

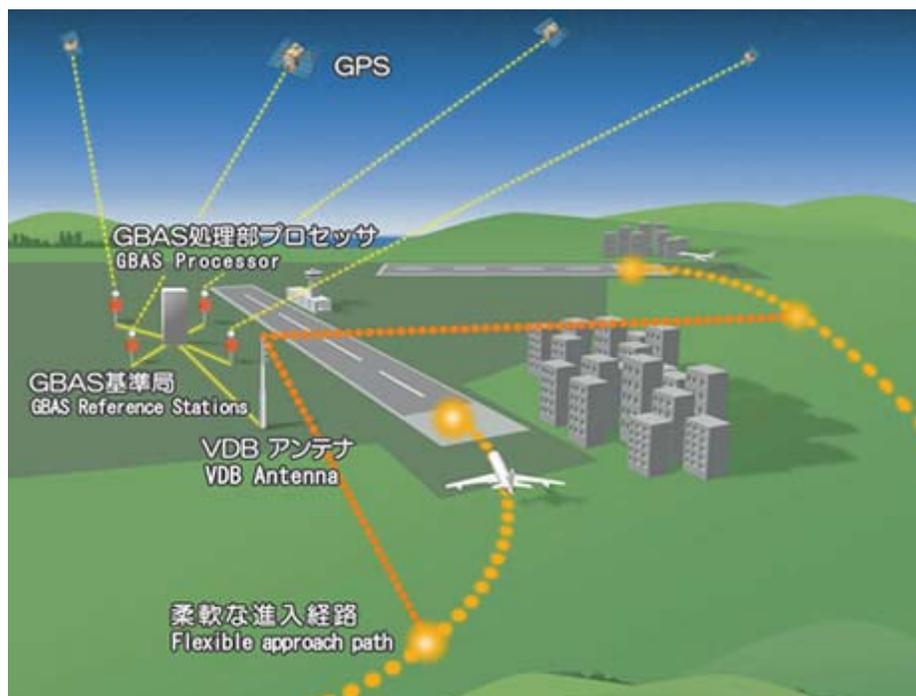
情報通信審議会・情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会報告 概要

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

平成30年9月12日
航空・海上無線通信委員会

背景と概要

- 現在、我が国では、航空機の滑走路への進入は航空保安無線施設の配置、精度、電波覆域の制約及び地形の影響から、直線精密進入のみに制限され、柔軟で効率的な経路設定が不可。
- 近年、欧米や東南アジア等の大規模空港では、国際民間航空機関(ICAO)が普及を促進する、地上型衛星航法補強システム(GBAS:Ground-Based Augmentation System)の整備が進行中であり、自由度の高い曲線精密進入を実現予定。
- 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)」の中で、2020年度にGBAS初号機の運用開始を目指しており、順次主要空港への展開を予定。
- 日本では、GBASが使用する周波数帯の隣接周波数帯を、国際基準のないV-Lowマルチメディア放送が使用していること等から、周波数共用を含め、無線設備の技術的条件の検討を実施。



GBASの特徴

- 安定した進入経路の実現
- 複数進入経路に対応
- 自由度の高い進入経路設定(曲線精密進入等)が可能

GBASが送信する補強情報

①補強信号

- ・GPSの精度向上
基準局でのGPSの誤差を測定し、誤差補正值情報をリアルタイム送信
- ・安全性の向上
GPS衛星信号を監視し衛星の故障・状況の情報をリアルタイム送信

②進入降下経路

空港の各滑走路への進入降下経路情報を送信

海外におけるGBAS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	

オーストラリアにおける検討状況



出典: Airservices Australiaプレゼン資料(16th International GBAS Working Group)

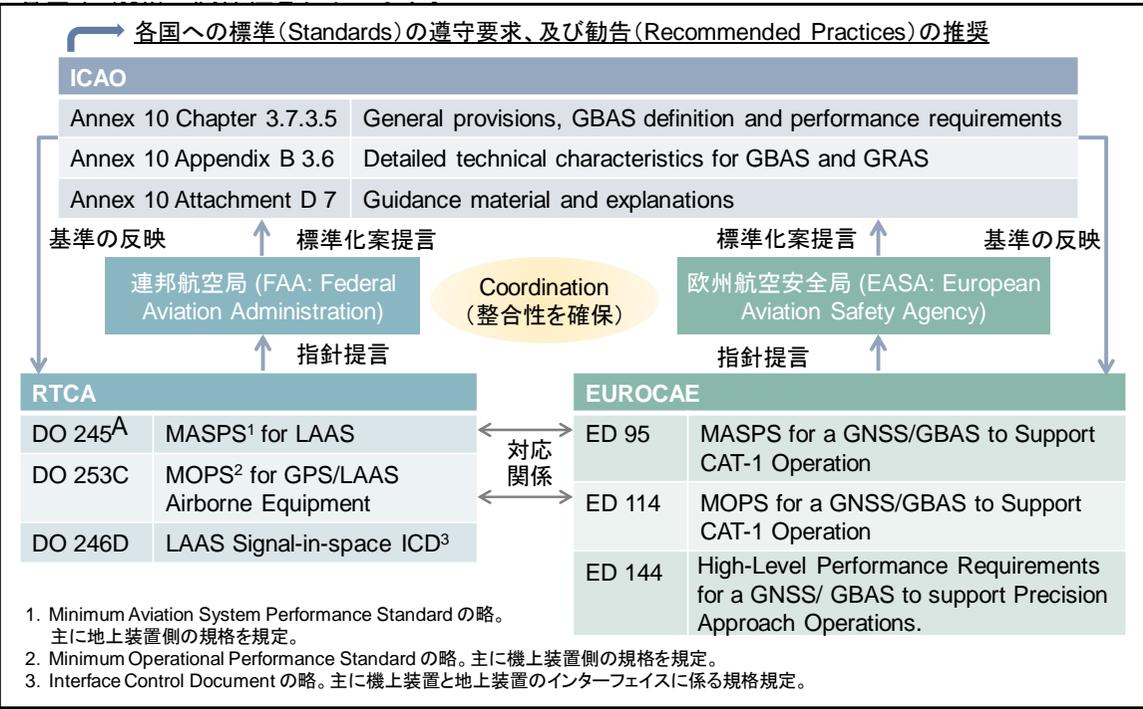
GBAS機上装置搭載動向

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)

○ 航空分野では、主にシカゴ条約の付随書（Annex）に含まれるSARPsが、ICAO（国際民間航空機関）によって定められ、シカゴ条約締結国に拘束力をもつ標準として整備されている。GBASに係る標準化の状況は以下のとおり。

● ICAO SARPs : International Civil Aviation Organization Standards and Recommended Practices（国際民間航空機関が定める標準および勧告方式）

- 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、Annex10, Vol1, Chapter 3.7.3.5（総則 GBASの定義及び性能要件）並びに、Appendix B の3.6（GBAS及びGRASの詳細な技術特性）、Attachment Dの7（指針となる資料及び説明）に規定されている。なお、Chapter及びAppendixの規定には拘束力がある。

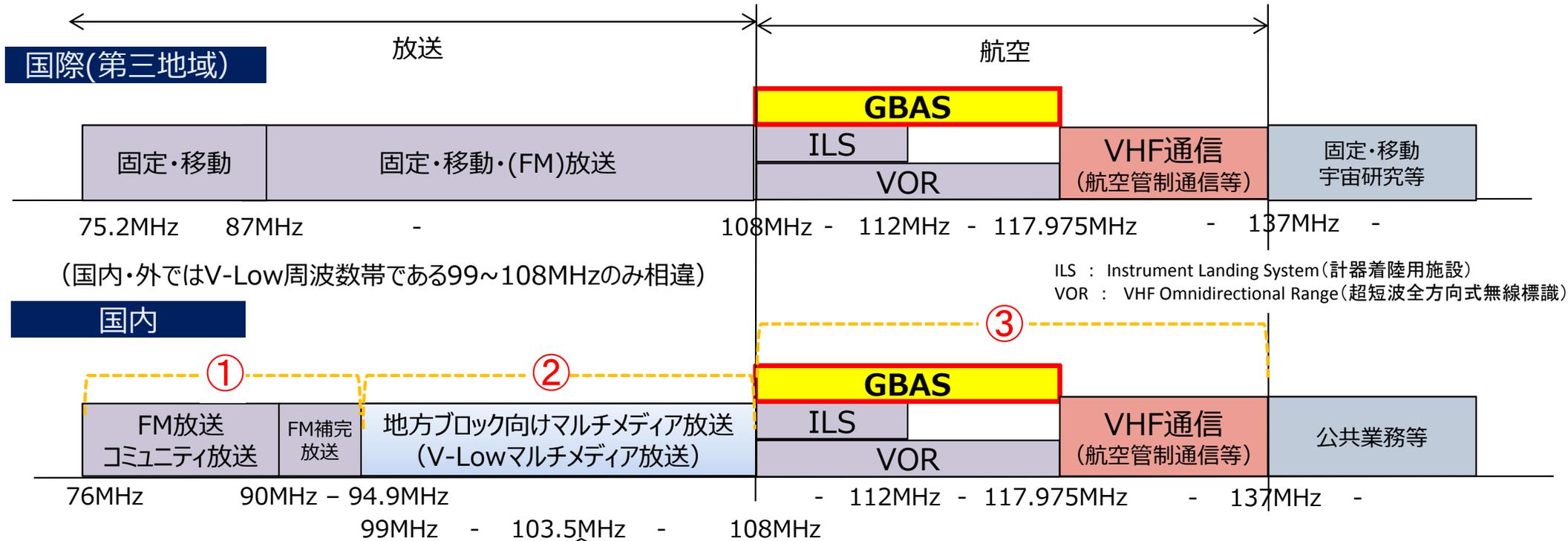


GBASに係わる国際標準間の関連

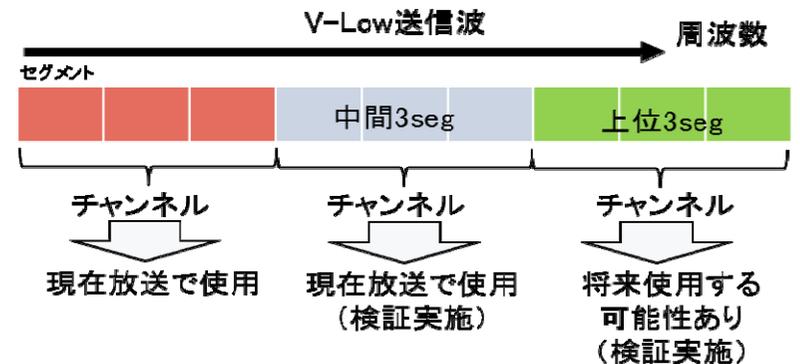
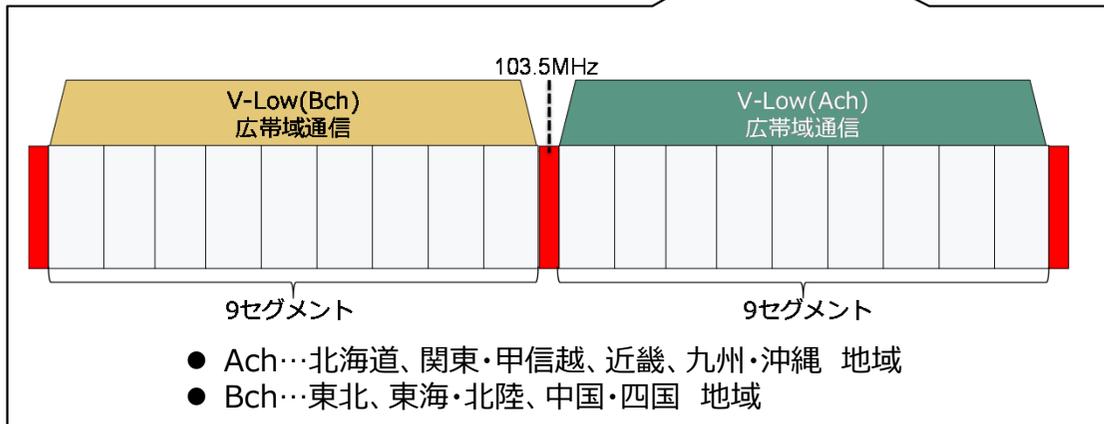
- **RTCA : Radio Technical Commission for Aeronautics（米国航空無線技術委員会）**
 航空に関する要求事項・技術的コンセプトの調査検討に取り組み、提言を行うことを目的とした米国の民間非営利団体である。航空要求事項を満足する電子技術の適用実施を示す規格及び指針文書の作成を実施している。GBAS関連については、LAAS MASPS DO-245A、LAAS MOPS DO-253C、LAAS ICD DO246Dに規定している。
- **EUROCAE : European Organization for Civil Aviation Equipment（欧州民間航空用装置製造業者機構）**
 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-144、ED114に規定している。ただし、欧州のCAT-Iの製造は米国メーカーが独占していたため、RTCAと比べるとEDの国際的な効力は小さい。

GBASの周波数付近における周波数の使用状況

GBASの周波数付近における周波数の使用状況は、以下のとおり。GBASの導入に当たっては、隣接周波数帯及び同一周波数を使用する①～③の各無線システムとの共用検討が必要。



※ 地方ブロック向けマルチメディア放送のAchについては、電波監理審議会(第1021回)平成27年7月8日 答申を受け、-1/7MHzシフトした周波数を使用する。
(北海道、関東・甲信越、近畿、九州・沖縄 地域)



① 放送システムとの共用検討

- GBASと隣接周波数帯を使用する放送システムとの与干渉・被干渉について机上検証を実施。
- V-Low放送以外の無線システム※との共用については、与干渉、被干渉とも有害な干渉は生じない。
- V-Low放送との共用については、与干渉、被干渉とも屋内検証の実施が妥当と判断。

※FM放送・コミュニティ放送・FM補完放送

<被干渉>

- FM放送とGBASの周波数共用に関する勧告 (ITU-R M.1841-1) のアセスメントフローに準拠した検討を実施。
- ワorstケースである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との場合について検討。
- 放送局のアンテナパターンや羽田空港における進入経路を考慮した詳細検討を実施した結果、V-Low放送以外の無線システムからGBASへの被干渉は生じない。

FM放送とGBASの周波数共用に関する勧告 (ITU-R M.1841-1) によるGBAS被干渉検討結果

評価	干渉条件	検討結果	判定
タイプA1 (スプリアス干渉)	D/U=14dB以下	ワorst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放送の帯域外領域から300kHz以下の周波数の場合	FM補完放送の占有帯域幅 (BN=200kHz) より帯域外領域の上限値 (2.5BN) は、+500kHzとなる。結果、GBAS送信周波数 (108.25MHz) とFM補完放送の帯域外領域上限 (93.5MHz) 間は300kHzを超えているため干渉しない。	○
タイプB1 (相互変調干渉)	①放送局のいずれか1局からもたらされる妨害波がGBAS受信機入力レベルにおいて、Trigger値以上 ②全放送局からもたらされる妨害波がGBAS受信機入力レベルにおいて、cutoff値以上 ③放送波2周波の場合の判定式>0 ④放送波3周波の場合の判定式>0	ワorst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)	GBAS受信機に混入する妨害波レベルが、GBAS送信周波数帯による2種類の判定式のいずれかから算出される干渉指標 (Nmax) より大きい場合	ワorst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。	○

② V-Lowマルチメディア放送との共用検討

- 屋内において、GBASとV-Low放送との与干渉・被干渉の測定系を有線結合で構築し、検証を実施。
- V-Lowによる被干渉検証及びV-Low+FMの相互変調による被干渉検証を実施。周波数112.050MHz以上ではD/U比は一定。当該周波数以下は、周波数毎に共用条件の設定が必要となる可能性が示唆。なお、相互変調干渉は生じていない。
- 3種類のV-Low受信機への与干渉検証を実施。V-Low送信電波の内、中間3セグ、上位3セグを対象に検証。
 - ・中間3セグと上位3セグの耐干渉性能の比較では、上位3セグの保護比は、中間3セグより大きく、耐干渉性能に差異。
 - ・3種類のV-Low受信機ごとに異なる耐干渉性能。

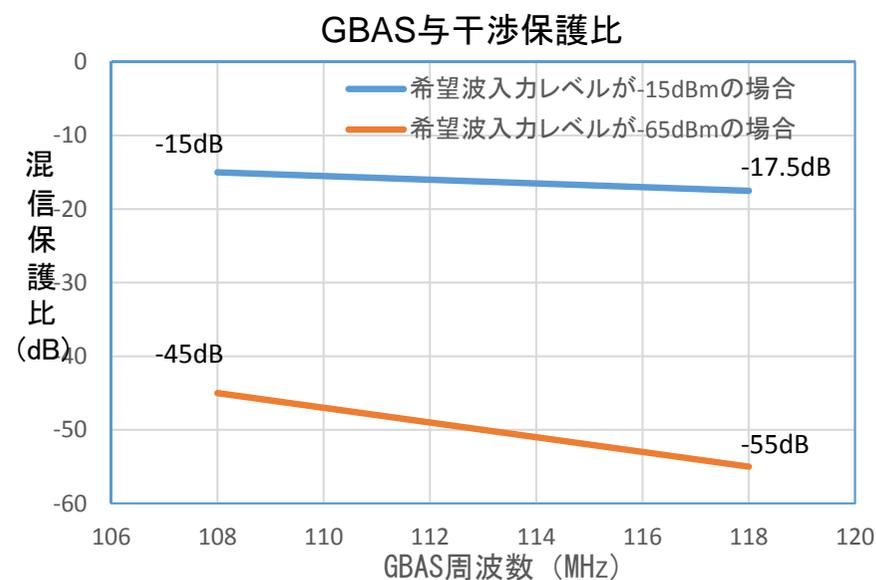
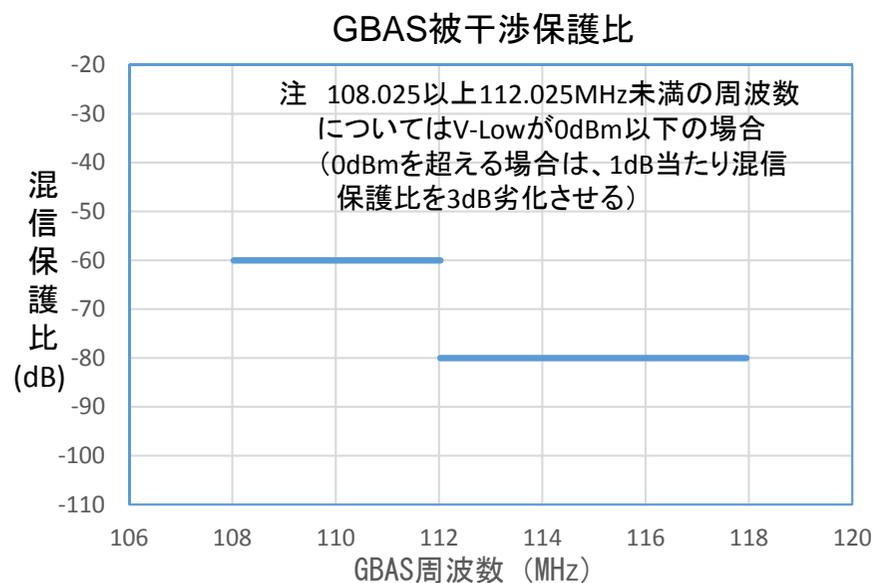
検証結果に基づく保護比設定方針

○GBAS被干渉保護比設定方針

- ・2社の受信機の結果より、より保守的な受信機の保護比を使用
- ・GBAS周波数108.025～112MHz: 妨害波レベルに応じた保護比の設定が適当
- ・GBAS周波数112.05～117.95MHz: 保護比は-80dB

○GBAS与干渉保護比設定方針

- ・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の結果の利用が適当
- ・最も保守的な受信機の結果を利用



③ 航空関係の各システム間の共用条件の規定

航空関係の各システム間の共用条件は、以下のとおりICAO文書により規定されている。

- ・108MHzから117.975MHzまでの帯域を使用するシステム (ICAO Annex10 Vol.1の規定)

与干渉 被干渉	GBAS	ILS	VOR
GBAS	Appendix B 3.6.8.2.2.5 Appendix B 3.6.8.2.2.6	3.7.3.5.4.1 Note2	Appendix B 3.6.8.2.2.5 Appendix B 3.6.8.2.2.6
ILS	Attachment D 7.2.2 Attachment D 7.2.3		
VOR	3.7.3.5.4.1 Note1 Attachment D 7.2.1		

- ・VHF通信 (com)※ ICAO Annex10 Vol.1 Attachment D 7.2.2及び7.2.4
※117.975MHz～137MHzを使用

③-1 GBAS相互間の共用条件について

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) に典型例が示されている。(下表)

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

GBAS相互間の妨害許容レベルについては、ICAO Annex10 Vol.1 Appendix B 3.6.8.2.2.5及び3.6.8.2.2.6に規定があり、上記のガイドラインを満足しない場合には以下の表を満足する周波数を割り当てることが必要である。

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)

○ GBAS与干渉

GBASからVORへの地理的離隔条件については、ICAO Annex10 Vol.1 Attachment D 7.2.1.6 (Table D-5)に規定があり、下表のとおりである。当該離隔距離を満足するよう周波数割当をすれば、共用は可能である。

	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(0kHz)	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

○ GBAS被干渉

VORからのGBASへの妨害許容レベルについては、ICAO Annex10 Vol.1 Appendix B 3.6.8.2.2.5及び3.6.8.2.2.6に規定があり、下表のとおりである。当該D/Uを満足するよう周波数割当をすれば、共用は可能である。

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

○ ILSとの共用条件

ILSとの共用条件については、ICAO Annex10 Vol.1 3.7.3.5.4.1 Note 2.に、ILS/GBASとの地理的離隔条件については現在検討中とある。また、ICAO Annex10 Vol.1 Attachment D 7.2.2に、GBAS/ILSとの地理的離隔条件については現在検討中とあり、7.2.3に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、GBAS/ILSとの地理的離隔条件が定まるまでは、割当周波数を112.025MHz以上とすることで共用が可能である。

また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。

○ VHF通信(航空管制通信等)との共用条件

VHF通信(航空管制通信等)との共用条件については、ICAO Annex10 Vol.1 Attachment D 7.2.2に、GBASとVHF通信との地理的離隔条件については現在検討中であり、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116.4MHz以下の周波数を割り当てることで共用が可能である。

GBASの無線設備の技術的条件については、ICAO SARPsにおいて規定される技術的条件等を踏まえ、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

同報通信方式

(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、G7D

(6) 覆域

右図の通り

(7) 電界強度

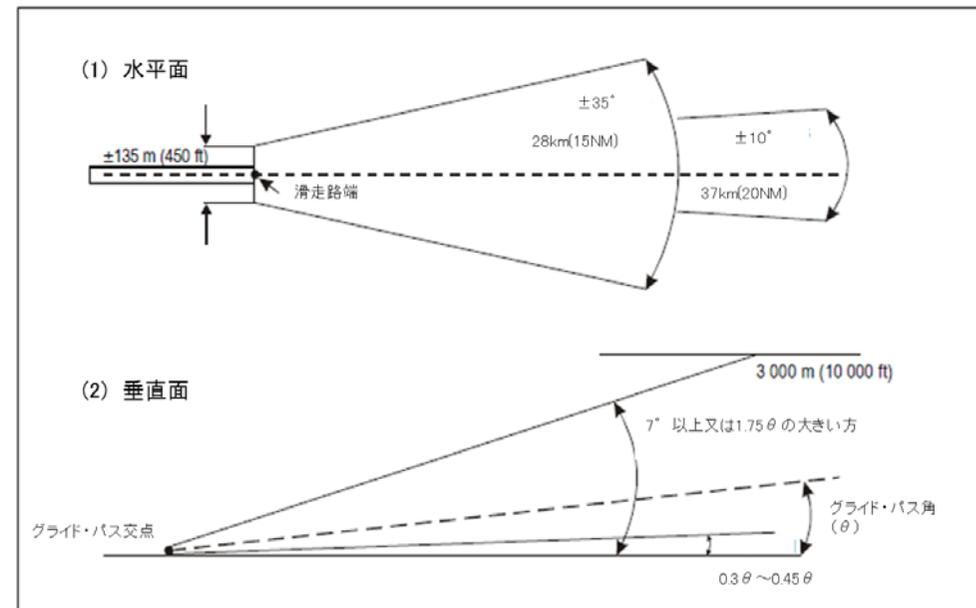
地上型衛星航法補強システムの覆域内において以下のとおりとする。

水平偏波・・・最小電界強度 215 μ V/m (-99dBW/m²) 最大電界強度 0.35V/m(-35dBW/m²)

楕円偏波・・・最小電界強度 136 μ V/m(-103dBW/m²) 最大電界強度 0.22V/m(-39dBW/m²)

(8) 識別信号

地上型衛星航法補強システム毎に国際アルファベットNo.5に基づくアルファベット又は数字その他記号の組み合わせからなる固有の4文字



地上型衛星航法補強システム (GBAS) の覆域

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 不要発射の強度の許容値

不要発射の強度の許容値は下表のとおりとする。

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
9kHz－150kHz	-93dBc	-55dBm	1kHz
150kHz－30MHz	-103dBc	-55dBm	10kHz
30MHz－106.125MHz	-115dBc	-57dBm	100kHz
106.425MHz	-113dBc	-55dBm	100kHz
107.225MHz	-105dBc	-47dBm	100kHz
107.625MHz	-101.5dBc	-53.5dBm	10kHz
107.825MHz	-88.5dBc	-40.5dBm	10kHz
107.925MHz	-74dBc	-36dBm	1kHz
107.9625MHz	-71dBc	-33dBm	1kHz
107.975MHz	-65dBc	-27dBm	1kHz
118.000MHz	-65dBc	-27dBm	1kHz
118.0125MHz	-71dBc	-33dBm	1kHz
118.050MHz	-74dBc	-36dBm	1kHz
118.150MHz	-88.5dBc	-40.5dBm	10kHz
118.350MHz	-101.5dBc	-53.5dBm	10kHz
118.750MHz	-105dBc	-47dBm	100kHz
119.550MHz	-113dBc	-55dBm	100kHz
119.852MHz－1GHz	-115dBc	-57dBm	100kHz
1GHz－1.7GHz	-115dBc	-47dBm	1MHz

注1 1.7GHzを超える周波数帯における不要発射レベルは、-53dBmを超えないものとする。ただし、参照帯域幅は1MHzとする。

注2 表中で明記されている隣接チャンネルにより示されている隣接した点の間には、線形関係がある。

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下表のとおりとする。

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
1.9MHz	-115dBc	-63dBm	25kHz

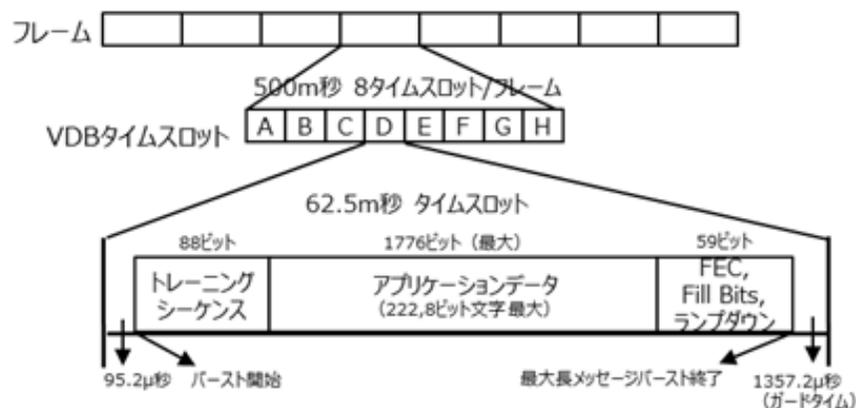
注 表中で明記されている隣接チャンネルにより示されている隣接した点の間には線形関係がある。

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信号構成は下図のとおりとする。



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。

■ GBASとILS及びVHF通信との周波数共用について

- 同一周波数帯におけるGBASとILS(計器着陸用施設)と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、当該共用条件が決定された場合には、当該共用条件を踏まえ、108.025MHzから112MHzまでの周波数の割り当てを可能とすることが望ましい。
- また、GBASとVHF通信(航空管制通信等)と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、当該共用条件が決定された場合には、当該共用条件を踏まえ、116.4MHzを超え117.95MHzまでの周波数の割り当てを可能とすることが望ましい。

航空・海上無線通信委員会

- 第20回(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)の技術的条件」に関し、委員会の運営方針等について検討の開始をした。検討の効率化を図るため、作業班を設置して、検討を行うこととした。
- 第21回(平成30年7月11日) 作業班から「地上型衛星航法補強システム(GBAS)の技術的条件」について調査報告を受け、委員会報告(案)をとりまとめた。
- 平成30年7月20日～8月20日 委員会報告(案)について意見募集
- 第22回(平成30年8月31日～9月5日) メール審議により、委員会報告及び答申案をとりまとめた。

地上型衛星航法補強システム作業班

- 第1回(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)の技術的条件」について、作業方針及び調査スケジュールを定めた。また、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。
- 第2回(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。
- 第3回(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。
- 第4回(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とりまとめた。

氏名		所属 (敬称略)
【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

【参考】

地上型衛星航法補強システム作業班 構成員

氏名	所属 (敬称略)
【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	ハネウェルジャパン(株) エアロスペース コマーシャル・アヴィエーション