

2. 4GHz帯無線LAN等の技術基準等の 見直しに係る報告

令和5年3月13日
陸上無線通信委員会
5. 2GHz帯及び6GHz帯無線LAN作業班
2. 4GHz帯無線LAN等技術基準見直しアドホックグループ

目 次

第 1 章 検討の背景	4
1. 1. 検討事項	4
1. 2. アドホックグループの構成	4
1. 3. 検討経過	4
第 2 章 2.4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準の見直しについて	5
2. 1. 技術基準の目的と見直しの観点	5
2. 2. 割当周波数及び周波数の許容偏差	8
2. 3. 占有周波数帯幅の許容値	9
2. 4. 拡散帯域幅及び拡散率	10
2. 5. 不要発射の強度の許容値	17
2. 6. 空中線電力	18
2. 7. 空中線電力の許容偏差	29
2. 8. 周波数滞留時間	30
2. 9. 空中線の絶対利得	31
2. 10. 水平面の主輻射の角度幅	33
2. 11. 副次的に発する電波等の限度	45
2. 12. 混信防止機能	46
2. 13. キャリアセンス	47
2. 14. 通信方式	48
2. 15. 変調方式	49
第 3 章 2.4GHz 帯無線 LAN 等の試験方法の見直しについて	50
3. 1. 試験方法の見直しの観点	50
3. 2. 一般事項	50
3. 2. 1. 試験場所の環境条件	50
3. 2. 2. 電源電圧	51
3. 2. 3. 試験周波数	51
3. 3. 周波数の偏差	52
3. 4. 占有周波数帯幅	52
3. 4. 1. 無線 LAN/Bluetooth Low Energy	52
3. 4. 2. Bluetooth Classic	53
3. 5. スプリアス発射又は不要発射の強度	54
3. 6. 空中線電力の偏差	56
3. 6. 1. 無線 LAN	56
3. 6. 2. Bluetooth Low Energy	58
3. 6. 3. Bluetooth Classic	59
3. 7. 副次的に発する電波等の限度	61
3. 8. キャリアセンス機能（無線 LAN（40MHz））	61
3. 9. 送信空中線の絶対利得及び主輻射の角度幅	61
3. 10. 混信防止機能	61
3. 11. ホッピング周波数滞留時間（Bluetooth Classic）	62
第 4 章 検討結果	64
4. 1. 無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準及び試験方法について	64
4. 2. 今後の検討課題	64
別表	65
参考資料	66

第 1 章 検討の背景

1. 1. 検討事項

2. 4GHz 帯を利用する無線 LAN 等の技術基準・試験方法を見直すため、欧米の技術基準や近年の技術動向を踏まえた我が国の技術項目の必要性、代替可能性等について検討した。

1. 2. アドホックグループの構成

本検討のため、5. 2GHz 帯及び 6 GHz 帯無線 LAN 作業班の下に、2. 4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準見直しアドホックグループ（以下「アドホックグループ」という。）を設置し、検討を実施した。アドホックグループの構成は別表のとおりである。

1. 3. 検討経過

アドホックグループにおける検討

① 第 1 回（令和 4 年 11 月 29 日）

検討開始に至る経緯説明があり、その後各構成員から技術基準及び試験方法の見直し案の説明があった。また、今後のアドホックグループの進め方等について検討を行った。

② 第 2 回（令和 4 年 12 月 12 日）

欧米データの活用の可能性について、過去の「無線 LAN 等の欧米基準試験データの活用の在り方に関する検討会」において整理された事項について確認があり、論点の整理がなされ、更に技術基準策定の考え方について説明があった。それを踏まえ、次回の会合までに、各構成員に向けて、各技術基準の項目について、削除の可否、削除による認証上の効果及び削除によるイノベーション促進の効果についてアンケートを実施することとした。

試験方法についても、論点整理から得た確認事項についてアンケートを実施することとした。

③ 無線 LAN 等の技術基準及び試験方法の各項目に係る見直しの可能等について令和 4 年 12 月 19 日から 12 月 28 日の間、アンケートを実施した。

④ 第 3 回（令和 5 年 1 月 17 日）

技術基準の見直しの方向性については、項目毎の各規格等での規定状況、各構成員からのアンケートの結果及びアンケートの結果を踏まえた技術基準の見直しの可否についてまとめた。また、低利得アンテナを用いた場合の空中線電力の見直し案が構成員から提示され、あわせて検討することとなった。

試験方法の見直しについては、アンケートの結果を踏まえて議論が行われ、試験方法の見直し案を改めて検討することとなった。

⑤ 第 4 回（令和 5 年 2 月 22 日）

技術基準及び試験方法の見直しについて、報告案をとりまとめた。

第 2 章 2. 4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準の見直しについて

2. 1. 技術基準の目的と見直しの観点

電波法（昭和 25 年法律第 131 号。以下「法」という。）において、技術基準は、法第 1 条に規定される目的を達成するために、主に以下の理由から電波法令に規定されている（今泉至明（2022）「電波法要説」一般社団法人情報通信振興会より）。

（１）無線局の通信目的の達成

無線局は、開設目的を十分達成しうる無線設備の能力がなければならないため、一定の技術基準を満たしている無線設備が必要となる。

（２）他局への妨害排除

空間を共有の通路として伝達される無線通信は電波の質を中心として一定の基準に達していなければ他局への妨害は必至であり、通信秩序の維持すらも困難となるため、厳格な技術条件が要求される。

（３）電波の規律上の要件

電波の適正利用に関する施策又は個々の無線局の管理（周波数の指定等）にあたっては、無線設備の技術基準を前提としなければならないことが多い。

これらの目的・意義を達するため、無線局を開設・運用しようとする者は電波を利用する上で必ず技術基準を守る必要があり（強制基準）、かつ技術基準適合命令（法第 71 条の 5）等の行政行為の根拠ともなっている。

また、技術基準があることにより免許を要しない無線局（無線 LAN/Wi-Fi、Bluetooth、コードレス電話、ワイヤレスマイク等）や携帯電話では、利用者が、使用する電波の周波数帯やその技術、他の無線局との混信を意識せずに、安心して無線設備を購入・利用することができる。

そのため、国は国際的に流通する無線設備の技術基準を定めるに際しては、特に電波に関係のある条約（ITU、ICAO、IMO 等）のほか、国際的に流通する無線設備の技術標準（IEEE、Bluetooth、3GPP 等）、全世界をサービスエリアとする衛星通信システムの規格（インマルサット等）などと整合させることにより、国際的に調和を取りつつ、技術の進歩に迅速に対応することが適当である。

さらに、技術基準適合証明等の認証取得台数が年間約 1.4 億台（令和 2 年度時点）の規模である 2. 4GHz 帯無線 LAN 及び Bluetooth（以下「無線 LAN 等」という。）については、その技術基準の見直し等に係る強い要望が寄せられている状況にある。

これらの目的・意義を踏まえ、技術基準の見直しにあたり、電波の公平かつ能率的な利用を確保する上で必要な項目・値のみで表現し、技術進歩に対し、柔軟に対応する必要がある。また、規定の必要性が少なくなった技術基準の項目・値は速やかに見直し、整理、削減することが適当であるとし、次の考え方を踏まえ、無線 LAN 等の技術基準の必要性等を検討した。

- 無線 LAN 等の技術基準の項目は、どのような背景や理由で定められているものであるのか、電波の公平かつ能率的な利用を確保するための条件、無線通信を成立させるための条件、他の無線局との共用のための条件、欧米の技術基準と違いがあっても日本国民にとって恩恵があるのか等々何のためにあるのか。
- 無線 LAN 等の技術基準の項目は、電波法のほかに、規定又は記載されているものはあるのか。なお、その際に、国内外、規定のレベル、法的強制力等々は問わない。
- 無線 LAN 等の技術基準の項目は、電波法に規定しない場合、どのようなことが懸念又は課題となるのか。電波管理、行政措置、認証制度、MRA、製造業者・輸入業者・販売業者の義務と責任、利用者の責任等々の幅広い観点から懸念・課題はあるのか。
- 無線 LAN 等の技術基準の項目が電波法に規定がない場合の懸念や課題は、解決することが可能なのか。緩和する一方で国民保護の観点から強化すべき事項があるのか。民間標準化機関の策定プロセスとの関係の整理が必要なのか。

今回の技術基準の見直しについては技術基準の項目と対応する規則との関係を表1に示す。

表1 関係する技術基準の項目

周波数について	割当周波数	○無線設備規則第49条の20
	周波数の許容偏差	○無線設備規則第5条 別表第1号
	占有周波数帯幅の許容値	○無線設備規則第6条 別表第2号
	拡散帯域幅	○無線設備規則第49条の20第1号チ
	拡散率	○無線設備規則第49条の20第1号リ
スプリアスについて	不要発射の強度の許容値	○無線設備規則第7条 別表第3号第26項
出力について	空中線電力	○無線設備規則第49条の20第1号ホ
	空中線電力の許容偏差	○無線設備規則第14条第7号
周波数ホッピングについて	周波数滞留時間	○無線設備規則第49条の20第1号ヌ
送信空中線	空中線の絶対利得	○無線設備規則第49条の20第1号ヘ
	水平面の主輻射の角度幅	○無線設備規則第49条の29第1号ヘ
受信機について	副次的に発する電波等の強度	○無線設備規則第24条第2項第1号
混信防止機能等について	混信防止機能	○無線設備規則電波法第4条第1項第3号
	キャリアセンス機能	○無線設備規則第9条の4第5号
信号の伝送について	通信方式	○無線設備規則第49条の20第1号ロ
	変調方式	○無線設備規則第49条の20第1号ハ

2.2. 割当周波数及び周波数の許容偏差

「割当周波数」は、無線局に割り当てられた周波数帯の中心の周波数を定める基準である。本基準は、欧州（EN300 328 V2.2.2。以下この章において同じ。）や米国（47CFR FCC Part15 Subpart C。以下この章において同じ）、さらには IEEE 802.11 や Bluetooth SIG でも規定があり、日本独自の基準ではない。

「周波数の許容偏差」は、割当周波数からの許容することができる最大の偏差又は発射の特性周波数（与えられた発射において容易に識別し、かつ、測定することのできる周波数）の基準周波数からの許容することができる最大の偏差を定める基準である。本基準は、欧州や米国では規定されていないが、IEEE 802.11 や Bluetooth SIG では規定されており、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると占有周波数帯幅の範囲を過度に逸脱する送信信号を許容するため、帯域外漏えい電力が増大することにつながり、隣接システムに悪影響を及ぼす干渉を放射する懸念される（標準化団体）やサブキャリアの間隔の1／2以上、周波数がずれていると隣接サブキャリアと誤認識する恐れがあることから、回線品質に係る懸念がある（メーカー）との意見があった。

議論の結果、同一周波数帯のシステム（以下、「同一システム」という。）や隣接周波数帯のシステム（以下、「他システム」という。）への有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

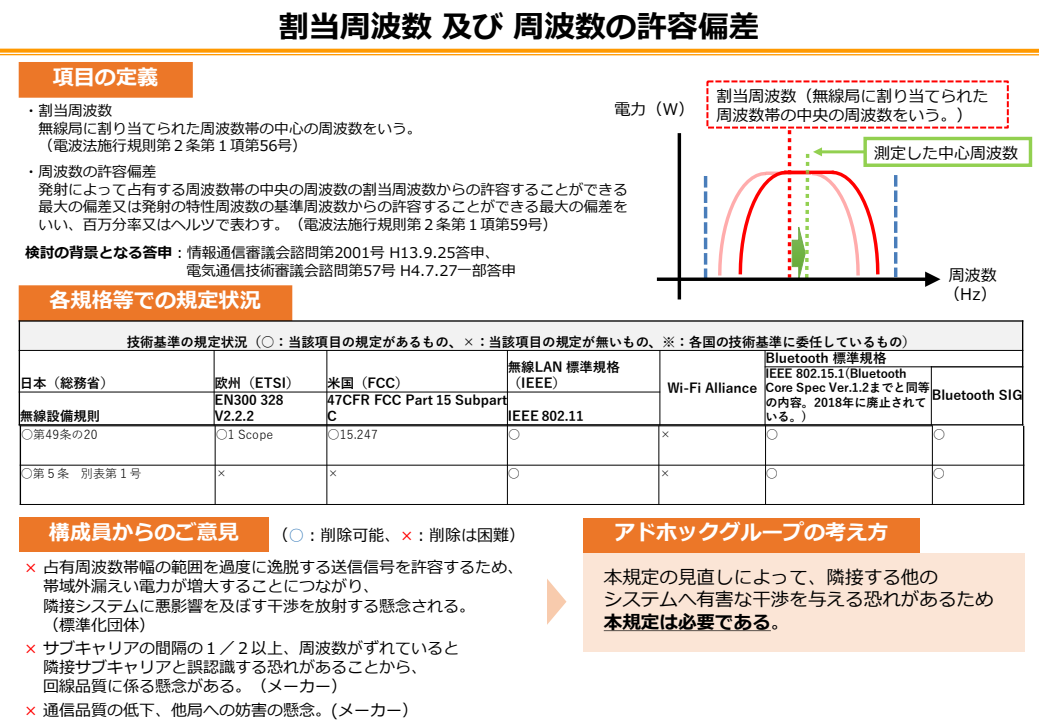


図1 技術基準における割当周波数及び周波数の許容偏差の見直し

2.3. 占有周波数帯幅の許容値

「占有周波数帯幅の許容値」は、輻射される平均電力が全平均電力の99%に等しい周波数幅を定める技術基準である。本基準は、欧州並びに IEEE 802.11 及び Bluetooth SIG で規定されており、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると帯域が広がった場合、隣接チャネルへの妨害につながる恐れがある（メーカー）、この技術基準がなくなること、全体域を占有するシステムが乱立し、互いに干渉を及ぼし合い、周波数が有効利用できなくなる懸念がある（標準化団体）という意見があった一方で、無線 LAN ロゴ又は Bluetooth ロゴがある場合、この技術基準が存在しない懸念点はない（メーカー）との意見があった。

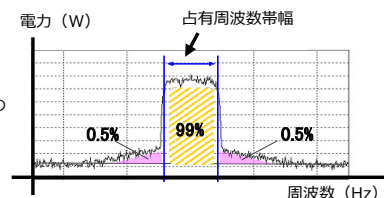
議論の結果、本規定の見直しによって、同一システムや他システムへの有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

占有周波数帯幅の許容値

項目の定義

その上限の周波数をこえて輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の〇・五パーセントに等しい上限及び下限の周波数帯幅をいう。
ただし、周波数分割多重方式の場合、テレビジョン伝送の場合等〇・五パーセントの比率が占有周波数帯幅及び必要周波数帯幅の定義を実際に適用することが困難な場合には、異なる比率によることができる。
（電波法施行規則第2条第1項第61号）

検討の背景となる答申：情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況（○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの）						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格（IEEE 802.15.1/Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。）	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第6条 別表第2号	EN300 328 V2.2.2 ○4.3.1.8.3(FH) 4.3.2.7.3(非FH)	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			

構成員からのご意見

（○：削除可能、×：削除は困難）

- × 広がった場合、隣接チャネルへの妨害につながる恐れがある。（メーカー）
- × DSSS/OFDMに対しては、802.11標準に準拠する形で帯域が制限されており、限られた帯域を周波数を分けることで多数の端末が共存する為の規則として意義がある。この技術基準がなくなること、全体域を占有するシステムが乱立し、互いに干渉を及ぼし合い、周波数が有効利用できなくなる懸念がある。（標準化団体）
- 無線LAN又はBluetoothの場合は、Wi-FiロゴやBTロゴがあれば、占有周波数帯幅のルールを守った機器であるため懸念はない。（メーカー）

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一システムや他のシステムへの有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である**。

図2 技術基準における占有周波数帯幅の許容値の見直し

2.4. 拡散帯域幅及び拡散率

「拡散帯域幅」は、その上限の周波数を超えて輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の5%に等しい上限及び下限の周波数帯幅を定める技術基準である。本基準は、米国及びIEEE 802.11において規定されており、日本独自の基準ではない。

「拡散率」は、拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値を定める技術基準である。本基準は、米国及びIEEE 802.11において規定されており、日本独自の基準ではない。

小電力データ通信システムにおける拡散帯域幅及び拡散率に関しては、「無線 LAN システムの技術的条件」(平成3年7月22日諮問第57号)において審議され、平成4年7月27日に答申された「準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線 LAN システム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線 LAN システムの技術的条件」の際の電気通信技術審議会無線 LAN システム委員会の報告書(別添抜粋参照)において最初の考え方が示され、平成11年3月23日に答申された「準マイクロ波帯の周波数を利用する無線 LAN システムの高度化のための技術的条件」の一部答申、また「2.4GHz 帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」(平成13年3月28日諮問第2001号)に対する平成13年9月25日の答申における2.4GHz 帯高度化方策委員会の報告書で見直しが行われた。いずれの報告書においても国際標準等の国際動向を踏まえた議論であったが、あらためて技術的観点から必要性を検討する。

これらの技術基準の対象は、スペクトル拡散方式(直接拡散方式、周波数ホッピング方式若しくはこれらの複合方式又は直交周波数分割多重及び周波数ホッピングの複合方式をいう、以下同じ)を使用する無線設備である。

このスペクトル拡散方式は、元の信号の周波数帯域の何倍も広い帯域に信号を拡散して送信することにより、ノイズの影響や他の通信との干渉を低減し、通信の秘匿性を高めることができることが特徴である。

もし、特定の周波数に滞留して信号を送信するなどスペクトル拡散方式の特徴的な送信と違った方式である場合、それはスペクトル拡散方式の無線設備ではないととらえることが適当である。

本項目について構成員へのアンケートでは、規定を削除すると占有周波数帯幅の許容値で99%の電力が集中する帯域幅が定義されているため、本規定が存在しない場合であっても他の無線通信システムに対する干渉の及ぼす範囲は定義されていることとなり、影響は極めて低いものと考えられる(標準化団体)との回答があった一方で、Bluetoothに関しては、AFH(Adaptive Frequency Hopping)の適用時など、全てのチャネルを利用するわけではないため、周波数共用の条件を担保するため不可と考える(メーカー)との慎重な意見があった。

議論の結果、スペクトル拡散方式を使用する無線設備の拡散帯域幅及び拡散率の技術基準をなくしたとしても、占有周波数帯域幅や空中線電力の値は今回見直さないため、他の無線局との周波数の共用条件に変化は生じないことから、拡散帯域幅及び拡散率の値を定める技術基準を削除しても特段の支障はないものとする。なお、特定の周波数にとどまって送信する無線設備の占有周波数帯幅は最大26MHz、空中線電力は10mW以下が適用されることとなり、さらに、特定の周波数に滞留して次の周波数

へ移動する事例に対しては、周波数滞留時間の技術基準を引き続き残すことにより、懸念はないものと考えたとの結論とした。

拡散帯域幅 及び 拡散率

項目の定義

- ・ 拡散帯域幅
その上限の周波数を超過して輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の五パーセントに等しい上限及び下限の周波数帯幅をいう。（無線設備規則第49条の20第1項）
- ・ 拡散率
拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値
（無線設備規則第49条の20第1項）

検討の背景となる答申：電気通信技術審議会諮問第57号 H4.7.27一部答申

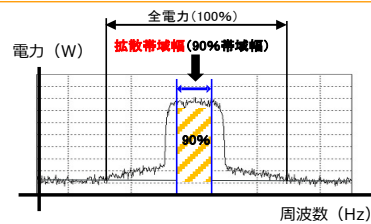
各規格等での規定状況

技術基準の規定状況（○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの）						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格 IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver. 1.2 までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			
○第49条の20第1号イ	×	○15.247(a)(1)(FHF) 15.247(a)(2)(非FHF)	○	×	×	×
○第49条の20第1号ロ	×	○15.247(a)(1)(iii)(FHF)	○	×	×	×

構成員からのご意見

（○：削除可能、×：削除は困難）

- 占有周波数帯幅の許容値で99%の電力が集中する帯域幅が定義されているため、本規定が存在しない場合であっても干渉の及ぼす範囲は定義されていることとなり、影響はほぼないものと考えられる。（標準化団体）
- 現行の無線システムにおいては、拡散帯域幅／拡散率の規定がないことの問題は特にないと考えます。（シンクタンク）
- 無線LAN等の黎明期の周波数有効利用の観点からの技術基準と思われる、現時点では不要と考えられる。（登録証明機関）
- 占有周波数帯幅の規定があるので、拡散帯域幅は特に必要ないのではないかと考えます（メーカー）
- × 通信品質の低下及び他局への妨害（メーカー）
- × Bluetoothに関しては、AFH適用時など、全てのチャネルを利用するわけではないため、周波数共用の条件を担保するため削除できないと考える。（メーカー）



アドホックグループの考え方

スペクトル拡散方式を使用する無線設備の拡散帯域幅及び拡散率の技術基準をなくしたとしても、占有周波数帯幅や空中線電力の値は今回見直さないため、他の無線局との周波数の共用条件に変化は生じないことから、**本規定は削除可能である。**

図3 技術基準における拡散帯域幅及び拡散率の見直し

FCC Regulationにおけるスペクトラム拡散方式の規定及び考察

1 あらまし

規定の参考とするため、FCC RegulationのPart15.247の規定を考察した。国際協調の観点からは、日本の場合も、可能な限りこれに準じる規定が望ましい。

なお、本資料の訳文は、(財)機械電子検査検定協会内安全問題研究会発行の、連邦通信委員会(FCC)規則 第15章 無線周波機器 より抜粋させていただいた。

§ 15. 247 902-928MHz, 2400-2500MHz, 及び5725-5850MHz帯域内における運用

(a) 本節の規定に基づく運用は、次の規格を満足する周波数ホッピング及びダイレクト・シーケンス周波数拡散意図放射機器に限られる；

(1) 周波数ホッピングシステムについては、最低25kHz、又はホッピング・チャンネルの20dB帯域幅の、いずれか広い周波数だけ離れているホッピング・チャンネル搬送周波数を持っていること(ア)。このシステムにおいては、ホッピング周波数の擬似無作為抽出順序から得られたシステム・ホッピング率によって選択されたチャンネル周波数でホップすること(イ)。各送信機によって平均的に等しく各周波数を使用しなければならない(ウ)。システム受信機は、それに対応する送信機のホッピング・チャンネル帯域幅に合った入力帯域幅を持ち、送信信号と同期が得られる周波数シフトが行えるものであること(エ)。

(i) 周波数帯域902-928MHzで使用される周波数ホッピング・システムについては、せめて50のホッピング周波数を使用すること(オ)。ホッピング・チャンネルの最大許容されている20dBの帯域幅は500kHzであること(カ)。任意の周波数を占有する平均時間は、20秒の期間において、0.4秒を越えないこと(キ)。

(ii) 周波数帯域2400-2483.5MHz及び5725-5850MHzを使用する周波数ホッピング・システムについては、せめて75のホッピング周波数を使用すること(ク)。ホッピング・チャンネルの最大20dB帯域幅を1MHzとすること(ケ)。任意の周波数を占有する平均時間は、30秒の期間において、0.4秒を越えないこと(コ)。

(a) の(1) に関する考察

(ア) : ホッピングチャンネルの最小間隔の規定であり、図1に示すような送信スペクトルを排除する規定である。与干渉の規制の目的ではなく、通信の品質確保の目的と考えられる。

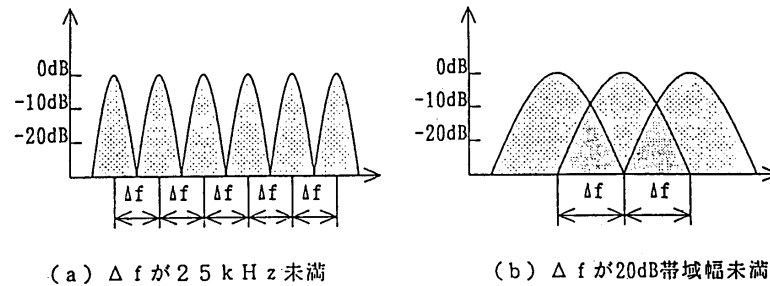


図1 FH方式において認可されない送信スペクトラム

- (イ) ～ (エ) : FH方式への一般的な要求事項である。
- (オ) 及び (ク) : ホッピング周波数の数の下限の規定であり、(ア)の規定と同時に満足するためには、最小の拡散帯域幅は900MHz帯では1.25MHz、2.4GHz帯および5.8GHz帯では1.875MHzとなる。FH方式に対しては、処理利得が規定されていないため、代わりにこの規定を設けているものと考えられる。通信の品質確保と、スペクトラム拡散方式以外の方式との周波数共用を考慮する際には、重要な規定と考えられる。
- (カ) 及び (ケ) : ホッピング・チャンネルの帯域幅の上限の規定であり、(オ) 及び (ク) の規定と利用可能な周波数帯幅に関連して決定されていると考えられる。また、この規定は、FH方式における情報信号速度の上限を規制する結果をもたらすことになる。
- (キ) 及び (コ) : 周波数占有時間に関する規定である。FH方式では、瞬時周波数の概念が存在する。したがって、ある瞬間で見ると、空中線電力の総電力の大半が、拡散帯域幅に比べて狭い周波数帯幅に集中する。そこで、他のシステムに対する干渉を抑えるため、任意の周波数を占有する時間の上限の規定が必要となる。米国のように、同一周波数帯をスペクトラム拡散方式以外のシステムと共用する場合には、重要な規定と考えられる。
- (2) ダイレクト・シーケンス・システムについては、最低6dBの帯域幅が少なくとも500kHzであること(サ)。

(a) の(2) に関する考察

- (サ) : (d) の電力密度に関する規定と同じく、他のシステムとの周波数共用を図る上で、狭い周波数帯幅内に電力が集中することを規制する目的と考えられる。
- (b) 送信機の最大ピーク出力電力は、1Wを越えないこと(シ)。6dBi以上の指向性利得の送信アンテナを使用する場合には、そのアンテナの指向性利得が、6dBを越える分

だけその電力をdB値で低減しておくこと（ス）。

(b) に関する考察

(シ) : 総電力に関する規定である。

(ス) : 送信空中線の利得に応じて総電力を低減する規定である。他のシステムに干渉を与え得る距離を一定以下に制限するために必要な規定と考えられる。

(c) これらの周波数帯域の外側における任意の100kHz帯域幅において、拡散シーケンスの変調積、情報シーケンス及び搬送周波数の無線周波電力は、一番高いレベルの希望電力を含む帯域内の任意の100kHz帯域幅内のレベルよりも少なくとも20dB低いか、15.209(a) 項に定める一般レベルのいずれか減衰量が少なくなるほうのレベルを越えないこと（セ）。

(c) に関する考察

(セ) : スプリアス発射の許容値に関する規定であり、要点は次の2点である。

- ①利用可能な周波数帯内での許容値は規定していない。
- ②100kHzで測定された電力密度を基準にしている。

(d) ダイレクト・シーケンス・システムについては、任意に1秒の期間に亘って平均した送信電力密度が、これらの帯域幅内の任意の3kHz帯域幅において8dBmを越えないこと（ソ）。

(d) に関する考察

(ソ) : 電力密度に関する規定であり、図2に示すように、スペクトラムの本数が異状に少なく、局所周波数では電力密度が極めて高くなるようなシステムを排除する狙いと考えられる。これも、(キ)及び(コ)と同様に、スペクトラム拡散方式以外のシステムとの周波数共用を図る上では重要な規定と考えられる。

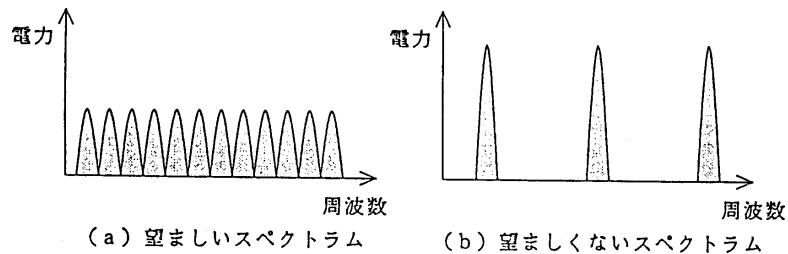


図2 総電力と占有帯域幅が等しく、密度電力が異なる2つのシステムの比較

(e) ダイレクト・シーケンス・システムの処理利得は少なくとも10dBであること（タ）。

処理利得は、受信機の復調出力端で測定した場合の、システムの拡散コードをオフにした状態での信号対雑音比と、システムの拡散コードをオンにした状態での信号対雑音比を dB で表した時の比で決定すること（チ）。

（e）に関する考察

（タ）：処理利得の下限に関する規定であり、技術的な根拠は不明であるが、スペクトラム拡散方式の良さを発揮する値の下限としては、妥当な値と考えられる。

この規定は、与干渉の規制というよりも、通信の品質を確保するための、システムに要求される規定と考えられる。したがって、国内での認可に際しては、必ずしも強制規格に含める必要は無いと考えられる。

（チ）：処理利得の定義及び測定方法について規定している。スペクトラム拡散方式の原理を踏まえれば妥当な規定であるが、受信装置の相関処理方式によっては、受信装置の復調出力の S/N の測定が極めて困難な場合が想定される。米国のように、申請者が測定方法の妥当性を立証すれば、規定された方法以外の測定方法によることも可能である場合を除いては、この測定方法の適用は困難と考えられる。

（f）ダイレクト・シーケンス及び周波数ホッピング変調技術の両方を併用したハイブリッド・システムについては、この複合技術から少なくとも $17dB$ の処理利得を得ること（ツ）。ダイレクト・シーケンスの動作をオフとした状態におけるハイブリッド・システムの周波数ホッピングの動作は、任意の周波数を占有する平均時間が、採用しホッピング周波数の数に 0.4 を掛けた値を秒で表した期間内において、 0.4 秒を越えないこと（テ）。周波数ホッピングの動作をオフとした状態におけるハイブリッド・システムのダイレクト・シーケンスの動作は、本節（d）項の電力密度要求事項を満足していること（ト）。

（（a）（1）、（b）及び（c）の改正、（d）（e）（f）の追加 1990年8月24日発第）

（f）に関する考察

（ツ）： DS/FH 方式の処理利得に関して規定している。 $17dB$ は、 FH 方式のホッピング周波数の数の下限の 50 を根拠として、 $10\log_{10}50=17$ により決定されているものと考えられる。

（テ）： DS/FH 方式の、 FH 方式の部分の周波数占有時間について規定している。より望ましい規定の方法としては、次の電力密度と関連して決定されるべきと考えられる。すなわち、 DS 方式の部分による電力密度の低減が効果的であるほど、周波数占有時間の規定を緩くするような規定方法である。

（ト）： DS/FH 方式の DS 方式の部分の電力密度について規定している。限りなく FH 方式に近い（ DS 方式による処理利得が、 FH 方式のそれに比較して十分に小さい） DS/FH 方式では、満足することが困難な場合が想定される。

欧州におけるスペクトラム拡散方式の認可動向

1 あらまし

C E P T (The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) の Working Group T/WG18 による答申 T/R 10-01 (Oslo 1991)

"RELATING TO THE HARMONIZED RADIO FREQUENCY BANDS FOR WIDE BAND
TRANSMISSION SYSTEMS USING SPREAD SPECTRUM TECHNOLOGY "

に関して調査した。

2 答申内容

(1) 無線周波数帯

2400~2500MHz 帯 (この周波数帯で各国の事情により選択)

(2) 情報信号速度

最小 250 kbps

(3) 空中線電力の総電力

尖頭電力で 100 mW (e.i.r.p.) 以下

(4) 空中線電力の電力密度

D S 方式 : 尖頭電力で 10 mW/MHz (e.i.r.p.) 以下

F H 方式 : 100 kHz の周波数帯幅での尖頭電力で 100 mW (e.i.r.p.) 以下

3 その他

詳細な技術的条件は、E T S I (The Technical Committee of the European Telecommunications Standards Institute) により審議中である。

2.5. 不要発射の強度の許容値

「不要発射の強度の許容値」は、変調時において給電線に供給される周波数ごとの不要発射の平均電力により規定される許容値を定める技術基準であり、欧州や米国で規定されていることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると帯域外への干渉許容量の上限値を規定しないことを意味し、帯域外システムに対する有害な干渉を与えることが強く懸念される。また、RR(Radio Regulations:無線通信規則)遵守の観点もあるため、本項目は削除することは不可能である(標準化団体)や別システムに対する干渉が懸念されている、他システムへの干渉への懸念(メーカー)のコメントがあった。

議論の結果、本規定の見直しによって隣接する他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

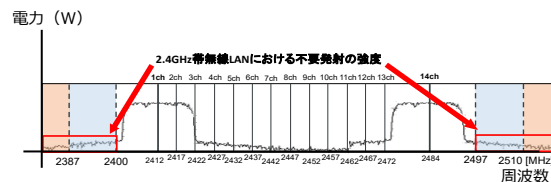
不要発射の強度の許容値

項目の定義

変調時において給電線に供給される周波数ごとの不要発射の平均電力により規定される許容値をいう。ただし、別に定めがあるものについてはこの限りでない。
(無線設備規則別表第三号 1 (2))

検討の背景となる答申：

情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本(総務省)	欧州(ETSI)	米国(FCC)	無線LAN標準規格(IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth標準規格	
無線設備規則 ○第7条 別表第3号第3項 注26	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	Bluetooth SIG	
	○4.3.1.9.3(FH) 4.3.2.8.3(非FH)	○15.247(d)、15.205(a)、 15.209(a)	※	×	※	※

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- × 帯域外への干渉許容量の上限値を規定しないことを意味し、帯域外システムに対する有害な干渉を与えることが強く懸念される。また、RR遵守の観点もあるため、本項目は削除することは不可能である。(標準化団体)
- × 主に別システムに対する干渉が懸念されます。(メーカー)
- × 他局への妨害(メーカー)
- × 隣接システムへの干渉(シンクタンク)
- × 技術基準は必須であるとする。(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、隣接する他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため
本規定は必要である。

図4 技術基準における不要発射の強度の許容値の見直し

2. 6. 空中線電力

「空中線電力」は、尖頭電力、平均電力、搬送波電力又は規格電力を定める技術基準であり、欧州や米国で規定されていることから、日本独自の基準ではない。

小電力データ通信システムにおける空中線電力に関しては、「無線 LAN システムの技術的条件」（平成 3 年 7 月 22 日諮問第 57 号）において審議され、平成 4 年 7 月 27 日に答申された「準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線 LAN システム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線 LAN システムの技術的条件」の際の電気通信技術審議会無線 LAN システム委員会の報告書（別添抜粋参照）において最初の考え方が示された。

平成 3 年頃の審議の背景としては、パソコンの普及、各種情報通信機器の出現に伴い、オフィスや工場における LAN の利用形態は多様化しており、オフィスや工場等における情報通信機能をさらに拡充するために、機能性、柔軟性に優れた無線 LAN システムの早期導入への期待が高まっている。そのため無線 LAN システムのうち、プロトコルを規定しない 2.4GHz 帯の周波数を利用する（当時としては）中速無線 LAN システム等の実用化に当たり、日本における無線 LAN システムの利用シーンを踏まえ、かつ周波数の有効利用等に配慮した技術的条件について審議を行ったとされている（図 5 参照）。

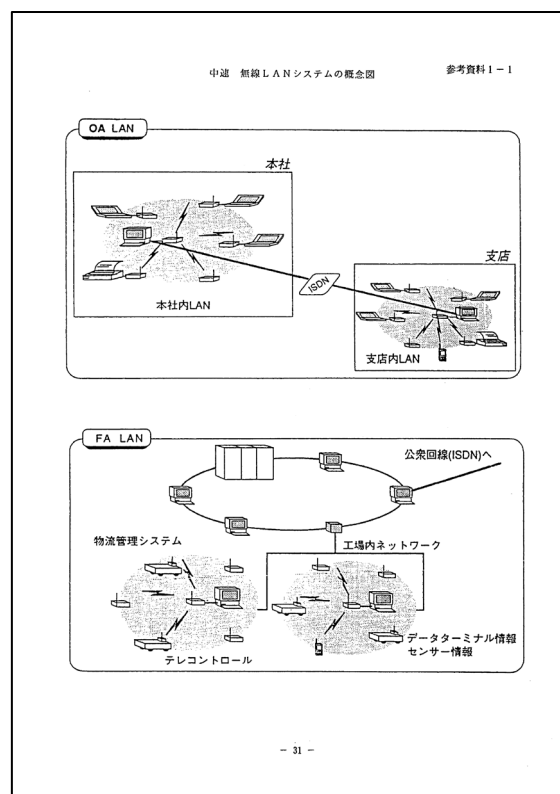


図 5 中速無線 LAN システムの概念図（平成 4 年委員会報告書から抜粋）

また、2.4GHz 帯の ISM バンドを使用することから、電子レンジ、医療用高周波設備等の運用が認可された ISM 機器から漏れ出る不要輻射電力などの干渉電力量の測定や市街地などでの電波雑音調査を実施し、それらの結果から所要空中線電力を詳細に検討した経緯が報告書に残されている。

所要空中線電力の検討

1 あらまし

伝送速度 256 kbps、室内で半径 30 m のサービスエリアを仮定し、参考資料 1 の、干渉電力の総電力の推定結果である、-68.8 dBm を用いて、所要空中線電力の推定を行った。その結果、1 MHz の帯域幅における所要空中線電力として、10 mW が得られた。

2 検討の条件

表 1

パラメータ	シンボル	仮定した条件
周波数	f	2.4 GHz 帯
所要ビット誤り率	E _b	10 ⁻³ 以下
信号伝送速度	R _d	256 kbps
拡散変調方式/情報変調方式		DS/BPSK 及び FH/BFSK
サービスエリア (距離)	d	室内にて 30 m
遅延分散	σ	20 ns (図 1)
拡散帯域幅	B _s	2.6 MHz 程度
距離 d と伝搬損失 Γ の関係		Γ = 40.23 + 20log ₁₀ d (自由空間伝搬)
干渉電力	P _i	-68.8 dBm (2471~2500 MHz での電力)
シャドローイングマージン	M _{sh}	18.1 dB (図 3)
内部損失マージン	M _{sys}	3 dB
アンテナ利得	G _a	2.14 dBi (送信、受信共)
給電線損失	L _f	1 dB (送信、受信共)

3 所要空中線電力の計算

(1) 遅延分散特性

室内伝搬を仮定した場合の遅延分散特性を図 1 に示す。100 m² 程度の比較的狭い部屋で、壁面の電力反射係数 ρ が 0.64 の場合でも、遅延分散 σ は 20 ns 程度である。

(2) E_b/N₀

ア DS 方式

同期検波の BPSK を仮定し、レイリーフェージング下での、平均誤り率のシミュレーション結果を図 2 に示す。拡散符号速度を 1.3 Mcps (chips per second) と仮定し、(1) の遅延分散の値から、図 2 の横軸の正規化帯域幅 σ/T は、

$$\begin{aligned}\sigma/T &= 20 \times 10^{-9} / (1.3 \times 10^6)^{-1} \\ &= 2.6 \times 10^{-1} \quad [\text{s/s}] \quad (1)\end{aligned}$$

となる。したがって、BERを 10^{-3} とした場合の所要の E_b/N_0 は、図2より20dBとなる。

イ FH方式

FH-BFSK (Binary-FSK) を仮定し、レイリーフェージング下で、各周波数に相関が無い場合の誤り率特性を図4に示す。3:2の多数決判定を採用した場合の E_b/N_0 は22dBとなる。次に、(1)の遅延分散が与えられた場合の相関帯域幅 B_{cor} は、

$$\begin{aligned} B_{cor} &= 1/\sigma \\ &= 1/20 \times 10^{-9} \\ &= 50 \quad [\text{MHz}] \end{aligned} \quad (2)$$

となり、50MHz離れた周波数における相関係数 ρ が0.5となる。想定する周波数帯幅は26MHz程度であるので、相関係数は0.9程度と考えた方が良く、図5より E_b/N_0 として27dBを得る。

(3) 干渉を考慮した場合の所要受信電力

参考資料1により、2471~2500MHzでのISM装置からの干渉電力 P_i は95%の信頼度で-68.8dBmと推定される。

したがって、単位周波数あたりの干渉電力 P_{di} は、

$$\begin{aligned} P_{di} &= P_i - 10\log_{10}(29 \times 10^6) \\ &= -68.8 - 24.6 \\ &= -143 \quad [\text{dBm/Hz}] \end{aligned} \quad (3)$$

で与えられ、1MHzあたりの所要受信電力 P_{rd} は、式(4)で与えられる。

$$\begin{aligned} P_{rd} &= E_b/N_0 + 10\log_{10}R_d + P_{di} + M_{sh} \\ &\quad + M_{sys} - 10\log_{10}B_s + 50 \quad [\text{dBm}] \end{aligned} \quad (4)$$

$B_s = 26 \times 10^6 \text{ Hz}$ とした場合の計算結果を表2に示す。

表2 干渉を考慮した場合の所要受信電力

変調方式	信号伝送速度 [k b p s]	所要受信電力 $P_{rd}[\text{dBm/MHz}]$
DS/ BPSK	9.6	-76.2
	32	-71.0
	256	-62.0
FH/ BFSK	9.6	-69.2
	32	-64.0
	256	-55.0

- (4) 干渉を考慮した場合の所要空中線電力
 所要空中線電力 P_{td} は、次の式で与えられる。

$$P_{td} = P_{rd} + \Gamma + L_{ft} + L_{fr} - G_{at} - G_{ar} + M_m \quad [\text{dBm}] \quad (5)$$

所要サービスエリアを屋内で 30 m とした場合の伝搬損失 Γ は、

$$\begin{aligned} \Gamma &= 40.23 + 20 \log_{10} 30 \\ &= 69.77 \quad [\text{dB}] \end{aligned} \quad (6)$$

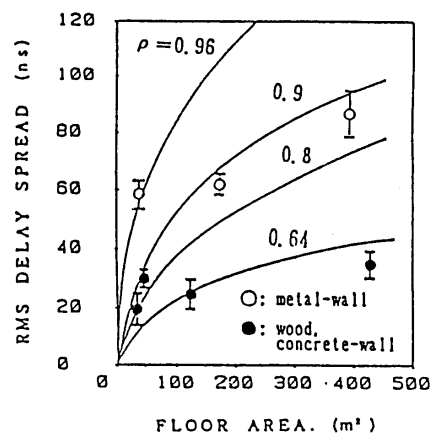
である。 P_{td} の計算結果を表 3 に示す。

表 3 I S M 装置からの干渉を考慮した場合の所要空中線電力

変調方式	信号伝送速度 [k b p s]	所要空中線電力 $P_{td} [\text{dBm/MHz}]$
D S / B P S K	9.6	-5.7
	32	-0.5
	256	8.5
F H / B F S K	9.6	2.3
	32	6.5
	256	15.5

D S 方式で 256 k b p s の情報伝送速度で、拡散帯域幅を 2.6 MHz と仮定した場合の 1 MHz あたりの所要空中線電力は、8.5 dBm 程度必要である。また、F H 方式の場合は、同条件で 15.5 dBm 程度が必要となる。D S 方式と F H 方式の差は、所要 E_b/N_o の差が 7 dB であることに起因しているが、伝送速度を 72 k b p s とすれば所要 C/N は 5.5 dB 小さくなり、所要空中線電力は 10 dBm となる。

したがって、1 MHz あたりの所要空中線電力は、D S 方式及び F H 方式に対して概ね 10 dBm (10 mW) となる。



床面積と遅延スプレッド
Relation between rms delay spread and floor area.

図 1

IEICE 論文誌 B-Ⅱ Vol. J73-B-Ⅱ
No. 5 pp. 261-264 1990年 5月

正規化帯域幅 (遅延分散) に対する E_b/N_0 特性 (計算値)

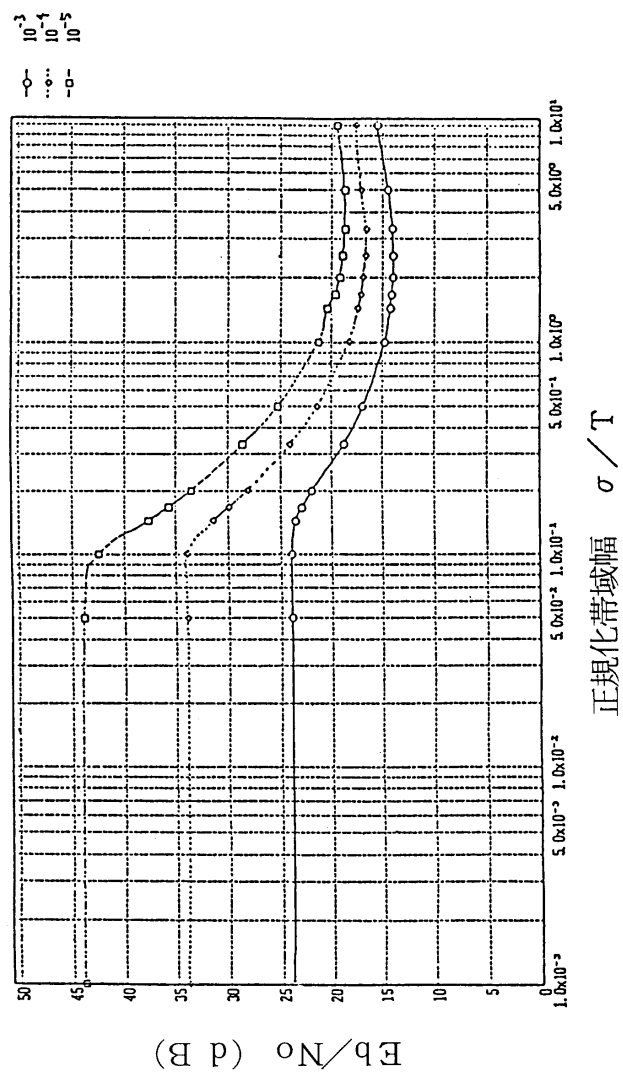


図 2

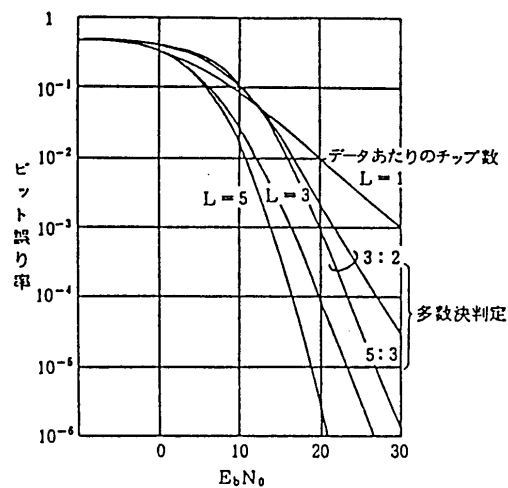
IEICE 信学技報 Vol. 91 No. 509 SST91-45 1992年 3月10口

Shadowing Effects of Common
Factory Equipment (1,300 MHz)

Shadowing Effects of Common Factory Equipment	
Obstacle Description	Attenuation (dB)
2.5 m storage rack with small metal parts (loosely packed)	4-6
4 m metal box storage	10-12
5 m storage rack with paper products (loosely packed)	2-4
5 m storage rack with paper products (tightly packed)	6
5 m storage rack with large metal parts (tightly packed)	20
Typical N/C machine	8-10
Semi-automated Assembly Line	5-7
0.6 m square reinforced concrete pillar	12-14
Stainless Steel Piping for Cook-Cool Process	15
Concrete wall	8-15
Concrete floor	10

Fig 3

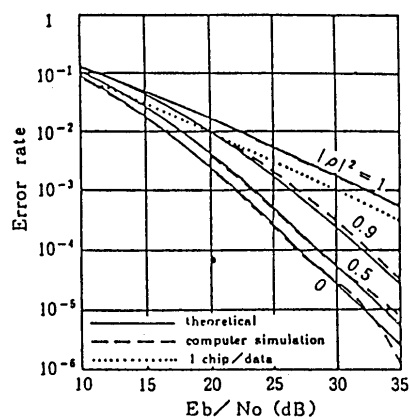
IEEE Commu. Magazine, pp.15-24, May 1989



FH-BFSKの最大比合成による
ビット誤り率²⁾
(レイリーフェージング下)

図 4

電波季 26-139, pp.659-670, 1980



チップ間相関係数をパラメータとした
3 : 2 多数決判定後のビット誤り率⁴⁾

図 5

IEEE Trans. Commun. COM-30-5, pp.1052-1056, 1982

その後も諸外国の制度見直しや IEEE などの国際規格の動向を踏まえながら、新たな変調方式等の技術の導入にあわせた技術的条件と既存の無線通信システムとの共用条件が平成 11 年、平成 13 年と慎重に審議されてきている。

表 2 欧州における 2.4GHz 帯の出力規定に関する経緯

1990 年 CCIR Question 142/9 Radio Local Area Networks (RLANs)	CCIR(現在の ITU-R)で RLAN の Compatibility Study を含む研究(Question 142/9)開始。
1991 年 CEPT ERC Report1 Harmonization of frequency bands to be designated for radio local area networks (RLANs)	CEPT/ERC(現在の ECC)が、RLAN の周波数の調和に関する報告書を発行。RLAN システムの想定されるカテゴリの 1 つとして、低マイクロ波帯でスペクトラム拡散技術を用いたシステムを提案。
1991 年(1992 年更新) CEPT ERC 勧告 T/R 10-01 Wide Band Data Transmission Systems using Spread-Spectrum Technology in the 2.5 GHz band	2.4GHz 帯の ISM 帯におけるスペクトラム拡散技術による広帯域データ伝送システムの利用が、スペクトラムの可用性、帯域幅、建物の浸透性の観点で最良の手段であると判断。 ・ 周波数帯、免許不要、非干渉/非保護の条件は先行して制度化した米国と整合。 ・ 一方、当時欧州で検討が進んでいた 5GHz 帯及び 17.1~17.3GHz 帯の中・高速通信向け無線 LAN(HIPERLAN)や、RLAN システムとして競合する 1.9GHz 帯の DECT システムとの関係を考慮して、出力の許容値は 20dBm(100mW)と低く抑えられた。
1997 年 ITU-R 勧告 F.1244 Radio Local Area Networks (RLANs)	1990 年の Question 142/9 に対する ITU-R の勧告。 2.4GHz 帯における Compatibility Study に関する情報は含まれなかった。
1997 年 CEPT ERC 勧告 70-03	免許不要の SRD 機器の技術基準、法的枠組み、周波数帯を定めた ERC 勧告 70-03 を採択し、この中に RLAN を組み込み、RLAN を SRD として再定義。(技術基準自体は CEPT ERC 勧告 T/R 10-01 と同じ。)
2000 年 ETSI 要請	ETSI は CEPT ERC に対し、100mW の送信電力で指向性アンテナを使用した場合、500mW までの EIRP を認めるよう現行の規制を変更するよう要請。しかし、ERC は 2.4GHz 帯のさらなる過密の原因となるとしてこの要請に同意せず。
2004 年 CEPT ECC Report 57 (O)RLANs in the Frequency band 2400 – 2483.5 MHz	2.4GHz 帯 RLAN における指向性アンテナの利用による許容値を超えた違法運用について加盟国に注意喚起。 ・ 仮に、7dBi の指向性アンテナを使って EIRP を 500mW に上げた場合、①動作距離が 2 倍となり既存サービスに対する干渉の可能性が高くなる、②周波数帯のノイズレベルが増加するため周波数帯のサービス品質が低下する点を懸念点として挙げている。

表 3 米国における 2.4GHz 帯の出力規定に関する経緯

1981 年 調査告示	FCC がスペクトラム拡散技術の民間利用に関する制度化について意見募集を実施。
1984 年 追加調査告示 立法案告示	上記意見募集を踏まえて、スペクトラム拡散技術の制度化について、以下の 3 つのオプションを提示。 (1)要免許の警察無線サービス向け機器として、47CFR FCC 規則 Part 90(私設陸上移動無線業務)の下で開放 (2)免許不要で 70MHz 超周波数帯における低出力機器として、47CFR FCC 規則 Part 15(意図的放射器)の下で開放 (3) ISM 帯(902-928MHz, 2,400-2,483.5MHz 5,725-5,875MHz)における高出力機器に開放 (上限出力や適用する規則(Part15 または要免許など)についても意見を求めた)
1985 年 報告及び決定	再度の意見募集を踏まえて、上記の 3 つのオプションについて以下のように決定。 (1)採用 (2)撤回(テレビ業界、消費者製品メーカーから TV サービス品質の著しい低下の可能性について懸念が示されたため) (3) 一部方針を変更して採用(最大出力は 1W とし、Part 15 の下で 902-928MHz, 2,400-2,483.5MHz, 5,725-5,850MHz に開放) 1984 年の(3)についての産業界からの反応 ・ 同周波数帯での運用を許可された他のシステムに干渉を与えないという前提での利用に大きな反対はなし。 ・ 出力に関しては、 米国商務省電気通信情報局(NTIA)が上限 10W、GE が上限 7W を提案。 ・ 一方、GE は従来他のシステムからの干渉に対して一定の保護の下で運用されてきた無線通信システムに ISM 帯を開放することに対して一定の懸念も示す。(いずれ ISM 機器からの干渉の保護を求める嘆願が起りかねないという点において) ・ COMSAT が 5,850~5,875MHz の固定衛星サービス(FSS)への干渉の可能性について懸念を示す。 (3)の FCC の決定とその考え方

	- FCC は GE の懸念を評価し、高出力の通信機器を ISM 帯に開放することは低出力機器を許可する 47CFR FCC 規則 Part 15 の本来の目的に沿わないとして、方針を転換。出力の上限を 1W まで引き下げた。 - 他の通信システムに比べれば 1W も十分高いレベルであるが、エネルギーが広帯域に拡散することで 1W の出力は正当化され、他の許可されたユーザと干渉する可能性は小さいとの考えを示した。 - COMSAT のコメントを受けて、5,850-5,875MHz は除外。
1989 年 立法案告示	1985 年の制度化以降、FCC に産業界から多くの問い合わせ・嘆願が寄せられたことを踏まえて複数の規則改正を提案。 直接拡散(DS)方式に関して、パワーを広帯域に均一に拡散させるための要件として、以下の 2 つのオプションを示す。 (1)最小拡散符号長 127bit の規定 (2)パワースペクトル密度の規定
1990 年 報告及び決定	産業界からの反応 (1)に対する賛同は得られず、一方、よりシンプルな規定である(2)については一定の賛同を得た。 FCC の決定とその考え方 最大 RF 出力電力の 1W が最低帯域幅の 500kHz に均一に拡散と想定し 8dBm/3kHz のパワースペクトル密度規定を追加。 また、産業界から指向性アンテナの利用を認める代わりに利得分を出力の許容値を減じることを提案されたことを受けて、 アンテナ利得の上限を 6dBi とし、6dBi 以上の場合は、その超過分に応じて出力が制限される規定を追加。
1999 年 立法案告示 2000 年 報告及び決定	周波数ホッピング方式について、干渉のリスクを増やすことなく技術の柔軟性を与えるため、 (1)1 MHz 超 5MHz 以下の帯域幅(合計 75MHz 幅で最低 15 のホッピングch 使用)の場合、出力を 125mW に引き下げ。 ※産業界からの意見を踏まえ、2002 年決定で帯域幅 5MHz 以下、最低 15 以上のホッピングch 使用の場合と条件明確化。
2001 年 追加調査告示	さらに、様々なデジタル変調技術が登場していることを踏まえ、これらの技術の制度上の扱いについて意見募集。 (2)スペクトラム拡散技術向けの 47CFR FCC 規則 Part 15.247 の DS 方式に新しいデジタル変調技術を含める (3)これらの技術に対しても既存の出力規定(RF 出力電力 1W, パワースペクトラム密度 8dBm/3kHz)を適用すべきか
2002 年 第 2 次 報告及び決定	産業界からの反応 (2)新しいデジタル変調技術を 47CFR FCC 規則 Part 15.247 に含めることについては、産業界も概ね賛同。 - 一方、(3)既存の出力規定の適用については、他システムへの干渉の可能性の有無について産業界からの意見が分かれた。 FCC の決定とその考え方 - 新しいデジタル変調技術も 47CFR FCC 規則 Part 15.247 に含める。 - 新しいデジタル変調技術に対しても既存の出力規定(RF 出力電力 1W, パワースペクトラム密度 8dBm/3kHz)を適用。 - デジタル変調機器の動作が非効率、高い電力レベルで動作をして干渉を引き起こす、という一部の意見には根拠がない。 - 既存の DS 方式のシステムも、実際には許容値よりも低い出力で動作していることが多い。(屋内利用では伝送距離が短い、バッテリー寿命を長くするため、人体防護の許容値を満たすため等の理由により)

※:Docket No.81-413*(1981-1985 年)

※※:Docket No. 89-354(1989-2002 年)

※※※:Docket No. 99-231(1999 年-2002 年)

本項目について構成員へのアンケートの結果では、規定を削除すると同一周波数帯及び隣接周波数帯システムに対する与干渉量に上限を設けないことを意味するため、規定は必ず必要と考える。また、出力の上限を上げた場合に、従前の無線機の与干渉増大・チャネルアクセス機会の減少といった弊害が懸念される(標準化団体)、エリアの有効活用に影響が出る、到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する、与干渉距離に影響が出る(メーカー)などの意見があった。

議論の結果、見直しによって他システムへ有害な干渉を与える恐れがあることから本規定は必要であるとの結論とした。

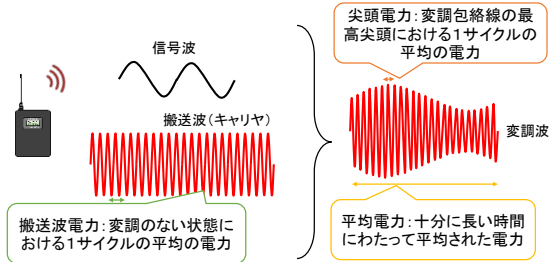
空中線電力

項目の定義

尖頭電力、平均電力、搬送波電力又は規格電力をいう。
(電波法施行規則第2条第1項第68号)

検討の背景となる答申：

情報通信審議会諮問第2014号 H18.12.21一部答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○: 当該項目の規定があるもの、×: 当該項目の規定が無いもの、※: 各国の技術基準に委任しているもの)						
日本(総務省)	欧州(ETSI)	米国(FCC)	無線LAN標準規格(IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○第49条の20第1号ホ	○4.3.1.2.3(FH) 4.3.2.2.3(非FH)	○15.247(b)(3)、15.247(e)	※	×	※	○

構成員からのご意見

(○: 削除可能、×: 削除は困難)

- × 同一周波数帯および隣接周波数帯システムに対する干渉量に上限を設けないことを意味するため、規定は必ず必要と考える。
また、出力の上限を上げた場合に、従前の無線機の干渉増大・チャネルアクセス機会の減少といった弊害が懸念される。(標準化団体)
- × 同一システム他チャネルに対する影響が懸念されます。(メーカー)
- × 通信品質の低下及び他局への妨害(メーカー)
- × 共用・隣接システムへの干渉、電波防護指針への不適合機器(シンクタンク)
- × エリアの有効活用に影響が出る(到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する)、干渉距離に影響が出る(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため、**本規定は必要である。**

図6 技術基準における空中線電力の見直し

2.7. 空中線電力の許容偏差

「空中線電力の許容偏差」は、指定された空中線電力からの許容することが出来る最大の偏差をいい、IEEE 802.11 で規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果、上限値の制限が無いと、干渉レベルが極端に高くなる事象を許容することとなり、他の無線局との共存運用に悪影響を与えることが懸念される（標準化団体）、下限値については、与干渉レベルの下限値を設定しないことを意味するため、共存の観点からは特段のデメリットはないと考えられる（標準化団体）、空中線電力の基準がない事になる、エリアの有効活用に影響が出る、与干渉距離に影響が出る（メーカー）、許容偏差の下限を撤廃すれば、より柔軟な運用が可能になると考えられる（登録証明機関）などの意見があった。

議論の結果、上限については同一システムや他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため、本規定は必要であり、下限については、同一システムや他システムへの有害な干渉を与える恐れは低いと考えられるため、本規定の削除は可能であるとの結論とした。

空中線電力の許容偏差

項目の定義

指定された空中線電力からの許容することが出来る最大の偏差をいう。

検討の背景となる答申：電気通信技術審議会諮問第57号 H4.7.27一部答申

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況（○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格 Bluetooth SIG			
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Bluetooth 標準規格 IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第14条	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		
	×	×	○	×	×

(例)

±50%が
許容偏差

1W

W

COUNTER

PWR RANGE

構成員からのご意見

（○：削除可能、×：削除は困難）

- × 上限値の制限が無いと、干渉レベルが極端に高くなる事象を許容することとなり、他の無線局との共存運用に悪影響を与えることが懸念される。（標準化団体）
- × 上限：共用・隣接システムへの影響、下限：通信品質への影響（シンクタンク）
- × 空中線電力の基準がない事になる。エリアの有効活用に影響が出る。与干渉距離に影響が出る。（メーカー）
- × 上限撤廃は他システムへの混信妨害を与える可能性がある（メーカー）
- 許容偏差の下限を撤廃すれば、より柔軟な運用が可能になると考えられる。（登録証明機関）
- 下限撤廃による影響はないものと考えている。（メーカー）
- 下限値については、与干渉レベルの下限値を設定しないことを意味するため、共存の観点からは特段のデメリットはないと考えられる。（標準化団体）

アドホックグループの考え方

上限：

本規定の見直しによって、他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため
本規定は必要である。

下限：

本検討の対象システムにおいては、同一システムや他のシステムへの有害な干渉を与える恐れは低いと考えられるため
本規定の削除は可能である。

図7 技術基準における空中線電力の許容偏差の見直し

2.8. 周波数滞留時間

「周波数滞留時間」は、特定の周波数において電波を発射し続けることのできる時間を規定する技術基準であり、米国や IEEE 802.11 において規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、滞留時間を規定しない場合には、ある周波数に事実上永続的に電波を送信し続けることが可能となるため、同一周波数を用いる他システムのチャンネルアクセス機会が排除され、共存に悪影響を及ぼすことが懸念される（標準化団体）、他システムへの混信妨害を与える可能性があり、キャリアセンスをしない無線局が長時間滞留すると悪影響を及ぼす可能性がある（メーカー）などの意見があった。

議論の結果、同一システムへの有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

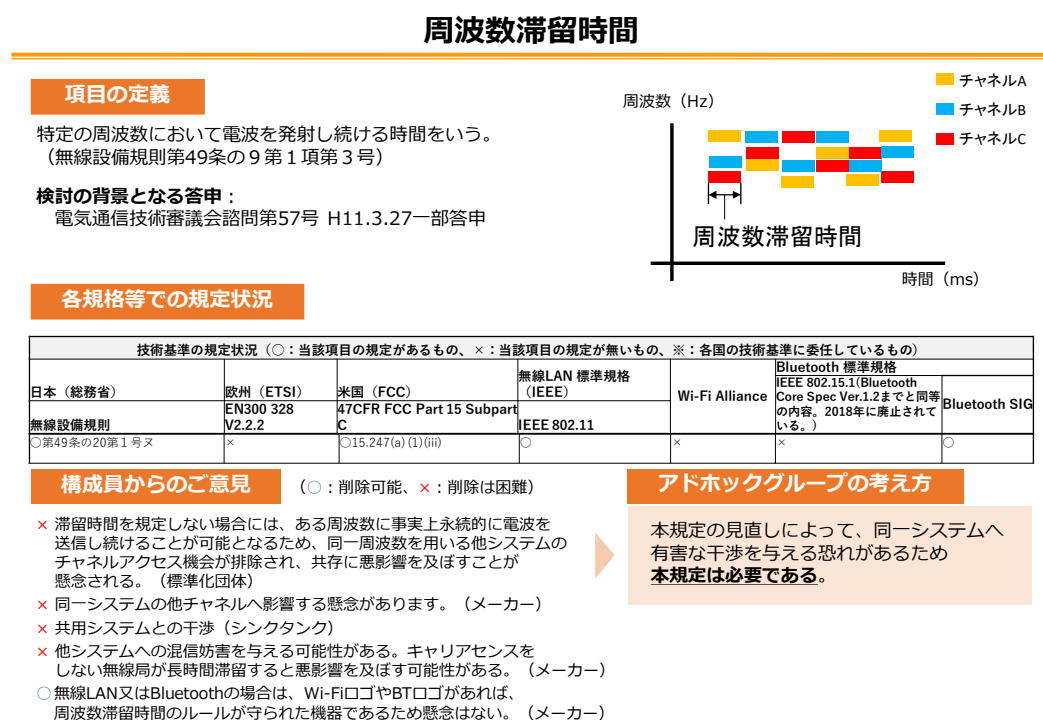


図8 技術基準における周波数滞留時間の見直し

2.9. 空中線の絶対利得

「空中線の絶対利得」は、基準空中線が空間に隔離された等方性空中線であるときの与えられた方向における空中線の利得を規定する技術基準であり、米国においても規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、同一帯域あるいは隣接帯域のシステムの無線機に過大な干渉を与えることが懸念される、極度に高い電力が入力された無線機について、過入力で機器が破壊されるリスクもある（「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班」において、同様の指摘がされている。）（標準化団体）、到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する（メーカー）などの意見があった。議論の結果、同一システムへの有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

また、この際、空中線利得が低いシステムの接続性やスループットを改善するため、空中線利得の低下分については、空中線電力を増加することを許容する規定の見直し提案が構成員からあった。この見直しは、欧州が空中線電力と空中線利得を合せた等価等方輻射電力(EIRP)により技術基準を規定し、認証試験を実施していることから、日本の登録証明機関が欧州の規定に基づく試験データを受入れやすくかつ可否の判定を可能にすることに資するものとする。さらに、空中線利得の低下分を空中線電力により補うことができれば、無線 LAN 等の通信距離が通常用いられる空中線と同等の距離を確保できることから国民の利便性の向上にも資するものである。一方で、低利得の空中線を利用すると、キャリアセンスのしきい値が高くなり、近くで利用する他の無線 LAN 等の電波の発射状況を確認できない事象が発生し、干渉の確率が高くなることなどが懸念されるとの意見が出された。議論の結果、利得の低下分を空中線電力の増力により補う無線 LAN はキャリアセンス機能の具備を条件とすることとし、Bluetooth (Classic, Low Energy) は、周波数ホッピングもしくは送信時間率による干渉回避機能を具備していることにより、他の無線 LAN 等の運用を阻害するような混信等の妨害を与える可能性を抑えることが可能と判断し、増力して補うことは可能と整理された。また、キャリアセンスのしきい値、空中線利得の下限値及び空中線電力により補うことができる上限値（図9は無線 LAN の一例）は、必要に応じて民間規格等で引き続き検討するとされた。これらを踏まえた議論により、空中線利得の低下分について空中線電力の増加により補うことができるよう技術基準の見直しをすることが適当との結論とした。

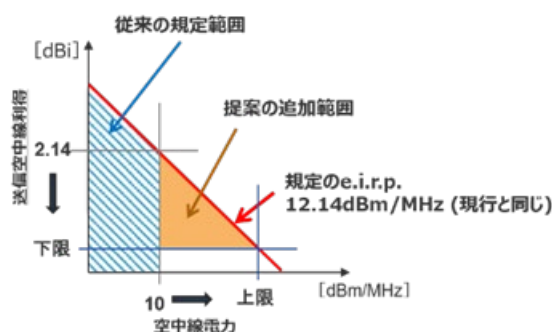


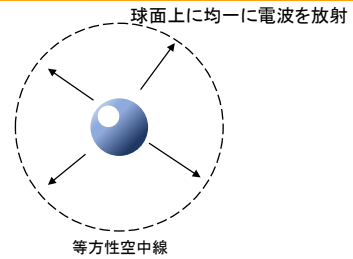
図9 低利得アンテナの利用時における空中線電力について

空中線の絶対利得

項目の定義

基準空中線が空間に隔離された等方性空中線であるときの
与えられた方向における空中線の利得をいう。
(電波法施行規則第2条第1項第75号)

検討の背景となる答申：情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第49条の20第1号へ(1)	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
	×	○15.203、15.247(b)(4)、15.247(c)	×	×	×	※

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- × 同一帯域あるいは隣接帯域のシステムの無線機に過大な干渉を与えることが懸念される。
極度に高い電力が入力された無線機について、過入力で機器が破壊されるリスクもある（「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班」において、同様の指摘がされている）。（標準化団体）
- × 同一システムの内チャネルに対する影響が懸念されます。（メーカー）
- × 指向性アンテナの使用による共用・隣接システムへの干渉（シンクタンク）
- × 到達距離が広がりすぎて近隣エリアに影響する（メーカー）

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一システムや隣接する他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である**。
また、この際、空中線利得が低いシステムの接続性やスループットを改善するため、空中線電力の低下分を空中線電力の増加により補う**見直しをすることが適当である**。

図 10 技術基準における空中線の絶対利得の見直し

2. 10. 水平面の主輻射の角度幅

「水平面の主輻射の角度幅」は、最大輻射の方向における輻射電力との差が最大3デシベルである全角度を規定する技術基準であり、欧州や米国、IEEE 802.11やBluetooth SIGにおいて規定されていないことから、日本独自の基準となっている。

本基準は、小電力データ通信システムにおける高指向性アンテナの利用のため「2.4GHz帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成13年3月28日諮問第2001号）において審議されているところ、平成13年9月25日に答申された際の情報通信審議会情報通信技術分科会2.4GHz帯高度化方策委員会の報告書（別添抜粋参照）等を踏まえ、本基準の見直し可能性等について検討する。平成13年頃の審議の背景としては、パソコンの低価格化に伴うOA（Office Automation）以外でのパソコンの使用が増加し、SA（Service Automation）、FA（Factory Automation）システムがIC（Integrated Circuit）技術の急速な普及とともに高度化し、扱うデータ量も増大していたこと、商業における店舗管理用POS（Point Of Sales）システムへの導入、市街地などで有線による回線工事が困難な場所の無線回線利用、携帯情報端末用Bluetoothや情報家電用Home RF（Home Radio Frequency、当時はSWAP（Shared Wireless Access Protocol）と呼ばれていた。）など、これらの活用の広がりにより比較的低コストで大容量データを集計管理するシステムが実現可能となったことから、インフラとして大容量データ伝送用無線機器に対するニーズが急速に高まったことがある。

特に、2.4GHz帯を使用する小電力データ通信システムは、微弱無線設備を除く2.5GHz以下で唯一の免許不要の小電力無線システムであり、経済的に高速伝送無線回線（IEEE 802.11bでは11Mbpsという当時としては画期的なスピードであった）を構築することができたことから、屋内有線LANの置き換えだけでなく、屋外でのISP（Internet Service Provider）事業のアクセス回線（いわゆるラスト1マイル）としての利用や、地域情報化システムにおける拠点間通信としての利用が進められた（図11参照）。

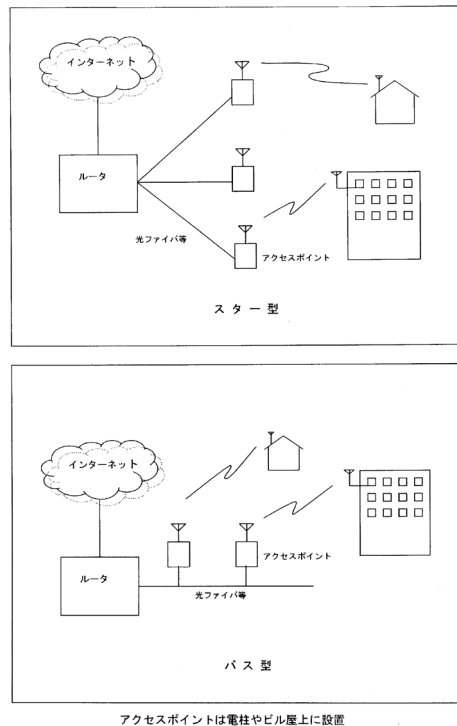


図 11 ラストワンマイルの活用例（平成 13 年委員会報告から抜粋）

屋内無線 LAN における通信エリアは、半径数十 m 程度であったが、ISP 事業ではエリア内に含まれる加入者数との関係から半径数百 m 以上（P-MP: Point to Multi-Point）が望まれており、地域情報化システムにおいては数 km 以上（P-P: Point to Point）の通信距離が望まれていた。とくに、過疎地や離島間通信における数 km を越える通信距離の要望があり、この実現の手段として、高指向性アンテナが有効であると考えられた。

また、2.4GHz 帯は無線 LAN 以外にも ISM 機器や移動体識別用無線など多くの電波利用機器が運用されており、それらとの周波数の共用、干渉回避の手段は必須であり、その一つの有効な方法としてアンテナ指向性による空間的分離が提案された。しかしながら、当時の電波法では利得が 2.14dBi を越えるアンテナを使用する場合、空中線電力を低減した無線装置を用いるか、アッテネータの挿入や給電線の延長等によって EIRP を抑制する必要があった。

このような背景から、高指向性アンテナを導入した場合の技術的条件が審議され、導入に当たってはアンテナ利得に応じて水平面の主輻射の角度幅により規制することで与干渉面積の増加を抑制できるので技術基準として規定された。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、この規定が存在しないと EIRP が高い機器とそうでない機器との間のチャネルアクセスにおいて不公平性が生じる懸念がある（標準化団体）、無指向性アンテナの使用時の与干渉範囲の拡大（シンクタンク）などの意見があった。

また、現在においても、高利得アンテナの利用は、低価格でネットワーク構築ができる手段のひとつであり、その需要はある。

これらの状況に鑑み、議論の結果、水平面の主輻射の角度幅の技術基準は、日本独自の規定ではあるが、国民の利便性や小電力データ通信システムの公平な利用機会の

確保、角度幅の値がないと干渉範囲が拡大し他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

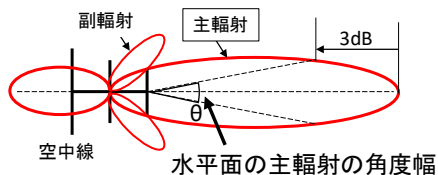
水平面の主輻射の角度幅

項目の定義

その方向における輻ふく射電力と最大輻ふく射の方向における輻ふく射電力との差が最大三デシベルであるすべての方向を含む全角度をいい、度でこれを示す。
(電波法施行規則第2条第1項第79号)

検討の背景となる答申：

情報通信審議会諮問第2001号 H13.9.25答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本 (総務省)	欧州 (ETSI)	米国 (FCC)	無線LAN 標準規格 (IEEE)	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則 ○第49条の29第1号へ(2)	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1(Bluetooth Core Spec Ver.1.2までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
	×	×	×	×	×	×

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- × 本規定により、EIRPの拡大の大小としての指向性エリアが狭くなることで面的な干渉量を抑制しているため、この規定が存在しないとEIRPが高い機器とそうでない機器との間のチャネルアクセスにおいて不公平性が生じる懸念がある。(標準化団体)
- × 同一システム他チャネルに対する影響が懸念されます。(メーカー)
- × 通信品質の低下及び他局への妨害 (メーカー)
- × 無指向性アンテナの使用時の干渉範囲の拡大 (シンクタンク)
- × 技術基準は必須であると考えます。(メーカー)
- × 他システムへの混信妨害を与える可能性がある。(メーカー)

アドホックグループの考え方

本規定は我が国独自のものであるが、国民の利便性を確保しつつ規定をなくすことにより干渉範囲が拡大し他のシステムへの有害な干渉を与える恐れがあるため必要である。

図 12 技術基準における水平面の主輻射の角度幅の見直し

3 小電力データ通信システムにおける高指向性アンテナの利用

3. 1 背景

2.4GHz帯を使用する小電力データ通信システムは、免許不要であり、経済的に高速伝送無線回線を構築することができる。そのため、屋内有線LANの置き換えだけでなく、屋外でのISP(Internet Service Provider)事業のアクセス回線(いわゆるラスト1マイル)としての利用や、地域情報化システムにおける拠点間通信としての利用が進んでいる。

屋内無線LANにおける通信エリアは半径数十m程度であったが、ISP事業ではエリア内に含まれる加入者数との関係から半径数百m以上(P-MP)が望まれており、地域情報化システムにおいては数km以上(P-P)の通信距離が望まれている。とくに、過疎地や離島間通信では数kmを越える通信距離の需要は少なくない。これら長距離の通信を実現する手段として、高指向性アンテナは有効であると考えられる。

また、2.4GHz帯は無線LAN以外にも多くの電波利用機器が運用されており、種々の干渉回避の手段を用意することが望ましい。その一つの有効な方法としてアンテナ指向性による空間的分離がある。しかしながら、現行法では利得が2.14dBiを越えるアンテナを使用する場合、空中線電力を低減した無線装置を用いるか、アッテネータの挿入や給電線の延長等によってEIRPを抑制する必要がある、利得条件の緩和が期待されているところである。

3. 2 海外での動向

欧米での無線LANの規格は、日米欧とも電力及びアンテナ利得以外に顕著な違いはない。電力及びアンテナ利得について、日米欧の比較を表2.1にまとめた。米国では屋外の固定通信用としての使用も含めて規定しており、その場合には利得の高いアンテナの使用が可能となっている。

	日本	米国(FCC)	欧州(ETSI)
空中線電力の規定	・DS、FH及び複合 10mW/MHz (2427-2470.75MHz で FH及び複合を使用の 場合は、3mW /MHz) ・その他 10mW	1W	規定はない。 (EIRP=100mW で 規定)
アンテナ利得	2.14dBi 以下 ただし、電力を下げれば 等価的に利得の高い アンテナの利用も可	6dBi以下 ただし、電力を下げれば 等価的に利得の高い アンテナの利用も可(固定 通信用として使用する 時は等価以上の高利得 のものが使用できる。)	規定はない。 (EIRP=100mW で 規定)

表 2.1 無線 LAN に関する規定の日米欧比較

3.3 等価等方輻射電力(EIRP)の検討

以下の理由から現行より10dB程度の増加が期待されている。

(1) 面的セル配置時の補完

面的セル配置によってサービスエリアを構成する場合に、建造物などの障害物により、加入者局が最寄りの基地局から見通せないことがある。

図2.3を例にとると、ベランダ等アンテナを設置する場所が限られている場合、伝搬路A上に遮蔽物が存在しているとすると、基地局にアクセスするために例えば伝搬路Bを選択することになる。セル半径を r とすれば、伝搬路A、Bの狭角 $\theta \approx 0$ のとき、伝搬路Bの長さは $L=3r$ (最大値)となる。この通信距離の増加は、EIRPに換算すると約10dBの増加となる。

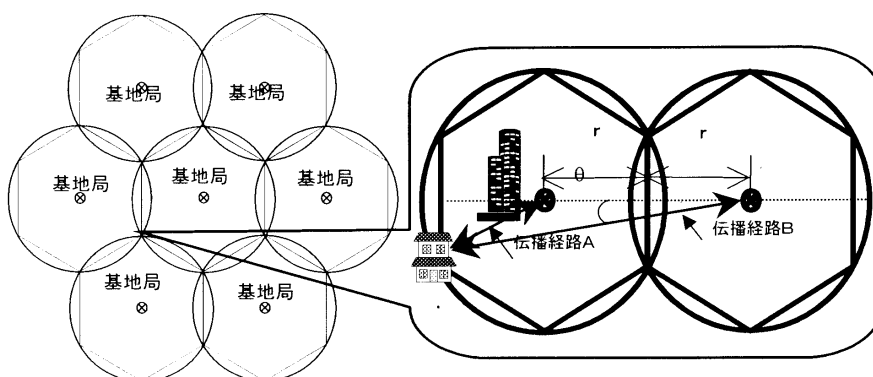


図 2.3 基地局配置と伝播経路

(2) アンテナの経済性

無線LANシステムの端末局にはパッチアンテナあるいは3～8素子の八木アンテナが使用されることが多い。パッチアンテナ(1素子)の利得は9dBi程度、8素子八木アンテナの利得は12dBi程度であるので、EIRPの制限を現行より10dB程度大きくすればアッテネータ等を挿入することなくこれらのアンテナを接続することができ、システムの構築が経済的に行える。

(3) 今後想定される伝送速度

現行無線LANの伝送速度はほとんどが11Mbps以下であるが、動画像伝送などコンテンツ容量の増大により、さらなる高速化が期待されている。例えば、IEEE802.11gにおいてはOFDM方式で最大伝送速度54Mbpsの標準化検討が進められており、これらが実用化された場合に、同等のセル半径(P-MP)あるいは通信距離(P-P)を確保するには9dB程度の利得増加が必要となる。(IEEE802.11a方式の伝送速度はデータ速度で最大54Mbpsのものが規定され、無線区間の伝送速度は最大90Mbpsとなつ

ている。11MbpsSS方式(IEEE802.11b)の無線伝送速度は11Mbpsであるので、EIRPを約9dB($=10 \times \log 90/11$)増加すればビットあたりのエネルギーが同一になり、同一の通信距離を確保できることになる。)

3. 4 共用条件について

2.4GHz帯を用いるシステム間の共用条件については、電気通信審議会「準マイクロ波帯を使用する無線LANの高度化のための技術的条件」において詳細に検討され、それをもとに空中線利得は2.14dBi(ダイポールアンテナの絶対利得に等しい値)以下、空中線電力は10mW/MHz(一部3mW/MHz)以下との現行の規定が定められた。新たに利得の高いアンテナを導入してEIRPを増加させる場合、干渉を与える面積がダイポールアンテナと同等以下であれば、周波数共用条件については現行のものから大きな相違は生じないものと考えられる。

与干渉面積を一定に保つには、ダイポールアンテナが水平面無指向性であることを考えると、アンテナの水平面のビーム角度をアンテナ利得に応じて規制する方法がある(参考資料3)。以下に概要をしめす。

与干渉面積の理論値は、下図のように電力束密度が等方向アンテナ(理想アンテナ)と等しい円錐状ビームを仮定し、地表面への投影面積を計算した。与干渉距離は2乗則(自由空間)を採用する。

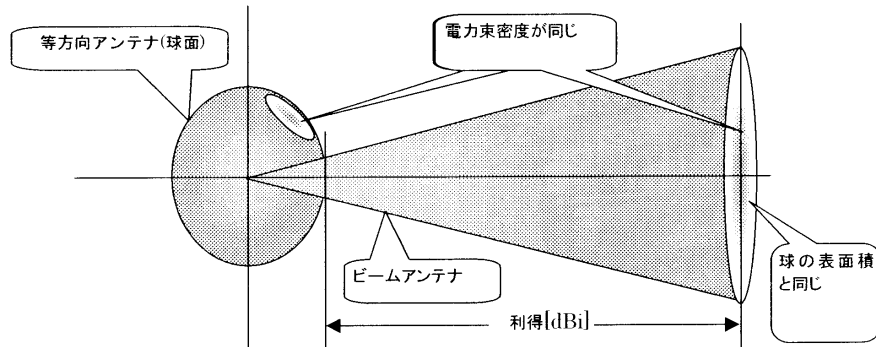


図 2.4 与干渉面積計算の概念図

この場合、円錐形ビームアンテナの地表面投影面積と、ダイポールアンテナの地表面投影面積の比Aは、次の式で計算できる。

$$(式1) \quad A = L^2 \times \theta / 360$$

L: ダイポールアンテナとの与干渉距離比

θ : ビーム角(半値幅に相当)

ダイポールアンテナとの与干渉距離比Lは、2乗則によるとすれば、次の式で計算

できる。

$$(式2) L = 10^{\frac{(G-2.14)}{20}}$$

G: 絶対利得[dBi]

ここで、ダイポールアンテナとの投影面積比を1以下とした場合、 θ とGの関係は次の式3で表される。

$$(式3) 1 \geq 10^{\frac{(G-2.14)}{10}} \times \theta / 360$$

書き直すと

$$(式4) \theta \leq 360 / 10^{\frac{(G-2.14)}{10}}$$

となる。たとえば、利得12.14dBiのアンテナのときは、ビーム角(半値幅)が36度以下であれば、与干渉面積がダイポール比で1以下となる。

以上の検討から、高指向性アンテナの導入に当たっては、アンテナ利得に応じて半値角を規制することによって与干渉面積の増加を抑制できるものと考えられる。

3.5 高指向性アンテナの運用にあたっての考え方

高指向性アンテナには通信路確保や干渉低減等のメリットがある一方で、これまで検討してきた共用条件の考え方にそぐわない使用方法もありうる。メリットを発揮するには、使用するアンテナが適正に通信の相手方を向いていることや、被干渉局を極力少なくすることが必要であるが、逆に使用方法が不適切な場合には、干渉低減に寄与しないことも考えられる。このため、高指向性アンテナの導入にあたっては、適切な使用方法や注意事項等を整理し、それらを使用者に適切に知らせることが必要である。

共用条件の考え方にそぐわない例としては、

- ・ 電氣的、機械的または手動により指向性を変化させ、通信の相手方を切り替えて使用する場合に、指向方向の正確な調整が困難なアンテナを用いること
- ・ 一箇所を中心にしてP-P通信路を多方向に配置するセクタアンテナ的使用を、特に屋外で行うこと

などが挙げられ、このような使用は望ましくない。

以上検討を行ってきたように、高指向性アンテナの導入に当たっては、技術面及び運用面の双方において配慮を行う必要がある。さらに、2.4GHz帯を用いる小電力データ通信システムは、免許を要しない無線局として、アマチュア局や移動体識別システム等の他の無線局に対してそれらの運用を阻害するような混信を与えないように運用されるものとの規定がされている。したがって、民間レベルでガイドライン等の運用ルールを定め、啓発活動を促進する等によって、混信回避をより確実なものとするのが望まれるとともに、万一混信またはその他の障害が生じた際には、混信の回避に向けて関係者が協調して対応することが望ましい。

指向性アンテナの利得とビーム角度の規定についての技術的検討

1 与干渉面積を用いた共用条件の考え方

無線 LAN や移動体識別装置などの 2.4GHz 帯無線装置の地表面における分布はランダムと仮定する。ある D/U 以上の強度をもつ領域を地表面に投影した面積がダイポールアンテナと同等であれば、下記のように被干渉局数はこれまでと同等になると考えられる。

○無線 LAN から周辺局への干渉

被干渉局が下図のようにランダムに分布する場合は、与干渉面積が同じであれば有害な干渉を受ける無線局数は確率的に同等である。

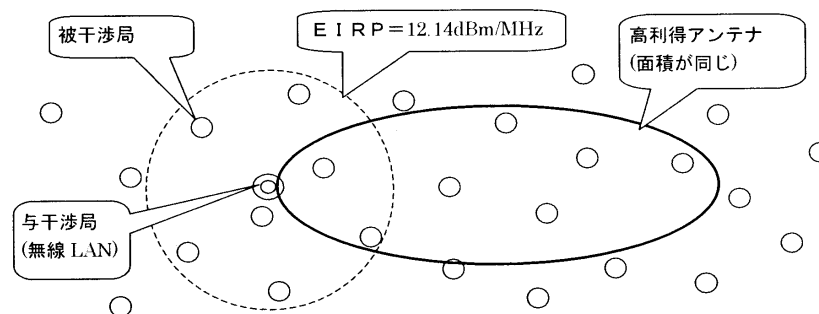


図 1 無線 LAN から周辺局への干渉

なお、面的セル配置の無線 LAN システムの中に小数の被干渉局がランダムに分布する場合は、位置によって干渉が増加する場合と減少する場合があり、広いエリアで見れば、確率的には同等である。また、アンテナの指向性をあげることにより、干渉・障害の回避が可能となる場合もある。

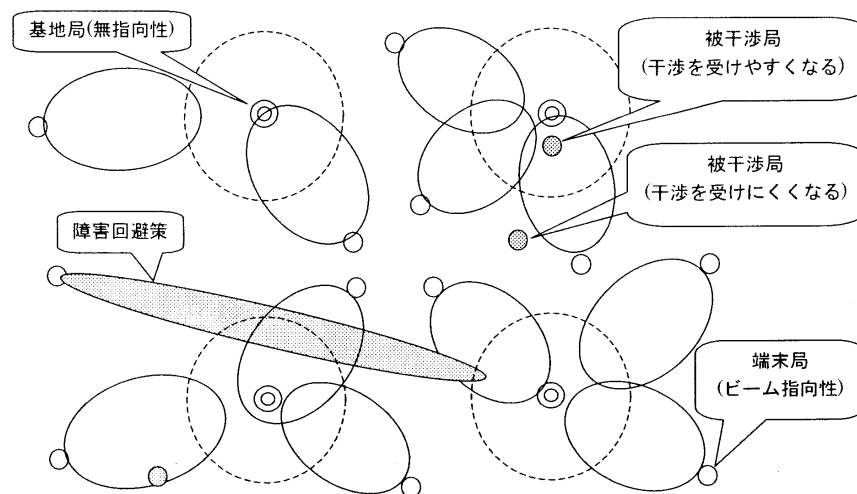


図2 面的セル配置の中の少数の被干渉局

2 与干渉面積の検討方法

ビーム形状を円錐形として、水平面への投影面積を計算すると表1のようになる(計算条件は次節で述べる)。表2は、一般に広く用いられている八木アンテナを例に取り、そのパターン図から与干渉面積比(ダイポール比)を計算したものである。ビーム角と半値角を対応させれば、各項目の数値は概ね一致しており、円錐形ビームで理論値を検討するのは妥当であると言える。

表1 円錐ビームのアンテナ利得と与干渉面積(理論値)

ビーム角[度]	—	180	120	83	58	41	29	20	14	10
利得[dBi]	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
与干渉面積比	0.63	0.62	0.83	1.15	1.60	2.25	3.17	4.47	6.31	8.92

表2 八木アンテナの利得と与干渉面積(パターン図から積算)

アンテナ	基準	八木A	八木B	八木C	八木D	八木E	八木F	八木G
半値角[度]	—	148	120	53	39	37	30	26
利得[dBi]	2.14	5.5	6.6	11.7	13.6	14.2	15.58	17
与干渉面積比	1	0.95	0.97	1.41	1.64	1.76	2.07	2.31

3 与干渉面積の計算条件

与干渉面積の理論値は、下図のように電力束密度が等方向アンテナ(理想アンテナ)と等しい円錐状ビームを仮定し、地表面への投影面積を計算した。与干渉距離は2乗則(自由空間)を採用した。

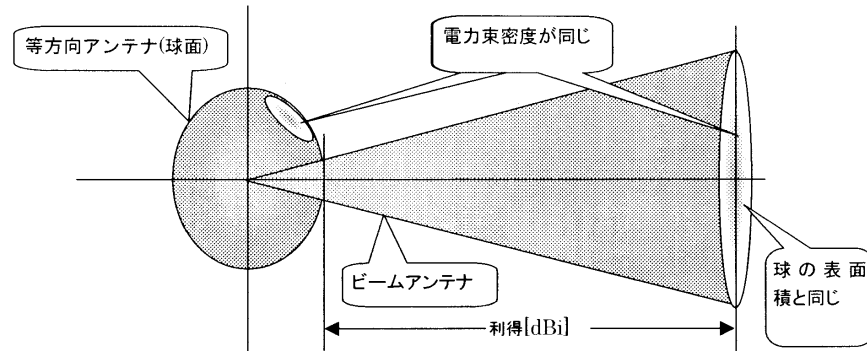


図3 与干渉面積計算の概念図

4 与干渉面積の規定方法

円錐形ビームアンテナの地表面投影面積と、ダイポールアンテナの地表面投影面積の比Aは、次の式で計算できる。

$$(式1) \quad A = L^2 \times \theta / 360$$

L : ダイポールアンテナとの与干渉距離比

θ : ビーム角(半値幅に相当)

ダイポールアンテナとの与干渉距離比Lは、2乗則によるとすれば、次の式で計算できる。

$$(式2) \quad L = 10^{((G-2.14)/20)}$$

G : 絶対利得[dBi]

ここで、ダイポールアンテナとの投影面積比を1以下とした場合、 θ とGの関係は次の式3で表される。

$$(式3) \quad 1 \geq 10^{((G-2.14)/10)} \times \theta / 360$$

書き直すと

$$(式4) \quad \theta \leq 360 / 10^{((G-2.14)/10)}$$

となる。

たとえば、利得12.14dBiのアンテナのときは、ビーム角(半値幅)が36度以下であれば、与干渉面積がダイポール比で1以下となる。面積比を1とした場合の、円錐ビームアンテナの利得と式4から算出される規制角度の関係を表3、図4に示す。

また、参考として、八木アンテナの場合に、給電線損失等でアンテナ利得を調節することによって与干渉面積(ダイポール比)を1とした例を表4、図4に示す。これらのアンテナが式4の関係をよく満たすことから、高利得アンテナを導入する際に半値角制限を課すことによって、与干渉面積をほぼ保つことが実際に可能であることがわかる。参考に、図5に、規制の有無による八木アンテナのビーム範囲の違いを示した。

表3 規制アンテナの利得と与干渉面積（ビームアンテナ理論値）

利得[dBi]	6	9	12	15
旧ビーム角[度]	120	83	58	41
規制ビーム角[度]	148	74.18	37.18	18.63
与干渉面積比	1	1	1	1

表4 規制アンテナの利得と与干渉面積（八木アンテナ）

アンテナ種類	基準	八木A	八木B	八木C	八木D	八木E	八木F	八木G
旧利得[dBi]	2.14	5.5	6.6	11.7	13.6	14.2	15.58	17
調節後利得[dBi]	—	5.7	6.73	10.25	11.44	11.78	12.65	13.37
半値角[度]	—	148	120	53	39	37	30	26
与干渉面積比	1	1	1	1	1	1	1	1

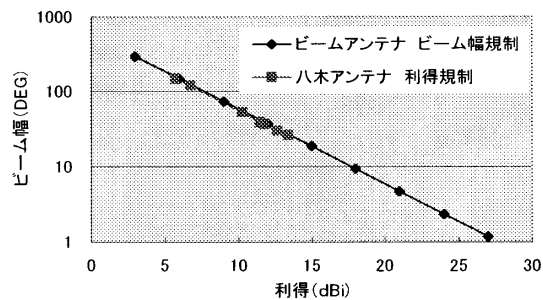
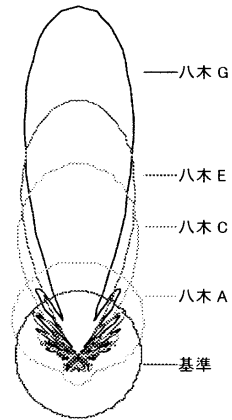


図4 アンテナ利得とビーム角

規制のない場合



与干渉面積比1の場合

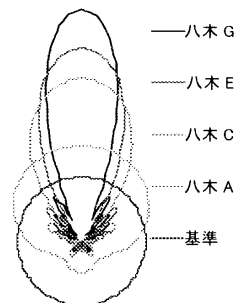


図5 八木アンテナのビームパターン図

なお、ここではアンテナの絶対利得を用いて議論したが、EIRPで考えると以下になる。EIRPの基準値を、絶対利得2.14dBiのアンテナに規定の空中線電力を加えた値として、その値からB倍する場合を考える。このとき θ についての条件（式4）は、アンテナの絶対利得とEIRPの関係から

$$\text{（式5）} \quad \theta \leq 360/B$$

となる。

以上の検討から、与干渉面積を増加させることなく高利得アンテナを導入することは技術的に可能であるといえる。ただし、高利得アンテナをセクタ化して使用することについては、混信のケースの増加が懸念され、望ましくないものと考えられる。

2. 11. 副次的に発する電波等の限度

「副次的に発する電波等の限度」は、受信設備が副次的に発する電波又は高周波電流の限度を規定する技術基準であり、欧州において規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、小電力データ通信システム等に緩和されている1GHz以上の周波数帯において20nW以下とする規定が無くなり、原則である4nW規定となるため、無線機のコストが高くなる懸念がある。また、本規定が削除されれば主に他システムへの与干渉が低減されることとなるが、現行規則の値を前提に他システムとの共存が成立しており、総合的に見直しのメリットは無いものと考えられる（標準化団体）、別システムに対する干渉が懸念されます（メーカー）などの意見があった。

議論の結果、他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

副次的に発する電波等の限度

項目の定義

受信設備は、その副次的に発する電波又は高周波電流が、総務省令で定める限度をこえて他の無線設備の機能に支障を与えるものであつてはならない。
(電波法第29条)

検討の背景となる答申：

電気通信技術審議会諮問第57号 H11.3.27一部答申



受信時や待ち受け時に無線機から漏れ出る電波のこと

各規格等での規定状況

技術基準の規定状況 (○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの)						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11		IEEE 802.15.1 (Bluetooth Core Spec Ver.1.2 までと同等の内容。2018年に廃止されている。)	
○第24条第2項第1号	○4.3.1.11.3(FH) 4.3.2.10.3(非FH)	×	※	×	×	×

構成員からのご意見

(○：削除可能、×：削除は困難)

- × 小電力データ通信向けに緩和されている1GHz以上20nWの規定が無くなり、周波数帯に依らず4nW規定となるため、従来よりも無線機のコストが高くなる懸念がある。
なお、本規定が削除されれば与干渉が低減されることとなるが、既に現行規則を前提に他システムとの共存が成立しており、基本的にはメリットは無いものと考えられる。（標準化団体）
- × 別システムに対する干渉が懸念されます。（メーカー）
- × 他局への妨害（メーカー）
- × 隣接システムへの干渉（シンクタンク）

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、他のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため
本規定は必要である。

図 13 技術基準における副次的に発する電波等の限度の見直し

2. 12. 混信防止機能

「混信防止機能」は、指定された呼出符号又は呼出名称を自動的に送信又は受信する機能等を定める技術基準であり、IEEE 802.11において規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、免許不要システム同士の共存条件を定めた重要な規定であり、本規定が存在しない場合他局との干渉を一切気にせず電波を発射し続けることを許容することとなるため、既存システムが常に干渉を受け続けることになり、運用そのものが成り立たなくなる懸念がある（標準化団体）という意見があった一方で、個別端末を識別するMACアドレスやBDアドレスで通信しておりこの項目がなくなっても混信防止の機能は維持されると考えられるため、無線LANやBluetoothに限り影響は特にはないと考えます（シンクタンク）などの意見があった。

議論の結果、同一及び他システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

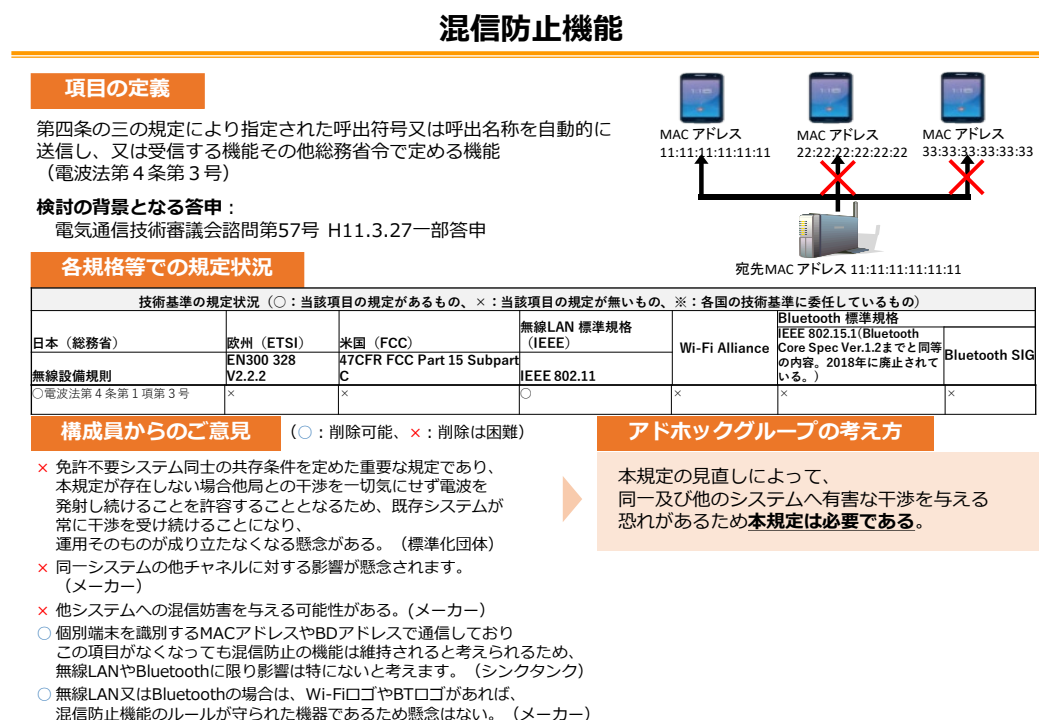


図 14 技術基準における混信防止機能の見直し

2. 13. キャリアセンス

「キャリアセンス」は、同一システムにおいて他の無線局が同一チャネルを使用している場合に他のチャネルへ切り替える機能を規定する技術基準であり、欧州や IEEE 802. 11 において規定されていることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、これを制限しないことは、2400-2483. 5MHz 帯のおよそ 5 割を占有する干渉が周囲の送信状況を鑑みずに送信される IEEE 802. 11 準拠ではないシステムに対する認証を許容することを意味する、IEEE 802. 11n/ax の 40MHz モードにおいて干渉が増大し、広帯域伝送を活用した高スループット特性が発揮できなくなる懸念がある（標準化団体）という意見があった一方で、無線 LAN の場合は、Wi-Fi ロゴがあれば、キャリアセンスのルールが守られた機器であるため懸念はない（メーカー）との意見があった。

議論の結果、同一システムへ有害な干渉を与える恐れがあるため本規定は必要であるとの結論とした。

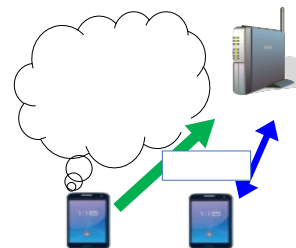
キャリアセンス

項目の定義

送信を開始する前にチャネルの使用状況を確認し、他の無線機があるチャネルを使用中であれば、同一周波数での送信を行わないことで干渉を回避する仕組み

検討の背景となる答申：

情報通信審議会諮問第2014号 H18.12.21一部答申



各規格等での規定状況

技術基準の規定状況（○：当該項目の規定があるもの、×：当該項目の規定が無いもの、※：各国の技術基準に委任しているもの）						
日本（総務省）	欧州（ETSI）	米国（FCC）	無線LAN 標準規格（IEEE）	Wi-Fi Alliance	Bluetooth 標準規格（IEEE 802.15.1（Bluetooth Core Spec Ver.1.2 までと同等の内容。2018年に廃止されている。）	Bluetooth SIG
無線設備規則	EN300 328 V2.2.2	47CFR FCC Part 15 Subpart C	IEEE 802.11			
○第49条の20第1号ル（OFDM且つ26-40MHzの場合のみ）数値なし	○4.3.1.7.2(FH) 4.3.2.6.3(非FH)	×	○	×	×	-

構成員からのご意見

（○：削除可能、×：削除は困難）

- × これを制限しないことは、2400-2483.5MHz帯のおよそ5割を占有する干渉が周囲の送信状況を鑑みずに送信される802.11準拠ではないシステムに対する認証を許容することを意味する。
既に15年以上にわたり実用されている11n/axの40MHzモードにおいて干渉が増大し、広帯域伝送を活用した高スループット特性が発揮できなくなる懸念がある。（標準化団体）
- × 同一システム他チャネルに対する影響が懸念されます。（メーカー）
- × 共用システムとの干渉に懸念（シンクタンク）
- 無線LANは、Wi-Fiロゴがあれば、キャリアセンスのルールが守られた機器であるため懸念はない。（メーカー）

アドホックグループの考え方

本規定の見直しによって、同一のシステムへ有害な干渉を与える恐れがあるため**本規定は必要である**。

図 15 技術基準におけるキャリアセンスの見直し

2. 14. 通信方式

「通信方式」は、同時に送信を行うことができる者（片方向又は双方向）及びその数（単数又は複数）の別を定める技術基準であり、IEEE 802. 11 において規定されていることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、既に想定される方式が概ね網羅されており、それを前提とした多様な無線方式に基づく機器が普及しているため、本規定を削除することによる特段の問題は発生しないものと考えられる、新たな方式を実フィールドで試験するにあたり、免許不要で利用することが可能となるため、イノベーション促進に資するものと考えられる（標準化団体）、他システムへの影響は少ないと考え、記載が無くても問題ないとするが認証上の効果は少ないと考える（メーカー）などの意見があった。

議論の結果、本規定の削除によって、自由なシステム構成を容易に実現することができるようになり、かつ同一及び他システムへ有害な干渉を与える恐れはないことから、本規定は削除するとの結論とした。

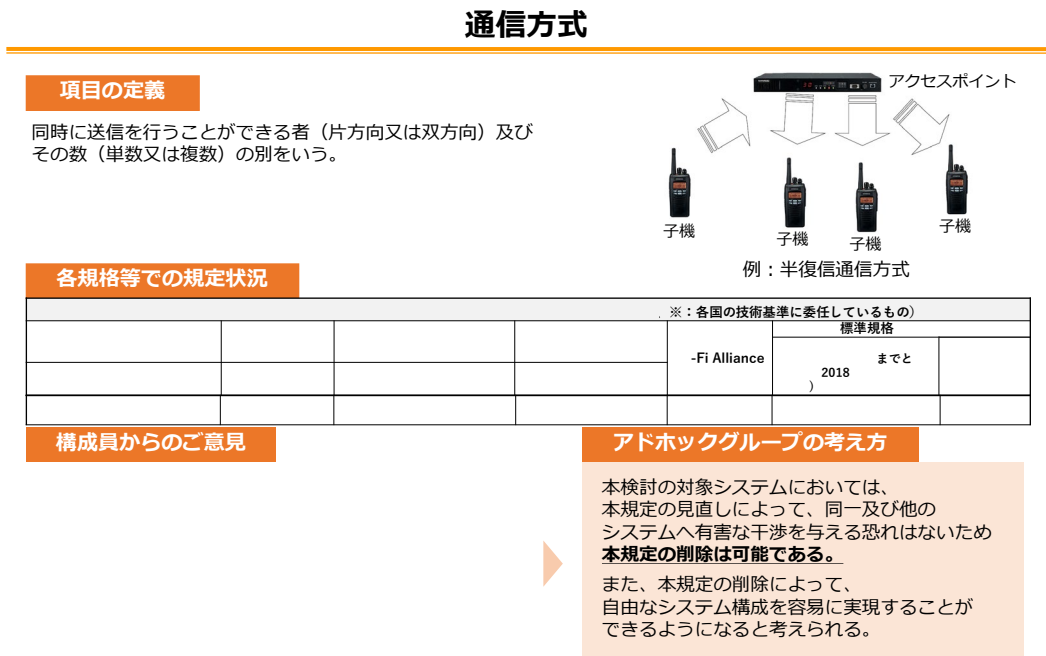


図 16 技術基準における通信方式の見直し

2. 15. 変調方式

「変調方式」は、データの伝送に最適な電気信号に変換する方式を規定する技術基準であり、欧州や米国、さらには IEEE 802.11 や Bluetooth SIG でも規定があることから、日本独自の基準ではない。

本項目について構成員へのアンケートの結果では、異なる変調方式を用いるシステム間で共存可能とする無線局が利用されており、特段規定しないとしても共存の観点では特に問題にならないと考える（標準化団体）、本項目の見直しによるイノベーション促進の効果としては、新たな変調方式の採用等の促進に繋がると考える（メーカー等）、などの意見があった。

議論の結果、本規定の削除によって、システムの柔軟性を確保でき、イノベーションの促進等が期待され、かつ同一及び他システムへ有害な干渉を与える恐れはないことから、本規定は削除するとの結論とした。



第 3 章 2.4GHz 帯無線 LAN 等の試験方法の見直しについて

3.1. 試験方法の見直しの観点

2.4GHz 帯の無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準への適合性を審査する際に欧米基準試験データを活用できるよう、測定器の高度化や設定条件による測定結果への影響等を踏まえつつ、試験方法の見直しについて検討を行った。比較した試験方法は、日本は平成 16 年総務省告示第 88 号（特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則に規定する総務大臣が別に告示する試験方法）、欧州は無線機器指令（RED）の整合規格 ETSI EN 300 328 V2.2.2、米国は免許不要の意図的放射器の試験法 ANSI C63.10-2013 及び無線機器の認可手順や試験に関する知識データベース（KDB） 558074 D01v05r02（DTS）である。

なお、第 2 章の技術基準の見直しで「拡散帯域幅」及び「拡散率」については、規定から削除可能と整理されたため、本章ではこれら項目は検討の対象外とする。

Bluetooth は、Bluetooth SIG で標準化されており、規格には BR、EDR、及び Bluetooth Low Energy の 3 種類存在する。BR 及び EDR は Bluetooth Classic と呼ばれている。

今回の試験方法の見直しについて、規定項目と対応する規則との関係を表 4 に示す。

表 4 関係する試験方法の項目

平成十六年総務省告示第八十八号 (特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則別表第一号一(3)の規定に基づく特性試験の試験方法)		
一般事項	試験場所の環境条件	別表第43 ー 1
	電源電圧	別表第43 ー 2
	試験周波数	別表第43 ー 3
周波数の偏差		別表第43 三
占有周波数帯幅		別表第43 四
スプリアス発射又は不要発射の強度		別表第43 五
空中線電力の偏差		別表第43 六
副次的に発射する電波等の強度		別表第43 七
キャリアセンス機能		別表第43 八
送信空中線絶対利得及び主輻射の角度幅		別表第43 十、十一
混信防止機能		別表第43 十二
ホッピング周波数滞留時間		別表第43 十三

3.2. 一般事項

3.2.1. 試験場所の環境条件

現行の環境条件は、一般的に利用される常温常湿の範囲内で試験するとの考えに基づき、室内の温湿度は JISZ8703 による常温及び常湿の範囲内としている。アドホックグループ内で実施したアンケートの結果、極端な条件でない限り、測定器や無線機器への影響はない、また、登録証明機関等の評価環境の温湿度は一定に保たれていると想定されることであった。

よって、室内の温湿度は、原則として JISZ8703 による常温及び常湿（相対湿度）の範囲内とするとし、ISO/IEC 17025 など国際規格を満たす試験所での測定値については、JISZ8703 による常温室下での測定値と同等として特段の問題はないと考えられる。

3.2.2. 電源電圧

現行の試験方法では、技術基準適合証明における特性試験の場合は、定格電圧での試験としている。その他の場合は、試験機器への入力電圧は定格電圧及び定格電圧 $\pm 10\%$ としており、試験機器の無線部（電源を除く。）の回路への入力電圧の変動が $\pm 1\%$ 以下であることが確認できた場合は、定格電圧のみで測定している。

アンケートの結果、無線 LAN 及び Bluetooth については、一般的に安定化回路を介しており、その場合には無線部の回路への入力電圧の変動が $\pm 1\%$ 以下であった。

よって、安定化回路の具備を確認できた場合には、定格電圧のみでの測定として特段の問題はないと考えられる。

3.2.3. 試験周波数

現行の試験方法は、周波数特性が測定値に与える影響を確認するために、試験機器が発射可能な周波数のうち、上限、中間、下限の3波の周波数で測定することとしている。

アンケートの結果、無線 LAN 及び Bluetooth の空中線電力はチャネルにより偏差が発生する場合があるが偏差は 1 dB 程度である。また、周波数偏差のチャネルによる偏差は 1 ppm 程度であり、上限、中間、下限の3波による変動は殆ど無いと考えられる。

よって、中間の周波数での試験を省略し、試験周波数を上限及び下限の2つの周波数としても特段の問題はないと考えられる。

3.3. 周波数の偏差

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

欧米は周波数の偏差について規定していないため、試験方法も定められていない。

(2) 民間認証の活用可能性

Bluetoothのうち、Bluetooth Classic については、Bluetooth SIGでの周波数の許容偏差は $\pm 75\text{kHz}$ である。これは、日本の技術基準($\pm 50 \times 10^{-6}$ 、2.4GHzにおいては $\pm 120\text{kHz}$)に比べて許容値が小さい。よって、当該基準への適合性確認にBluetooth SIG 認証のために作成された試験レポートを活用することは可能である。

3.4. 占有周波数帯幅

3.4.1. 無線 LAN/Bluetooth Low Energy

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

占有周波数帯幅の測定値は、測定条件である周波数分解能(RBW)の値に大きく影響を受けるため、日本・欧州・米国のRBWの条件を比較する。日本は占有周波数帯幅の3%以下(780kHz 又は 1.2MHz 以下)、欧州はSpanを公称周波数帯幅の2倍とし、RBWはSpanの1%程度かつ1%を下回らない(400kHz 又は 800kHz 程度)、米国は占有周波数帯幅の1%から5%までとされている。

(2) 試験方法の検討結果

占有周波数帯幅の測定に影響を与えるRBWについて、欧州の条件は日本の条件の範囲内であり、欧米は日本の条件よりも大きくなる場合がある。一般的に測定時のRBWが大きいほど測定値も大きくなるので、欧米のRBWが日本の条件を超えた場合には、測定値は日本の条件で測定するよりも大きくなる。

よって、欧米の試験方法は、日本の試験方法と同等以上と考えられるため、占有周波数帯幅の測定値が欧米基準試験データに示されていれば、技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

3.4.2. Bluetooth Classic

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

占有周波数帯幅の定義（図 18 を参照のこと。）を踏まえ、全平均電力の 99% が含まれる帯域幅を測定する。スペクトラムアナライザの Span は許容値の 2 ～ 3 倍、RBW は許容値の 3 % 以下、トレースは MaxHold の条件下で、周波数ホッピング出力状態の信号の 99% 帯域幅を測定する。

イ. 欧州の試験方法の概要

使用周波数の下限周波数と上限周波数が、許容値内（2400MHz～2483.5MHz）に収まっているかを評価する。試験方法は、最小又は最大チャネルの単一出力状態の信号についてスペクトラムアナライザを用いて測定する。その際、Span は 2 ～ 3 MHz 程度、RBW は Span の 1 % 程度で 1 % を下回らない（20～30kHz）、トレースは MaxHold の条件下で 99% 帯域幅を測定し、最小チャネルの 99% 帯域幅の下限周波数と最大チャネルの 99% 帯域幅の上限周波数を記録する。

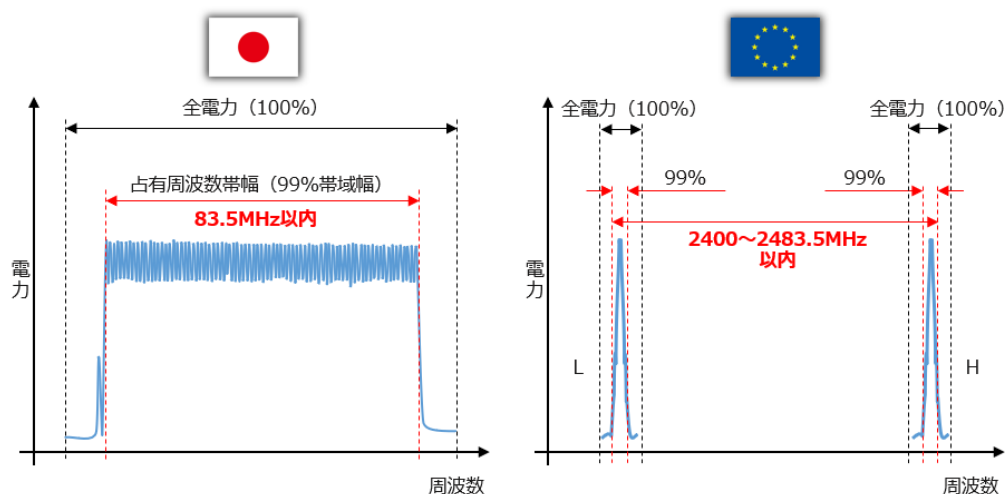


図 18 Bluetooth Classic の占有周波数帯幅の定義（日本・欧州）

ウ. 米国の試験方法の概要

日本の占有周波数帯幅に対応する技術基準は定められていない。

(2) 試験方法の検討結果

欧州の試験方法では、両端の単一チャネル（1MHz 幅程度）の測定の際、Span は 2 ～ 3 MHz 程度、RBW は 20～30kHz と日本より狭い設定条件としている。日本は、周波数ホッピングしているチャネルがすべて含まれるよう Span を広くして測定する。欧州は、使用周波数の上限と下限の周波数帯をより正確に測定しているものであり、最小チャネルの 99% 帯域幅の下限周波数の測定値及び最大チャネルの 99% 帯域幅の上限周波数の測定値が欧州基準試験データに記載されていれば、当該データは活用可能と考えられる。

3.5. スプリアス発射又は不要発射の強度

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

欧米では放射試験で実施されることが前提となっている。

スプリアス測定は「探索」と「測定」の2段階で測定する。

日本では「探索」により不要発射を探すが、この時、許容値を満たす場合はその値を測定結果とし、満たさない場合は、続けて「測定」を実施する。

欧州では「探索」により許容値 - 6dB のレベル以上の不要発射に対して「測定」を実施する。米国では、「探索」により不要発射を探し、「測定」を実施する。

なお日本と欧米とでこのような差異があるのは、欧米では放射試験が基本であり、「探索」では個々の不要発射が最も強くなる条件（発射の方向、タイミングなど）を探索しきれないため、その値を許容値と比較しないものと考えられる。

スプリアス領域の「探索」時の設定条件と「測定」時の設定条件の違いは次のとおりであった。

「探索」時の設定条件について

- ・ RBW について：欧米は日本に比べて RBW の値が小さい場合がある。
- ・ 検波モードについて：欧州は日本と同様に Pos. Peak 検波、米国は制限帯域 (restricted bands) の測定の場合、1 GHz 以下においては Quasi Peak 又は Pos. Peak 、1 GHz 超においては Pos. Peak 検波又は/ Average 検波、割当帯域外(outside the frequency band)の測定の場合 Pos. Peak 検波としている。

「測定」時の設定条件について

- ・ RBW について：欧米は日本に比べて RBW の値が小さい。
- ・ 検波モードについて：日本ではサンプルモード、欧州は RMS 検波モード、米国は制限帯域の測定の場合、1 GHz 以下においては Quasi Peak 検波又は Pos. Peak 検波、1GHz 超においては Pos. Peak 検波又は Average 検波割当帯域外の測定の場合 Pos. Peak 検波としている。
- ・ Span について：欧州は日本と同じでゼロだが、米国は搬送波帯域から 2 MHz 以内の測定 (Band Edge 測定) の場合は 2 MHz、その他の帯域の測定の場合は Span の規定はない。

(2) 試験方法の検討結果

欧米では不要発射の試験は放射試験で実施されることが前提となっており、欧米での測定値 (EIRP 単位) を日本の技術基準である測定値 (電力値) に換算するためには、アンテナの利得情報が必要となる。

一般的には、アンテナは帯域内の周波数に合わせて作り込むため、帯域外では帯域内よりは利得は低下すると考えるのが妥当である。このため、帯域内のアンテナ利得を用いて、帯域外の周波数についてアンテナ端子での電力値に変換すると、(計算に使用するアンテナ利得が実際より高めのため) 実際の電力値よりは過少になるので、帯域外のアンテナの利得情報も必要となる。

欧米基準試験データには当該情報が含まれていないことが殆どであるため、換算は困難である。

また、スプリアス領域の「探索」時の設定条件と「測定」時の設定条件の違いを踏まえ検証したが、一律の換算方法を策定することは困難であった。

以上より、欧米基準試験データの活用は困難である。

なお、検波モードについては、現行の試験方法を策定した当時に比べ測定器に具備される機能が高度化したこと踏まえ、RMS 検波モードを可能とすることが適当である。この際、無線機器メーカーや登録証明機関のニーズを踏まえ、引き続きサンプルモードも可能とする。

3. 6. 空中線電力の偏差

3. 6. 1. 無線 LAN

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

空中線電力（1MHz あたりの平均電力）を測定し、工事設計書に記載の定格出力に対して許容偏差内であるかを評価する。

試験手順は、①最大電力を与える周波数を中心にスペクトラムアナライザの IF フィルタ（RBW：1 MHz）を通過する電力をパワーセンサで測定し、②測定値に補正值（スペクトラムアナライザの IF フィルタの特性に基づく値）を乗算し、1 MHz あたりの平均電力を求める。③バースト出力の場合は、さらに送信時間率（バースト送信時間/バースト繰り返し周期）からバースト内の 1 MHz あたりの平均電力を求める。

イ. 欧州の試験方法の概要

アンテナ端における平均電力を測定し、最大の平均電力値にアンテナ利得を加えることで 1MHz あたりの等価等方輻射電力（EIRP）を算出する。算出した EIRP が許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。

試験手順は 2 種類（Option 1 / Option 2）が規定され、いずれかの手順を用いることとされている。Option 1 は連続出力 又はバースト出力 の無線機器に適用され、Option 2 は連続出力の機器に適用されるものである。登録証明機関によれば、殆どの試験において Option 1 が利用されており、Option 2 は近年導入され、利用が少ない状況にあるとのことであった。そのため、ここでは Option 1 について検討した。

Option 1 では、①スペクトラムアナライザを用いて RMS 検波により、2400～2483.5MHz の間の 10kHz ごとのトレースデータを求め、各トレースデータの合計値を求める。②パワーセンサを用いて各バースト内の電力平均値を測定し、そのうちの最大値にアンテナ利得を加算する。③アンテナ利得を加算した電力平均値の最大値から、トレースデータの合計値を差し引き、10kHz ごとの補正值（=②-③÷8350）とし、トレースデータに加える補正を行う。④補正後のトレースデータの中から 1 MHz 幅分のデータを足し合わせ、最大となる値を 1 MHz あたりの等価等方輻射電力（EIRP）とする。

ウ. 米国の試験方法の概要

米国では、アンテナ端における電力密度を測定し、許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。

試験手順は、最大ピーク電力密度を測定する 1 種類（Method PKPSD）と、最大平均電力密度を測定する 6 種類（Method AVGPSD-1、Method AVGPSD-1A、Method AVGPSD-2、Method AVGPSD-2A、Method AVGPSD-3、Method AVGPSD-3A）の計 7 種類が規定されており、いずれかの手順を用いることとされている。

Method PKPSD は、無線機器の出力状態によらずに適用できるが、この他の 6 種類の試験手順は、機器の出力状態に応じて適用条件が異なる。連続出力又は Duty 比 98% 以上のバースト出力の機器は Method AVGPSD-1 又は Method AVGPSD-1A、Duty 比 98% 以下かつサイクル一定のバースト出力の機器は Method AVGPSD-2 又は Method AVGPSD-2A、Duty 比 98% 以下かつサイクル不定のバースト出力の機器は Method AVGPSD-3 又は Method AVGPSD-3A が適用される。なお、殆どの試験レ

ポートでは最大ピーク電力密度を測定する Method PKPSD を利用しているため、ここでは当該手順について検討した。

当該試験手順では、スペアナの検波を Peak モード、トレースを MaxHold、スペクトラムアナライザの RBW を 3kHz~100kHz の任意の値で設定し、トレースデータの最大値が許容値を満たすまで RBW を狭めていき、許容値を満たした際のトレースデータの最大値を電力密度 dBm/kHz （*kHz は許容値を満たした際の RBW の値）とする。

(2) 試験方法の検討結果

ア. 欧州について

欧州の試験手順は 2 種類 (Option1/Option2) があるが、殆どの試験で Option1 が利用されていることから、ここでは Option 1 を検討した。

一般的に、スペクトラムアナライザは、入力信号の IF フィルタ通過後の電力を測定値とするが、IF フィルタは矩形ではないため IF フィルタの幅（例として RBW : 10kHz）における電力は、真の 10kHz あたりの電力と等価ではない。そのため、日本・欧州ともにフィルタ特性を考慮した補正を行っている。

日本の試験方法では、最大電力を与える周波数を中心に、測定器のフィルタ特性を補正した 1MHz 幅あたりの電力を求め、その電力値を元に複数のバーストの平均電力を算出している。一方、欧州では、複数のバーストの中から最も平均電力が大きいバーストの平均電力を基に、測定器のフィルタ特性の補正が含まれる 10kHz 単位での補正值を算出し、連続した 100 ポイント分の積算値の中から最大となる 1MHz 幅あたりの平均電力を算出している。補正值は測定器のフィルタ特性を考慮される点で同等であるが、バースト波からの平均電力の求め方、1MHz あたりの電力の求め方、それぞれでより大きい値が求まる方法であるため欧州の測定値は日本の測定値以上となる。

以上より、欧州の試験方法は、日本の試験方法と同等以上と考えられるため、欧州基準の試験データは技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

イ. 米国について

日本の試験方法では 1 MHz あたりの平均電力を測定する一方、米国では最大ピーク電力密度を測定しているため、日本と米国では測定対象が異なっている。また、米国の測定値を活用する場合には、 dBm/kHz から $\text{mW}/1\text{MHz}$ へ帯域換算が必要だが、一般的に OFDM 方式のようなフラットな周波数特性の信号においても、換算値は RBW を 1MHz に設定した場合の測定値より大きくなる。この結果、日本の試験方法では問題ない場合でも、米国基準試験データでは日本の許容偏差を超過する可能性がある。

よって、米国基準試験データの活用は可能であるものの、日本と米国では測定対象が異なるため、日本の許容偏差を超過する可能性や、超過した場合には別途試験が必要となることを、技術基準適合証明等の申請者にも理解できるようにした上で活用することが適当である。

3.6.2. Bluetooth Low Energy

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

日本の現行の試験方法は、空中線電力（平均電力）を測定し、工事設計書に記載の定格出力に対して許容偏差内であるかを評価する。測定方法は、空中線端子にパワーセンサを接続し平均電力を測定する。バースト出力の場合、送信時間率からバースト内の平均電力を測定する。

イ. 欧州の試験方法の概要

- ・ アンテナ端における平均電力を測定し、最大の平均電力値にアンテナ利得を加えることで等価等方輻射電力（EIRP）を算出する。算出した EIRP が許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。
- ・ 試験手順は、日本と同様に試験対象にパワーセンサを用いて平均電力を測定する。また、バースト出力の場合は、複数のバーストの中から最も平均電力が大きいバーストを選択してその平均電力を記録する。

ウ. 米国の試験方法の概要

- ・ アンテナ端における最大ピーク電力又は最大平均電力を測定し、許容値（上限値のみ）を満足しているかを評価する。
- ・ 試験手順は、パワーセンサを用いる Method PKPM1 と Method AVGPM の 2 種がある。Method PKPM1 では最大ピーク電力、Method AVGPM では平均電力（バースト出力の場合は、バースト送信時間内における平均電力）を測定する。

(2) 試験方法の検討結果

ア. 欧州について

欧州の試験方法では、連続出力の場合、日本と同様に空中線端子にパワーセンサを接続し平均電力を測定しており、日本と同等の試験方法である。また、バースト出力の場合は、空中線端子にパワーセンサを接続し複数のバーストの平均電力を測定し、最も大きいバーストの平均電力を測定値としており、日本と同等以上の試験方法である。

よって、欧州基準試験データは技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

イ. 米国について

米国の試験手順が Method PKPM1 の場合、最大ピーク電力を測定する。一方、日本の試験方法では平均電力を測定するため、日本の試験方法では問題ない場合でも、米国基準試験データでは日本の許容偏差を超過する可能性がある。

よって、試験手順が Method PKPM1 の場合、米国基準試験データの活用は可能であるものの、日本と米国では測定対象が異なるため、日本の許容偏差を超過する可能性や、超過した場合には別途試験が必要となることを、技術基準適合証明等の申請者にも理解できるようにした上で活用することが適当である。

一方、試験手順が Method AVGPM の場合、送信バースト中のパワーセンサで平均電力を測定し、バースト送信時間内における平均電力を算出しており、日本と同等の試験方法である。

よって、試験手順が Method AVGPM の場合、米国基準試験データは技術基準への適合性確認に活用可能と考えられる。

3.6.3. Bluetooth Classic

(1) 日本・欧州・米国の試験方法

ア. 日本の試験方法の概要

- ・日本の試験方法は、空中線電力（1 MHz あたりの平均電力）を測定し、工事設計書に記載の定格出力に対して許容偏差内であるかを評価する。
- ・試験手順は、周波数ホッピング状態の信号に対し、パワーセンサを用いて測定した電力値を拡散帯域幅で除算する。バースト出力の場合、送信時間率からバースト内の 1 MHz あたりの平均電力を算出する。

イ. 欧州の試験方法の概要

- ・欧州の試験方法は、アンテナ端における平均電力を測定し、最大の平均電力値にアンテナ利得を加えることで等価等方輻射電力（EIRP）を算出する。算出した EIRP が許容値を満足しているかを評価する。
- ・試験手順は、日本と同様に周波数ホッピング状態の信号に対しパワーセンサを用いて平均電力を測定する。バースト出力の場合は、複数のバーストの中から最も平均電力が大きいバーストを選択してその平均電力を測定する。

ウ. 米国の試験方法の概要

- ・アンテナ端における最大ピーク電力を測定し、許容値を満足しているかを評価する。
- ・試験手順としては、スペクトラムアナライザを用いて単一チャネルでの連続出力状態の信号の最大ピーク電力を測定する。

(2) 試験方法の検討結果

ア. 欧州について

欧州の試験方法では、日本と同様に周波数ホッピング状態の信号について、パワーセンサを用いて平均電力を測定する。その後、日本では拡散帯域幅で除算し、1 MHz あたりの平均電力を算出している。

欧州基準試験データについては、ホッピング周波数における出現確率が均一で、1 MHz あたりの平均電力への換算に必要な拡散帯域幅を確認できる場合には、欧州基準試験データの技術基準への適合性確認への活用は可能である。

なお、検討の中では、欧州で導入されている方法の一つである、スペクトラムアナライザに具備された「電力密度を測定する機能」を用いた試験方法を日本でも導入することについて提案があった。日本・欧州・米国の試験方法を比較した

結果、欧州の無線 LAN に係る試験手順のうち Option 2 において、当該機能を用いた方法が規定されていた。3. 6. 1. で述べたとおり、Option 2 は近年導入され、利用事例も少ないため、今後、当該方法を利用する試験データの持ち込みが増加する場合には、改めて検討することが適当と考える。

イ. 米国について

米国の試験方法では、単一チャネルの連続出力状態の最大ピーク電力を測定する。一方、日本は、周波数ホッピング状態の 1 MHz あたりの平均電力を測定する。このように日本と米国では測定対象の定義が異なるため、米国基準試験データの技術基準への適合性確認への活用は困難である。

3.7. 副次的に発する電波等の限度

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

欧米では放射試験で実施されることが前提となっている。

(2) 試験方法の検討結果

欧米での試験方法では不要発射の試験は放射試験での実施が前提となっており、欧米での測定値を日本の技術基準であるアンテナ端子での電力値に換算するためには、帯域外のアンテナの利得情報が必要となる。欧米基準データにはこれら情報が含まれていないことが殆どのため、換算は困難である。

なお、検波モードについては、現行の試験方法を策定した当時に比べ測定器に具備される機能が高度化したこと踏まえ、RMS 検波モードを可能とすることが適当である。この際、無線機器メーカーや登録証明機関のニーズを踏まえ引き続きサンプルモードも可能とする。

3.8. キャリアセンス機能（無線 LAN（40MHz））

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

試験時の入力信号について、日本は無変調としており、欧州は加算性白色ガウス雑音（AWGN）としている。米国の技術基準には当該項目が定められていない。

(2) 試験方法の検討結果

日本の技術基準ではキャリアセンス機能が動作する条件は規定されていないため、試験時の入力信号を任意と変更しても特段の問題はないと考えられる。

3.9. 送信空中線の絶対利得及び主輻射の角度幅

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

送信空中線の絶対利得については、日本では測定により確認することとしているが、米国においては規定を満たすかどうか仕様を確認することとしており、欧州では技術基準が定められていない。主輻射の角度幅は、欧州及び米国において技術基準が定められていない。

(2) 試験方法の検討結果

日本の試験においても、送信空中線の絶対利得及び指向特性については、実測値又はメーカーの仕様書により具体的な数値を確認出来る場合、活用可能とする。

3.10. 混信防止機能

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

日本においては、混信防止機能とは、電波法第四条第1項第三号の規定に基づき、指定された呼出符号又は呼出名称を自動的に送信し、又は受信する機能その他総務省令で定める機能をいい、試験によりこれら機能について確認している。

一方、欧米の技術基準には当該項目が定められていないため、試験方法も定められていない。

(2) 民間認証の活用可能性

無線 LAN 及び Bluetooth は、デバイス固有の MAC アドレスや BD アドレスにより通信先を選択し接続していることから、通信成立のために呼出符号又は呼出名称を自動的に送信し、又は受信する機能を有している。

よって、Wi-Fi 認証や Bluetooth 認証のために作成された試験レポート等、これら識別信号の送受信を確認できる試験レポートを、技術基準への適合性確認に活用することは可能である。

3. 11. ホッピング周波数滞留時間 (Bluetooth Classic)

(1) 日本・欧州・米国の試験方法の比較

- ・ 日本は、ホップする周波数での滞留時間の最大値を読み取り、基準値と比較する。また、0.4s に拡散率を乗じた観測時間内でホップする周波数に滞留する時間を積算し、基準値と比較する。試験結果には結果（合否）、測定値及び滞留積算時間が記載される。
- ・ 欧州は、ホッピング数に 0.4s を乗じた観測時間内における累積送信時間を測定し、基準値と比較する。試験結果には結果（合否）及び測定値が記載される。
- ・ 米国は、任意のホップ周波数での滞留時間及びホッピング数に 0.4s を乗じた観測時間内におけるホッピング回数を測定し、これら測定値からチャネル平均占有時間を算出し、基準値と比較した結果（合否）が記載される。

(2) 試験方法の検討結果

欧州基準試験データに、累積送信時間の測定値が含まれる場合、技術基準への適合性確認への活用は可能である。米国基準試験データに、滞留時間の測定値及びチャネル平均占有時間の測定値が含まれる場合には、欧米基準試験データは活用可能である。

(3) 民間認証の活用可能性

Bluetooth Classic では、ホッピング周波数滞留時間に関する試験は行われないうが、ホッピングのタイミング及び全ての周波数が均等に使用されることを試験で確認している。この場合、以下の試算により、Bluetooth SIG 認証を取得している製品については、日本の技術基準を満たすと考えられる。

よって、Bluetooth SIG 認証のために作成された試験レポート等により、ホッピングのタイミング及び全ての周波数が均等に使用されることやその他 Bluetooth Classic の定義を満たすことが確認できる試験レポートを、技術基準への適合性確認に活用することは可能である。

(試算)

拡散帯域幅を 72MHz と仮定をした場合、滞留時間の測定時間は、拡散帯域幅 $\times$ 0.4 = $72 \times 0.4 = 28.8$ (s)。均等に 79 波でホッピングする場合、1 チャネル当た

りの滞留時間時間 (OFF も含む) は、 $28.8(\text{s})/79(\text{チャンネル}) = 0.36(\text{s}/\text{チャンネル})$ となる。BT の理論上の最大 $0_n/(0_n + 0_{\text{off}})$ 比は、下の根拠により 83% である。1 チャンネル当たりの滞留時間時間 (ON のみ) は、 $0.36(\text{s}/\text{チャンネル}) \times 0.83 = 0.30(\text{s}/\text{チャンネル})$ となり、滞留時間は規定値である 0.4 秒以下となる。

※BT の理論最大 $0_n/(0_n + 0_{\text{off}})$ 比の根拠：

BT の定義のうち下により、

- ・ ホッピングの頻度 (1600 回/秒)、即ち 一つのホッピング周波数に停留する時間 (625 μs)
- ・ 1 つのホッピング周波数で送信できる時間 ($\leq 426\mu\text{s}$)
- ・ 送信したあと次のホッピング周波数は受信しかできない
- ・ すべての周波数を均等に使用する必要
- ・ 送信又は受信の時間は最短 1 slot で最長 5 slot

送信時間比率が最も大きいのは、常に 5 slot で送信し、1 slot で受信する状態であり、 $0_n/(0_n + 0_{\text{off}})$ 比 = $5 \text{ slot} / (5 \text{ slot} + 1 \text{ slot}) = 83\%$ 。

第 4 章 検討結果

4.1. 無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準及び試験方法について

2. 4GHz 帯を利用する無線 LAN 及び Bluetooth の技術基準及び試験方法について検討を行い、次のとおりとりまとめた。

無線LAN等の技術基準及び試験方法の見直し

		各項目の概要	技術基準	試験方法
①周波数について	(1)割当周波数	無線局に割り当てられた周波数帯の中心の周波数をいう。	必要	試験レポート等の活用可能を明確化
	(2)周波数の許容偏差	割当周波数からの許容することが出来る最大の偏差をいう。	必要	
	(3)占有周波数帯幅の許容値	輻射される平均電力が全平均電力の99%に等しい周波数帯をいう。	必要	欧米基準試験データの活用可能を明確化
	(4)拡散帯域幅	全電力の90%を占める帯域幅をいう。	削除可能	
	(5)拡散率	拡散帯域幅を変調信号の送信速度に等しい周波数で除した値をいう。	削除可能	
②スプリアスについて	不要放射の強度の許容値	必要周波数帯外における電波の放射であって、そのレベルを低減できるものをいう。	必要	－（換算困難）※
③出力について	(1)空中線電力	アンテナに入力される電力をいう。	必要	欧米基準試験データの活用可能を明確化
	(2)空中線電力の許容偏差	指定された空中線電力からの許容することが出来る最大の偏差をいう。	上限：必要 下限：削除可能	
④周波数ホッピングについて	周波数滞留時間	特定の周波数において電波を放射し続ける時間をいう。	必要	試験レポート等の活用可能を明確化
⑤送信空中線	(1)空中線の絶対利得	入力された電力に対する出力の大きさ（電波の放射効率）をいう。	必要（見直しあり）	メーカー仕様書等の活用可能を明確化
	(2)水平面の主放射の角度幅	最大放射の方向における放射電力との差が最大3デシベルである全角度をいう。	必要	
⑥受信機について	副次的に発する電波等の限度	受信状態において空中線から放射される電波の強度をいう。	必要	－（換算困難）※
⑦混信防止機能等について	(1)混信防止機能	他の無線システムが発射する電波を検知した場合に、他のチャネルへ切り替える機能をいう。	必要	試験レポート等の活用可能を明確化
	(2)キャリアセンス	同一システムにおいて、他の無線局が同一チャネルを使用している場合に、他にチャネルへ切り替える機能をいう。	必要	
⑧信号の伝送について	(1)通信方式	同時に送信を行うことができる者（片方向又は双方向）及びその数（単数又は複数）の別をいう。	削除可能	
	(2)変調方式	データの伝送に最適な電気信号に変換する方式をいう。	削除可能	

※ 一部試験方法を見直し

4.2. 今後の検討課題

不要輻射の強度の許容値及び副次的に発する電波等の限度の項目に関しては、日本と欧米の技術基準や試験方法の違いから、数値の換算が困難であり、欧米の試験データの受入れが困難であるとした。これらの欧米の試験データを受け入れるには、モジュールや製品そのものから発射される電磁波を考慮に入れた技術基準や試験環境を検討する必要がある。その際には無線技術の観点だけでなく EMC（Electro-Magnetic Compatibility）の観点からの検討が必要となり、技術基準の策定には相応の時間を要すること、また欧米と同様に放射試験を前提とした場合には、現状日本で実施されている伝導試験より認証取得に際しての負荷が増大するなど課題が多いことから、慎重な議論が必要である。

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

5. 2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班

2. 4GHz 帯無線 LAN 等の技術基準見直しアドホックグループ 構成員名簿

(敬称略：主任以外は五十音順、令和 5 年 2 月 22 日現在)

氏名	所属	
(主任) 梅比良 正弘	南山大学	理工学部 電子情報工学科 教授
赤澤 逸人	パナソニック オペレーショナルエクセレンス株式会社	品質・環境本部 製品法規課 主幹
足立 朋子	株式会社東芝	研究開発センター 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 フェロー
上岡 昌人	シスコシステムズ合同会社	プロダクトマネージメント推進室 プログラムマネージャ
小竹 信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター	技術部 部長
金子 明	一般社団法人日本アマチュア無線連盟	電磁環境委員会
北沢 祥一	室蘭工業大学	もの創造系領域 航空宇宙システム工学ユニット 教授
木村 亮太	ソニーグループ株式会社	R&D センター TokyoLaboratory22 ワイヤレス技術 1 課統括課長
小林 佳和	日本電気株式会社	デジタルプラットフォーム事業部 技術主幹
城田 雅一	クアルコムジャパン合同会社	標準化本部 本部長
醍醐 謙二	株式会社リコー	リコーフューチャーズBU SmartVision事業センター 第一開発室 開発 3 グループ
高田 潤一	東京工業大学	環境・社会理工学院 教授
高橋 英明	アンリツ株式会社	通信計測カンパニー通信計測営業本部 第 1 営業推進部 第 2 チーム課長
鷹取 泰司	一般社団法人電波産業会	無線 LAN システム開発部会（日本電信電話株式会社NTTアクセスサービスシステム研究所 無線アクセスプロジェクト）副委員長
富樫 浩行	株式会社ディーエスピーリサーチ	認証・技術所管担当部長
成瀬 廣高	株式会社バッファロー	ネットワーク開発部 ODM 第一開発課長
野畑 仁志	NTT アドバンステクノロジー株式会社	グリーン&プロダクト・イノベーション事業本部 環境ビジネスユニット EMC センタ 副主任技師
藤本 昌彦	シャープ株式会社	研究開発本部 副本部長
丸田 佳織	株式会社三菱総合研究所	デジタル・イノベーション本部 ICT インフラ戦略グループ 特命リーダー
三島 安博	Apple Japan, Inc.	Wireless Design Regulatory RF Engineer

參考資料

参 考 資 料 目 次

参考資料 1 無線 LAN 等の欧米基準試験データの活用のあり方に関する検討会
情報通信審議会への依頼事項

参考資料 2 日欧米の技術基準の策定経緯について

参考資料 3 平成 4 年度電気通信技術審議会答申「無線 LAN システムの技術的条件」のうち「準マイクロ波帯の周波数を利用するスペクトル拡散方式の無線 LAN システム及び準ミリ波帯の周波数を利用する無線 LAN システムの技術的条件」（平成 4 年 7 月 27 日）

参考資料 4 平成 10 年度電気通信技術審議会答申「無線 LAN システムの技術的条件」のうち「準マイクロ波帯を使用する無線 LAN システムの高度化のための技術的条件」（平成 11 年 3 月 23 日）

参考資料 5 平成 13 年度情報通信審議会答申「2.4GHz 帯を使用する無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成 13 年 9 月 25 日）

参考資料 6 平成 18 年度情報通信審議会答申「5 GHz 帯の無線アクセスシステムの技術的条件」のうち「高速無線 LAN の技術的条件」（平成 18 年 12 月 21 日）参考資料 3－5 高速無線 LAN の 2.4GHz 帯への導入について

参考資料 7 47 CFR Part 15 Subpart C(up to date as of 2/24/2023)

参考資料 8 ETSI EN 300 328 V2.2.2(2019-07)

参考資料全文は総務省Webサイトに掲載

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/rikujou/02kiban12_04000362.html