 4);
- calculate the GBAS signal level;
- calculate the input power to an aeronautical receiver using § 3.4 of Annex 1.

Taking into account the frequency of the aeronautical service and the information obtained above, the compatibility for each type of interference may be assessed as in § 3.1.3.1 to 3.1.3.4.

3.1.3.1 Type A1 interference

The frequencies of the two and three component intermodulation products which can be generated by any sub-set of co-sited broadcasting stations are calculated. Any product for which the frequency falls within 200 kHz of the aeronautical frequency is examined further to determine if its field strength is sufficient to cause Type A1 interference, taking account of the criteria in § 4.2.1 of Annex 1.

3.1.3.2 Type A2 interference

Each of the broadcasting stations (identified as in § 3.1.2) is examined to determine if its frequency falls within 300 kHz of the aeronautical frequency and, if so, if its field strength is sufficient to cause Type A2 interference, taking account of the criteria in § 4.2.2 of Annex 1.

3.1.3.3 Type B1 interference

The frequencies of the two and three component intermodulation products which can be generated by any sub-set of broadcasting stations (identified as in § 3.1.2) which contains at least one component reaching the trigger value (see § 4.2.3.4 of Annex 1) and for which all components are above the cut-off value (see definitions in Annex 4) (see § 4.2.3.4 of Annex 1) at the input to the aeronautical receiver are calculated. Any product whose frequency falls within 150 kHz of the aeronautical frequency is examined further to determine if the sum (dBm) of the powers at the input to the aeronautical receiver (see § 3.4 of Annex 1) is sufficient to cause Type B1 interference, taking account of the criteria in § 4.2.3 of Annex 1.

3.1.3.4 Type B2 interference

Each of the broadcasting stations (identified as in § 3.1.2) is examined to determine if its power at the input to the aeronautical receiver (see § 3.4 of Annex 1) (see Note 1) is sufficient to cause Type B2 interference, taking account of the criteria in § 4.2.4 of Annex 1.

NOTE 1 – The term “equivalent input power” is used to mean “the power at the input of an aeronautical receiver after taking into account any frequency dependent terms”.

3.2 Special considerations regarding compatibility assessments

3.2.1 Test point heights greater than the minimum values

To ensure that all potential Type B1 interference situations are considered, additional calculations for greater test point heights should be carried out, subject to the test point height not exceeding:

- the maximum height of the DOC; or
- the maximum height at which the trigger value can be achieved.

A more detailed explanation of this matter and the reasons for its restriction to Type B1 interference are given in § 7 of Appendix 1.

3.2.2 GBAS precision approach test points

3.2.2.1 Fixed test points

The slant path distance between the broadcasting antenna and a test point is used in field-strength calculations. However, this is subject to the following minimum value:

- 150 m if the broadcasting station is within the shaded zone in Fig. 3, or
- 300 m if the broadcasting station is not within the shaded zone in Fig. 3.

3.2.2.2 Test points related to broadcasting stations

If the broadcasting station is within the shaded zone in Fig. 3:

- additional calculations are made for a horizontal separation distance of 150 m, using the maximum value of the e.r.p. and the height specified in § 2.1.2.

If the broadcasting station is within or below the GBAS DOC but outside the shaded zone in Fig. 3:

- additional calculations are made for a test point location above the broadcasting station for the height specified in § 2.1.2. The relevant maximum vertical radiation pattern correction derived from § 4.4 is applied.

3.2.3 GBAS positioning test points

3.2.3.1 Additional test points

The slant path distance between the antenna of the broadcasting station and any additional test point (see § 2.2.3) is used in field-strength calculations. However, this is subject to a minimum value of 300 m.

3.2.4 Calculation of GBAS field strength at test points

For test points with elevation angles greater than 0° and less than 2.5°, the following formula is applicable for installations where the GBAS transmitting antenna is no more than 7 m above ground level:

$$E_{GBAS} = E_{MIN} + \max(20 \log(\theta D_{MX} / D_{TP}); 0) \quad (11)$$

where:

- E_{MIN} : ICAO minimum field strength (46 dB(μV/m))
- D_{MX} : specified range of GBAS (km) in the direction of the test point
- D_{TP} : slant path distance (km) from GBAS transmitter site to test point
- θ : elevation angle (degrees) of the test point with respect to the GBAS antenna, given by:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\left[H_{TP} - H_{GBAS} - (D_{TP}/4.1)^2 \right] / [1\ 000 D_{TP}] \right) \quad (12)$$

where:

- H_{TP} : test point height (m) above sea level
- H_{GBAS} : GBAS antenna height (m) above sea level.

For elevation angles which exceed the value of 2.5°, the field strength is calculated using the elevation angle of 2.5°.

For installations where the GBAS transmitting antenna is more than 7 m above ground level, or where there is a requirement for a service at elevation angles of less than 0°, the minimum value of GBAS field strength (46 dB(μV/m)) is to be used for all test points.

The method described above is an interpolation method based on a minimum field-strength value and therefore there is no requirement for a safety margin.

3.2.5 Calculation of Type A1 potential interference

Spurious emissions, except radiated intermodulation products, should, as a general measure, be kept at such a low level that there will be no incompatibility to be considered further in the compatibility analysis. Hence A1 calculations are made only for the case of radiated intermodulation products from co-sited broadcasting stations.

Because the e.r.p. of the intermodulation product may not be known, the Type A1 interference margin is calculated indirectly by taking account of the unwanted field-strength value at a test point for each of the transmissions from co-sited broadcasting stations, together with the relevant A1 suppression value for each of these transmitters.

The Type A1 interference margin is calculated as:

$$IM = \max((E_i - S_i); \dots; (E_N - S_N)) + PR - E_w \quad (13)$$

where:

- IM*: A1 interference margin (dB)
- N*: number of intermodulation components ($N = 2$ or 3)
- E_i : unwanted field strength (dB(μ V/m)) of broadcasting transmission *i* at the test point
- S_i : A1 suppression (dB) of broadcasting transmitter *i*
- PR*: protection ratio (dB) appropriate for frequency difference between the intermodulation product and the aeronautical frequencies (see Table 2)
- E_w : field strength (dB(μ V/m)) of the aeronautical signal at the test point (at least 46 dB(μ V/m) for GBAS).

In a case where the A1 suppression value for a broadcasting transmitter is known, this value should be used when calculating compatibility.

3.2.6 Calculation of Type B1 potential interference

To ensure that worst-case B1 results are obtained for broadcasting stations which are sited close to one another, any broadcasting station within 3 km of a test point is regarded as being beneath that test point (see also Appendix 1).

3.2.7 Calculation of Type B2 potential interference

In the calculation of Type B2 potential interference, no allowance for the level of the aeronautical signal is made and thus the minimum value of 46 dB(μ V/m) for GBAS is used.

3.2.8 Multiple interference

In principle, the combined effect of multiple sources of potential interference to an aeronautical service at a given test point should be taken into account. However, within the GAM:

- the use of a free-space calculation method normally provides an overestimate of any broadcasting field strength;
- the use of the calculation method given in § 3.2.4 normally provides an underestimate of any aeronautical field strength.

Therefore, it is not considered necessary to take multiple interference into account in the GAM.

However, in the case of A1 compatibility calculations, when the frequency difference between the wanted signal and the spurious emission is either 0 or 50 kHz, the protection ratio should be increased by 3 dB to provide a safety margin.

4 Broadcasting station antenna corrections

4.1 General

Account is taken of the directional properties of broadcasting station transmitting antennas when calculating field-strength values (§ 3.3.7 of Annex 1).

4.2 Polarization discrimination

No account is taken of any polarization discrimination between broadcasting and aeronautical transmissions (except as indicated in § 3.3.7 of Annex 1).

4.3 Horizontal radiation pattern

For a broadcasting station which has a directional antenna, the horizontal radiation pattern (h.r.p.) data are specified at 10° intervals, starting from true north. The h.r.p. correction, H (dB), is given by:

$$H = (\text{e.r.p. in the relevant direction}) - (\text{maximum e.r.p.}) \quad (14)$$

4.4 Vertical radiation pattern correction

Vertical radiation pattern (v.r.p.) corrections are applied only for elevation angles above the horizontal plane through the broadcasting antenna.

Broadcasting antennas vary from a simple antenna such as a dipole, as often used at low power stations, to the more complex multi-tiered antenna normally used at high power stations.

In a case where the actual antenna aperture is not known, Table 6 is used to relate the maximum e.r.p. to the vertical aperture and is based upon a statistical analysis of operational practice.

The v.r.p. corrections described in § 4.4.1 and 4.4.2 apply to both horizontally and vertically polarized transmissions and the limiting values quoted take account of the worst-case slant path.

TABLE 6

Maximum e.r.p. (dBW)	Vertical aperture in wavelengths
e.r.p. \geq 44	8
$37 \leq$ e.r.p. $<$ 44	4
$30 \leq$ e.r.p. $<$ 37	2
e.r.p. $<$ 30	1

4.4.1 v.r.p. corrections for vertical apertures of two or more wavelengths

In order to model the envelope of the vertical radiation pattern of antennas with apertures of two or more wavelengths, the v.r.p. correction, V (dB), is calculated by using the following formula:

$$V = -20 \log(\pi A \sin \theta) \quad (15)$$

where:

A : vertical aperture (wavelengths)

θ : elevation angle (relative to the horizontal).

It should be noted that for small elevation angles this expression can produce positive values for V . In such cases, V is set to 0 dB (i.e. no v.r.p. correction is applied).

For large elevation angles, V is limited to a value of -14 dB, that is, $0 \geq V \geq -14$ dB.

Where the actual maximum v.r.p. correction is known, this should be used as the limiting value in place of -14 dB.

4.4.2 v.r.p. corrections for vertical apertures of less than two wavelengths

When using low gain antennas (those with vertical apertures of less than two wavelengths) the values in Table 7 characterize the envelope of the v.r.p.

For intermediate angles linear interpolation is used.

TABLE 7

Elevation angle (degrees)	v.r.p. correction (dB)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

4.4.3 v.r.p. corrections for spurious emissions in the band 108-118 MHz

The v.r.p. corrections given in § 4.4.1 and 4.4.2 are also applied to spurious emissions in the band 108-118 MHz.

4.5 Combination of horizontal and vertical radiation patterns

The relevant values, in dB, of the h.r.p. and v.r.p. corrections are added arithmetically subject to a maximum combined correction of -20 dB, or the maximum v.r.p. correction, whichever is larger. At elevation angles above 45° , no h.r.p. corrections are made.

Appendix 1 to Annex 2

Location of test points with maximum interference potential

An explanation of the General Assessment Method (GAM)

This Appendix is a clarification of the interrelationship between test point location and local maxima of interference potential in relation to the GAM.

1 Aircraft at the same height as a broadcasting station antenna

Consider the situation of an aircraft flying near a broadcasting station. If the aircraft flies at the same height as the broadcasting antenna, the maximum value of broadcasting field strength perceived by the aircraft will be at the point of nearest approach. In the case of an omnidirectional broadcasting antenna, the points of maximum field strength lie on a circle centred on the antenna.

2 Aircraft at a greater height than a broadcasting station antenna

If the aircraft flies at a constant altitude on a radial line towards and over the site of a broadcasting antenna, the point of maximum field strength is vertically above the antenna (see Appendix 2 to Annex 2).

3 Relationship between vertical and horizontal separation distances

If the maximum value of v.r.p. correction for the broadcasting antenna is -14 dB, the maximum value of field strength achieved for a vertical separation of y m is the same as that for a separation of $5y$ m in the horizontal plane through the broadcasting antenna (where the v.r.p. correction is 0 dB).

4 Location of maximum interference potential

For A1, A2 and B2 calculations, the vertical separation and horizontal separation concepts are equivalent because the broadcasting signals have a common source location. In the B1 case, the contributing sources are generally not co-sited and the location of the

maximum interference potential may not be immediately obvious if the horizontal separation concept is used.

However, if the vertical separation concept is used, the point of maximum interference potential is above one or other of the broadcasting antennas (see Appendix 2 to Annex 2).

Thus, a unique pair (or trio) of points has been defined for a worst-case calculation without having to rely on a very large number of calculation points on some form of three-dimensional grid.

5 Test points for GBAS positioning service

In the GAM, this direct approach is used for GBAS positioning compatibility calculations and is extended by means of additional test points situated at (or near) the DOC boundary to ensure that broadcasting stations outside the DOC are properly taken into account.

6 Test points for GBAS precision approach service

In contrast to the GBAS positioning situation, relatively few broadcasting stations are situated inside or below a GBAS precision approach DOC. In consequence it is easier to demonstrate that compatibility has been fully evaluated by using a set of fixed test points to supplement test points generated above or near any broadcasting stations inside the DOC.

Test points inside the shaded zone in Fig. 3 are chosen to permit assessment of compatibility from ground level upwards and the test point heights chosen represent a glide path with a slope of 3°.

7 Effect of increased test point height

Calculations of 2 or 3 component Type B1 potential interference give worst-case results at the minimum test point height for any given sub-set of broadcasting stations which are within line-of-sight of the test point. However, at greater test point heights it is possible for additional broadcasting stations to become line-of-sight to the test point and further calculations are needed to determine if these stations can contribute to a Type B1 potential interference. The maximum value

of any potential interference occurs at the minimum height for which all relevant broadcasting stations are within line-of-sight of the test point. The greatest height which needs to be considered is the lower of:

- the maximum height of the DOC; or
- the maximum height at which the signal level from a broadcasting station achieves the trigger value.

Appendix 2 to Annex 2

Considerations regarding maximum field strength and interference potential

1 Maximum field strength

Consider an aircraft flying on a path at constant altitude along a radial towards a broadcasting station with the aircraft height greater than that of the broadcasting antenna (see Fig. 4).

In the following:

P : e.r.p. (dBW)

h : height difference (km)

d : slant path distance (km)

θ : elevation angle, relative to the horizontal at the broadcasting antenna

V : v.r.p. correction (dB).

At any point T, the field strength E (dB(μ V/m)) (Note 1) is given by (see § 3.3.7 of Annex 1):

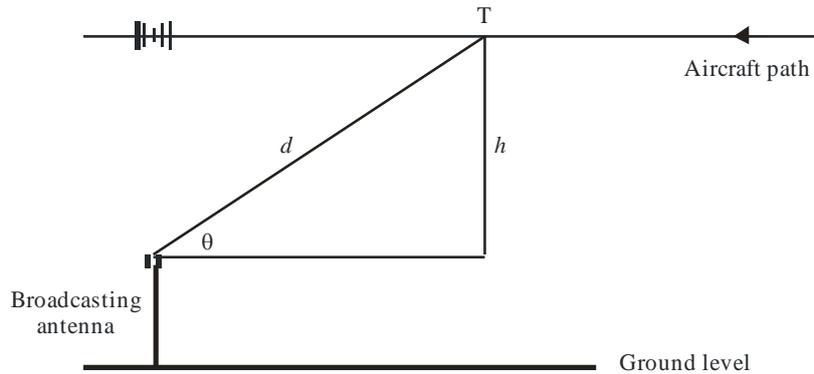
$$E = 76.9 + P - 20 \log d + V \quad (16)$$

NOTE 1 – For simplicity, it is assumed that there is no h.r.p. correction.

The v.r.p. correction is modelled as $-20 \log (\pi A \sin \theta)$, where A is the vertical aperture of the antenna, in wavelengths, subject to a maximum value of correction for high values of θ .

FIGURE 4

Aircraft path above a broadcasting antenna



M.1841-04

1.1 At low values of θ (where V is between 0 and its maximum value),

$$E = 76.9 + P - 20 \log d - 20 \log (\pi A \sin \theta) \quad (17)$$

but $d = h / \sin \theta$

therefore:

$$E = 76.9 + P - 20 \log \left(\frac{h \pi A \sin \theta}{\sin \theta} \right) = 76.9 + P - 20 \log (h \pi A) \quad (18)$$

the field-strength value is constant.

1.2 At larger values of θ (where V has reached its maximum value), that is near the broadcasting station (the zone shown shaded in Fig. 4), the v.r.p. correction remains constant at its maximum value. Thus:

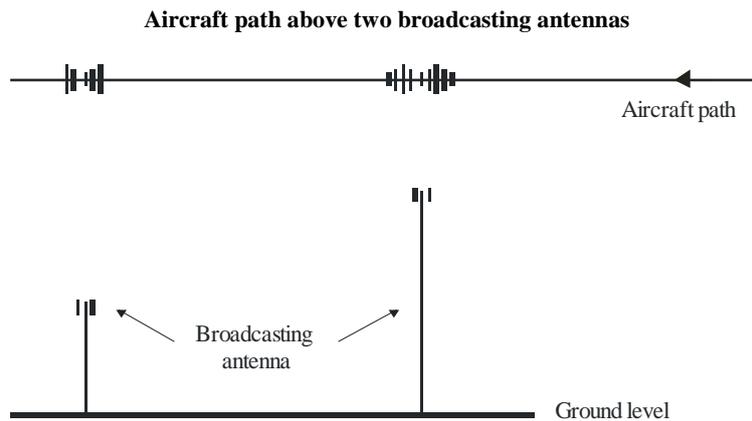
$$E = 76.9 + P - 20 \log d + \text{constant} \quad (19)$$

The maximum value of field strength is achieved when d reaches its minimum value ($= h$), directly above the broadcasting antenna.

2 Maximum Type B1 interference potential

Consider an aircraft flying on a path at a constant altitude above the line joining two broadcasting antennas (see Fig. 5).

FIGURE 5



M.1841-05

Outside the shaded areas, the field-strength values are constant (as described in § 1.1), their sum is constant and therefore the Type B1 interference potential is also constant.

Inside each shaded area, the field-strength value from the nearer transmitter increases to a local maximum directly above its antenna (as described in § 1.2).

In the GAM, both local maxima are examined thus permitting the worst case to be identified.

Similar reasoning applies to the three-station case.

Annex 3

Detailed compatibility assessment and practical verification

1 Introduction

The general assessment method (GAM) predicts more potential incompatibilities to the aeronautical radionavigation service than may occur in practice. However, the results of correlation tests show that when measured data are used in a compatibility analysis, the calculated results match closely with practical experience. Thus, the use of measured data will improve the accuracy of a compatibility analysis.

As an extension to the GAM, a detailed, case-by-case analysis may be conducted using parameters derived from models with increased degrees of accuracy. These models may be used individually or in combination. They approach practical experience when the calculated values of individual parameters approximate more closely to measured values. The advantage of this modelling approach is that it provides opportunities for an efficient compatibility analysis and that it can provide accurate results, thus avoiding the need for extensive flight measurements and their associated practical difficulties.

2 Matters requiring special attention

2.1 Prediction of broadcasting field strengths

In the GAM the prediction of broadcasting field strengths is based on free-space propagation. However, measurements have shown that free-space propagation predictions may lead to a significant overestimation in a case where both the transmitting and receiving antennas are at low heights (for example, less than 150 m) above the ground.

In general, it is not possible to perform calculations which are more realistic than those based on free-space propagation because sufficient information is not readily available about the propagation path between the broadcasting station antenna and the test point. In particular, information about the ground profile along this path is required. However, where this information is available, for example from a terrain data bank, then more realistic field-strength calculations may be made. For the reasons given earlier, it is to be expected that the field-strength values calculated by a more detailed method, in particular for propagation paths with a restricted ground clearance, will be significantly lower than the values given using free-space propagation only. Under those circumstances, more

detailed field-strength calculation methods will result in a significant reduction in potential incompatibility.

2.2 Test point considerations

When undertaking a detailed compatibility analysis for any test point at which the GAM has indicated a potential incompatibility, care should be taken to check the validity of the test point in relation to the aeronautical service volume. Because the GAM generates test points automatically, it is possible that some test points will coincide with locations where, in accordance with published aeronautical documentation:

- aircraft are not able to fly because of natural or man-made obstructions;
- aircraft are not permitted to fly because of specific flight restrictions;
- pilots are advised not to use the aeronautical navigation facility because it is known to give unreliable results in a particular area.

In addition, there can be circumstances where the test points generated by the GAM lie below and therefore outside the service volume of a GBAS positioning DOC. This is particularly likely to occur with lower power GBAS installations.

2.3 Consideration of operating stations

Because the GAM is intended to calculate all significant potential incompatibilities within an aeronautical service volume, a number of worst-case assumptions were included. There is thus likely to be an overestimation of potential interference and it may be found that the GAM indicates potential interference in situations where the relevant aeronautical and broadcasting stations are all operating and no interference problem appears to exist in practice. Such situations should be examined as they may provide useful information which will lead to an improvement of the assessment method.

3 Multiple interference

In a case where measured values, or reasonably accurate predictions of the wanted and unwanted field strengths are available, account must be taken of multiple intermodulation products, for each interference mode. This may be done by using the power sum of the individual interference margins, IM , at a given test point.

The total interference margin, IM (dB), is given by:

$$IM = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{(IM_i/10)} \right) \quad (20)$$

where:

N : number of individual interference margins

IM_i : value of i -th interference margin.

4 Detailed compatibility assessment

In a detailed, case-by-case compatibility assessment, the most accurate data values available should be used. In particular, the accuracy of compatibility calculations will be improved by:

- replacing the predicted horizontal radiation pattern for a broadcasting antenna with the pattern measured for the antenna as installed;
- replacing the predicted vertical radiation pattern for a broadcasting antenna (see Annex 2, § 4) with the pattern measured for the antenna as installed.

Further improvements to the accuracy of the compatibility calculations will be obtained by:

- replacing predicted levels of broadcasting signals with values measured during flight trials;
- replacing predicted levels of aeronautical signals with values measured during flight trials.

5 Practical verification process

Verification of the results of compatibility assessment calculations may be obtained by:

- measuring the levels of broadcasting signals at the input to an aeronautical receiver;
- measuring the level of an aeronautical signal at the input to its receiver;
- using an aeronautical receiver with characteristics which have been measured by bench tests, taking into account an adequate range of broadcasting and aeronautical signal levels and frequencies and taking into account the difference between these measured characteristics and those used in the theoretical calculations;
- using an aircraft receiving antenna with a radiation pattern and frequency response which have been measured and taking into account the difference between these measured characteristics and those used in the theoretical calculations.

It is particularly important to use an aircraft receiving antenna with measured characteristics if it is desired to make an accurate comparison between predicted field-strength values for broadcasting stations and the levels of their signals at the input to an aeronautical receiver.

6 Summary

Improved accuracy may be obtained from a compatibility assessment calculation by using more accurate data, for example:

- measured broadcasting antenna horizontal radiation patterns;
- measured broadcasting antenna vertical radiation patterns.

Verification of a compatibility assessment calculation may be obtained by using:

- measured levels of broadcasting signals;
- measured levels of aeronautical signals;
- an aeronautical receiver with measured characteristics;
- an aircraft receiving antenna with measured radiation pattern and frequency response characteristics.

Annex 4

Definitions

Aeronautical information publication (AIP)

A document published by a Provider State describing, among other things, the characteristics and DOC of aeronautical facilities.

Antenna corrections

These are the reductions in effective radiated power (e.r.p.) on specified azimuthal bearings and elevation angles relative to the value of e.r.p. in the direction of maximum radiation. They are normally specified as horizontal and vertical corrections in dB.

Designated operational coverage (DOC)

The volume inside which the aeronautical service operational requirements are met. This is the coverage volume promulgated in aeronautical documents.

Distance and distance calculation

Where two locations are separated by more than 100 km, then the distance between them is calculated as the shorter great-circle ground distance. For distances less than 100 km, the height of the broadcasting transmitter antenna and the height of the test point are taken into account and if there is a line-of-sight path between them, the slant path distance is calculated.

Effective Earth radius

An effective Earth radius of $4/3$ times the true value is used for distance calculations.

Elevation angle

The angle relative to the horizontal between two locations (positive above horizontal), using the effective Earth radius value defined above (see Fig. 4).

Flag

A visual warning device which is displayed in the pilot's indicator associated with a GBAS receiver, indicating when the receiver is inoperative, not operating satisfactorily or when the signal level or the quality of the received signal falls below acceptable values.

Ground-based augmentation system (GBAS)

An augmentation system in which an aircraft receives satellite navigation augmentation information directly from a ground-based transmitter.

Instrument landing system (ILS)

A radionavigation system specified in Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation and agreed internationally as the current standard precision approach and landing aid for aircraft.

Line-of-sight

Unobstructed path between two locations using the effective Earth radius defined above.

Minimum separation distances

Minimum horizontal and vertical separation distances defining a zone around a broadcasting antenna within which aircraft would not normally fly.

Potential incompatibility

A potential incompatibility is considered to occur when the agreed protection criteria are not met at a test point.

Precision approach

A precision instrument approach and landing with a decision height not lower than 60 m (200 ft) and with either a visibility not less than 800 m or a runway visual range not less than 550 m.

Provider State

The authority responsible for the provision of aeronautical services for a country or other specified area.

Runway threshold

The beginning of that portion of the runway usable for landing.

Runway touchdown point

A point on a runway defining the start of the surface where the aircraft wheels may make contact with the ground, normally inset from the runway threshold.

Runway stop end

A point on a runway defining the end of the runway usable for landing.

Slant path distance

The shortest distance between two points above the Earth's surface (e.g. between a broadcasting antenna and a test point).

Test point

A point for which a compatibility calculation is made. It is completely described by the parameters of geographical position and height.

Trigger value

The minimum value of a FM broadcasting signal which, when applied to the input of an aeronautical receiver, is capable of initiating the generation of a third order intermodulation product of sufficient power to represent potential interference.

VHF omnidirectional radio range (VOR)

A short range (up to approximately 370 km or 200 nautical miles) aid to navigation which provides aircraft with a continuous and automatic presentation of bearing information from a known ground location.

参考資料2 平成28年度次世代の航空機着陸誘導システム（GBAS）の導入のための技術的条件に関する調査検討の請負報告書（抜粋）

1 周波数共用技術に関する動向調査

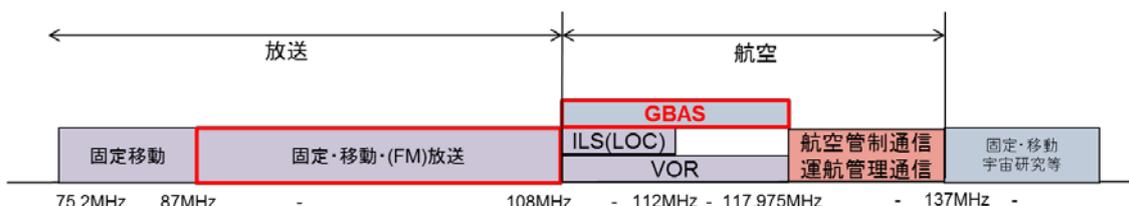
1. 1 GBAS の周波数共用に関する、国内外での検討状況、評価方法

GBAS の周波数共用に関する、国内外での検討状況、評価方法に係る、以下の規定の資料調査を行った。

- ・「Recommendation ITU-R M. 1841-1」(02/2013)

ITU-R（国際電気通信連合-無線通信部門）による FM 音声放送と GBAS の周波数共用に関する勧告(Recommendation)であり、干渉タイプの定義及び FM 放送信号による干渉タイプ別の共用条件が規定されている。

同共用検討の対象周波数帯は、図参 1 において赤で囲んだ部分に相当する（第三地域における周波数分配）。



図参 1 「Recommendation ITU-R M. 1841-1 (02/2013)」の対象周波数帯

同文書は ITU-R（国際電気通信連合-無線通信部門）によって策定された、FM 音声放送と GBAS の周波数共用に関する勧告である。同勧告文書では、干渉のメカニズムとして、(A1) スプリアス干渉、(A2) 帯域外干渉、(B1) 相互変調干渉、(B2) 感度抑圧干渉の 4 種類を挙げている。

FM 放送信号の偏波は水平方向、垂直方向、混合の 3 パターンがあり、電界強度は次式で表される：

$$E = 76.9 + P - 20 \log d + H + V$$

E : 放送信号の電界強度 (dB(μ V/m)), P : 放送局の最大 ERP (dBW), d : 2 点間の距離 (km)

H : 水平放射パターン補正 (dB), V : 垂直放射パターン補正 (dB)

87.5-108.0MHz 帯の放送信号の場合、航空受信機に入る放送信号レベル N (dBm) は次式で表される：

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a$$

L_s : 信号分配器損失 (dB) (3.5dB), $L(f)$: 放送周波数 f (MHz) のアンテナシステムの周波数依存損失 (dB)

L_a : アンテナシステムの固定損失 (dB) (9dB)

108-118MHz 帯の TypeA 信号の場合、航空受信機に入る信号レベル N_a (dBm)は次式で表される：

$$N_a = E_a - 118 - L_s - L_a$$

(1) タイプ A1、A2 の干渉評価基準

上記を受け、GBAS 受信機の A1、A2 の干渉評価基準が表参 1 及び表参 2 のとおり規定されている。

表参 1 A1 干渉評価基準 (200kHz 以上の周波数差は考慮しない)

希望波とスプリアス発射の周波数差(kHz)	混信保護比(dB)
0	14
50	7
100	-4
150	-19
200	-38

出所) Recommendation ITU-R M. 1841-1 (02/2013)

表参 2 A2 干渉評価基準 (300kHz 以上の周波数差は考慮しない)

希望波と放送信号の周波数差(kHz)	混信保護比(dB)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

出所) Recommendation ITU-R M. 1841-1 (02/2013)

(2) タイプ B1 の干渉評価基準

GBAS 受信機の B1 干渉評価基準として、放送信号が 2 つの場合と 3 つの場合で以下のとおり基準が検討されている。(下記条件を満たすと共用できない (=B1 干渉が起こる)。)

また、放送信号が 2 つの場合と 3 つの場合のどちらにおいても、以下の 2 つを満たす場合は干渉に影響があるとされる。

- ① Trigger 値 < 妨害波入力レベルとなる放送局が 1 つ以上ある。
- ② 全放送局について、Cutoff 値 < 妨害波入力レベルとなる。

放送信号が 2 つの場合の干渉評価基準、放送信号が 3 つの場合の干渉基準、及び Trigger 値/Cutoff 値の基準は以下のとおりである。

- ✓ 放送信号が 2 つの場合の干渉評価基準

$$2 \left\{ N_1 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_1)}{0.4} \right) \right\} + N_2 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_2)}{0.4} \right) + K - L_c + S > 0$$

✓ 放送信号が3つの場合の干渉評価基準

$$N_1 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_1)}{0.4} \right) +$$

$$N_2 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_2)}{0.4} \right) +$$

$$N_3 - 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f_3)}{0.4} \right) + K + 6 - L_c + S > 0$$

N_1, N_2, N_3 : 各放送周波数 f_1, f_2, f_3 における航空受信機に入る放送信号レベル (dBm)

f_1, f_2, f_3 : 放送周波数 (MHz) (ただし $f_1 > f_2 > f_3$)

$K = 78$ ※信号が2つの場合

$K = 84$ ※信号が3つの場合

L_c : 希望波レベルの変化を考慮した補正要素 (dB)

S : マージン (dB) (ただし 3 dB)

※ただし、上式を適応する前に N を表参3にしたがい補正する : $N(\text{補正}) = N - \text{補正值}$

表参3 希望波と相互変調積の周波数差とそれに対応する補正值

希望波と相互変調積の 周波数差 (kHz)	補正值 (dB)
0	0
50	2
100	5
150	11

出所) Recommendation ITU-R M.1841-1 (02/2013)

※また、 $L_c = N_A - N_{ref}$ である。

N_A : 航空受信機に入る希望波レベル (dBm)

N_{ref} : 航空受信機に入る希望波の参照レベル (dBm) (72dBm)

✓ Trigger 値/Cutoff 値の基準

$$\text{Trigger value} = \frac{(L_c - K - S)}{3} + 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4} \right)$$

$$\text{Cut-off value (dBm)} = -66 + 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4} \right)$$

Trigger value : 相互変調積が干渉を引き起こす FM 放送信号の最小値 (dBm)

L_c : 希望波レベルの変化を考慮した補正要素 (dB)

$K = 78$ ※信号が2つの場合

$K = 84$ ※信号が3つの場合

f : 放送周波数 (MHz)

S : マージン (dB) ※3 dB

(3) タイプ B2 の干渉評価基準

GBAS 受信機の B2 干渉評価基準について、航空周波数が 108.025-111.975MHz の場合と、航空周波数が 112-117.975MHz の場合で、以下のとおり基準が検討されている。航空受信機が受信する放送信号が下記値を超えなければ、B2 干渉を避けることができる。

✓ 航空周波数が 108.025-111.975MHz の場合

$$N_{max} = \min \left(15; -10 + 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4} \right) \right) + L_c - S$$

✓ 航空周波数が 112-117.975MHz の場合

$$N_{max} = \min \left(15; 20 \log \left(\frac{\max(0.4; 108.1 - f)}{0.4} \right) \right) + L_c - S$$

N_{max} : 干渉しない航空受信機に入る放送信号の最大値 (dBm)

f : 放送周波数 (MHz)

L_c : 希望波レベルの変化を考慮した補正要素 (dB)

S : マージン (dB) ※3 dB

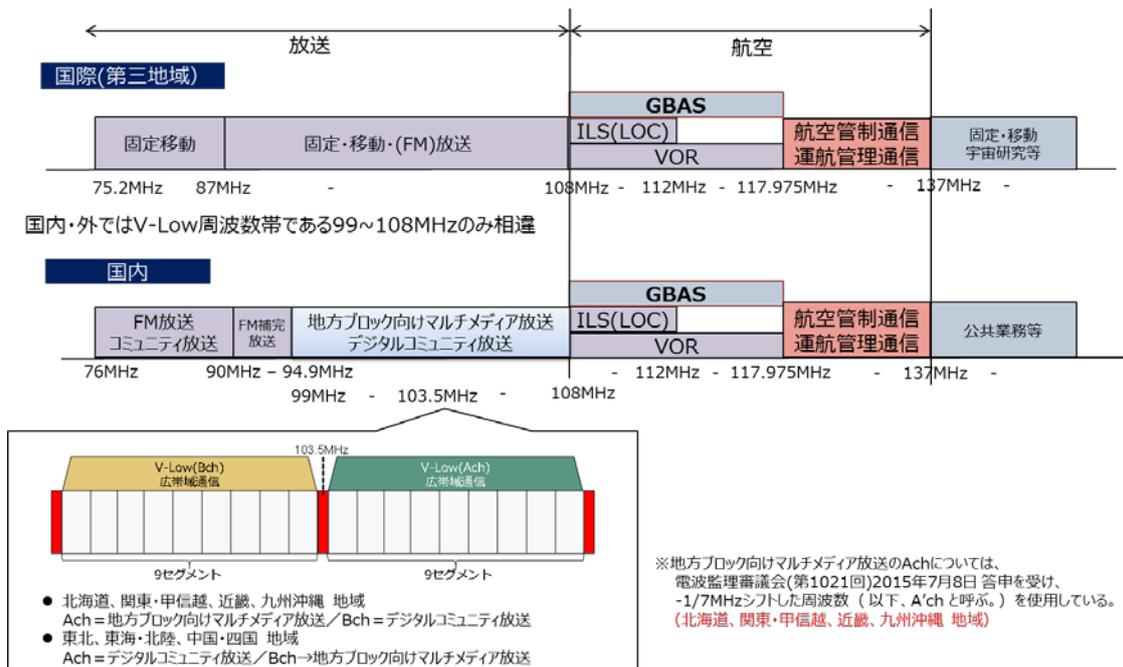
1. 2 航空無線システムと、隣接周波数帯で使用する他の無線システムとの周波数共用に関する検討状況、評価方法

108-137MHz 帯の航空無線システム（GBAS 及び航空無線電話を除く）と隣接周波数帯で使用する他の無線システムとの周波数共用に係る、以下の報告書等の資料調査を行った。

- ・ 「デジタルコミュニティ放送の周波数共用等に関する技術的条件の検討」（平成 26～27 年度）
 - 株式会社エヌエイチケイアイテックにより実施された、ILS ローカライザとデジタルコミュニティ放送との共用条件の検討であり、以下の内容が報告されている。
 - ✓ デジタルコミュニティ放送（1セグメント・3セグメント）と ILS ローカライザ間の与干渉・被干渉試験より、許容干渉レベル、DU 比を測定
 - ✓ 与干渉・被干渉波の中心周波数差、受信機種別、1セグメント・3セグメント、変調方式による特徴を確認
 - ✓ 許容干渉レベルからの共用条件（離隔距離）の例示

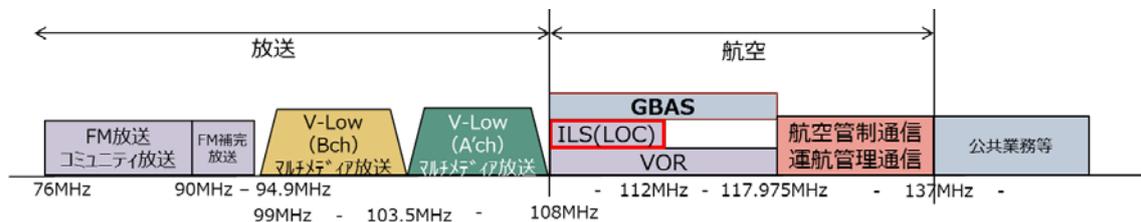
- ・ 「ILS ローカライザと隣接帯域の新放送システムとの共用条件の検討」（平成 28 年度）
 - 電子航法研究所により行われた、ILS ローカライザと新放送システム（地方ブロック向けマルチメディア放送）との共用条件の検討であり、以下の内容が記載されている。
 - ✓ FM 音声放送の共用検討（ITU-R SM. 1009-1）に基づいた保護比による共用検討
 - ✓ 保護比を求めるための室内実験方法とその結果
 - ✓ 干渉メカニズムの検討、OFDM 信号の非線形ひずみによる帯域外発射及びマルチキャリアによる ILS 受信機の相互変調ひずみについての考察
 - ✓ 保護比からの共用条件（離隔距離）の例示

周波数共用に関する検討が必要な他業務の周波数マップを図参 2 に示す。



図参2 周波数マップ

(1) 「デジタルコミュニティ放送の周波数共用等に関する技術的条件の検討」
同共用検討の対象周波数帯は、図参3において赤枠で囲んだ部分に相当する。



図参3 「デジタルコミュニティ放送の周波数共用等に関する技術的条件の検討」の対象周波数帯

同検討における、ILS ローカライザへの干渉試験と結果の概要は以下のとおりである。

- ・ ILS 受信機に対し、所定の受信入力電力の被干渉波に対して、与干渉波(デジコミ SG: 1セグメント・3セグメント)を加えたときの許容レベルを測定。
- ・ 与干渉波・被干渉波の中心周波数差が1MHz未満においては、許容レベルは周波数差に比例して増加。中心周波数差が1MHz以上となると、許容レベルは1dB以上の変動は見られなかった。
- ・ また、3セグメントの方が中心周波数の差に対する許容レベルが厳しくなっていることも確認された(1セグメントに比べて3セグメント信号の方が帯域外の雑音部分の広がりがあるためと考えられる)。

また、デジタルコミュニティ放送への干渉試験と結果の概要は以下のとおりである。

- デジタルコミュニティ放送受信機（1セグメント・3セグメント）に対し、所定の受信入力電力の被干渉波に対して、与干渉波（ILS 信号発生器）を加え、受信機側伝送品質（BER=2×10⁻⁴（ビタビ復号後））を満足する干渉 DU 比を測定。
- 受信機の機種ごとに差が見られたとともに、2種類の変調方式（QPSK_2/3, 16QAM_1/2）の比較では 16QAM_1/2 の方が所要 C/N が大きいことから影響を受けやすい結果となった。
- また、干渉 DU 比は、107.285714MHz（1セグメントで実際に使用が想定される周波数）で-45dB、106.857143MHz（3セグメントで実際に使用が想定される周波数）で-18dB であった。

また、上記干渉試験により、周波数共用条件（置局における離隔距離）の検討が行われており、まず、デジタルコミュニティ放送から ILS ローカライザへの受信レベルが以下の計算式によって求められている。

$$\text{受信レベル (dBm)} = \text{ERP (dBW)} + \text{パターン損失 (dB)} + \text{大地反射マージン (dB)} + \text{自由空間伝搬損失 (dB)} + \text{受信機損失 (dB)}$$

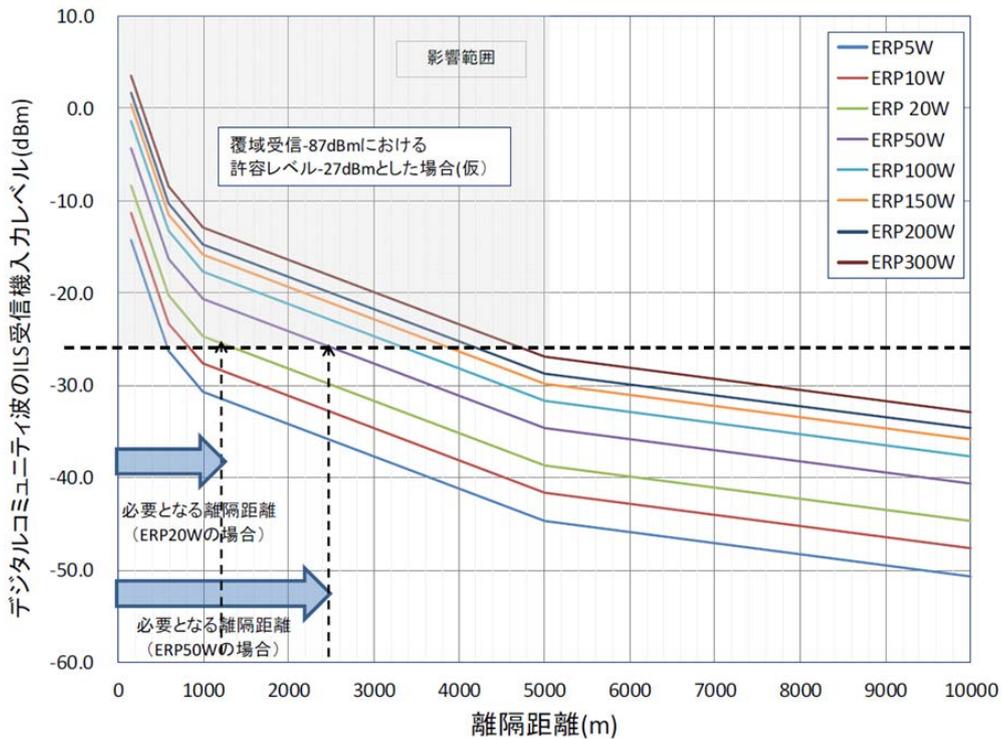
上式に基づき、デジタルコミュニティの ERP 及び ILS ローカライザとデジタルコミュニティの離隔距離を変えたときの、離隔距離に対する干渉レベルが、表参 4 や図参 4 のとおり算出されている。（距離最大 10km、ERP 最大 300W として、共用に必要な離隔距離が求められている）

- 許容レベルが-27dBm の場合、ERP20W の局と ILS ローカライザとの離隔距離は 1.4km（ERP 50W の場合は 2.5km）
- 許容レベルが-46dBm の場合、ERP 5W の局と ILS ローカライザとの離隔距離は 6 km（ERP 10W の場合は 8.4km）

表参4 デジタルコミュニティから ILS ローカライザ受信機端への干渉レベル
(計算値)

周波数	ERP	ERP	離隔距離	パターン損失	大地反射マージン	自由空間伝搬損失	受信機側損失	受信機端 受信レベル
MHz	W	dBm	m	dB	dB	dB	dB	dBm
106	5	37	150	0	6	56.5	0.8	-14.3
106	5	37	600	0	6	68.5	0.8	-26.3
106	5	37	1000	0	6	72.9	0.8	-30.7
106	5	37	5000	0	6	86.9	0.8	-44.7
106	5	37	10000	0	6	92.9	0.8	-50.7
106	10	40	150	0	6	56.5	0.8	-11.3
106	10	40	600	0	6	68.5	0.8	-23.3
106	10	40	1000	0	6	72.9	0.8	-27.7
106	10	40	5000	0	6	86.9	0.8	-41.7
106	10	40	10000	0	6	92.9	0.8	-47.7

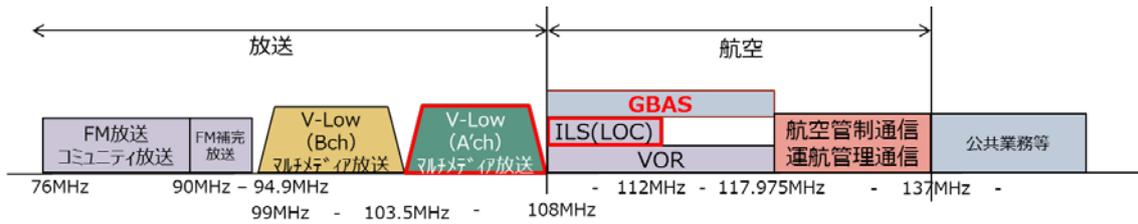
出所) デジタルコミュニティ放送の周波数共用等に関する技術的条件の検討 (平成 27 年度)



図参4 干渉レベルと離隔距離 (干渉許容レベルが-27dBm の場合)

出所) デジタルコミュニティ放送の周波数共用等に関する技術的条件の検討 (平成 27 年度)

- (2) 「ILS ローカライザと隣接帯域の新放送システムとの共用条件の検討」
同共用検討の対象周波数帯は、図参5において赤枠で囲んだ部分に相当する。



図参5 「ILS ローカライザと隣接帯域の新放送システムとの共用条件の検討」の対象周波数帯

同検討では、新放送システム（地方ブロック向けマルチメディア放送）と ILS ローカライザとの共用条件が検討された。共用性検討の手法は、FM 音声放送の共用性検討（ITU-R SM. 1009-1）に基づいて組立てられた。なお、室内実験では、複数の ILS 受信機（B737 クラス以上の旅客機で利用される受信機 A（デジタル）、ILS の試験に利用される受信機 B（デジタル）及び C（アナログ））と信号発生器及び大電力フィルタを備えた放送設備の送信機（A（0.5kW）、B（1kW）、C（10kW）、D（10kW））により保護比が測定された。

主な測定結果として以下の2点が挙げられている。

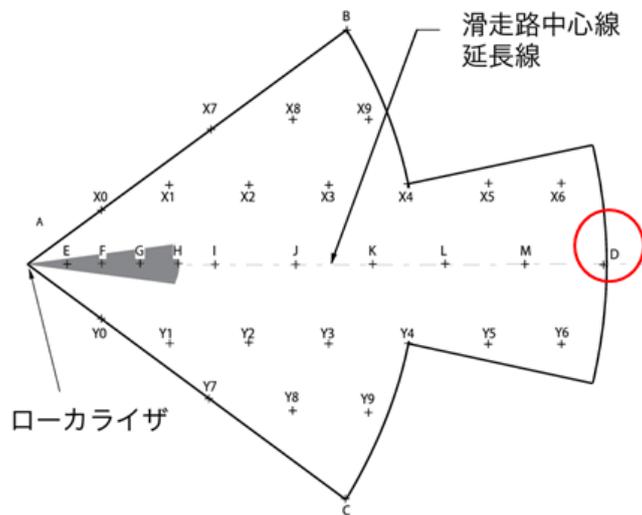
- ・ 信号発生器による保護比は、放送設備の保護比よりも保守的である。
- ・ 保護比は帯域外放射だけでなく、マルチキャリアによる相互変調ひずみの影響を受ける（ノッチフィルタにより希望波周波数帯の帯域外放射の減衰を可変する実験より、大電力フィルタで帯域外放射を低減しても、保護比の低減には限界があることが示された。この原因は、OFDM 信号の帯域外放射に加え、マルチキャリアにより ILS 受信機の高周波回路で相互変調ひずみを生じることが考えられる、とされている）。

また、測定した保護比から、共用条件を表参5のように検討している（放送設備の送信アンテナが試験点 D（図参6）付近に存在すると仮定した場合）。

表参5 試験点における共用検討の例

	項目		単位	備考
1	ERP	78.5	dBm	70kW
2	ERP+10%	78.9	dBm	許容誤差
3	希望波受信電力	-86.0	dBm	D点
4	保護比	-78	dB	108.1MHz
5	妨害波許容電力	-8	dBm	3-4
6	大地反射マージン	6	dB	最大
7	受信機マージン	3	dB	
8	要求伝搬損失	95.9	dB	2+6+7-5
9	最低離隔距離	14.2	km	

出所) ILS ローカライザと隣接帯域の新放送システムとの共用条件の検討



図参6 ローカライザ覆域と試験点 (共用条件検討の際は放送設備の送信アンテナが試験D (赤丸) 付近に存在すると仮定している)

出所) ILS ローカライザと隣接帯域の新放送システムとの共用条件の検討

2 机上検討

1の周波数技術に関する動向調査結果を踏まえ、GBASへの被干渉、GBASからの与干渉の影響の机上検討を行った。

2.1 机上検討の概要

実用機を使用した屋内検証を実施する前段として、屋内検証が必要な範囲や実施方法等を明確化することを目的として、GBAS（ICAO ANNEX10に掲載又は現時点パネルで検討中のものを含む）の発射する信号の電波特性を考慮した、与干渉・被干渉の可能性のある国内外の既存システムの調査を含む、机上検討のプロセスを以下で規定した。

- ① 干渉可能性のある無線システムの選択基準の定義
GBASと与干渉・被干渉を起す可能性のある無線システムの選択基準を定義する。選択基準は、周波数離隔、通信方式、通信覆域、出力電力、用途等である。
- ② 干渉可能性のある無線システムの抽出
周波数マップ等から、GBASと与干渉/被干渉を起す可能性のある国内外の無線システムを抽出する。
- ③ 干渉可能性のある無線システムの規格等の調査
抽出した無線システムの規格等を調査する。
- ④ 机上検討の実施
机上検討を行う。干渉・被干渉を起す可能性が低いことが判明したものは、机上検討で終了する。一方、干渉・被干渉を起す可能性が残る場合は、屋内検証の対象とする。

以下に各プロセスの検討結果を示す。

2.2 机上検討手順と結果

2.2.1 干渉可能性のある無線システムの選択基準

GBASと与干渉・被干渉を起す可能性のある無線システムの選択基準の候補を列挙し、その評価を行った。各選択基準候補とその評価結果を以下に示す。

- ・周波数離隔：ITU-R M.1841-1に記載された干渉電波である無線システムを対象。
理由は、ITU-R M.1841-1に記載されたものより周波数離隔が取れているものは、干渉による影響が殆ど無いためである。
- ・通信方式（電波型式）：選択基準としない。
理由は、通信方式（変調方式等）は、混信発生有無に係る要素であるこ

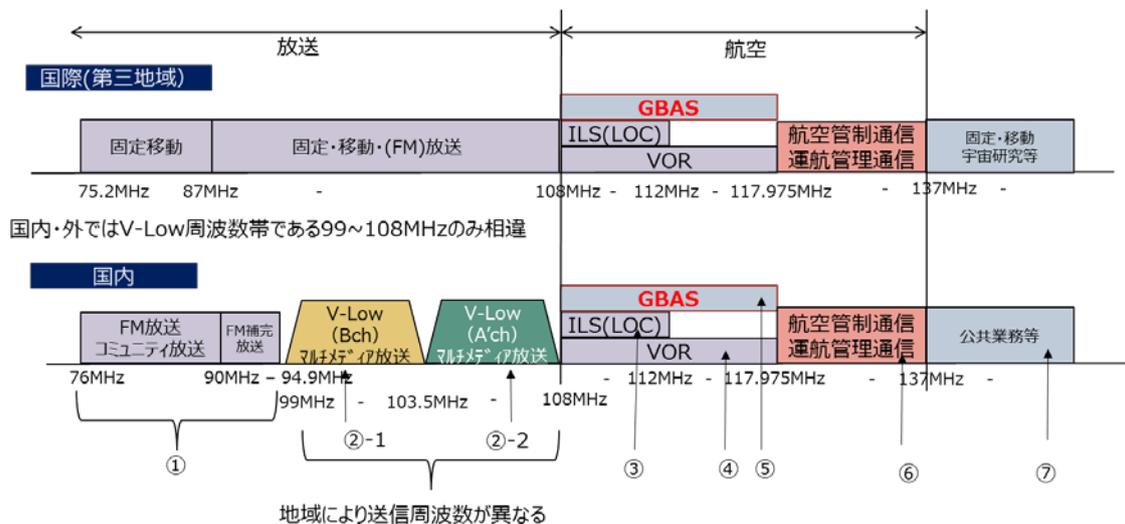
とによる。そのため、本検討では選択基準とせず、全ての通信方式を GBAS と与干渉・被干渉を起す可能性のあるシステムと定義した。

- 通信覆域：覆域が重なる可能性がある無線システムを対象。
理由は、GBAS の覆域と重なると、混信を起す可能性があるが、覆域が重ならなければ混信を起す可能性が低いからである。
- 送信電力：選択基準としない。
理由は、送信電力は混信を防止する要素となることによる。そのため、本検討では、選択基準とせず、全ての送信電力量を GBAS と与干渉・被干渉を起す可能性のあるシステムと定義した。
- その他
GBAS の通信を意図的に妨害するような無線システムについては、本検討では検討対象外した。

以上より、周波数離隔と通信覆域を選択基準として、GBAS と与干渉・被干渉を起す可能性のある無線システムの検討を行った。

2. 2. 2 干渉可能性のある無線システム

2. 2. 1 で定義した選択基準により選定した無線システムのマップを図参 7 に示す。図上段で示しているのは、国外における（アジア地域）無線システムの使用している周波数帯域であり、図下段に示しているのは、日本国内における無線システムの使用している周波数帯域である。



図参 7 選択基準により選定した国内外の無線システムマップ

図参 7 おける GBAS と与干渉/被干渉を起す可能性のある国内無線システムの諸元を表参 6 に示す。

表参6 抽出した国内無線システムの諸元

No	無線システム	周波数(MHz)	通信方式	通信領域	送信電力	用途
①	FM放送・コミュニティ放送・FM補完放送	76.1~94.9	F8E	個別規定	125kW (FM放送・コミュニティ放送ERP) 57kW (FM補完放送ERP)	総合放送 民間事業者
②	マルチメディア放送	(Bch) 101.285714 (A'ch) 105.428571※1	X7W	個別規定	5~10kW	マルチメディア放送
③	ILS(LOC)	108.1~111.9	A2A	20NM	10W	航空保安無線施設
④	VOR	108~117.950	AXX	200NM	200W	無線標識業務
⑤	GBAS	108.025~ 117.950※2	GID	20NM	覆域内の電界強度規定 (<150W)	航空保安無線施設
⑥	航空管制通信	117.975~ 137.000 136.000~ 136.975	A3E GID	200NM	50W	航空音声通信 航空データ通信 (VDL)
⑦	公共業務等	137~144 144~146 146~148	個別規定	個別規定	個別規定	衛星通信 消防・防災・鉄道無線等

※1 : Achとしては105.571429MHzが割り当てられているが、関東・近畿・九州のエリアでの実用放送は、A'chの105.428571MHzで行われている。
 ※2 : ICAO Annex10 (標準規格 : SARPs) において、ILSとGBAS、並びに航空管制通信とGBASの共用条件が定義されるまでは、112.050MHz~117.900MHzを使用することを推奨としている。

2. 2. 3 干渉可能性のある無線システムの規格等

2. 2. 2において抽出した国内無線システムとGBASとの共用に係る、ICAO Annex10における規格の調査結果を表参7に示す。

表参7 抽出した国内無線システムの規格

No	国内	海外	GBAS被干渉	GBASスプリアス規格
①	FM放送・コミュニティ放送・FM補完放送	FM放送	3.6.8.2.2.8 Rejection of signals from sources outside the 108.000 – 117.975 MHz band 3.6.8.2.2.8.3 VHF data broadcast FM intermodulation immunity.	3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)
②	マルチメディア放送	FM放送	— (規定なし)	3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)
③	ILS(LOC)	←	— (VOR周波数に包含)	3.7.3.5.4.5 Power transmitted in adjacent channels. (shown in Table 3.7.3.5-1) 3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)
④	VOR	←	3.6.8.2.2.5.2 VOR as the undesired signal. 3.6.8.2.2.6 Adjacent channel rejection	3.7.3.5.4.5 Power transmitted in adjacent channels. 3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)
⑤	GBAS	←	3.6.8.2.2.5 Co-channel rejection 3.6.8.2.2.6 Adjacent channel rejection	3.7.3.5.4.5 Power transmitted in adjacent channels. (shown in Table 3.7.3.5-1) 3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)
⑥	航空管制通信	←	3.6.8.2.2.8 Rejection of signals from sources outside the 108.000 – 117.975 MHz band	3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)
⑦	公共業務等	←	3.6.8.2.2.8 Rejection of signals from sources outside the 108.000 – 117.975 MHz band	3.7.3.5.4.6 Unwanted emissions. (shown in Table 3.7.3.5-2)

2. 2. 4 机上検討

2. 2. 3において抽出した GBAS と与干渉・被干渉を起す可能性のある国内無線システムのうち、航空バンドで使用されている VOR や ILS 等と GBAS との共用については ICAO で検討が進んでおり、その結果を参照することで十分である。その他の無線システムとの共用について現在存在する規格は、FM 放送との共用（FM 放送から GBAS への被干渉）に係る Recommendation ITU-R M. 1841-1 である。よって、まず GBAS への被干渉に関しては、ITU-R M. 1841-1 のアセスメントフローに従い検討を行うこととした。

(1) GBAS 被干渉検証

ITU-R M. 1841-1 で対象とする干渉種別は以下の通りである。

- ・ スプリアス干渉：ITU-R M. 1841-1 の 4. 2. 1 に規定。（以降、タイプ A1 干渉と表記。）
- ・ 帯域外干渉：ITU-R M. 1841-1 の 4. 2. 2 に規定。（以降、タイプ A2 干渉と表記。）
- ・ 相互変調干渉：ITU-R M. 1841-1 の 4. 2. 3 に規定。（以降、タイプ B1 干渉と表記。）
- ・ 感度抑圧干渉：ITU-R M. 1841-1 の 4. 2. 4 に規定。（以降、タイプ B2 干渉と表記。）

以下に、ITU-R M. 1841-1 のアセスメントフローに従った検討結果を示す。なお、国内の FM 放送（コミュニティ放送・ワイド FM 含む）で使用されている周波数は、国際（第三地域）の FM 放送周波数よりも離れているため、ITU-R M. 1841-1 のアセスメントフローに従い共用が確認されれば、十分に共用可能である。

まず始めに、共用する上で最も影響の大きい FM 放送局の選出を行った。表参 8 は、国内の主要な FM 放送局の送信所（東京スカイツリー、東京タワー、大阪生駒山送信所）の電波を GBAS 受信機の受信レベル（25kHz チャンネルパワー）の大きさと並べ替えたものである。

表参8 国内の主要な FM 放送局に関する GBAS 受信機受信レベル

放送局名	周波数 (MHz)	ERP (kW)	送信所	GBASアンテナ損失による 受信レベル (dBm) *1	帯域幅 (MHz)	25kHz チャンネル パワー (dBm)
FM COCOLO	76.5		20生駒山送信所	5.2	0.2	5.21
放送大学	77.1		38東京タワー	8.7	0.2	8.7
NHK奈良放送局FM 生駒空北中継局	83.4		25生駒山送信所	14.5	0.2	14.46
J-WAVE	81.3		57東京スカイツリー	15.5	0.2	15.5
NHK東京FM	82.5		57東京スカイツリー	17.0	0.2	17.0
TOKYO FM	80		125東京タワー	17.4	0.2	17.4
InterFM	89.7		13東京タワー	19.2	0.2	19.2
MBS 毎日放送	90.6		11生駒山送信所	19.5	0.2	19.53
OBC ラジオ大阪	91.9		11生駒山送信所	21.1	0.2	21.09
ABC 朝日放送	93.3		12.5生駒山送信所	23.3	0.2	23.33
TBSラジオ	90.5		57東京スカイツリー	26.6	0.2	26.6
文化放送	91.6		57東京スカイツリー	27.9	0.2	27.9
ニッポン放送	93		57東京スカイツリー	29.6	0.2	29.6
【参考】 i-dio	105.428571		26生駒山送信所	41.1	3.9	19.13
【参考】 V-Low(A'-ch)	105.428571		70東京タワー	45.4	3.9	23.43

※*1 ITU-R M.1841-1 3.4 項 式(2)により計算した、GBAS 受信アンテナ損失による妨害波の受信レベルである。なお、アンテナ損失は電氣的なものであり、妨害波の変調方式には依存しないため、V-Low における受信レベルも本計算式で算出し表記した。

この結果、GBAS の受信アンテナに混入する最も大きい FM 放送局上位 3 局として上から、ニッポン放送、文化放送、TBS ラジオを選択した。

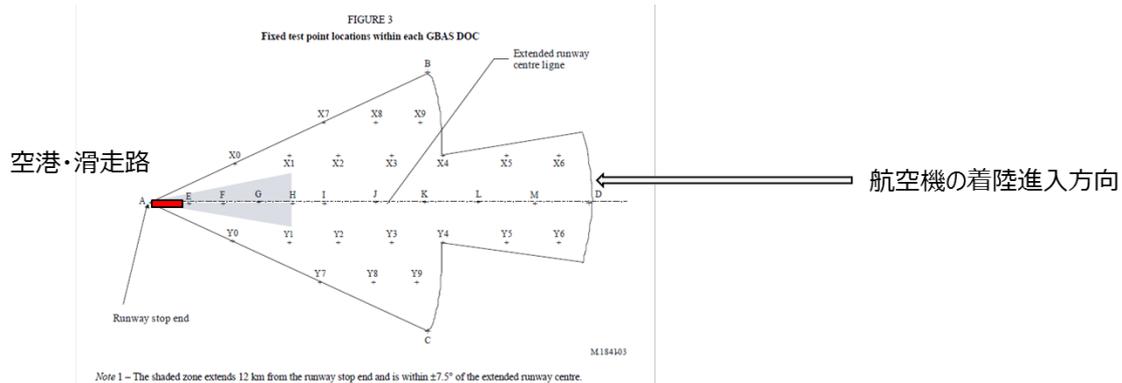
表参 9 に、GBAS を含む検討したモデルケースを示す。

表参 9 検討する GBAS・放送局のモデルケース

送信/放送局	送信アンテナ位置	周波数	ERP	アンテナ位相中心高	水平距離
GBAS	羽田空港 (34R 端付近)	108.25MHz	50W	10m	原点(0m)とする。
ニッポン放送	東京スカイツリー	93.0MHz	57kw	634m	原点から、18,150m
文化放送	東京スカイツリー	91.6MHz	57kw	634m	同上
TBSラジオ	東京スカイツリー	90.5MHz	57kw	634m	同上

※東京スカイツリーの 634m はアンテナ移送中心高ではないが、上空を飛行する航空機 (GBAS 受信機搭載) にとって最悪ケースとなるよう最高地点で計算した。

ITU-R M.1841-1 では、図参 8 に示すテストポイントにおいて、航空機が受信する GBAS 希望波と FM 補完放送 (妨害) 波のレベルからアセスメントフローに従って干渉評価をすること、また、その覆域内に妨害波の送信局が有る場合は、その地点での干渉評価を行うこと、と規定されている。このテストポイントの覆域は、空港内の着陸滑走路端から、2つの扇形を合成した形で規定された空域である。また、各テストポイントは表参 10 に示すように高度も規定されており、実際の地表の障害物等は考慮されず、滑走路端を基準とした固定点である。



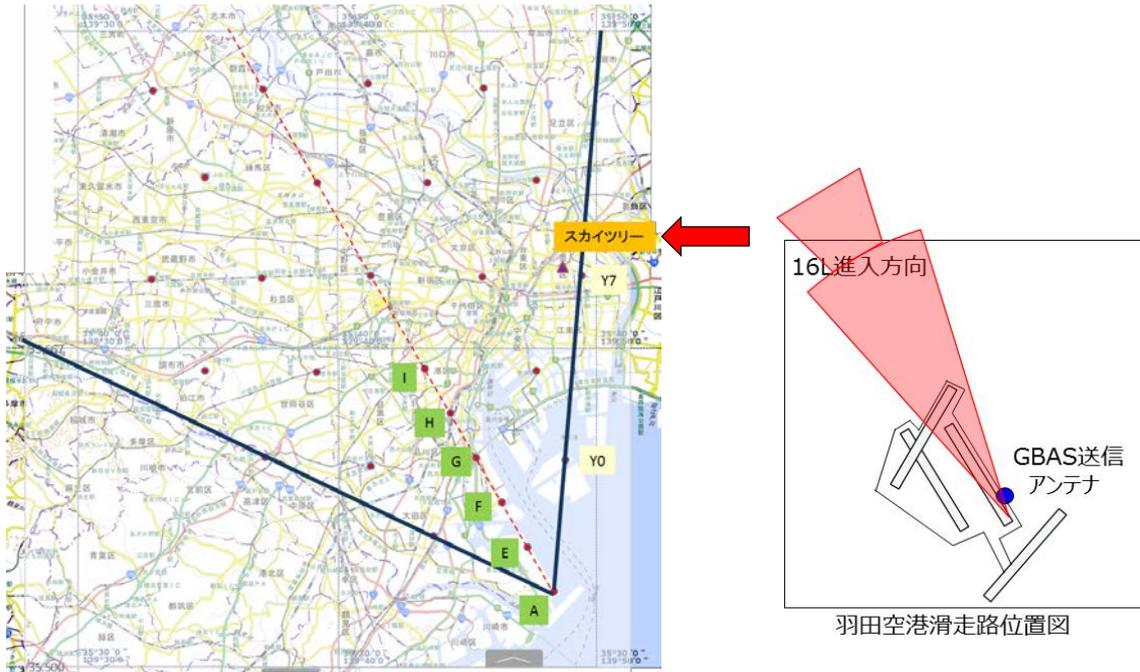
図参 8 ITU-R M.1841-1(Figure 3)のテストポイント

表参 10 ITU-R M.1841-1(Figure 3)のテストポイントの高度

TABLE 5

Points on or above the extended runway centre line			Points off the extended runway centre line (all at height of 600 m)		
Identification	Distance (km)	Minimum height (m)	Identification	Distance (km)	Bearing relative to the runway centre line (degrees)
A	0	0	B, C	31.5	-35, 35
E	3	0	X0, Y0	7.7	-35, 35
F	6	150	X1, Y1	12.9	-25.5, 25.5
G	9	300	X2, Y2	18.8	-17.2, 17.2
H	12	450	X3, Y3	24.9	-12.9, 12.9
I	15	600	X4, Y4	31.5	-10, 10
J	21.25	600	X5, Y5	37.3	-8.6, 8.6
K	27.5	600	X6, Y6	43.5	-7.3, 7.3
L	33.75	600	X7, Y7	18.5	-35, 35
M	40	600	X8, Y8	24.0	-27.6, 27.6
D	46.3	600	X9, Y9	29.6	-22.1, 22.1

今回対象とした羽田空港の各進入経路の中で最も東京スカイツリーに近いものとして、16L 進入と 22 進入の 2 つを選択した。これらの進入にテストポイントを重ね合わせた図を図参 9 及び図参 10 に示す。



図参9 滑走路16L進入の場合のテストポイント

出所) 国土地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>)



図参10 滑走路22進入の場合のテストポイント

出所) 国土地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>)

以下に、各進入におけるテストポイントに関する干渉タイプ別の評価結果を示す。

a タイプ A1 干渉の評価

タイプ A1 の判定方式に従い、各テストポイントでの GBAS (希望波) と FM 放送 (妨害波) の GBAS 受信アンテナにおける電界強度を計算し、最も悪い保護レベル (D/U) のテストポイントをもつ進入経路を求めた。

(a) 16L 進入の場合

計算で用いた FM 補完放送局と GBAS 送信点の位置と方位を表参 11 に示す。

表参 11 FM 補完放送局と GBAS 送信点の位置と方位

		経度 (dms)	緯度 (dms)	経度 (deg)	緯度 (deg)	高度(m)
ニッポン放送送信点	SKY送信局	139.48.39	35.42.36	139.811	35.71	634
34R TH	羽田新16L	139.48.18	35.32.23	139.805	35.540	10
GBAS送信点	羽田新16L	139.48.08	35.32.48	139.802	35.547	10
進入磁方位 (deg)		157.00	MN			
VAR (deg)		7	MN補正			
GBAS真方位 (deg)		-30.00	真北			
周波数 (MHz)		93.00	ニッポン放送			

各テストポイントに関して、GBAS (希望波) レベルと FM 補完放送波 (妨害波) レベルから D/U 比を求め、ITU-R M. 1841-1 4.2.1 項 TABLE2 の同一周波数におけるスプリアス許容値 (D/U=14) と比較し、マージンを求めた結果を表参 12 に示す。

全てのテストポイントにおいて干渉はなく (判定は○)、またマージンが最も小さいテストポイントは (16L 進入において地理的にも東京スカイツリーに最近接の) Y7 となった。

表参 12 D/U 比と許容レベルの比較判定

試験点	地理的距離		妨害波 (H) パターン減衰dB	妨害波 (V) パターン減衰dB	妨害波レベル dBm(ANT)	スプリアスレベル dBm(ANT)	GBASレベル dBm(ANT)	ALL dB	GBASレベル dBm(RX in)	D/U dB(RX in)	許容レベル dB	マージン dB	判定	
	水平 km	斜距離 km												
A	18.900	18.911	97.35	1.42	0.70	-21.90	-106.68	-71.89	0	-71.89	34.79	14.00	20.79	○
E	16.420	16.432	96.13	1.95	0.94	-20.55	-105.33	-71.89	0	-71.89	33.44	14.00	19.44	○
F	14.143	14.151	94.83	0.58	0.72	-18.56	-103.34	-52.41	0	-52.41	50.93	14.00	36.93	○
G	12.182	12.187	93.53	0.08	0.50	-16.55	-101.33	-53.15	0	-53.15	48.19	14.00	34.19	○
H	10.714	10.716	92.41	0.10	0.18	-15.13	-99.91	-54.55	0	-54.55	45.36	14.00	31.36	○
I	9.958	9.958	91.77	1.26	0.04	-15.52	-100.30	-55.91	0	-55.91	44.38	14.00	30.38	○
J	11.152	11.152	92.76	2.93	0.03	-18.16	-102.94	-62.16	0	-62.16	40.78	14.00	26.78	○
K	15.089	15.089	95.38	0.75	0.02	-18.60	-103.38	-66.92	0	-66.92	36.46	14.00	22.46	○
L	20.225	20.225	97.93	0.16	0.02	-20.55	-105.33	-70.84	0	-70.84	34.49	14.00	20.49	○
M	25.856	25.856	100.06	0.10	0.01	-22.62	-107.40	-71.89	0	-71.89	35.51	14.00	21.51	○
D	31.766	31.766	101.85	0.19	0.01	-24.50	-109.28	-71.89	0	-71.89	37.39	14.00	23.39	○
B	29.578	29.578	101.23	3.30	0.01	-26.98	-111.76	-69.50	0	-69.50	42.26	14.00	28.26	○
C	12.682	12.682	93.88	0.80	0.03	-17.14	-101.92	-69.50	0	-69.50	32.42	14.00	18.42	○
X0	17.344	17.344	96.59	0.02	0.02	-19.08	-103.85	-44.23	0	-44.23	59.62	14.00	45.62	○
Y0	11.223	11.223	92.81	1.54	0.03	-16.82	-101.80	-44.23	0	-44.23	57.37	14.00	43.37	○
X1	16.078	16.078	95.94	0.39	0.02	-18.79	-103.57	-53.25	0	-53.25	50.33	14.00	36.33	○
Y1	6.226	6.226	87.70	0.58	0.06	-10.78	-95.56	-53.25	0	-53.25	42.31	14.00	28.31	○
X2	15.561	15.561	95.65	2.68	0.02	-20.80	-105.58	-59.94	0	-59.94	45.64	14.00	31.64	○
Y2	4.722	4.722	85.29	3.24	0.08	-11.05	-95.83	-59.94	0	-59.94	35.89	14.00	21.89	○
X3	17.472	17.472	96.66	2.91	0.02	-22.03	-106.81	-65.07	0	-65.07	41.74	14.00	27.74	○
Y3	9.250	9.250	91.13	0.10	0.04	-13.71	-98.49	-65.07	0	-65.07	33.43	14.00	19.43	○
X4	21.405	21.405	98.42	1.18	0.02	-22.06	-106.84	-69.50	0	-69.50	37.34	14.00	23.34	○
Y4	15.580	15.580	95.85	0.20	0.02	-18.32	-103.10	-69.50	0	-69.50	33.59	14.00	19.59	○
X5	25.892	25.892	100.07	0.43	0.01	-22.96	-107.74	-71.89	0	-71.89	35.85	14.00	21.85	○
Y5	21.218	21.219	98.35	0.41	0.02	-21.22	-106.00	-71.89	0	-71.89	34.11	14.00	20.11	○
X6	31.117	31.117	101.67	0.18	0.01	-24.31	-109.09	-71.89	0	-71.89	37.20	14.00	23.20	○
Y6	27.390	27.390	100.56	0.54	0.01	-23.56	-108.34	-71.89	0	-71.89	36.45	14.00	22.45	○
X7	20.522	20.522	98.06	1.63	0.02	-22.15	-106.93	-59.65	0	-59.65	47.27	14.00	33.27	○
Y7	1.178	1.178	73.24	0.44	0.55	3.33	-81.45	-59.65	0	-59.65	21.79	14.00	7.79	○
X8	21.829	21.829	98.51	3.19	0.02	-24.16	-108.94	-64.39	0	-64.39	44.55	14.00	30.55	○
Y8	5.312	5.312	86.32	1.90	0.07	-10.72	-95.50	-64.39	0	-64.39	31.12	14.00	17.12	○
X9	23.871	23.871	99.37	2.87	0.01	-24.70	-109.47	-68.31	0	-68.31	41.16	14.00	27.16	○
Y9	11.393	11.393	92.84	1.61	0.03	-17.03	-101.81	-68.31	0	-68.31	33.50	14.00	19.50	○

(b) 22 進入の場合

計算で用いた FM 補完放送局と GBAS 送信点の位置と方位を表参 13 に示す。

表参 13 FM 補完放送局と GBAS 送信点の位置と方位

		経度 (dms)	緯度 (dms)	経度 (deg)	緯度 (deg)	高度(m)
FM放送送信点	SKY送信局	139.48.39	35.42.36	139.811	35.71	634
04 TH	羽田22	139.45.41	35.32.56	139.761	35.549	10
GBAS送信点	羽田新16L	139.48.08	35.32.48	139.802	35.547	10
進入磁方位 (deg)		222.00	MN			
VAR (deg)		7	MN補正			
GBAS真方位 (deg)		35.00	真北			
周波数 (MHz)		93.00	ニッポン放送			
周波数 (MHz)		108.025	GBAS周波数			

各テストポイントに関して、GBAS (希望波) レベルと FM 補完放送波 (妨害波) レベルから D/U 比を求め、ITU-R M. 1841-1 4.2.1 項 TABLE2 の同一周波数におけるスプリアス許容値 (D/U=14) と比較し、マージンを求めた結果を表参 14 に示す。

全てのテストポイントにおいて干渉はなく (判定は○)、またマージンが最も小さいテストポイントは (22 進入において地理的にも東京スカイツリーに最近接の) X2 となった。

表参 14 D/U 比と許容レベルの比較判定

試験点	地理的距離		妨害波 (H)		妨害波 (V)		妨害波レベル dBm(Ant)	スプリアスレベル dBm(Ant)	GBASレベル dBm(Ant)	GBASレベル dBm(RX m)	D/U dB(RX m)	許容レベル dB	マージン dB	判定
	水平 km	斜距離 km	経度差	緯度差	経度差	緯度差								
A	18.428	18.439	97.13	0.60	0.72	-20.89	-105.67	-71.89	0	-71.89	33.78	14.00	19.78	○
E	15.663	15.676	95.72	0.79	1.04	-19.99	-104.77	-71.89	0	-71.89	32.88	14.00	18.88	○
F	13.002	13.011	94.10	1.24	0.87	-18.65	-103.43	-52.41	0	-52.41	51.01	14.00	37.01	○
G	10.525	10.521	92.26	1.77	0.64	-17.11	-101.89	-53.15	0	-53.15	48.74	14.00	34.74	○
H	8.396	8.398	90.29	1.90	0.33	-14.86	-99.74	-54.55	0	-54.55	45.19	14.00	31.19	○
I	6.942	6.943	88.64	0.76	0.05	-11.89	-96.87	-55.91	0	-55.91	40.76	14.00	26.76	○
J	7.716	7.716	89.56	2.35	0.05	-14.40	-99.18	-62.16	0	-62.16	37.02	14.00	23.02	○
K	12.205	12.205	93.54	2.76	0.03	-18.77	-103.55	-66.92	0	-66.92	36.63	14.00	22.63	○
L	17.790	17.790	96.82	1.57	0.02	-20.84	-105.62	-70.84	0	-70.84	34.78	14.00	20.78	○
M	23.709	23.709	99.31	1.01	0.02	-22.78	-107.55	-71.89	0	-71.89	35.67	14.00	21.67	○
D	28.811	28.811	101.30	0.88	0.01	-24.44	-109.22	-71.89	0	-71.89	37.33	14.00	23.33	○
B	14.339	14.339	94.94	1.89	0.02	-19.30	-104.08	-69.50	0	-69.50	34.58	14.00	20.58	○
C	26.080	26.080	100.14	1.02	0.01	-23.61	-108.39	-69.50	0	-69.50	38.89	14.00	24.89	○
X0	11.117	11.117	92.73	0.11	0.03	-15.32	-100.10	-44.23	0	-44.23	55.87	14.00	41.87	○
Y0	15.488	15.488	95.61	1.91	0.02	-19.99	-104.77	-44.23	0	-44.23	60.54	14.00	46.54	○
X1	5.663	5.663	86.87	0.07	0.06	-9.45	-84.23	-53.25	0	-53.25	40.98	14.00	26.98	○
Y1	13.349	13.349	94.32	1.17	0.03	-17.96	-102.74	-53.25	0	-53.25	49.49	14.00	35.49	○
X2	1.267	1.268	73.87	2.81	0.48	0.39	-84.38	-59.94	0	-59.94	24.44	14.00	10.44	○
Y2	12.156	12.156	93.51	0.12	0.03	-16.10	-100.88	-59.94	0	-59.94	40.94	14.00	26.94	○
X3	7.131	7.131	88.87	0.36	0.05	-11.73	-96.51	-65.07	0	-65.07	31.44	14.00	17.44	○
Y3	14.032	14.032	94.75	2.18	0.03	-19.40	-104.17	-65.07	0	-65.07	39.11	14.00	25.11	○
X4	13.851	13.851	94.64	0.18	0.03	-17.29	-102.07	-69.50	0	-69.50	32.56	14.00	18.56	○
Y4	18.314	18.314	97.07	3.30	0.02	-22.83	-107.61	-69.50	0	-69.50	38.11	14.00	24.11	○
X5	19.689	19.689	97.70	0.10	0.02	-20.26	-105.03	-71.89	0	-71.89	33.15	14.00	19.15	○
Y5	23.108	23.108	99.09	2.67	0.02	-24.21	-108.98	-71.89	0	-71.89	37.11	14.00	23.11	○
X6	25.951	25.951	100.09	0.10	0.01	-22.65	-107.45	-71.89	0	-71.89	35.54	14.00	21.54	○
Y6	28.606	28.606	100.84	2.90	0.01	-25.40	-110.17	-71.89	0	-71.89	38.29	14.00	24.29	○
X7	4.518	4.518	84.91	1.81	0.08	-9.24	-84.01	-59.65	0	-59.65	34.36	14.00	20.36	○
Y7	17.306	17.306	96.58	0.19	0.02	-19.23	-104.01	-59.65	0	-59.65	44.36	14.00	30.36	○
X8	6.084	6.084	87.50	2.00	0.06	-12.00	-86.77	-64.39	0	-64.39	32.39	14.00	18.39	○
Y8	18.145	18.145	96.99	0.49	0.02	-19.94	-104.72	-64.39	0	-64.39	40.34	14.00	26.34	○
X9	11.182	11.182	92.78	0.75	0.03	-16.01	-100.79	-68.31	0	-68.31	32.48	14.00	18.48	○
Y9	20.432	20.432	98.02	2.14	0.02	-22.62	-107.40	-68.31	0	-68.31	39.09	14.00	25.09	○

16L 進入、22 進入における最小マージンのテストポイント、Y7 (7.79dB)、X2 (10.44 dB) の比較より、よい小さいマージンの Y7 を持つ 16L 進入をワーストケースとして、以降、タイプ A2、B1、B2 の干渉判定を行った。

b タイプ A2 干渉の評価

GBAS 送信波は、周波数が最低 108.025MHz、占有帯域幅 16.8kHz 以下である。一方、FM 補完放送の占有帯域幅は 200kHz であり、帯域外領域の上限値 (2.5 × BN) は、93.0MHz + 500kHz である。これにより、GBAS の送信波との差が、タイプ A2 の規定 (300kHz) 以上あることより、タイプ A2 干渉は起こらないと判定した。

$$(108.025\text{MHz}) - (93.0\text{MHz} + 0.5\text{MHz}) \cong 14.5\text{MHz} \gg 300\text{kHz} (=0.3\text{MHz})$$

c タイプ B1 干渉の評価

16L 進入の各テストポイントでの、3つの FM 補完放送局の相互変調積による干渉影響について、タイプ B1 の評価を実施した (FM 補完放送局と GBAS 送信点の位置と方位については表参 11 と同じ)。表参 15 に評価結果を示す。

タイプ B1 干渉では、以下の判定式を用いて干渉影響を判定している。

- ① Trigger 値 < 妨害波入力レベルとなる放送局が 1 つ以上ある。
- ② 全放送局について、Cut-off 値 < 妨害波入力レベル (ピンクのセル) となる。

表参 15 において、上記②に該当する、3列ともに” TRUE” となるテストポイントがあるが、上記①に該当する Trigger 値を超える放送局がないことより、全てのテストポイントにおいて相互変調の影響はないことが分かった。

表参 15 3局の FM 補完放送局による相互干渉積の評価結果

試験点	K(3F)=			妨害波による相互変調積の発生の有無評価									Cut-off value			相互変調積の評価		相互変調積の評価		判定
	N1	N2	N3	Trigger value TH			Trigger value			Cut-off value			3f (TVHCV)		3f Case					
	dBm(Rx in)	dBm(Rx in)	dBm(Rx in)	(FM1)	(FM2)	(FM3)	(FM1)	(FM2)	(FM3)	(FM1)	(FM2)	(FM3)	3f Cut-off value	3f (TVHCV) 評価	3f Case 評価式の算出必要性	3f Case 評価判定式	3f case >0			
A	-39.49	-41.45	-42.67	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-133.43	○	
E	-38.14	-40.10	-41.32	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-129.39	○	
F	-36.15	-38.11	-39.33	9.07	9.84	10.40	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-142.90	○	
G	-34.14	-36.10	-37.32	8.82	9.59	10.15	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-136.13	○	
H	-32.72	-34.68	-35.90	8.26	9.12	9.69	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-130.46	○	
I	-33.10	-35.07	-36.29	7.90	8.67	9.23	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-130.25	○	
J	-35.74	-37.71	-38.92	5.82	6.59	7.15	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-131.93	○	
K	-36.18	-38.15	-39.36	4.23	5.00	5.56	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-128.49	○	
L	-38.14	-40.10	-41.31	2.92	3.69	4.25	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-130.42	○	
M	-40.20	-42.17	-43.38	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-135.58	○	
D	-42.08	-44.05	-45.26	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-141.22	○	
B	-44.97	-46.93	-47.75	3.37	4.14	4.70	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-131.06	○	
C	-34.73	-36.69	-37.91	3.37	4.14	4.70	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-121.54	○	
X0	-36.66	-38.62	-39.84	11.79	12.56	13.13	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-152.61	○	
Y0	-34.41	-36.37	-37.59	11.79	12.56	13.13	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-145.85	○	
X1	-36.38	-38.34	-39.56	8.79	9.56	10.12	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-142.75	○	
Y1	-28.36	-30.33	-31.54	8.79	9.56	10.12	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	-118.70	○	
X2	-38.39	-40.35	-41.56	6.96	7.73	8.29	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-142.07	○	
Y2	-28.64	-30.60	-31.81	6.96	7.73	8.29	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	-112.92	○	
X3	-39.61	-41.58	-42.79	4.85	5.62	6.18	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-140.63	○	
Y3	-31.30	-33.26	-34.48	4.85	5.62	6.18	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	-115.69	○	
X4	-39.65	-41.61	-42.83	3.37	4.14	4.70	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-136.30	○	
Y4	-35.90	-37.86	-39.08	3.37	4.14	4.70	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-129.06	○	
X5	-40.55	-42.51	-43.73	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-136.61	○	
Y5	-38.80	-40.77	-41.98	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-131.38	○	
X6	-41.89	-43.86	-45.07	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-140.65	○	
Y6	-41.15	-43.11	-44.32	2.58	3.35	3.91	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-138.40	○	
X7	-39.73	-41.70	-42.91	6.85	7.42	7.98	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-146.40	○	
Y7	-14.25	-16.21	-17.43	6.85	7.42	7.98	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	-69.96	○	
X8	-41.75	-43.71	-44.92	5.08	5.85	6.41	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-147.71	○	
Y8	-28.31	-30.27	-31.48	5.08	5.85	6.41	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	-107.40	○	
X9	-42.28	-44.24	-45.46	3.77	4.54	5.10	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-145.39	○	
Y9	-34.61	-36.58	-37.79	3.77	4.54	5.10	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	-122.39	○	

d タイプ B2 干渉の評価

最後に、16L 進入の各テストポイントに対して、タイプ B2 干渉の判定を実施した (FM 補完放送局と GBAS 送信点の位置と方位については表参 11 と同じ)。

タイプ B2 干渉では、Nmax という判定指標を計算し、妨害波入力レベルの大小関係の比較より干渉影響を判定しているが、表参 16 の評価結果より、全て

のテストポイントにおいて相互変調の影響はないことが分かった。

表参 16 FM 補完放送局による感度抑圧評価結果

試験点	Ei	Ls+La	L(f)=	Ei-((Ls+La)+L(f))	Le=max(0.0.5(Na-Nref)	S	Na	4.2.4項 Type B2		判定	
	妨害波レベル dBm(ANT)	dB	アンテナ周波数ロス (妨害波レベル) dB	妨害波レベル dBm(Rx in)	補正値@希望波 dB	受信機マージン dB	GBASレベル dBm(ANT)	GBASレベル dBm(RX in)	Nmax(108.025-111.975MHz)		マージン dB
A	-21.90	0	18	-39.90	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	51.96	○
E	-20.55	0	18	-38.55	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	50.61	○
F	-18.56	0	18	-36.56	9.79	3.00	-52.41	-52.41	21.8	58.36	○
G	-16.55	0	18	-34.55	9.43	3.00	-53.15	-53.15	21.4	55.98	○
H	-15.13	0	18	-33.13	8.72	3.00	-54.55	-54.55	20.7	53.86	○
I	-15.52	0	18	-33.52	8.04	3.00	-55.91	-55.91	20.0	53.56	○
J	-18.16	0	18	-36.16	4.92	3.00	-62.16	-62.16	16.9	53.08	○
K	-18.60	0	18	-36.60	2.54	3.00	-66.92	-66.92	14.5	51.14	○
L	-20.55	0	18	-38.55	0.58	3.00	-70.84	-70.84	12.6	51.13	○
M	-22.62	0	18	-40.62	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	52.67	○
D	-24.50	0	18	-42.50	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	54.55	○
B	-26.98	0	18	-44.98	1.25	3.00	-69.50	-69.50	13.2	58.23	○
C	-17.14	0	18	-35.14	1.25	3.00	-69.50	-69.50	13.2	48.39	○
X0	-19.08	0	18	-37.08	13.88	3.00	-44.23	-44.23	25.9	62.96	○
Y0	-16.82	0	18	-34.82	13.88	3.00	-44.23	-44.23	25.9	60.71	○
X1	-18.79	0	18	-36.79	9.38	3.00	-53.25	-53.25	21.4	58.17	○
Y1	-10.78	0	18	-28.78	9.38	3.00	-53.25	-53.25	21.4	50.16	○
X2	-20.80	0	18	-38.80	6.03	3.00	-59.94	-59.94	18.0	56.83	○
Y2	-11.05	0	18	-29.05	6.03	3.00	-59.94	-59.94	18.0	47.08	○
X3	-22.03	0	18	-40.03	3.47	3.00	-65.07	-65.07	15.5	55.49	○
Y3	-13.71	0	18	-31.71	3.47	3.00	-65.07	-65.07	15.5	47.18	○
X4	-22.06	0	18	-40.06	1.25	3.00	-69.50	-69.50	13.2	53.31	○
Y4	-18.32	0	18	-36.32	1.25	3.00	-69.50	-69.50	13.2	49.56	○
X5	-22.96	0	18	-40.96	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	53.02	○
Y5	-21.22	0	18	-39.22	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	51.27	○
X6	-24.31	0	18	-42.31	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	54.36	○
Y6	-23.56	0	18	-41.56	0.06	3.00	-71.89	-71.89	12.1	53.62	○
X7	-22.15	0	18	-40.15	6.17	3.00	-59.65	-59.65	18.2	58.32	○
Y7	3.33	0	18	-14.67	6.17	3.00	-59.65	-59.65	18.2	32.84	○
X8	-24.16	0	18	-42.16	3.81	3.00	-64.39	-64.39	15.8	57.97	○
Y8	-10.72	0	18	-28.72	3.81	3.00	-64.39	-64.39	15.8	44.53	○
X9	-24.70	0	18	-42.70	1.85	3.00	-68.31	-68.31	13.8	56.54	○
Y9	-17.03	0	18	-35.03	1.85	3.00	-68.31	-68.31	13.8	48.87	○

e GBAS 被干渉検証まとめ

ITU-R M.1841-1 のテストポイントとアセスメントフローを使用した干渉影響について、日本国内におけるワーストケースとして、東京スカイツリーの FM 補完放送局と羽田空港に設置する GBAS の場合で検討し、以下の表参 17 の結果となった。

表参 17 東京スカイツリーの FM 補完放送局と羽田空港に設置する GBAS の共用検討結果

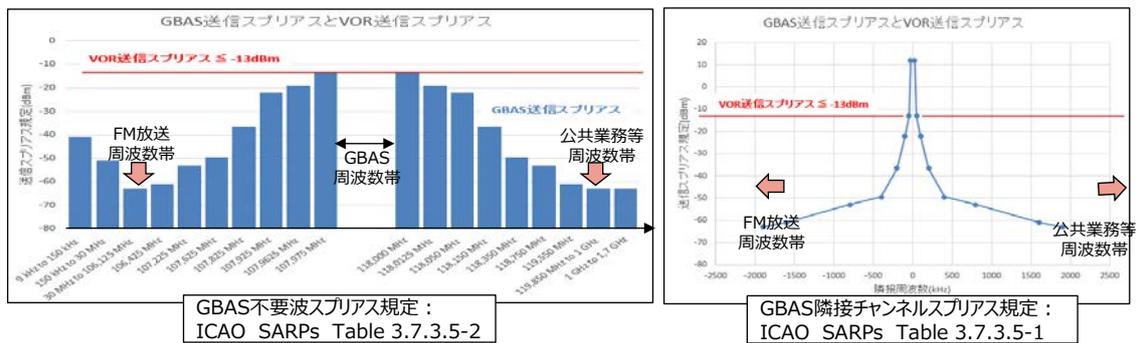
評価	結果	判定
タイプA1 (スプリアス干渉)	ワーストテストポイントを含む全てのテストポイントにおいて干渉条件に該当するものはないことから、 <u>羽田の各滑走路進入におけるテストポイントでは干渉しない。</u>	○
タイプA2 (帯域外干渉)	FM補完放送の占有帯域幅 (BN = 200kHz) より、帯域外領域の上限値 (2.5×BN) は +500kHzとなる。結果、GBAS送信周波数 (108.25MHz) と FM補完放送周波数の帯域外領域上限 (93.5MHz) 間は300kHzを超えているため <u>干渉しない。</u>	○
タイプB1 (相互変調干渉)	ワーストテストポイントを含む全てのテストポイントにおいて干渉条件に該当するものはないことから、 <u>羽田の各滑走路進入におけるテストポイントでは干渉しない。</u>	○
タイプB2 (感度抑圧干渉)	ワーストテストポイントを含む全てのテストポイントにおいて干渉条件に該当するものはないことから、 <u>羽田の各滑走路進入におけるテストポイントでは干渉しない。</u>	○

(2) GBAS 与干渉検証

現行の航空バンド無線システムである VOR のスプリアスは、無線設備規則別表第三号 2 項(1)に以下が規定されている。

- ・帯域外発射：(送信電力>50W) 0dBm (1mW) 以下、且つ-60dBc
- ・スプリアス発射： -13dBm (50 μW) 以下、又は 70dBc
- ・送信電力 53dBm (200W) 時では、-13dBm (-66dBc) 以下の規格

一方、GBAS スプリアスは 2nd 隣接又は 107.975MHz の最も高いところで-13dBm (-65dBc) であり、そこから周波数離隔が増えるに従って、従来の無線システムである上記 VOR に比べて小さく規定されている。(図参 11 参照)



図参 11 GBAS 送信スプリアスと VOR 送信スプリアスの規格

VOR (振幅変調) と GBAS (位相変調) とは異なる変調方式であるが、表参 18 に示すとおり、送信電力、占有帯域幅ともに VOR の方が大きいため、現行の VOR で共用できていれば、GBAS からの与干渉は起こらないものと考えられる。

表参 18 VOR と GBAS の送信波の違い

装置名	変調パラメータ	電力	占有帯域幅
VOR	30Hz AM 変調 (Typ.Vm=30%) 9960Hz FM 変調 (Typ.30%)	AM 変調の搬送波振幅は、 $V(t)=V_0+V_m \cos(pt)$ 但し、 V_0 :搬送波電圧、 V_m :被変調電圧 上記から 30%変調の場合、振幅ピークは、1.3 倍になる。 電力としては、 $1.3^2 \div 1.7$ 倍必要となる。	占有搬送波 BW は、 $BW=2f_s=2 \times$ 9960 $\div 20\text{kHz}$
GBAS	D8PSK シンボルレート:10.5kHz ナイキストフィルタ: $\alpha=0.6$	位相変調の搬送波振幅は、 $V(t)=V_0 \sin(\omega t+\phi_i)$ 但し、 V_0 :搬送波電圧、 $\phi_i:0, \pi/4, 2\pi/4 \dots 7\pi/4$ 位相変調の場合、搬送波以上の送信電力を必要としない。	占有搬送波 BW は、 $BW=(1+\alpha) \times$ シンボルレート $=1.6 \times 10.5\text{kHz} \div 16.8\text{kHz}$

2. 3 机上検討まとめ

机上検討の結果より、V-Low 放送以外の無線システム²と GBAS の共用については、以下の結論を得た。

- GBAS 被干渉：ITU-R M. 1841-1 のアセスメントフローとテストポイントに従い、放送局の実際のアンテナパターンを用い、想定される羽田空港への進入において、GBAS 被干渉の可能性はないと考えられる。
- GBAS 与干渉：GBAS スプリアス基準が、VOR（超短波全方向式無線標識施設）スプリアス基準より低いことと、VOR の現在の共用状況から、これらの無線システムへの GBAS 与干渉の可能性はないものと考えられる。

一方で、V-Low 放送と GBAS の共用については、以下の理由より、装置を使用した屋内検証による試験確認を行うこととした。

- GBAS 被干渉：ITU-R M. 1841-1 で規格化されておらず、更に広帯域 OFDM 通信であり相互変調を起す可能性が大きいこと、また、羽田空港では見通し距離内に放送局送信所があること、更に周波数が GBAS の送信周波数に近いことから、屋内干渉検証を実施することが妥当である。
- GBAS 与干渉：周波数が隣接することや、V-Low (A' ch) の受信機を用いた検証データが少ないため、屋内干渉検証を実施することが妥当である。

以下に、机上検討まとめの補足事項を示す。

(1) 補足 1：FM 補完放送局との最小離隔距離について

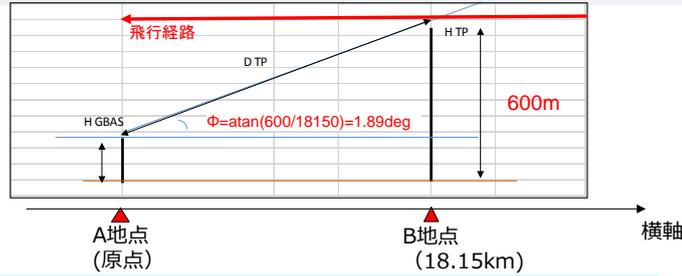
2. 2. 4において ITU-R M. 1841-1 のアセスメントフローとテストポイントに従って実施した FM 放送からの GBAS 被干渉の机上計算では、羽田空港への 16L 進入におけるテストポイント Y7 がワーストポイントとなった。

16L 進入における Y7 と東京スカイツリー間の距離は 1.178 km であるが、参考として、東京スカイツリーに更に近接する場合を想定し、且つ、保守的に放送局の空中線パターンを考慮しないもとの、干渉が起こらない最小の離隔距離を求めた。

検討した飛行経路の位置関係を図参 12 に示す。

² GBAS 帯域の下側：FM 放送・FM 補完放送・コミュニティ放送／上側：航空管制通信・運航管理通信等

記号	アンテナ位置	距離*(m)
A地点	GBAS送信アンテナの設置場所（羽田空港 滑走路34 R 端付近）の水平投影地点	0
B地点	GBAS受信アンテナの場所（東京スカイツリー地点直上MSL600m）の水平投影地点	18,150



注： H_{GBAS} : GBAS送信アンテナ海拔高 10m
 H_{TP} : 地点Bにおける航空機に搭載したGBAS受信アンテナの高度（MSL600m）
 D_{TP} : GBAS送信アンテナと航空機に搭載したGBAS受信アンテナ間の距離
 ϕ : GBAS送信アンテナから見た航空機に搭載したGBAS受信アンテナの仰角

図参 12 飛行経路の位置関係

上記の飛行経路モデルに対して、ITU-R M. 1841-1 のアセスメントフローに従い干渉計算を行った結果を以下に示す。

a タイプ A1 干渉の評価

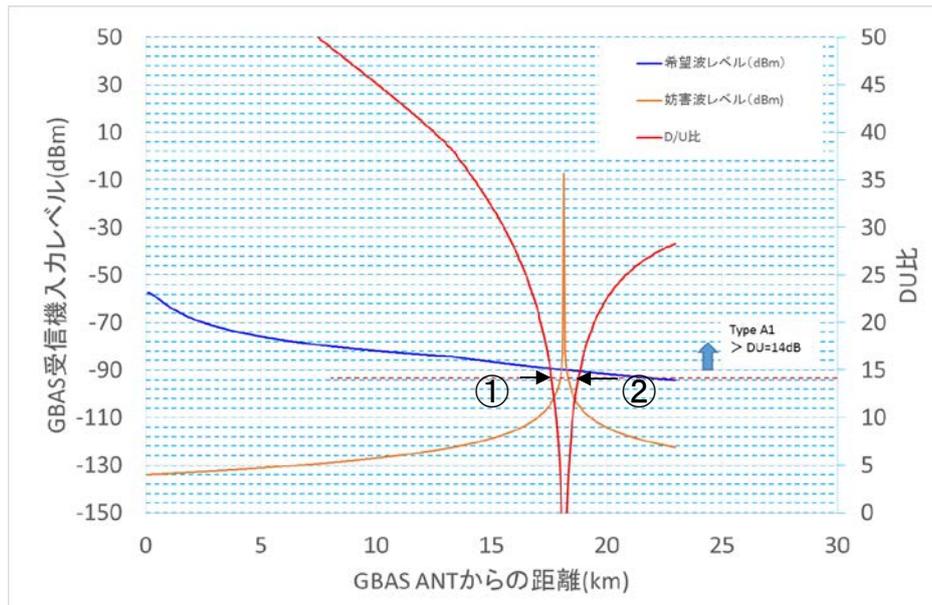
タイプ A1 干渉（スプリアス干渉）が起こる可能性のある場所を示す計算結果を、表参 19 に、またその図示結果を図参 13 に示す。計算結果より、東京スカイツリー周辺 0.65km (650m) 以上の離隔があれば干渉しない結果となった。

表参 19 B 地点からの距離と保護比の計算結果

水平距離(km)	希望レベル(dBm)	妨害レベル(dBm)	D/U比
17.6	-89.371	-103.6	14.3
17.65	-89.422	-102.8	13.4
17.7	-89.473	-101.9	12.4
17.75	-89.523	-100.9	11.3
17.8	-89.574	-99.7	10.1
17.85	-89.624	-98.4	8.7
17.9	-89.674	-96.8	7.1
17.95	-89.724	-94.8	5.1
18	-89.774	-92.3	2.6
18.05	-89.824	-88.8	-1.0
18.1	-89.873	-82.8	-7.1
18.15	-89.923	-7.2	-82.7
18.2	-89.972	-82.8	-7.2
18.25	-90.021	-88.8	-1.2
18.3	-90.070	-92.3	2.3
18.35	-90.119	-94.8	4.7
18.4	-90.168	-96.8	6.6
18.45	-90.217	-98.4	8.1
18.5	-90.266	-99.7	9.4
18.55	-90.314	-100.9	10.5
18.6	-90.363	-101.9	11.5
18.65	-90.411	-102.8	12.4
18.7	-90.459	-103.6	13.2
18.75	-90.507	-104.4	13.9
18.8	-90.555	-105.1	14.5

B地点 →

D/U ≤ 14 のエリア



*①~②は、基準値D/U≤14となる範囲

図参 13 B地点からの距離と保護比の計算結果

b タイプ A2 干渉の評価

GBAS 送信周波数 (108.025MHz) と FM 補完放送周波数の帯域外領域上限 (93.5MHz) 間は、周波数が規定値である 300kHz 以上離れているため、タイプ A2 干渉 (帯域外干渉) は発生しない。

$$(108.025\text{MHz}) - (93.0\text{MHz} + 2.5 \times \text{BN}(200\text{kHz})) \doteq 14.5\text{MHz} \gg 300\text{kHz}$$

c タイプ B1 干渉の評価

タイプ B1 干渉 (相互変調干渉) が起こる可能性のある場所を示す計算結果を、表参 20 から表参 22 に示す。計算結果より、東京スカイツリー周辺 0.1km (100m) 以上の離隔があれば干渉しない結果となった。

表参 20 タイプ B1 (2 周波数) での計算結果 (単位: dBm)

【判定要件】タイプB1①: Trigger値(2f) < 妨害波入力レベル (橙色のセル) となる放送局が1つ以上ある。
 タイプB1②: 全放送局について、cutoff値 < 妨害波入力レベル (黄色のセル) となる。

距離 (km)	ニッポン放送 93.0MHz			文化放送 91.6MHz			TBSラジオ 90.5MHz		
	Trigger値(2f)	Cutoff値	妨害波入力レベル	Trigger値(2f)	Cutoff値	妨害波入力レベル	Trigger値(2f)	Cutoff値	妨害波入力レベル
18.05	-1.4	-34.5	-4.0	-0.6	-33.7	-5.7	-0.1	-33.1	-7.0
18.10	-1.4	-34.5	2.0	-0.6	-33.7	0.3	-0.1	-33.1	-1.0
18.15	-1.4	-34.5	77.6	-0.7	-33.7	75.9	-0.1	-33.1	74.6
18.20	-1.4	-34.5	2.0	-0.7	-33.7	0.3	-0.1	-33.1	-1.0
18.25	-1.4	-34.5	-4.0	-0.7	-33.7	-5.7	-0.1	-33.1	-7.0

表参 21 タイプ B1 (3 周波数) での計算結果 (単位 : dBm)

【判定要件】タイプB1① : Trigger値(3f) < 妨害波入力レベル (橙色のセル) となる放送局が 1 つ以上ある。
 タイプB1② : 全放送局について、cutoff値 < 妨害波入力レベル (黄色のセル) となる。

距離 (km)	ニッポン放送 93.0MHz z			文化放送 91.6MHz z			TBSラジオ 90.5MHz z		
	Trigger値(3f)	Cutoff値	妨害波入力レベル	Trigger値(3f)	Cutoff値	妨害波入力レベル	Trigger値(3f)	Cutoff値	妨害波入力レベル
18.05	6.8	-34.5	-4.0	-2.6	-33.7	-5.7	-2.1	-33.1	-7.0
18.10	-3.4	-34.5	2.0	-2.6	-33.7	0.3	-2.1	-33.1	-1.0
18.15	-3.4	-34.5	77.6	-2.7	-33.7	75.9	-2.1	-33.1	74.6
18.20	-3.4	-34.5	2.0	-2.7	-33.7	0.3	-2.1	-33.1	-1.0
18.25	6.7	-34.5	-4.0	-2.6	-33.7	-5.7	-2.1	-33.1	-7.0

表参 22 タイプ B1 (2 周波数・3 周波数) での計算結果 (単位 : dBm)

【判定要件】タイプB1③ : 判定指標値 > 0 (橙色のセル) となる放送局が 1 つ以上ある。
 タイプB1④ : 全放送局で判定指標値 > 0 (黄色のセル) となる。

距離(km)	2周波数の場合			3周波数の場合
	93.0MHz/91.6MHz	93.0MHz z /90.5MHz	91.6MHz/90.5MHz z	93.0MHz/91.6MHz/90.5MHz
18.05	-10.4	-12.2	-15.6	-8.1
18.10	7.7	5.9	2.5	10.0
18.15	234.7	232.8	229.4	236.9
18.20	7.8	6.0	2.6	10.1
18.25	-10.2	-12.0	-15.4	-7.9

d タイプ B2 干渉の評価

タイプ B2 干渉 (感度抑圧干渉) が起こる可能性のある場所を示す計算結果を、表参 23 に示す。計算結果より、東京スカイツリー周辺 0.05km (50m) 以上の離隔があれば干渉しない結果となった。

表参 23 タイプ B2 での計算結果 (単位 : dBm)

【判定要件】Nmax < 妨害波入力レベル (橙色のセル)

GBAS下側帯域に関する計算結果

距離(km)	GBAS下側(108.025MHz~111.975MHz)					
	93.0MHz		91.6MHz		90.5MHz	
	Nmax	妨害波入力レベル	Nmax	妨害波入力レベル	Nmax	妨害波入力レベル
18.1	15.0	2.0	15.0	0.3	15.0	-1.0
18.15	15.0	77.6	15.0	75.9	15.0	74.6
18.2	15.0	2.0	15.0	0.3	15.0	-1.0

GBAS上側帯域に関する計算結果

距離(km)	GBAS上側(112.000MHz~117.975MHz)					
	93.0MHz		91.6MHz		90.5MHz	
	Nmax	妨害波入力レベル	Nmax	妨害波入力レベル	Nmax	妨害波入力レベル
18.1	15.0	2.0	15.0	0.3	15.0	-1.0
18.15	15.0	77.6	15.0	75.9	15.0	74.6
18.2	15.0	2.0	15.0	0.3	15.0	-1.0

以上のタイプ A1 からタイプ B2 までの計算結果より、タイプ A1 の計算結果が支配的であり、干渉が起こらない最小の離隔距離は 650m となった。

(2) 補足2：屋内検証で対象とする相互変調周波数について

屋内検証の内、GBAS 被干渉の検証で対象とする相互変調干渉の組み合わせの検討を行った。まず始めに、GBAS 周波数に近く相互変調積を生じる可能性のある放送周波数の組合せを表参 24 に示す。

表参 24 相互変調積を生じる可能性のある放送周波数の組合せ

相互変調の組み合わせ	周波数 (L)	周波数 (H)	FM放送		FM補完放送		V-Low (B-ch)		V-Low (A'-ch)	
			(L)	(H)	(L)	(H)	(L)	(H)	(L)	(H)
FM放送	76.10	89.90	62.30	103.70						
FM補完放送	90.00	94.90	57.30	113.70	85.10	99.80				
V-Low (B-ch)	99.34	103.24	48.96	130.37	76.76	116.47	99.34	107.14		
V-Low (A'-ch)	103.48	107.38	44.82	138.66	72.62	124.76	91.29	115.42	99.58	111.28

注1：黄色セルは、GBAS 送信周波数（108.025MHz～117.950MHz）が含まれている（影響のある）ものを指す。

注2：各セルの計算値数点をサンプルとして以下に示す。（小数第二位までで計算）

FM 放送 / FM 補完放送：

$$(L) 57.3\text{MHz} = 2 \times 76.1 (\text{FM 放送周波数 (L)}) - 94.9 (\text{FM 補完放送周波数 (H)})$$

$$(H) 113.7\text{MHz} = 2 \times 94.9 (\text{FM 補完放送周波数 (H)}) - 76.1 (\text{FM 放送周波数 (L)})$$

FM 放送 / V-Low (B ch)：

$$(L) 48.96\text{MHz} = 2 \times 76.1 (\text{FM 放送周波数 (L)}) - 103.24 (\text{V-Low (B-ch) 周波数 (H)})$$

$$(H) 130.37\text{MHz} = 2 \times 103.24 (\text{V-Low (B ch) 周波数 (H)}) - 76.1 (\text{FM 放送周波数 (L)})$$

V-Low (A' ch) / V-Low (B ch)：

$$(L) 91.29\text{MHz} = 2 \times 99.34 (\text{V-Low (B ch) (L)}) - 107.38 (\text{V-Low (A' ch) (H)})$$

$$(H) 115.42\text{MHz} = 2 \times 107.38 (\text{V-Low (A' ch) (H)}) - 99.34 (\text{V-Low (B ch) (L)})$$

V-Low (A' ch) / V-Low (A' ch)：

$$(L) 99.58\text{MHz} = 2 \times 103.48 (\text{V-Low (A' ch) (L)}) - 107.38 (\text{V-Low (A' ch) (H)})$$

$$(H) 111.28\text{MHz} = 2 \times 107.38 (\text{V-Low (A' ch) (H)}) - 103.48 (\text{V-Low (B ch) (L)})$$

表参 24 及び 2. 2. 4 において検討した国内の主要な FM 放送局電波に関する GBAS 受信機での受信レベル（25kHz チャンネルパワー）より、GBAS 受信機に相互変調干渉の可能性があり、屋内検証（GBAS 被干渉検証）の対象とする電波の組み合わせを以下に示す。

- GBAS 送信周波数に最も近く、受信レベルが高い V-Low (A' ch) 同士の組み合わせが、ワーストケースであるため、V-Low (A' ch) と V-Low (A' ch) の組み合わせによる相互変調干渉の検証を実施する。

✓ 相互変調積が GBAS 送信周波数帯と重複する 108.000MHz～ 111.28MHz で

ータを収集する。

✓V-Low (A' ch) と V-Low (B ch) の組み合わせについては、B ch の周波数は V-Low (A' ch) に比べて GBAS 周波数帯から離れていること、及び、V-Low 隣接チャンネル間 (A' ch と B ch) の混信保護比は-21dB となっており、放送区域 $66\text{dB}\mu\text{V/m}$ (-52dBm) に対して、もう一方のチャンネルの電界は最大でも $87\text{dB}\mu\text{V/m}$ (-31dBm) とする基準 (平成 21 年度 情報通信審議会答申諮第問 2023 号「放送システムに関する技術的条件」の内、携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件) があり、該当放送区域内での電波レベルが低いため、V-Low (A' ch) 同士の組み合わせ検証で十分である。

- V-Low (A' ch) と FM 補完放送・FM 放送の組み合わせについては、最も GBAS 送信周波数帯に近く、かつ受信レベルの高い FM 補完放送 (ニッポン放送 : 93.0MHz) の組み合わせで実施する。

✓相互変調積が GBAS 送信周波数帯と重複する 113.956 MHz ~118.000MHz (※) でデータを収集する。

(※) V-Low (A' ch) と FM 補完放送 (ニッポン放送 : 93.0MHz) の相互変調積が発生する周波数帯

$f_1 > f_2$ とした時に生成される相互変調積 f_{mod} の周波数は、 $f_{\text{mod}} = f_1 \times 2 - f_2$ であり、この f_{mod} が GBAS 周波数帯域 (108~118MHz) で発生する場合、相互変調の影響が生じる可能性がある。

$f_1 = \text{V-Low 周波数}$ 、 $f_2 = \text{FM 補完放送 (ニッポン放送 : 93.0MHz)}$ とした場合、

V-Low の A' ch 周波数 $f_1 = 105.428\text{MHz}$ 、 $\text{BW} = 3.9\text{MHz}$ とすると、

$$\text{V-Low の最も低い周波数 } f_1(\text{L}) = f_1 - 3.9/2 = 103.478\text{MHz}$$

$$\text{V-Low の最も高い周波数 } f_1(\text{H}) = f_1 + 3.9/2 = 107.378\text{MHz}$$

一方、ニッポン放送は、93.0MHz ($\text{BW} = 200\text{kHz}$ で狭帯域のため省略) より、

$$f_2 = 93.0\text{MHz}$$

相互変調積は、「 $2 \times f_2 - f_1(\text{H}) \sim 2 \times f_2 - f_1(\text{L})$ 」と「 $2 \times f_1(\text{L}) - f_2 \sim 2 \times f_1(\text{H}) - f_2$ 」の計算式で求められ、2周波数帯で発生する。そのうち、GBAS 周波数帯に入る相互変調積は、後者側であり、以下の計算により求まる。

$$113.956\text{ MHz } (= 2 \times 103.478\text{MHz} - 93.0\text{MHz}) \sim 121.756\text{MHz } (= 2 \times 107.378\text{MHz} - 93.0\text{MHz})$$

よって、GBAS 周波数帯 (108~118MHz) に重なるのは、113.956 MHz ~118.000MHz となる。

✓FM 補完放送と FM 放送の組み合わせについては、上記組み合わせの方が GBAS 周波数帯に近く、且つ、受信レベルが高いため、V-Low (A' ch) と FM 補完放送の組合せの検証で十分である。

3 屋内検証

3. 1 屋内検証の概要

2の机上検討結果より、屋内検証では、GBASへの被干渉、GBASからの与干渉に係る以下の検証を行うこととした。

- ・ GBAS 被干渉検証 (V-Low 放送)
V-Low 放送波からのスプリアス発射・帯域外発射による GBAS 受信機への干渉、及び、V-Low (A' ch) 同士による GBAS 受信機への相互変調干渉の検証
- ・ GBAS 被干渉検証 (FM 補完放送+V-Low 放送)
FM 補完放送波+V-Low 放送波による GBAS 受信機への相互変調干渉の検証
- ・ GBAS 与干渉検証
GBAS 送信機からのスプリアス発射・帯域外発射による V-Low 受信機への干渉検証

以下に各検証の内容を示す。

3. 2 屋内検証手順

3. 2. 1 GBAS 被干渉検証 (V-Low 放送)

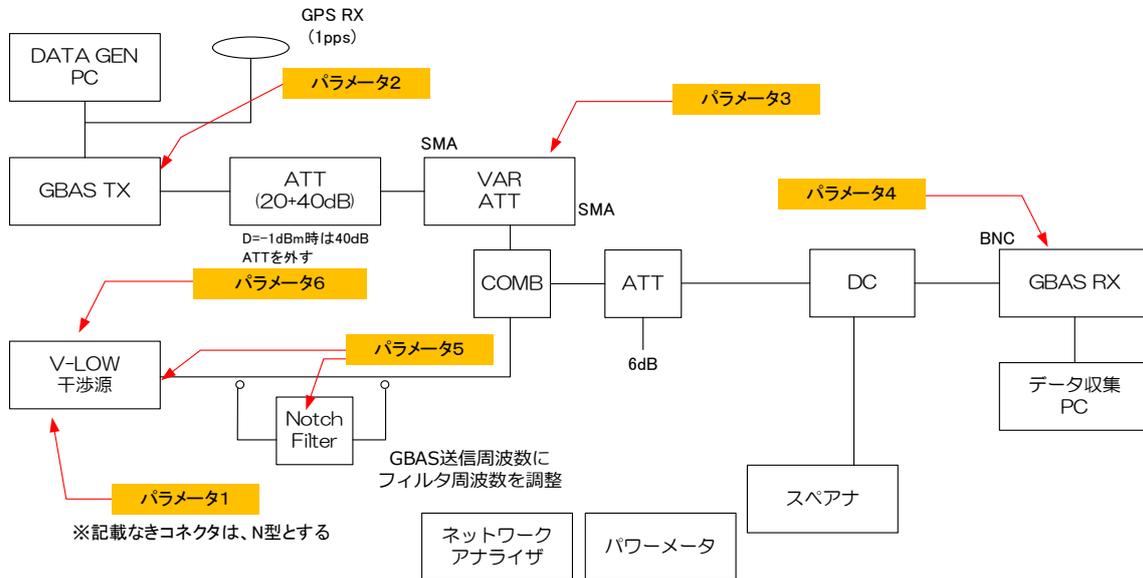
(1) 試験概要

希望波としての GBAS 信号と妨害波としての V-Low 信号を GBAS 受信機に入力し、V-Low 信号の許容レベルを計測する。V-Low 信号の許容レベルは、GBAS 運用周波数の最も V-Low 周波数近傍である GBAS 周波数 108.025MHz のほか、117.950MHz までの GBAS 運用周波数において、V-Low 信号からのスプリアス発射・帯域外発射からの干渉及び V-Low 信号 (A' ch) 同士による相互変調干渉の影響を定量的に測定する。

また、V-Low 信号の許容レベルは GBAS 希望波レベルによっても異なる可能性があることから、希望波レベルを数点ほど変化させ妨害波としての V-Low 信号許容レベルがどのように変化するかもあわせて調査する。なお、検証で使用する GBAS 受信機は2機種:GBAS 受信機(X)、GBAS 受信機(Y)を用いた。

(2) 試験系統図

試験系統図を図参 14 に、機器の一覧を表参 25 に示す。



図参 14 試験系統図：GBAS 被干渉検証 (V-Low 放送)

表参 25 試験機器一覧

No	測定器	メーカー	型式
1	スペクトラムアナライザー	Agilent	8563EC
2	ネットワークアナライザー	HP	8752C
3	パワーメータ	HP	435B
4	パワーセンサ	HP	8481A
5	固定減衰器	HRS	AT-406(40)
6	固定減衰器	日本高周波株式会社	FA-N-30120
7	固定減衰器	WEINSCHEL	49-40-43
8	方向性結合器	HP	778D
9	可変減衰器	JFW	50BR-017
10	ノッチフィルタ	WACO	WP-529A-2-SP40052
11	結合器	アンリツ	T-PAD Z-164A
12	結合器	Minicircuits	ZFSC-2-1
13	V-Low SG	営電株式会社	MSD7000A
14	GBAS送信器	Telerad	EM-9009A
15	GBAS受信機	—	受信機(X), 受信機(Y)
16	FM SG	Agilent	N1583A
17	スペクトラムアナライザー	Keysight	N9020A

図参 14 における各パラメータの内容は以下の通りである。

✓ パラメータ 1 (V-Low (妨害波) レベル)

妨害波レベルは、1dB Step とした MFR (Message Failure Rate) $\leq 1/1000$ 以下の点を探索に必要な 2 ~ 3 点とする。探索のためには、許容点と許容不可点の 2 点以上を取得する。

ただし、各希望波レベル (パラメータ 3) に対する妨害波レベルの最大値は、試験環境で実現できる最大レベル (※1) を上限として実施するものとする。

(※1) V-Low SG においては、V-Low SG 出力の最大値+13dBm (GBAS 受信機入力端レベルは試験環境により変わる)、V-Low 送信機においては、GBAS 受信機の許容入力レベルの+15dBm を最大値とする。

✓ パラメータ 2 (GBAS 送信機 (希望波) 周波数)

GBAS 周波数は、ICAO Annex10 3.7.3.5.4.1 で許可されている周波数の下限 (108.025MHz)、上限 (117.950MHz)、及び ILS との共用から推奨されている中間の周波数 (112.050MHz)、3 点のほか、干渉レベル特性が変化する点を密にした周波数の合計 10 点程度とする。

✓ パラメータ 3 (GBAS 希望波レベル)

-87dBm、-81dBm、-72dBm、-1dBm

- -87dBm : RTCA D0-245A 3.3.2.1 項で規定の VDB 受信機の最低受信レベル値
- -72dBm : RTCA D0-245A Appendix D.5. Table D-12 の AIL (Aircraft Implementation Loss)=0dB とした入力レベル
- -81dBm : 最低受信レベル~-72dBm 間の中間値 (レベル比 1 : 4 : 8 = -87dBm : -81dBm : -72 dBm)
- -1dBm : RTCA D0-245A 3.3.2.1 項で規定の最大受信機入力レベル値

✓ パラメータ 4 (GBAS 受信機)

GBAS 受信機 (X)、GBAS 受信機 (Y) の 2 機種

✓ パラメータ 5 (V-Low (妨害波) 送信機)

V-Low SG、V-Low SG+Notch Filter³、V-Low 送信機

³ GBAS 希望波と同一周波数でのスプリアス除去を目的として、Notch Filter を追加する。

✓ パラメータ 6 (V-Low (妨害波) 周波数)

現在、免許許可申請されている V-Low 運用周波数 A' ch (105.428571MHz) を基本とする。ただし、パラメータ 5 が V-Low SG を干渉源とした場合においては、無線設備規則で許可されている Ach (105.571429MHz) についても参考として実施する。

※GBAS の許容妨害波レベルの定義について

許容妨害波レベルの定義としては、RTCA DO-245 におけるリンクバジェット規格並びに RTCA DO-253C 2.2.5 項に記載されている、最低受信感度点-87dBm の規定値である MFR が 1/1000 以下の点とする (受信感度点-87dBm 時に $MFR=10^{-3}$ 以下の妨害波レベル (dB) を許容妨害波レベルと定義する)。なお、メッセージ長は 222 バイト長とする。

(3) 試験手順

- ① GBAS 周波数は、108.025MHz とし、DATA GEN PC よりダミーデータを発生させ GBAS 送信機からの希望波 (D) が GBAS 受信機入力端で-87dBm となるように VAR ATT を調整する。なお、GBAS 送信機の送信間隔は、16Hz とする。
- ② GBAS 受信機のチャンネル周波数も同様に 108.025MHz に合わせ、GBAS 受信機からのデータが正しく受信されることを確認する。また、MFR が "0" であることを確認する。
補足：GBAS の 1MSG は、 $1000(\text{msg})/16\text{Hz} = 62.5$ 秒で 1000 メッセージとなる。
- ③ 次に、妨害波 (V-Low) の周波数を 105.428571MHz (A' ch : 東京放送周波数) として VATT を 1dB 単位で可変させ MFR=0 のレベルと MFR=1/1000 の妨害波レベルを測定する。
以上を、対象とする各 GBAS 周波数に対して実施する。

なお、MFR= 1/1000 を計測するために必要となるメッセージ数は、10,000 メッセージを送信して 15 メッセージ以下の誤りであればパス、16 メッセージ以上の誤りであればフェイルとする。

(参考) RTCA-Do253C の以下の規格による。

2.5.2.1.3 Statistical Sample Size and Pass/Fail Criteria

For each and every test condition that involves determining the message failure rate of the VDB receiver subsystem, the VDB Message/Signal Generator shall [LAAS-209] transmit 10,000 application data messages in accordance with Section 2.5.2.1.2. The pass/fail criteria for a given test shall [LAAS-210] be determined using the following criteria:

- a) If fifteen (15) or less messages are failed (lost by the VDB receiver subsystem or do not pass CRC), then the VDB receiver subsystem passes the current test. This is equal to a measured MFR of 0.15%.
- b) If sixteen (16) or more messages are failed (lost by the VDB receiver subsystem or do not pass CRC), then the VDB receiver subsystem fails the current test. This is equal to a measured MFR of 0.16%.

3. 2. 2 GBAS 被干渉検証 (FM 補完放送+V-Low 放送)

(1) 試験概要

本検証では、2. 3 (2) で検討した対象周波数の内、V-Low 放送 (A' ch) と FM 補完放送 (ニッポン放送 : 93.0MHz) の組み合わせによる、GBAS 受信機への相互変調干渉の影響を検証するものである。

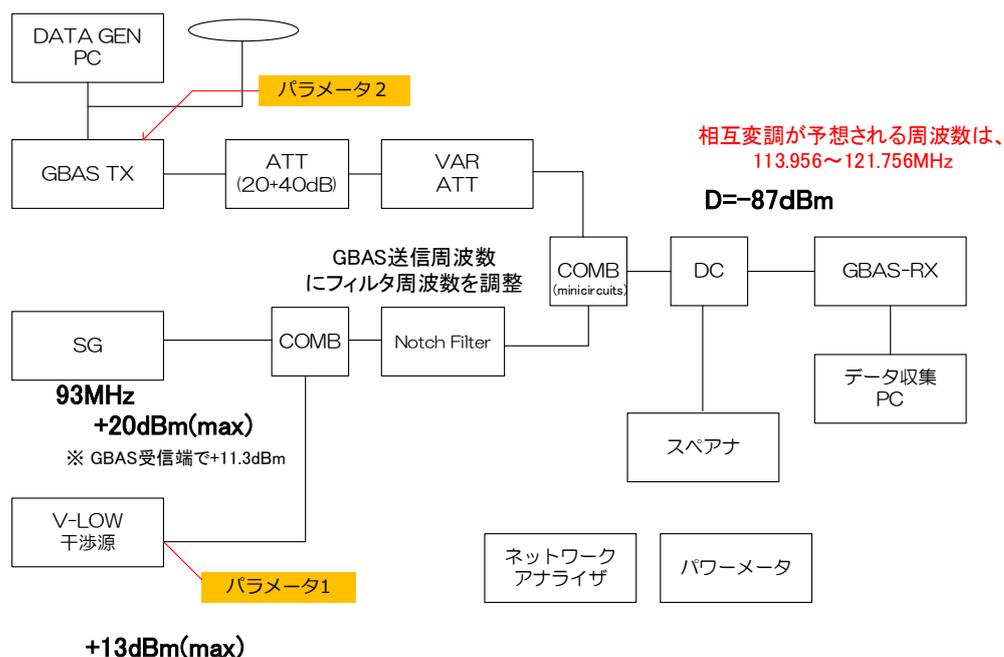
FM 放送局に見立てる信号は、変調信号は CW (搬送波信号) とし、また GBAS 受信機内部で相互変調波を生成させるために SG 出力レベルは+20dBm (GBAS 受信機端で+11.3dBm) とする。この条件のもと、GBAS 希望波レベル-87dBm 時の V-Low 信号の許容レベルを確認する。GBAS 希望波を-87dBm とするのは、最低受信感度であることと、V-Low SG の出力レベルが最大値 (+13dBm) を超えず評価できるレベルとするためである。

なお、FM 放送局に見立てる SG と V-Low SG の信号出力にはスプリアスの影響を極力なくすため、Notch Filter を通して入力する。

なお、検証で使用する GBAS 受信機は、3. 2. 1 と同様に、2 機種 : GBAS 受信機(X)、GBAS 受信機(Y) を用いた。

(2) 試験系統図

試験系統図を図参 15 に示す (機器の一覧については表参 25 と同じ)。



図参 15 試験系統図：GBAS 被干渉検証（FM 補完放送＋V-Low 放送）

図参 15 における各パラメータの内容は以下の通りである。

- ✓ パラメータ 1（V-Low（妨害波）レベル）
- 3. 2. 1と同じ。
- ✓ パラメータ 2（GBAS 送信機（希望波）周波数）

GBAS 周波数は、3. 2. 1の対象周波数の内、相互変調の影響がないと予想する下限値（108.025MHz）を含む数点と相互変調の影響を受けると予想する 113.956MHz 以遠の周波数数点とする。

（3） 試験手順

- 3. 2. 1と同じ。

3. 2. 3 GBAS 与干涉検証

(1) 試験概要

GBAS 送信機が V-Low 受信機に与える干涉影響を検証する。

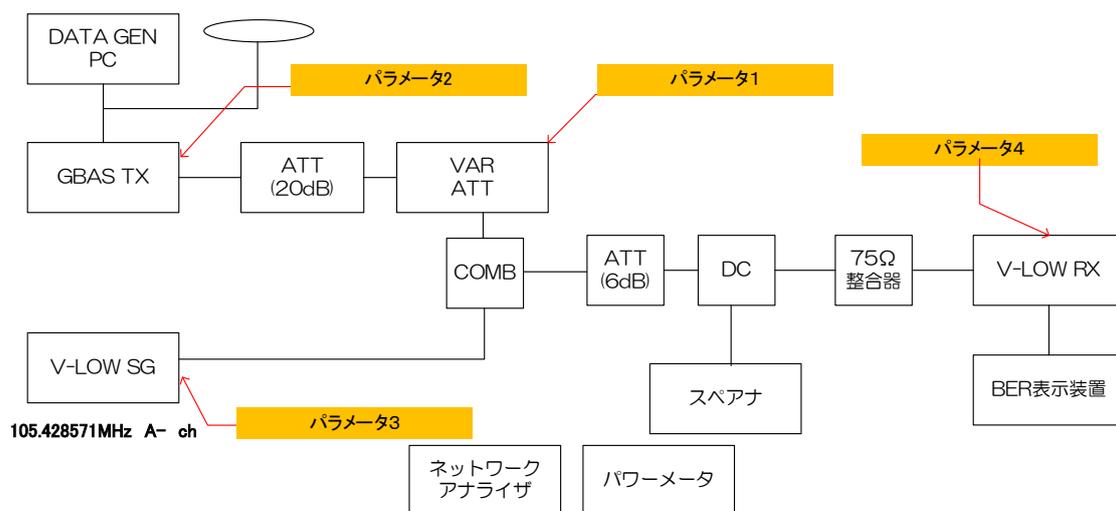
希望波として V-Low (ISDB-TSB) 信号を SG 出力として V-Low 受信機に入力し、妨害波である GBAS 送信機の許容レベルを計測する。なお、GBAS 信号の許容レベルは、GBAS 運用周波数の最も V-Low 周波数近傍である GBAS 周波数 108.025MHz のほか、117.950Hz までの GBAS 運用周波数の違いによる許容レベルを定量的に測定し、V-Low への影響を調査する。

V-Low 受信機への入力レベル及び干涉許容レベルについては、ARIB STD-B30 1.3 版の 5.2.2 妨害抑圧比の測定及び 5.3 VHF 帯受信用チューナー部の特性「付録 2」に従うものとする。

なお、検証で使用する V-Low 受信機は 3 機種：V-Low 受信機 (A)、V-Low 受信機 (B)、V-Low 受信機 (C) を用いた。

(2) 試験系統図

試験系統図を図参 16 に、機器の一覧を表参 25 に示す。



図参 16 試験系統図：GBAS 与干涉検証

表参 25 試験機器一覧

No	測定器	メーカー/プロバイダ	型式
1	スペクトラムアナライザー	Agilent	8563EC
2	ネットワークアナライザー	HP	8752C
3	パワーメータ	HP	435B
4	パワーセンサ	HP	8481A
5	固定減衰器	HRS	AT-406(40)
6	固定減衰器	日本高周波株式会社	FA-N-30120
7	固定減衰器	WEINSCHTEL	49-40-43
8	方向性結合器	HP	778D
9	可変減衰器	JFW	50BR-017
10	結合器	アンリツ	T-PAD Z-164A
11	V-Low SG	営電株式会社	MSD7000A
12	GBAS送信器	Telerad	EM-9009A
13	V-Low受信機(A)	—	—
14	V-Low受信機(B)	—	—
15	V-Low受信機(C)	—	—
16	50Ω⇔75Ω整合器	STACK	BNC(J)-BNC75(P)
17	BER測定アプリ	VIP	
18	BER測定端末	NTT docomo	

図参 16 における各パラメータの内容は以下の通りである。

✓ パラメータ 1 (GBAS (妨害波) レベル)

妨害波レベルは、1dB Step とした $BER=2 \times 10^{-4}$ 以下の干渉レベルの最大値を取得する。なお、最大入力は、V-Low 許容入力レベルとする。但し、ヒステリシス特性を持つ場合は、レベルを徐々に下げた場合と上げた場合との 2 種類を取得する。

✓ パラメータ 2 (GBAS (妨害波) 周波数)

GBAS 周波数は、ICAO Annex10 3.7.3.5.4.1 で許可されている周波数の下限 (108.025MHz)、上限 (117.950MHz)、及び ILS との共用から推奨されている中間の周波数 (112.050MHz)、3 点のほか、干渉レベル特性が変化する点を密にした周波数の合計 10 点程度とする。

✓ パラメータ 3 (V-Low (希望波) レベル)

-15dBm, -65dBm の 2 点とする (ARIB STD-B30, 5.2.2 妨害抑圧比の測定に基づく値)

✓ パラメータ 4 (V-Low 受信機)

V-Low 受信機 (A), (B), (C) の 3 機種

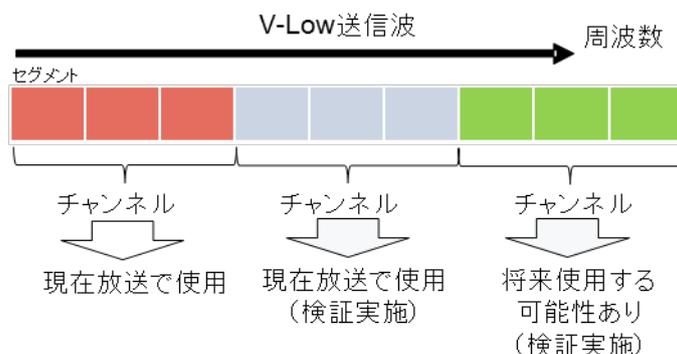
※V-Low の許容妨害波レベルの定義について

許容妨害波レベルの定義としては、V-Low 受信機希望波レベル-65dBm 時のビット符号の誤り訂正の許容する BER $\leq 2 \times 10^{-4}$ の点とする。（「ARIB STD-B30 5.2.2 妨害抑圧比の測定」より）

一般に BER の測定においては、BER の規定する 10 倍の信号を入力して測定することより、 2×10^{-4} の場合は、 $1 / (2 \times 10^{-4}) \times 10 = 5 \times 10^4$ bit のデータ入力数とする。

※V-Low の測定チャンネルについて

V-Low 送信電波は、図参 17 に示すように 3 つのチャンネルから構成されており、その 1 チャンネルは、3Seg の周波数から構成されている。本検証においては、パラメータ 3 及び 4 に関連して、現在放送している「中間 3seg」と、現在は予備チャンネルとなっているが GBAS 周波数帯に最も近い「上位 3seg」の各々について測定を行う。



図参 17 V-Low チャンネル・セグメント構成

(3) 試験手順

① V-Low 周波数は A' ch とし、希望波 (D) が V-Low 受信機入力端でパラメータ 3 の値となるように V-Low SG の出力レベルを調整する。

変調信号は、MPEG-2 TS ファイル（実信号と同じ 1 分間データ）を SG より繰り返し出力再生させる。

② V-Low 受信機のチャンネル周波数も同様に A' ch に合わせ、SG からのデータが正しく受信されることを確認する。

③ 次に、妨害波 (GBAS) の周波数を 108.025MHz とし VATT を 1dB 単位で可変させ BER = 2×10^{-4} 以下の妨害波レベルの最大値を測定する。

以上を、V-Low 中間 3seg、上位 3seg に対して実施する。

※ なお、妨害波レベルは、過去の検証で各 V-Low 受信機に入力した実績のある最大値 (+10dBm) を上限とした。

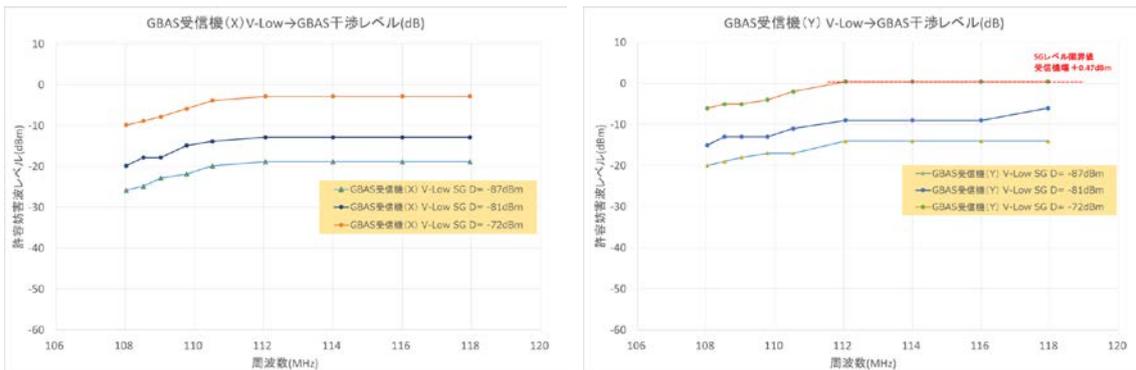
3. 3 屋内検証結果

3. 2で規定した検証手順に従って実施した検証結果を以下に示す。

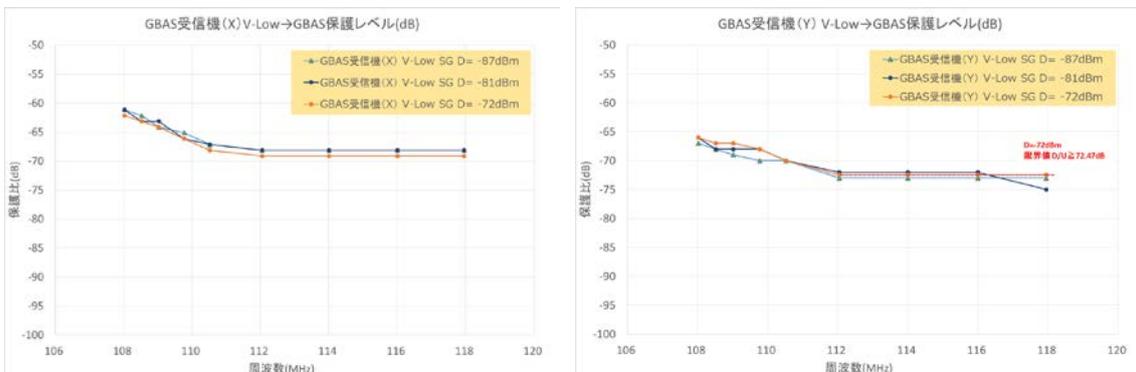
3. 3. 1 GBAS 被干渉検証 (V-Low 放送)

(1) V-Low SG の場合

妨害波機種として V-Low SG (A' ch) を用いた場合の、各 GBAS 希望波レベル (-87dBm, -81dBm, -72dBm) における、GBAS 受信機(X), (Y)の許容妨害波レベルの結果を図参 18 に、保護比の結果を図参 19 に示す。



図参 18 許容妨害波レベル (V-Low SG)

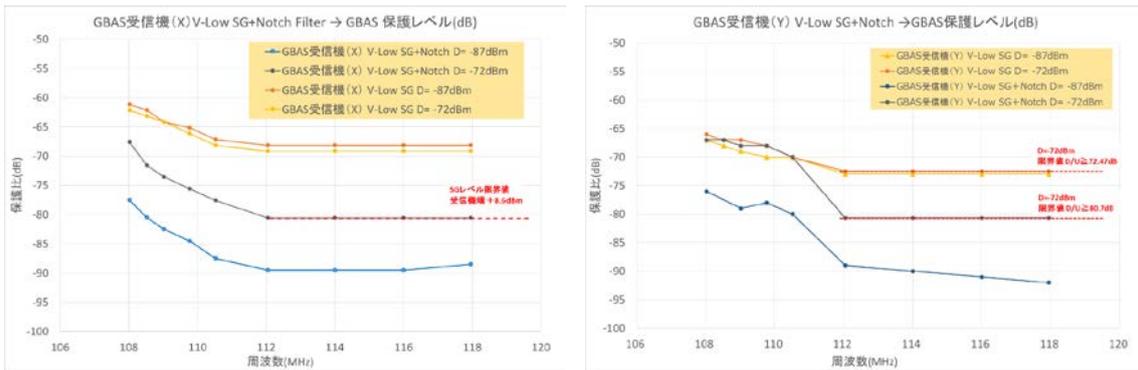


図参 19 保護比 (V-Low SG)

受信機 (X), (Y) とともに、GBAS 周波数 108.025MHz がもっとも悪く 112.050MHz 以遠はほぼ変わらない耐干渉性を示した。また、受信機 (Y) は受信機 (X) と比較して 3~5dB 程度耐干渉性能が良い結果となった。

(2) V-Low SG+ Notch Filter の場合

妨害波機種として V-Low SG+Notch Filter (A' ch) を用いた場合の、各 GBAS 希望波レベル (-87dBm, -72dBm) における、GBAS 受信機 (X), (Y) の保護比の結果を図参 20 に示す。(対比のために V-Low SG の結果と合わせて示す)

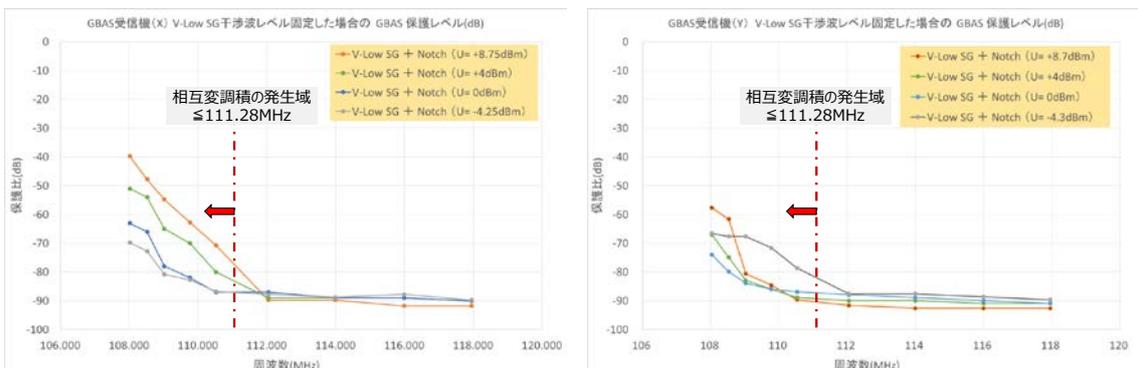


図参 20 保護比 (V-Low SG+Notch Filter)

GBAS 周波数 112.050~117.950MHz においては、測定限界値の妨害波 +8.6dBm であっても -80dB 以下の保護比が得られる結果となった。

一方で、GBAS 周波数 108.025~112.050MHz においては、受信機ごとに特性の違いが見られるとともに、希望波レベルにより保護比が異なり、希望波レベルが高いほど保護比は劣化する結果となった。これは V-Low SG の場合には見られない傾向である。

この結果を受けて、逆に妨害波レベルを何段階かで変えた時の保護比の変化を確認した結果を図参 21 に示す。



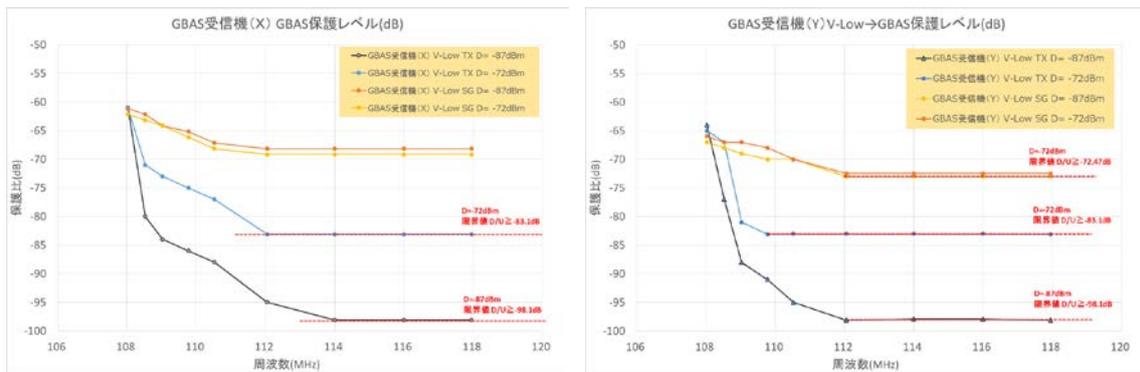
図参 21 保護比 (V-Low SG+Notch Filter / 妨害波レベルを変更)

GBAS 周波数 108.025~112.050MHz において同様に、妨害波レベルの変化に応じて保護比は変動する結果となった。V-Low SG の場合には見られない傾向であることより、Notch Filter 接続による V-Low SG のスプリアス成分低減に伴い、広帯域 OFDM 通信である V-Low 単体による相互変調干渉が顕在化したものと考えられる。

(3) V-Low 送信実機の場合

妨害波機種として V-Low 送信実機 (A' ch) を用いた場合の、各 GBAS 希望波レベル (-87dBm, -72dBm) における、GBAS 受信機 (X), (Y) の保護比の

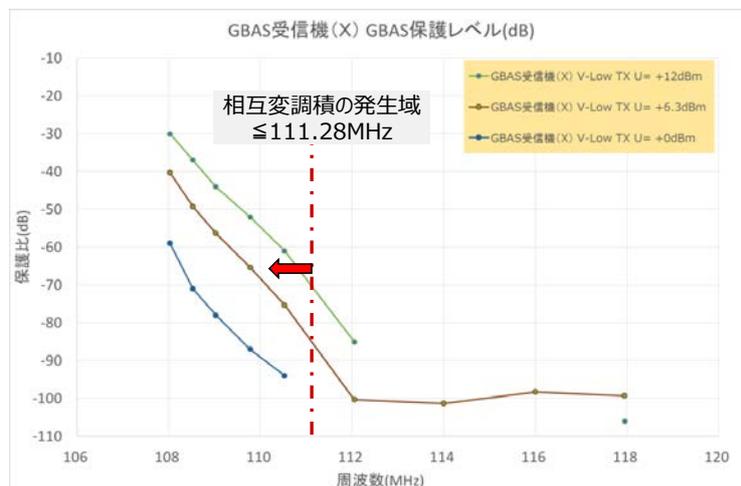
結果を図参 22 に示す。(対比のために V-Low SG の結果と合わせて示す)



図参 22 保護比 (V-Low 送信実機)

受信機(X)と受信機(Y)を比較においては、概ね受信機(Y)の耐干渉性能が良い結果となった。また、V-Low SG+Notch Filter の場合と同様に、GBAS 周波数 112.050~117.950MHz においては-80dB 以下の保護比が得られるとともに、GBAS 周波数 108.025~112.050MHz においては、希望波レベルにより保護比が異なり、希望波レベルが高いほど保護比は劣化する結果となった。

図参 23 に受信機(X)に関して妨害波レベルを何段階かで変えた時の保護比の変化を示す。



図参 23 保護比 (V-Low 送信実機/妨害波レベルを変更)

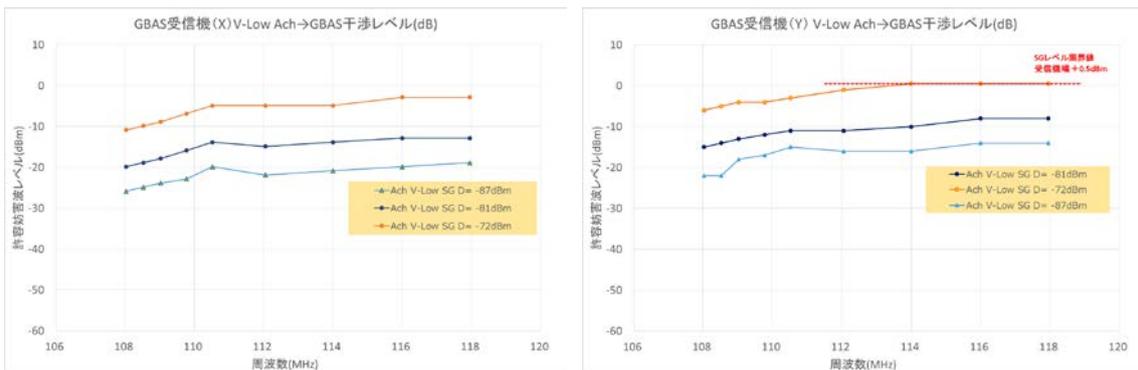
V-Low SG+Notch Filter の場合と同様に、GBAS 周波数 108.025~112.050MHz において、妨害波レベルの変化に応じて保護比は変動する結果となり、V-Low 単体による相互変調干渉の影響と考えられる。

(4) 参考

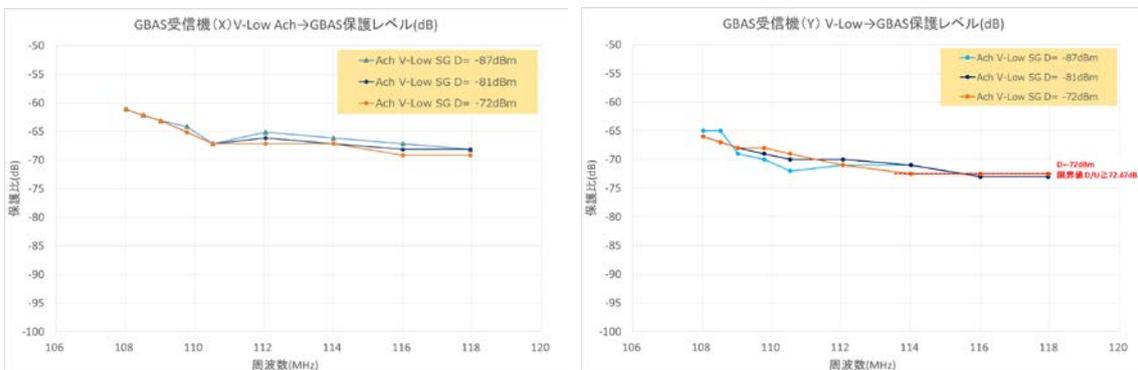
参考として、V-Low が Ach の場合、及び、GBAS 希望波が最大受信機入力レベルの場合について検証を行った。

a V-Low (A ch) の場合

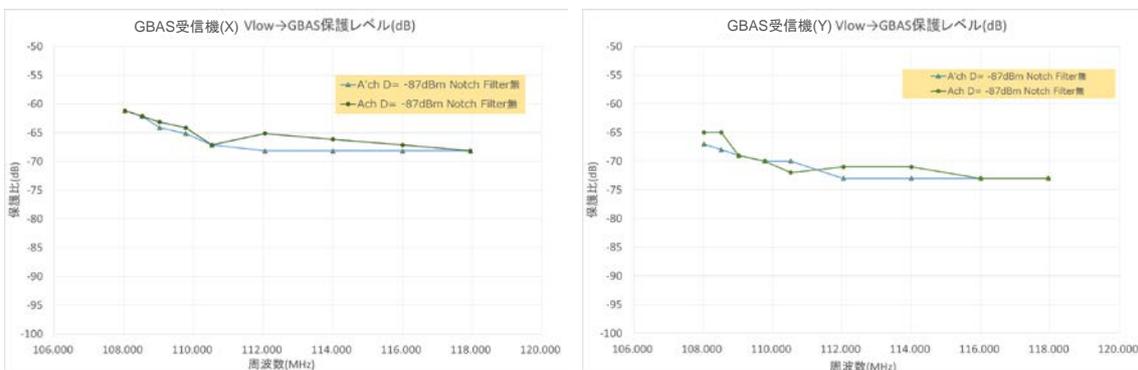
妨害波機種として V-Low SG (A ch) を用いた場合の、各 GBAS 希望波レベル (-87dBm, -81dBm, -72dBm) における、GBAS 受信機(X), (Y)の許容妨害波レベルの結果を図参 24 に、保護比の結果を図参 25 に示す。また前述の A' ch の場合との対比結果を図参 26 に示す。



図参 24 許容妨害波レベル (V-Low SG : A ch)



図参 25 保護比 (V-Low SG : A ch)



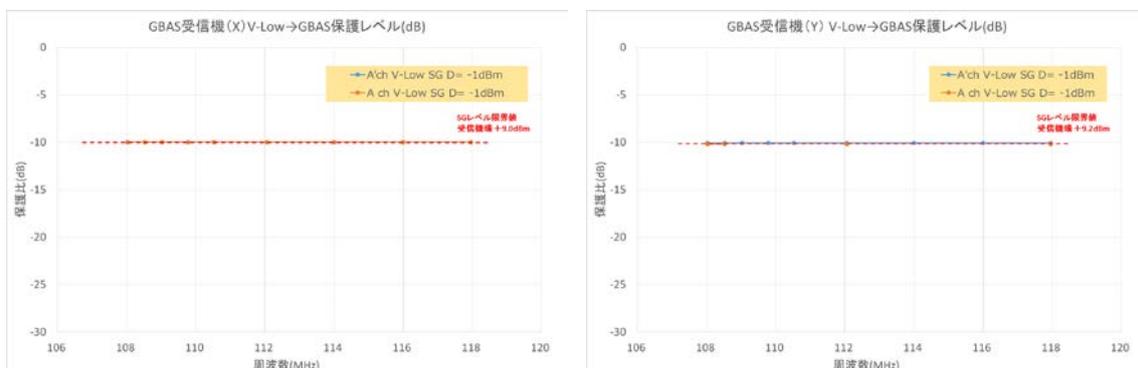
図参 26 A' ch と Ach の対比

A' ch の時と同様に、受信機 (Y) が、受信機 (X) と比較して耐干渉性能が良い結果となった。また、双方の受信機ともに、妨害波である V-Low のチャンネルによる保護比の顕著な差異は見られなかった。

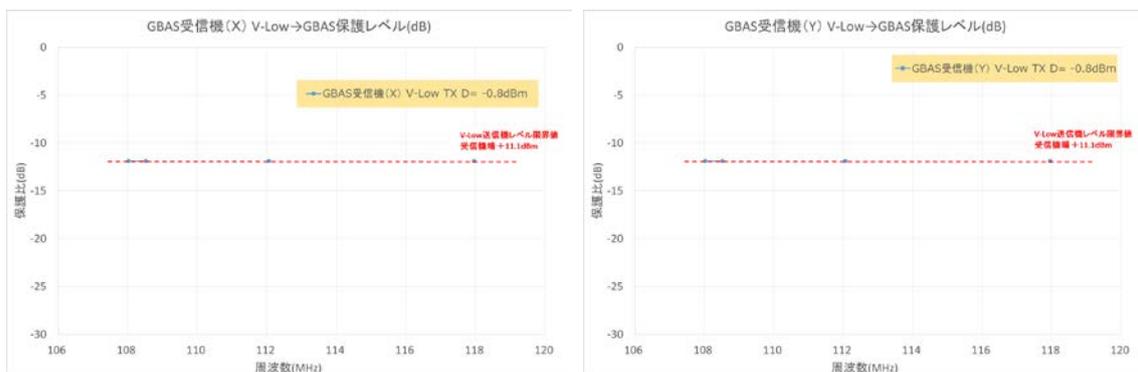
b GBAS 希望波が最大受信機入力レベルの場合

妨害波機種として V-Low SG を用いた場合の、GBAS 希望波レベル-1dBm (最大受信機入力レベル) における、GBAS 受信機 (X), (Y) の保護比の結果を図参 27 に示す。

また同様に、妨害波機種として V-Low 送信実機を用いた場合の結果を図参 28 に示す。



図参 27 GBAS 希望波が最大受信機入力レベルの場合の保護比 (V-Low SG)

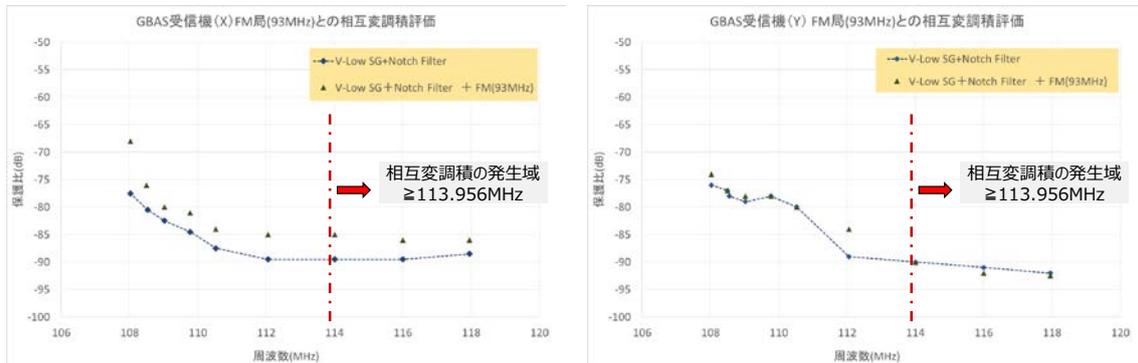


図参 28 GBAS 希望波が最大受信機入力レベルの場合の保護比 (V-Low 送信実機)

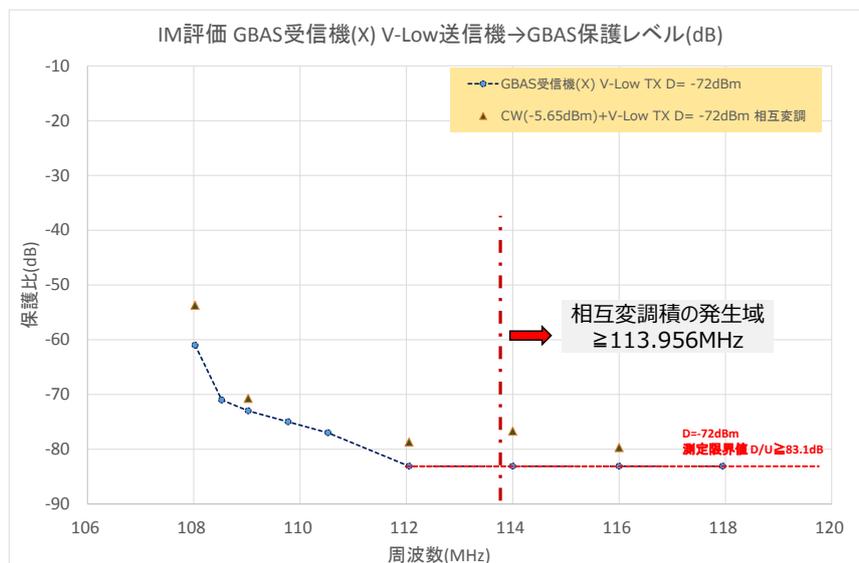
GBAS 周波数帯域において、V-Low SG 及び V-Low 送信実機の最大レベル妨害波の入力においてもメッセージエラーはゼロであり、GBAS 希望波が最大受信機入力レベルであることに伴う劣化は確認されなかった。

3. 3. 2 GBAS 被干渉検証 (FM 補完放送+V-Low 放送)

妨害波機種として V-Low SG+Notch Filter (A' ch) 及び FM SG を用いた場合の、GBAS 受信機(X), (Y) の保護比の結果を図参 29 に、V-Low 送信実機を用いた場合の結果を図参 30 に示す。



図参 29 保護比 (FM+ (V-Low SG+Notch Filter))



図参 30 保護比 (FM+V-Low 送信実機)

V-Low SG+Notch Filter を用いた場合の結果より、FM 補完放送 (93MHz) と V-Low (A' ch) により生じる相互変調積の周波数 (113.956MHz~118.000MHz) と相互変調積の発生しない周波数 (112.050MHz) における保護比の劣化はいずれの受信機においても見られないことから、FM 補完放送局間との相互変調干渉波による影響は生じないものと考えられる。

また、V-Low 送信実機を用いた場合においても、V-Low 周波数単一干渉と比較すると 4dB ほどの保護比の劣化がみられるものの、相互変調積が発生する 113.956MHz 以遠と発生しない 112.050MHz での結果の差は 2dB 程度と測定誤差程度であり影響は見られない。

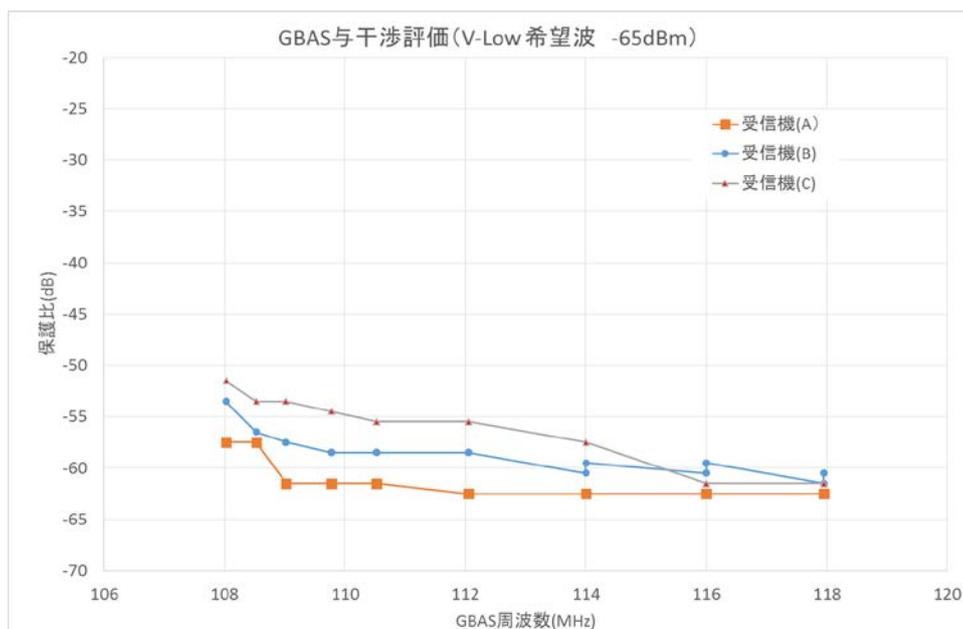
以上の結果から、FM 補完放送局と V-Low 放送 (A' ch) により受信機内で発生

する相互変調積の影響はないものと考えられる。

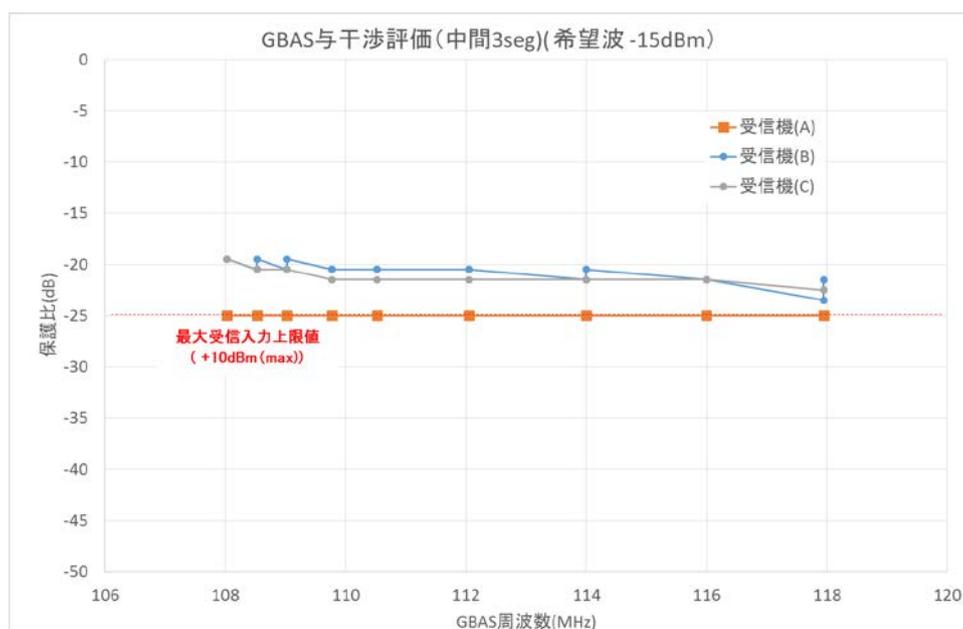
3. 3. 3 GBAS 与干渉検証

(1) 中間 3seg の場合

V-Low 希望波レベルが下限の-65dBm の場合の各 GBAS 受信機 (A), (B), (C) の保護比の結果を図参 31 に、上限の-15dBm の場合の保護比の結果を図参 32 に示す。



図参 31 保護比 (中間 3seg/V-Low 希望波-65dBm)



図参 32 保護比 (中間 3seg/V-Low 希望波-15dBm)

希望波レベルD=-65dBm、-15dBmの場合のどちらも、受信機(A), (B), (C)ごとに異なる耐干渉性能をもつ。保護比の差は、GBAS周波数帯域内で2~8dB程度の差異があるが、周波数離隔に従いその差は小さくなり、これはフロントエンドのフィルタ特性の違いによるものと思われる。

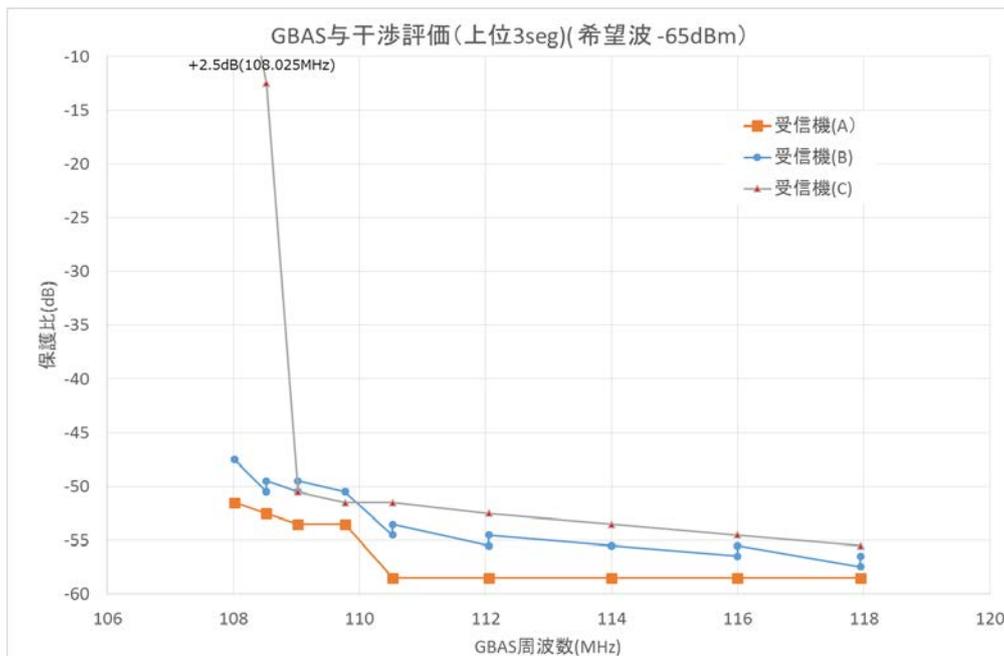
希望波レベルD=-65dBmにおいて最も近接する108.025MHzにおいて最も影響の大きい受信機(C)で-51.5dB、最も影響の小さい受信機(A)で-57.5dBの保護比が得られている。(なお受信機(A)では、周波数108.525MHz以遠はほぼ同じ保護レベルが得られているが、近接周波数108.025MHzとの差は5dB程である。スプリアスによる影響であれば、周波数が離れるに従い改善されると考えられるため、感度抑圧による干渉影響と考えられる)

希望波レベルD=-15dBmの結果においても受信機(A)が最も耐干渉性能が良く、GBAS与干渉レベルの最大入力電力+10dBmにおいても影響は確認できなかった。一方で、受信機(B), (C)では干渉の影響が確認された。

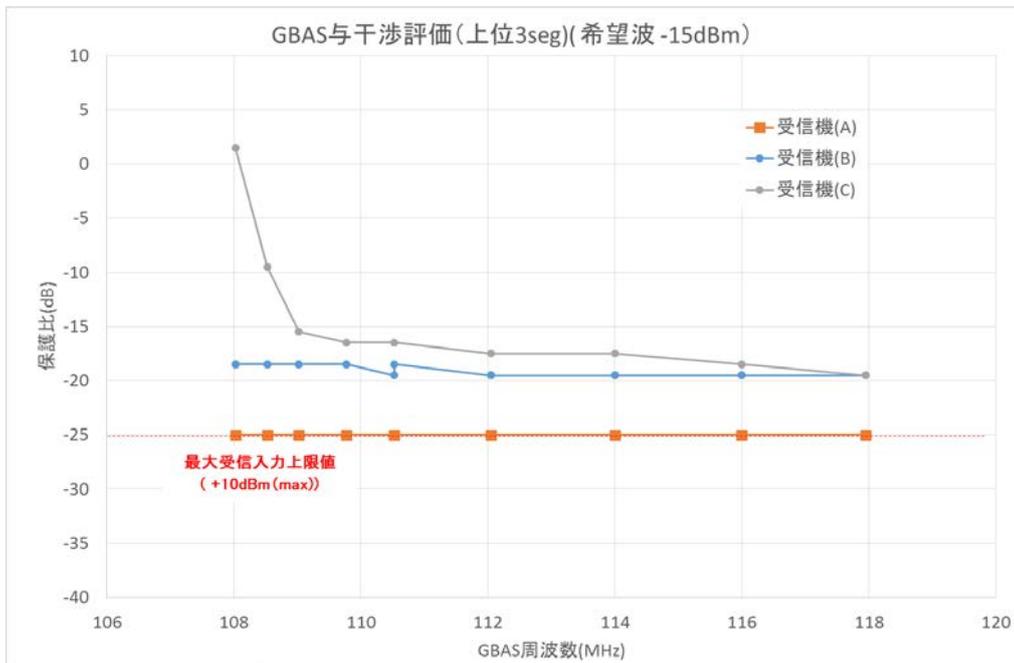
希望波レベルにより耐干渉性能は異なるが、中間3segの場合の保護比としては、最大値-20dB程度である。

(2) 上位3segの場合

V-Low 希望波レベルが下限の-65dBmの場合の各GBAS受信機(A), (B), (C)の保護比の結果を図参33に、上限の-15dBmの場合の保護比の結果を図参34に示す。

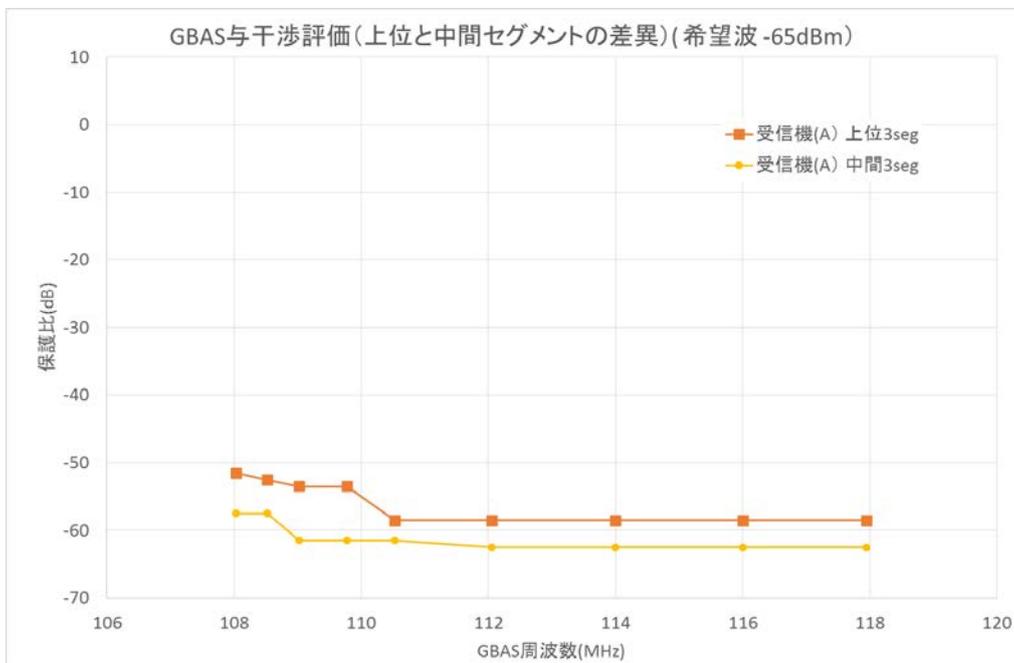


図参33 保護比 (上位3seg/V-Low 希望波-65dBm)

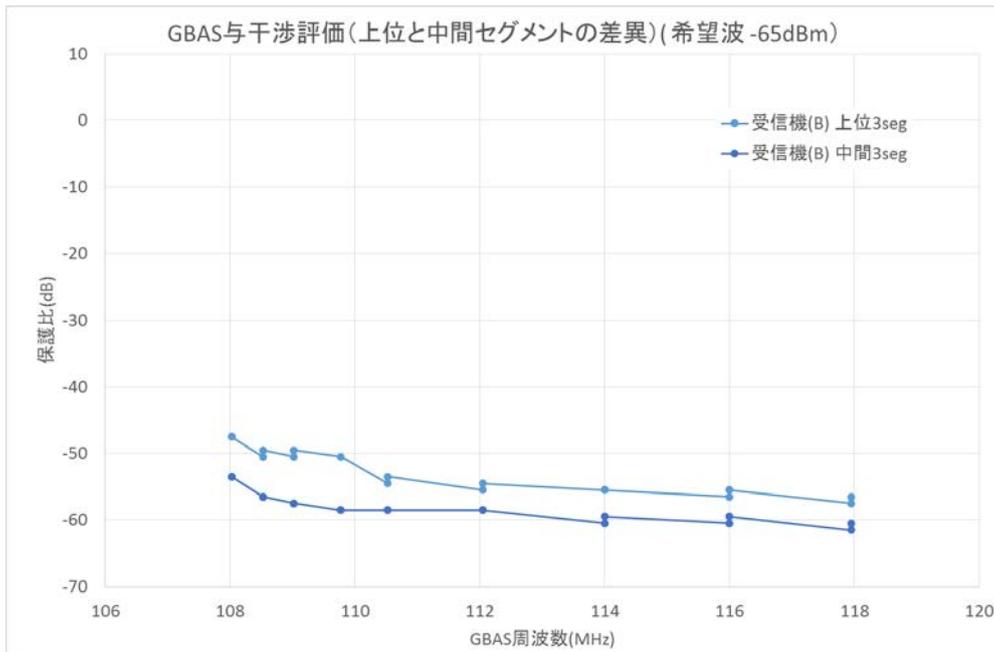


図参 34 保護比（上位 3seg/V-Low 希望波-15dBm）

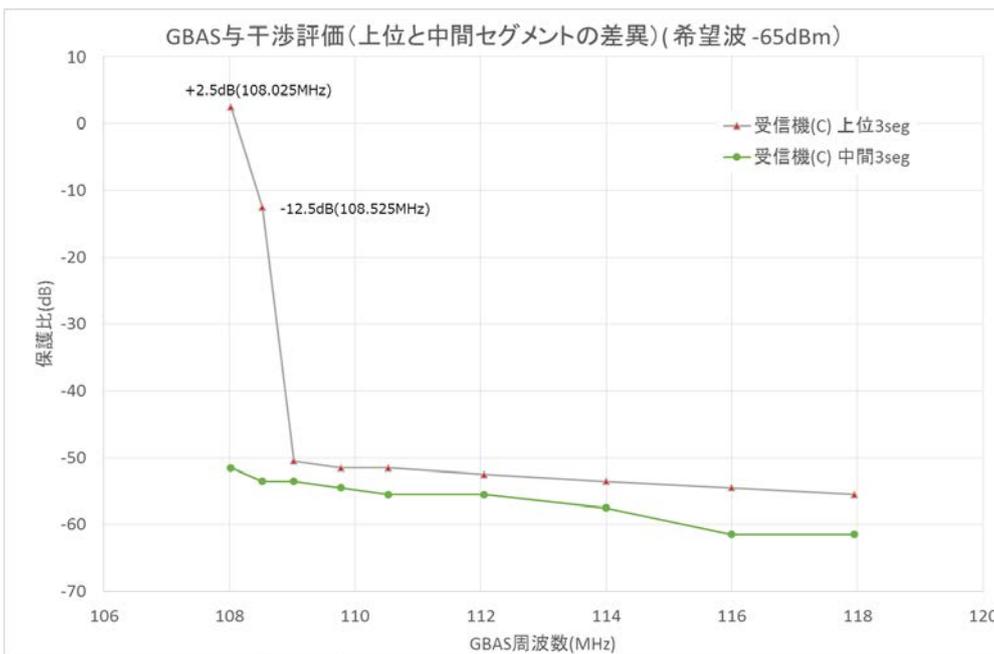
続いて、上位 3seg と中間 3seg の保護比の対比結果を、図参 35 から図参 40 に示す。



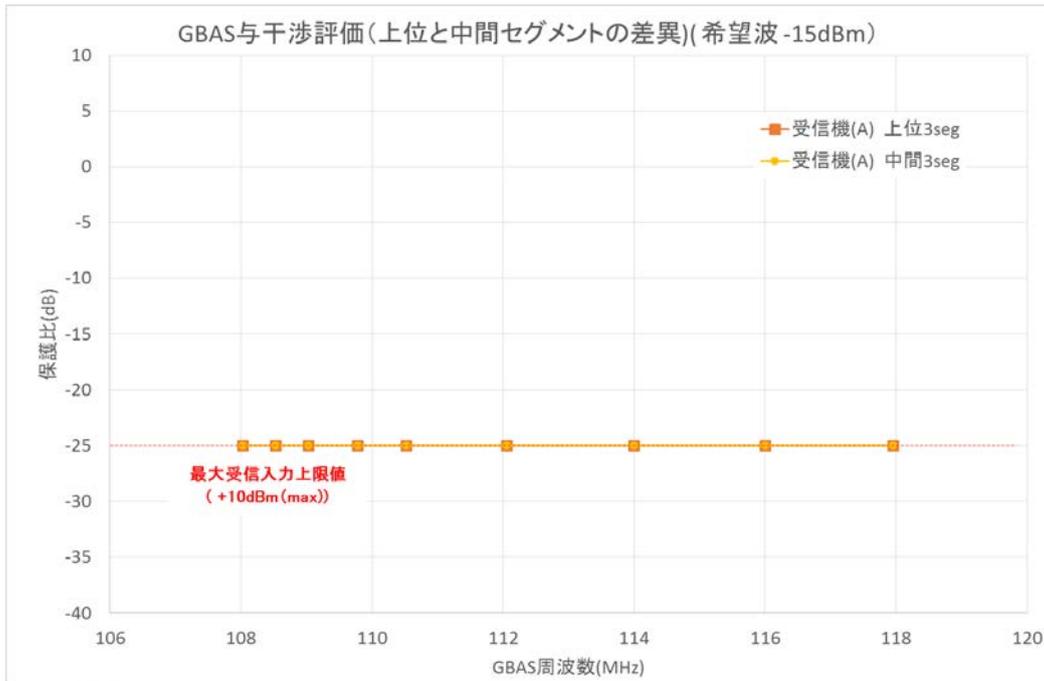
図参 35 上位 3seg と中間 3seg の保護比対比（受信機(A)／希望波-65dBm）



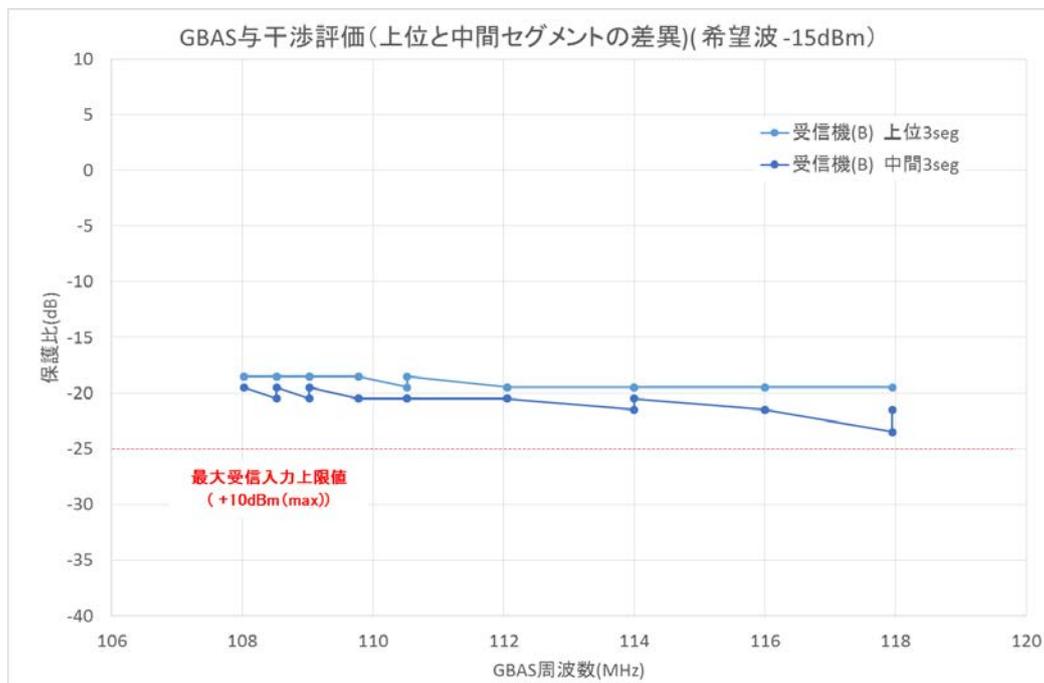
図参 36 上位 3seg と中間 3seg の保護比対比 (受信機(B)／希望波-65dBm)



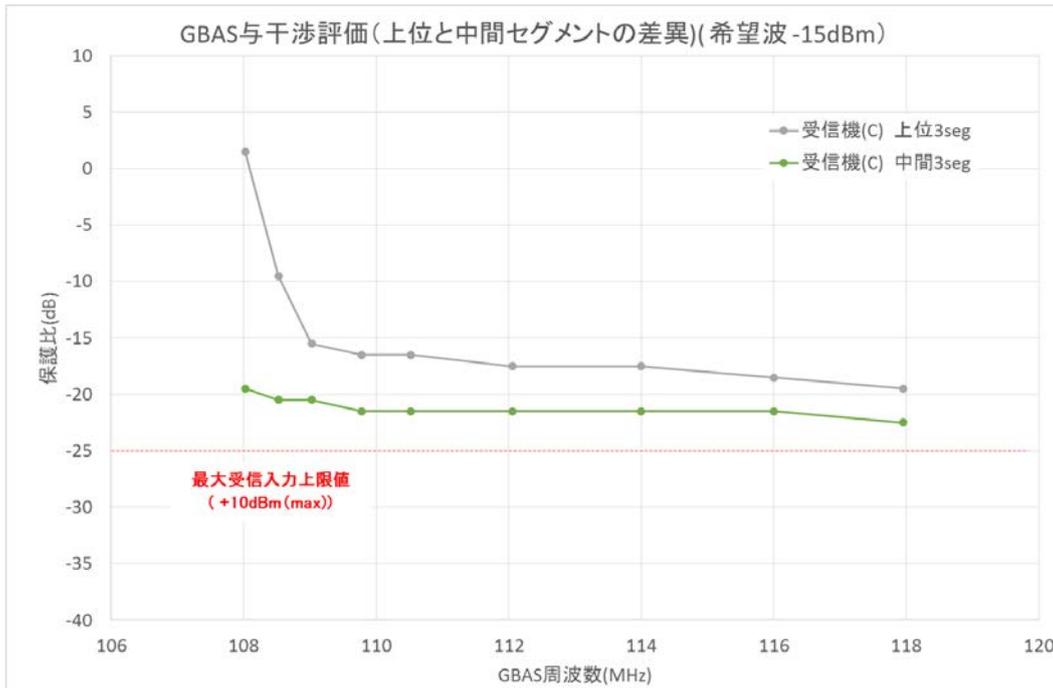
図参 37 上位 3seg と中間 3seg の保護比対比 (受信機(C)／希望波-65dBm)



図参 38 上位 3seg と中間 3seg の保護比対比 (受信機(A) / 希望波-15dBm)



図参 39 上位 3seg と中間 3seg の保護比対比 (受信機(B) / 希望波-15dBm)



図参 40 上位 3seg と中間 3seg の保護対比 (受信機(C)／希望波-15dBm)

希望波レベル D=-65dBm、-15dBm の場合のどちらも、受信機(A), (B) (C) ごとに異なる耐干渉性能であるが、受信機(C)は V-Low 周波数近傍の耐干渉性能が突出して劣る結果となった。(なお、受信機(C)については、複数台を検証し個体差が原因ではないことも確認している)

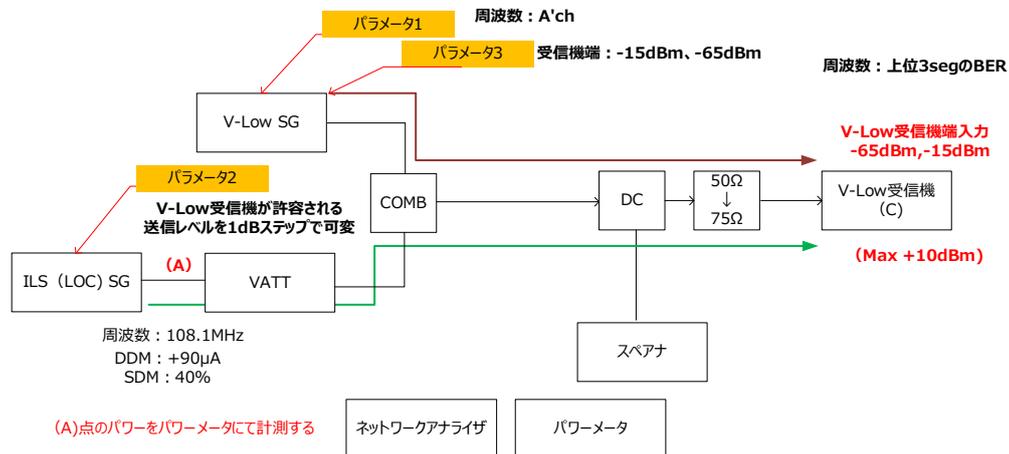
希望波レベル D=-65dBm において最も近接する 108.025MHz において受信機(A)で-51.5dB、受信機(B)で-47.5dB の保護比に対し、最も影響の受ける受信機(C)では、+2.5dB と 50dB 以上の保護比の違いがある。この保護比の差は、500kHz 離れた周波数 108.525MHz においても 40dB 以上の違いが見られ、1MHz 離れた 109.025MHz 以遠では 7dB 程度と小さくなる。

受信機(C)の 109.025MHz 未満の周波数を含めると、希望波レベル D=-65dBm で保護比+2.5dB、D=-15dBm で保護比+1.5dB となり電波共用のためには希望波より小さな妨害波レベルとする必要があるが、109.025MHz 未満の周波数を除けば、希望波レベル D=-65dBm で保護比-47.5dB、D=-15dBm で保護比-15.5dB となる。

なお、中間 3seg と上位 3seg の耐干渉性能の比較においては、すべての受信機において上位 3seg の保護比は、中間 3seg に比較し概ね 5dB ほど小さく、耐干渉性能に差異が見られた。

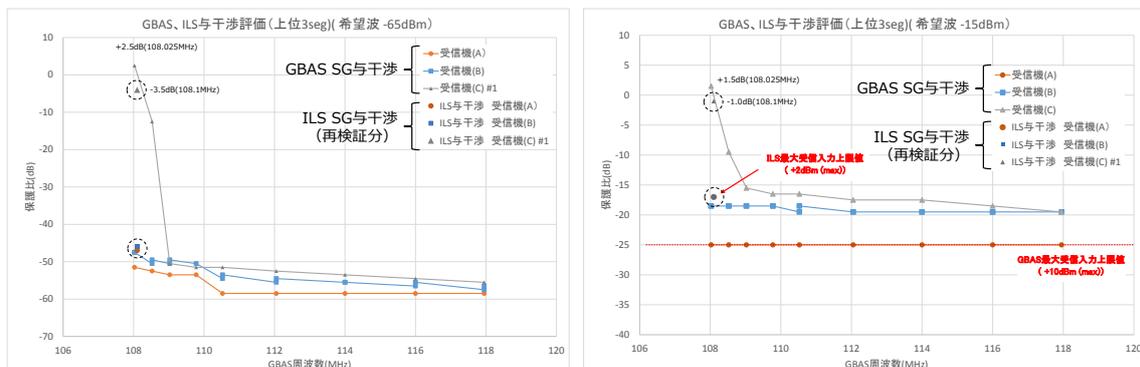
受信機(C)の結果からは、GBAS 装置だけでなく既存の LOC 装置および VOR 装置との電波共用に影響を及ぼす可能性も想定され、一方で、既存の LOC 装置とデジタルコミュニティ放送の共用検討を行った、平成 27 年

度「デジタルコミュニティ放送の周波数共用等に関する技術的条件の検討報告書」では、受信機(C)相当機に対する LOC SG (Ach) からの与干渉評価(上位3seg)において、保護比=-16.4dB という結果が出ていることより、再検証を実施した。再検証の試験系統図を図参 41 に、上記 GBAS に関する結果との対比を図参 42 に示す。なお BER の判定基準は 2×10^{-4} 以下とした。



図参 41 試験系統図：V-Low 受信機(C)再検証

- ✓ パラメータ 1：V-Low (希望波) 周波数 A' ch (106.714MHz)
- ✓ パラメータ 2：ILS (妨害波) 周波数 108.1MHz
- ✓ パラメータ 3：V-Low (希望波) レベル：-65dBm、-15dBm



図参 42 保護比 (GBAS SG と ILS SG による結果対比)

再検証結果より、受信機(A), (B), (C)ともに、妨害波(GBAS、ILS)種別による保護比の傾向に顕著な相違は見られないとともに、受信機(C)については、ILSにおいても保護比が-4dB以上という結果となった。以上の結果を踏まえ、検討会での審議より、受信機(C)上位3segについては、保護比規定に用いる測定結果として109.025MHz以遠を対象とすることとした。

3. 4 屋内検証まとめ

3. 3の屋内検証結果より、GBAS への被干渉、GBAS の与干渉双方について、干渉を起さない条件としての保護比の設定方針案を取り纏める。

3. 4. 1 GBAS 被干渉保護比の設定方針案

3. 3. 1におけるGBAS 受信機(X)と受信機(Y)の結果より、保守的な受信機(X)の結果を用いて、以下のGBAS 被干渉保護比の設定方針案を定める。

- GBAS 周波数 108.025~112.05MHz について

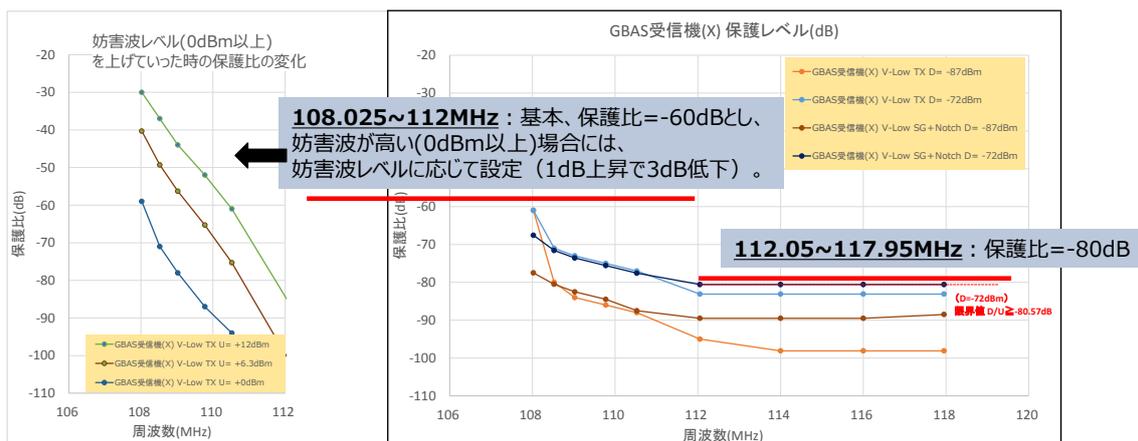
検証結果より、V-Low 送信機による妨害波のレベルが低い場合は、V-Low 送信機の帯域外スプリアス性能からの影響が支配的であるが、妨害波のレベルが高くなるに伴い、V-Low 送信機による相互変調干渉の影響により保護比が劣化していくことが導出されたことより、以下の方針案を設定する。

- 妨害波レベルが低い場合：108.025MHz で保護比は-60dB(V-Low 送信実機、及び、V-Low SG+Notch Filter の結果より)
- 妨害波レベルが高い場合：妨害波レベルに応じた保護比の設定が適当と考えられる。(一般的に、妨害波レベルの1dB 上昇あたり、相互変調ひずみIMD3 の3dB 劣化を伴う)

- GBAS 周波数 112.05~117.95MHz について

保護比は-80dB (V-Low 送信実機、及び、V-Low SG+Notch Filter の結果より)

上記設定方針案より規定されるGBAS 被干渉保護比の概念図を図参 43 に示す。



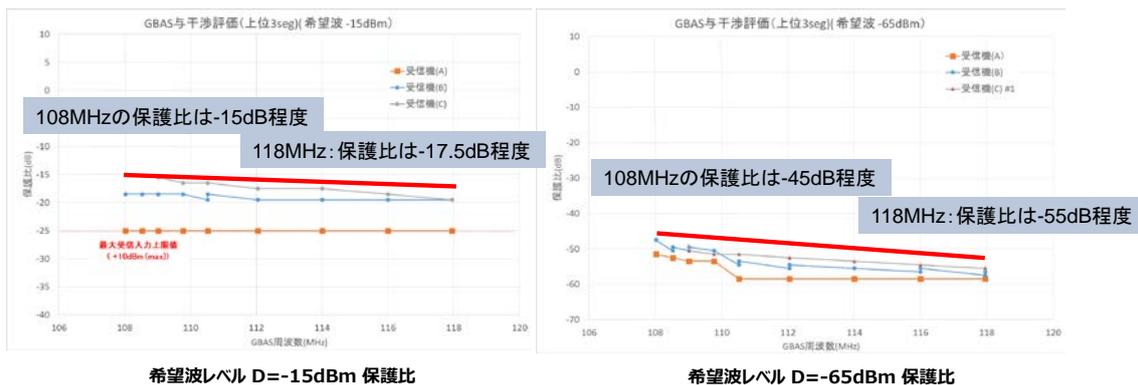
図参 43 GBAS 被干渉保護比の概念図

3. 4. 2 GBAS 与干涉保護比の設定方針案

3. 3. 3における V-Low 受信機(A), (B), (C)の結果より、以下の GBAS 与干涉保護比の設定方針案を定める。

- セグメントについては、V-Low A' ch の中間 3seg と上位 3seg の測定結果より、保護比が保守的な A' ch の上位 3seg の結果を用いる。
- 受信機については、機種による周波数依存も僅かながらみられることより、最も保守的な受信機の結果を利用する。但し、受信機(C)に関しては 109.025MHz 以遠の結果より利用する。
- 希望波レベルについては、上限の-15dBm と下限の-65dBm で保護比の差が大きいことより、各希望波レベルに応じて設定する。

各希望波レベルに対して、A' ch の上位 3seg に関する全受信機結果を包含する線形な値として上記設定方針案より規定される、GBAS 与干涉保護比の概念図を図参 44 に示す。



図参 44 GBAS 与干涉保護比の概念図