

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会 報告
概要

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち
「11/15/18GHz帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件」

基幹系無線システムの現状と課題

- 基幹系無線システムは、企業向けあるいは携帯電話事業者の基地局向けなど、光ファイバ網とともに情報通信インフラの重要な役割を担っている。
- 光ファイバ網の敷設が進み基幹系無線システムは減少傾向にある一方、基幹系無線システムのニーズや利用形態に変化が生じている。



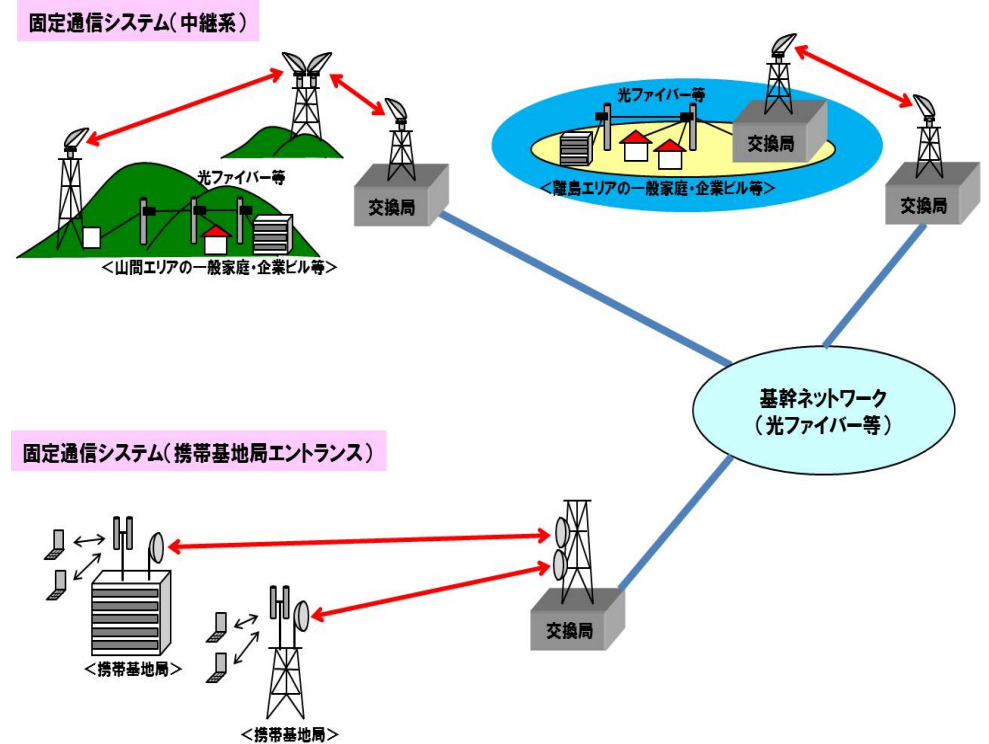
【これまでの基幹系無線システムの利用形態】

- 光ファイバーの敷設が困難な場所等における補完
- 移動通信システム基地局のエントランス回線
- 近距離の拠点間を接続する通信回線
- オフィスや一般家庭等と交換局との間を接続する通信回線
- 災害発生時等におけるネットワーク回線



【新たなニーズや利用形態】

- 島嶼部における高機能ネットワーク回線の設置
- 5G等の普及を目的としたエントランス回線の充実
- 基幹系ネットワークの低廉化



基幹系無線システムに求められる新たなニーズや利用形態

■11/15/18GHz基幹系無線システムに求められる要件

○通信距離の制約により6GHz帯固定通信システムを設置している島嶼部においても、高速通信可能な11GHz帯固定通信システムの適用が求められている。

長延化

○携帯電話システムの高度化に伴い、5Gの一層の普及を図るために、エントランス回線においてギガビット級の通信の実現が求められている。

高速化

○島嶼部における既存ルートの改修や、エントランス回線の高速化にあたっては、高信頼かつ低コストな無線設備の実装が求められている。

低廉化

11/15/18GHz帯基幹系無線システムの高度化の方向性

長延化

高速化

低廉化

海外規格に対応した我が国の技術基準の見直し

欧州規格(ETSI)は、我が国の技術基準と比較して、所要C/Nが最大7.5dB程度(64QAMの場合)改善が見込まれ※、また費用面では我が国の技術基準に適合した装置より10%以上のコスト低下が期待できる。

※欧州規格ではBER=10⁻⁶で20.5-26dB、国内規格ではBER=10⁻⁴で26dBであり、BER曲線の傾きから2dBの差分を考慮し2~7.5dB改善される。

欧州規格導入のための技術的条件の検討

○前回平成26年に一部答申を受けた基幹系通信システムの技術的条件に関して、欧州規格と比較検証しながら、改善すべき点について検討を行った。

○なお、検討にあたっては、基幹系通信システムに求められる通信品質等を維持しつつ、他システム等への共用条件に影響を及ぼさないことに留意した。

欧州規格に対応した技術的条件の検討

・回線設計手法

これまでの雑音指数(NF)や所要C/Nによる規定を改め、受信機性能の総合的な指標である「受信感度」を新たに導入する。

・干渉軽減係数

欧州規格に対応した送/受信フィルタ特性を導入し、干渉計算に用いる干渉軽減係数を見直す。ただし、今回のIRF見直しにあたっては、実波形を参考にして、現行の占有周波数帯幅の許容値毎の規定に合せたマスクを定義しており、電波の質に何ら影響を与えるものではない。

・標準受信空中線特性

11/15GHz帯の標準受信空中線特性について、欧州規格はサイドローブ方向(90度以内)の上限が、我が国の基準より最大10dB程緩和される方向にある。日本国内の既存ルートにおいて、欧州規格の空中線に変更すると所要C/Iを満たすことのできないルートにおいて電波干渉が生じる可能性があることから、11/15GHz帯の標準受信空中線特性については、今回は変更しないこととした。

18GHz帯の標準受信空中線特性については、概ね欧州規格の方が厳しく設定されていることから、欧州規格と現在の国内基準を参考に、欧州規格の空中線を導入できるよう標準受信空中線特性の見直しを行う。

検討結果より、

- ・回線設計手法
- ・干渉軽減係数
- ・18GHz帯の標準受信空中線特性について、技術的条件を変更することとした。

その他、前回平成26年答申のうち、以下の技術的条件については、変更せず欧州規格の装置を導入することが可能である。

・一般的条件

使用周波数帯、通信方式、変調方式等

・技術的条件

送信装置：周波数の許容偏差・空中線電力・クロック周波数等

受信装置：復調方式・等価雑音帯域幅

本検討は通信品質を維持しつつ、他システムへの影響を及ぼさないことを前提にしており、11/15GHz帯標準受信空中線特性の変更等は行わないこととした。

欧州規格導入に必要な規定の見直し

- 欧州規格の装置を導入するため、回線設計手法、干渉軽減係数及び18GHz帯の標準受信空中線特性の規定について、電波法関係審査基準を見直す。
- その他、平成26年に答申を受けた高次の変調方式について、電波法関係審査基準へ規定する。

検討事項

1. 受信感度の導入

- ✓ 現行基準では、所要C/N及び雑音指数(NF)が個別に規定されているところ、欧州規格では、所要C/NとNFを含む受信機全体の性能を評価する指標として回線不稼働率を満足する「受信感度」の規定が設けられている。
- ✓ 受信感度を満たすために所要C/N及びNFの配分は任意とできることから、回線品質を維持したままより柔軟な設計が可能。
- ✓ 審査基準の所要C/N及びNFの規定を廃止し、新たに受信感度の規定を導入する。
- ✓ 干渉信号の低減(RF処理)は限定的であることから、被干渉のC/Iの許容値は変更しない。

(11GHz帯36.5MHz(64QAM)の一例)

所要C/N+NF	所要C/N	NF	距離
31 dB	26 dB	5 dB	18.8 km
30 dB	26 dB	4 dB	19.9 km
29 dB	25 dB	4 dB	21.7 km
29 dB	24 dB	5 dB	22.1 km

現行は固定
新たに利用可能

2. 干渉軽減係数の見直し

- ✓ 欧州規格の装置で現行基準を満足するためには、クロック周波数(シンボルレート)を下げてフィルタ係数を調整する等が必要。
- ✓ 送信信号特性・受信フィルタチェーン特性等を占有周波数帯に合わせて規定することにより、欧州規格の装置で実現されている高速通信が可能。
- ✓ その他、送信信号特性及び受信フィルタチェーン特性から計算された各周波数帯・周波数帯域幅・変調方式ごとのIRF値を規定し、干渉計算の際に用いることとする。

3. 18GHz帯の標準受信空中線特性の見直し

- ✓ 現行規格と整合を取りながら欧州規格に対応するため、標準受信空中線特性を見直す。
- ✓ 標準受信空中線特性を見直しに際して、11/15GHz帯と同様に「最大利得」を使用しないように変更する。

4. 高次の変調方式を規定

- ✓ LTE以降の基地局に必要なギガビット級の回線を実現するには、現行基準の最高次変調である64QAMより高次の変調方式が必須。
- ✓ 装置実装や運用の実現性も考慮して、11/15/18GHz帯(36.5MHz幅)についてエントランス用途として256QAM, 1024QAMを追加規定。

欧州規格に対応した技術基準見直しのメリット

○11/15/18GHz帯基幹系通信システムの高度化に求められる長延化・高速化・低廉化の観点において、以下のメリットが挙げられる。

長延化

- 欧州規格の装置を導入することにより、所要C/Nが最大7.5dB改善され、受信感度の導入によって所要C/N及び雑音指数を柔軟に設定できるようになる。これらによって、現行規定では、11GHz帯：13km程度、15GHz帯：8km程度、18GHz帯：3km程度でルート構築されているところ、最大1.5倍程度の長延化が可能。
(島嶼部における既存の6GHz帯固定通信システムでは伝送距離が20km程度であることから、11GHz帯固定通信システムへの置換が実現可能。)

高速化

- 1CHの伝送容量において、干渉軽減係数の見直しによりクロック周波数を現行28MHzから最大36.5MHzに変更することで約1.3倍の伝送容量が増加。また、256QAM及び1024QAMの追加により、現行64QAMに比べて約1.6倍(1024QAMの場合)の伝送容量増加が可能であり、合わせて伝送容量は約2倍に増加。
- LTE基地局と基幹通信網を接続する回線には、ギガビット級の通信容量が必要。しかし、現行のエントランス回線では最大約600Mbps(150Mbps×4CH)のため、帯域不足が発生。高速化に伴い、約1.2Gbpsの容量確保が可能。

低廉化

- 我が国の基幹系通信システムは回線品質の維持を第一優先としていたが、欧州規格の適用により、日本固有の回路設計や特性確保を不要とし、グローバル市場で流通する機器・部品を使用した廉価な装置にて、電気通信事業者の利用ニーズに応じた柔軟なシステム構築が可能となる。
- また、国内向け装置を低コストで実現が可能となるため、海外市場への参入拡大も期待されると共に、国内市場では海外装置との適正な競争によるコストの低廉化が期待される。

回線設計手法(受信感度及び標準受信入力の規定)

参考

表 各周波数帯、占有周波数帯幅、変調方式ごとの受信感度及び標準受信入力

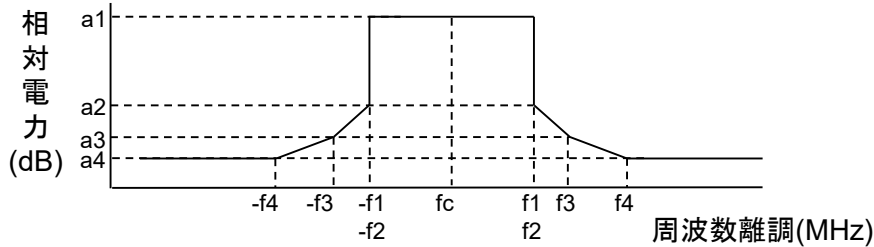
周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	受信感度※1 (BER=1×10 ⁻⁴)	標準受信入力の上限值 (dBm)	標準受信入力の下限値 (dBm)	最大受信入力 (dBm)
11、15GHz帯	5MHz	4PSK	-87.4dBm以下	15GHz帯: -36	15GHz帯: -49.5	-34
				11GHz帯: -37	11GHz帯: -50.5	-35
	9.5MHz	16QAM	-78.2dBm以下	-37	-50.5	-35
	18.5MHz	4PSK	-81.5dBm以下	-34	-47.5	-32
				-34	-50.5	-32
	18.5MHz	16QAM	-75.3dBm以下	-34	-47.5	-32
				-34	-56.5	-32
	36.5MHz	4PSK	-78.6dBm以下	-18	-31.5	-16
				-18	-34.5	-16
				-31	-44.5	-29
				-16	-29.5	-14
		64QAM	-67.4dBm以下	-19	-41.5	-17
				-32	-45.5	-30
				-32	-54.5	-30
				-27	-40.5	-25
	256QAM	-60.0dBm以下	-27	-49.5	-25	
1024QAM	-54.9dBm以下	-22	-35.5	-20		
-22	-44.5	-20				
53.5MHz	16QAM	-70.7dBm以下	-13	-26.5	-11	
			-29	-42.5	-27	
			-29	-51.5	-27	
72.5MHz	8PSK	-70.3dBm以下	-10	-23.5	-8	
-10	-26.5	-8				
18GHz帯	18.5MHz	4PSK	-78.8dBm以下	-35	-	-30
	36.5MHz	64QAM	-67.4dBm以下	-32	-45.5	-30
				-32	-54.5	-30
		256QAM	-60.0dBm以下	-27	-40.5	-25
				-27	-49.5	-25
	1024QAM	-54.9dBm以下	-22	-35.5	-20	
-22			-44.5	-20		

※ 受信感度 = 10log(ホルツマン定数 × 温度 × 等価雑音帯域幅) + NF + 所要C/N

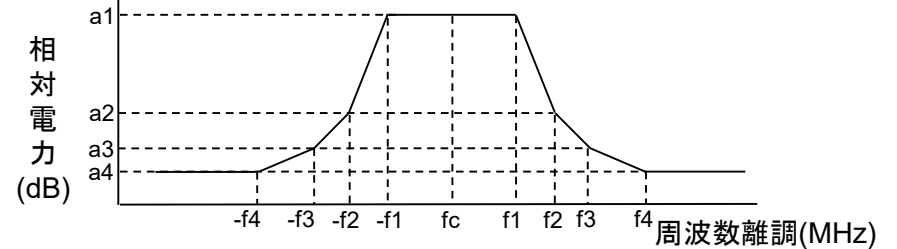
標準受信入力は、回線不稼働率を満たす範囲で標準受信入力の下限値に近い値を設定することとする。

干渉軽減係数(送/受信フィルタ特性の規定)

送信信号特性



受信フィルタチェーン特性



周波数帯	チャンネル幅	f1 (MHz)	f2 (MHz)	f3 (MHz)	f4 (MHz)
		a1 (dB)	a2 (dB)	a3 (dB)	a4 (dB)
11、15GHz帯	5MHz	2.5 0.0	2.5 -16.0	2.6 -36.0	10.0 -55.0
	10MHz	5.0 0.0	5.0 -36.0	- -	18.5 -55.0
	20MHz	10.0 0.0	10.0 -36.0	- -	36.0 -55.0
	40MHz (4PSK)	20.0 0.0	20.0 -36.0	- -	70.5 -55.0
	40MHz (4PSK以外)	20.0 0.0	20.0 -40.0	- -	70.5 -55.0
	60MHz	30.0 0.0	30.0 -36.0	- -	103.5 -55.0
	80MHz	40.0 0.0	40.0 -36.0	- -	140.0 -55.0
18GHz帯	20MHz	10.0 0.0	10.0 -36.0	- -	36.0 -55.0
	40MHz	20.0 0.0	20.0 -40.0	- -	70.5 -55.0

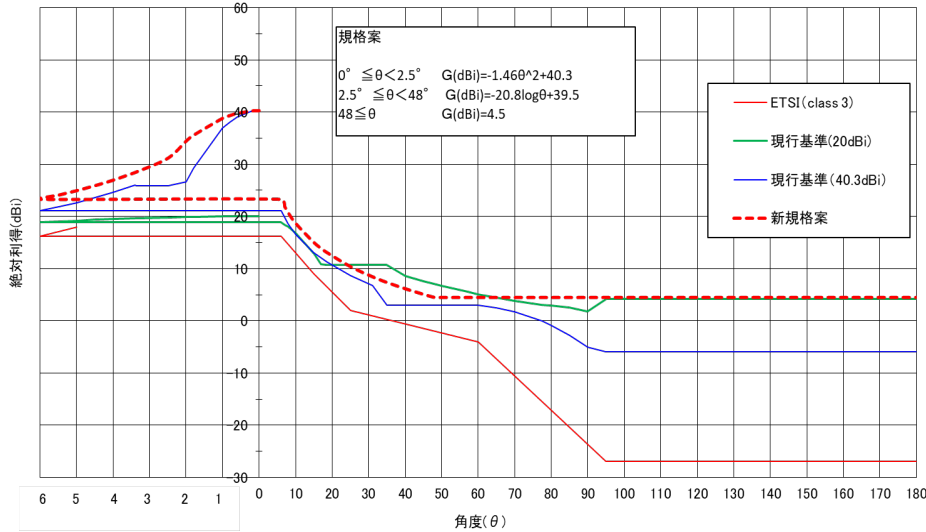
	チャンネル幅	f1 (MHz)	f2 (MHz)	f3 (MHz)	f4 (MHz)
		a1 (dB)	a2 (dB)	a3 (dB)	a4 (dB)
11、15、18GHz帯	5MHz	2.5 0.0	2.55 -12.0	2.6 -45.0	3.8 -64.0
	10MHz	4.75 0.0	4.8 -7.0	5.0 -46.0	7.3 -64.0
	20MHz	9.25 0.0	9.3 -5.0	10.0 -47.0	14.7 -64.0
	40MHz	18.25 0.0	18.3 -4.0	20.0 -47.0	29.5 -64.0
	60MHz	26.75 0.0	26.8 -7.0	30.0 -47.0	40.8 -64.0
	80MHz	36.25 0.0	36.3 -4.0	40.0 -47.0	59.0 -64.0



送信信号特性及び受信フィルタチェーン特性から、干渉計算に用いる等価IRF値を算出する。

18GHz帯の標準受信空中線特性の見直し

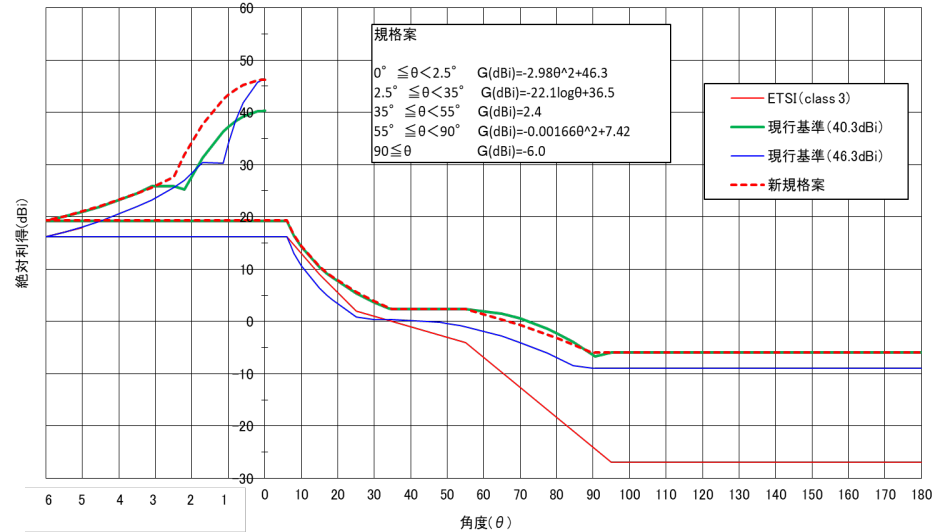
18.0GHz帯(20dBiを超え40.3dBi以下) 絶対利得の上限値



(空中線利得20.0dBiを超え40.3dBi以下の場合)

空中線の放射角	絶対利得の最大値 (dBi)
$0^\circ \leq \theta \leq 2.5^\circ$	$-1.46\theta^2 + 40.3$
$2.5^\circ < \theta \leq 48^\circ$	$-20.8\log\theta + 39.5$
$48^\circ < \theta$	4.5

18.0GHz帯(40.3dBiを超え46.3dBi以下) 絶対利得の上限値



(空中線利得40.3dBiを超え46.3dBi以下の場合)

空中線の放射角	絶対利得の最大値 (dBi)
$0^\circ \leq \theta \leq 2.5^\circ$	$-2.98\theta^2 + 46.3$
$2.5^\circ < \theta \leq 35^\circ$	$-22.1\log\theta + 36.5$
$35^\circ < \theta \leq 55^\circ$	2.4
$55^\circ < \theta \leq 90^\circ$	$0.00166\theta^2 + 7.42$
$90^\circ < \theta$	-6.0

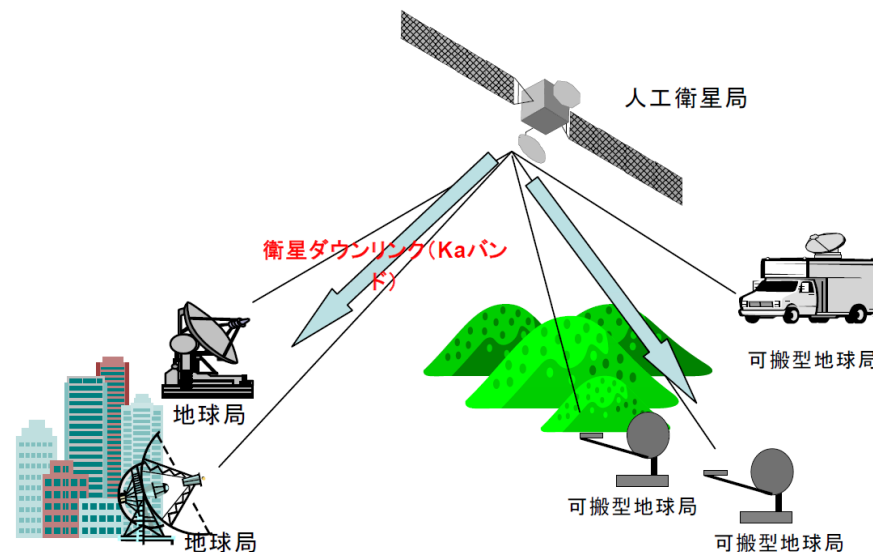
現行規格と整合を取りながら、11/15GHz帯と同様に「最大利得」を使用しないように標準受信空中線特性を見直す。

- 18GHz帯標準受信空中線特性(アンテナパターンの上限值)について、アンテナの「最大利得」が用いられるため、規定そのものがアンテナ毎の特性により変化することとなり複雑となっていることから、現用のアンテナを継続使用できることに配慮しつつ、「最大利得」を用いず計算できるように規定の整理を行った。
- 現行基準値と比較すると、角度によって干渉量が軽微ではあるものの増加することから、以下システムと共用検討を行った。

■固定衛星システム

- ・人工衛星局への干渉に関しては、固定通信システムのアンテナの指向方向はほぼ水平であり、離角距離は十分確保されていることから、問題はないものと考えられる。
- ・地球局(受信)への干渉に関しては、固定通信システムのアンテナパターンの変更より、角度によって、干渉量が増加する可能性があることから、既存の衛星通信事業者に影響の可能性について協議を行い、大きな影響を及ぼすものではないとの結論に至った。

<※ 固定衛星システムのイメージ>



報告書案のパブコメ意見への対応状況

参考

1. 実施期間

令和3年2月11日(木)～令和3年3月12日(金)

2. 意見提出者

計4者(スカパーJSAT(株)、(一社)電波産業会、(株)NTTドコモ、(株)放送衛星システム)

3. 主な意見概要及び考え方

主な意見概要	考え方
<ul style="list-style-type: none">18GHz帯固定通信システムの標準受信空中線特性の見直しによって、現行の固定通信システムと固定衛星通信システムとの周波数共用環境に大きな影響を及ぼすものではないとの結論に至ったメカニズムを確認したい。	<ul style="list-style-type: none">18GHz帯固定通信システム間の共用において、与被干渉側の空中線の等価等方輻射電力の制限値を抑えるため、同様に固定衛星通信システムへの影響も回避する。
<ul style="list-style-type: none">18GHz帯固定通信システムの標準受信空中線特性の見直しによって、現行及び将来の放送衛星システムに影響がないとの解析結果を明示してほしい。	<ul style="list-style-type: none">18GHz帯固定通信システムと現行の放送衛星システムのフィーダーリンクとの周波数重複はなく、また将来計画の放送衛星システムに対しては、18GHz帯固定通信システムの標準受信空中線特性変更の影響に関して、ITU提出の衛星計画に基づき干渉検討の結果、基準を満足することを確認済み。
<ul style="list-style-type: none">新たな無線設備の技術基準の改定に伴う電波法関係審査基準の改正の際に、現行規格の無線設備の適用についてどのように考えるのか。電波法関係審査基準改正案の記載内容の確認及び修正意見。	<ul style="list-style-type: none">電気通信事業者は、新規格の無線設備導入を計画しているが、電波法関係審査基準の改正の際には、現行規格の適用期間を適切に設定する等、電気通信事業者の不利益とならないように対処する。指摘を踏まえ、報告書案を修正する。

1 委員会での検討

- ① 第60回(令和2年9月9日～14日:メール審議)
 - …委員会の運営方針、審議の進め方、作業班の開始
- ② 第62回(令和3年1月21日～28日:メール審議)
 - …基幹系無線通信システムの技術的条件の検討、意見募集を行う委員会報告書案の取りまとめ
- ③ 第65回(令和3年5月13日～20日:メール審議)
 - …提出された意見に対する考え方及び委員会報告書の取りまとめ

2 作業班での検討

- ① 第1回(令和2年9月28日) …委員会の運営方針、審議体制、審議に着手
- ② 第2回(令和2年10月28日) …高度化に向けた課題の検討
- ③ 第3回(令和2年11月25日) …高度化に向けた課題の検討、作業班報告書案の審議
- ④ 第4回(令和2年12月21日～25日:メール審議) …作業班報告書の取りまとめ

情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員名簿(敬称略)

参考

主 専 門 委 員	査 員	安藤 真	東京工業大学 名誉教授
主 専 門 委 員	査 代 理 員	豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター 研究センター長
委 員		森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
主 専 門 委 員		秋山 裕子	富士通株式会社 共通技術開発統括部 ソフトウェア化技術開発室長
		飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター ICTリサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
		伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
		河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学 未来情報通信医療社会基盤センター長
		児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
		齋藤 一賢	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
		田中 秀一	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
		田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナルテクノロジー オフィサー
		土田 健一	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 部長
		日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
		藤井 威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授
		藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 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
		松尾 綾子	株式会社東芝 情報通信プラットフォーム研究所 ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主幹
		三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
		三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
		吉田 貴容美	日本無線株式会社 新規事業開発本部 新規事業開発企画部 シニアエキスパート

基幹系無線システム作業班 構成員名簿(敬称略)

参考

【主任】	前原 文明	早稲田大学 理工学術院 情報通信学科 教授
	飯塚 正孝	株式会社サイバー創研 主幹コンサルタント
	市川 正樹	日本電気株式会社 ワイヤレスアクセスソリューション事業部 マネージャー
	伊藤 泰成	KDDI株式会社 技術企画本部 電波部 管理グループ マネージャー
	小野沢 庸	ノキアソリューションズ&ネットワークス合同会社 海外技術標準化 シニアスペシャリスト
	小山 祐一	ソフトバンク株式会社 モバイル技術統括 ソリューションシステム開発本部 業務システム開発部 担当課長
	岸 博之	東京都 総務局総合防災部防災通信課統括課長代理
	北 直樹	一般社団法人電波産業会 固定系将来展望調査研究会 作業班 主任
	工藤 友章	日本電業工作株式会社 社会インフラ事業部システム部 部長
	熊丸 和宏	日本放送協会 技術局 計画管理部
	小泉 聡	NECプラットフォームズ株式会社 ワイヤレスシステム事業部 事業部長代理
	小嶋 正一	国土交通省 大臣官房技術調査課電気通信室 企画専門官
	小林 真也	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 プロダクト本部 プロダクト部 技師
	関野 昇	電気興業株式会社 ワイヤレス研究所 主任研究員
	武田 浩一郎	富士通株式会社 ワイヤレスシステム事業部 アシスタントマネージャ
	渡来 祐一	日本無線株式会社 ソリューション事業部 無線インフラ技術部 マイクロ波システムグループ(グループ長)
	拮石 康博	UQコミュニケーションズ株式会社 CSR部門 渉外部 渉外グループマネージャ
	藤井 康之	東芝インフラシステムズ株式会社 府中事業所 放送・ネットワークシステム部 通信システム機器設計第1担当 エキスパート
	本多 美雄	エリクソン・ジャパン株式会社 標準化・レギュレーション担当部長
	前田 規行	株式会社NTTドコモ 電波部 電波技術担当課長
	宮城 利文	日本電信電話株式会社 情報ネットワーク総合研究所 アクセスサービスシステム研究所 無線エントランスプロジェクト 主幹研究員